

1 - PETITE HISTOIRE DE LA RADIO

2 - ROBOTS MOBILES 4 TOURNESOL

3 - MINI-AMPLI STÉRÉO 2 x 1 W

4 - QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ? UTILISEZ FLASH 4 SUR LES PAGES WEB (3)

7 - ADAPTATEUR MICROAMPÈREMÈTRE POUR MULTIMÈTRE

8 - COMMENT CALCULER SES MONTAGES ? 25<sup>e</sup> PARTIE

11 - ADAPTATEUR MILLIVOLTMÈTRE ALTERNATIF POUR MULTIMÈTRE

12 - TECHNOLOGIE DU SILICIUM

13 - CLÉ ÉLECTRONIQUE  
14 - LE COIN DE LA MESURE ADAPTATEUR POUR LA MESURE DE PUISSANCE

17 - INITIATION AUX MICROCONTROLEURS BASIC STAMP (12)

26 - J'EXPÉRIMENTE LE TUBE ÉLECTRONIQUE

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD  
S.A au capital de 5 160 000 F  
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS  
Tél. : 01.44.84.84.84 - Fax : 01.44.84.85.45  
Télex : 220 409 F

Principaux actionnaires :  
M. Jean-Pierre VENTILLARD  
Mme Paule VENTILLARD

Membres du comité de direction :  
Madame Paule RAFINI épouse VENTILLARD  
Président Directeur Général  
Monsieur Jean-Pierre VENTILLARD  
Vice-président  
Monsieur Georges-Antoine VENTILLARD  
Administrateur

Directeur de la rédaction  
Bernard FIGHIERA (84.65)

Comité pédagogique :  
G. Isabel, P. Rytter, F. Jongbloet,  
E. Félice, B. Andriot

Maquette et illustrations :  
R. MARAI

Ventes :  
Sylvain BERNARD (84.54)

Département publicité :  
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS  
Tél. : 01.44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60

Directeur commercial  
Jean-Pierre REITER (84.87)  
Chef de publicité  
Pascal DECLERCK (84.92)  
Assisté de  
Karine JEUFFRAULT (84.57)

Abonnement  
(85.16)

Voir tarifs et conditions dans la revue  
Prix de vente au numéro : 20 F  
Commission paritaire N° 0699774699  
Membre inscrit à Diffusion Contrôle (OJD)

« Loi N° 49 956 du juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse » mai 1998.

## PETITE HISTOIRE DE LA RADIO



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

Les "sans-filistes" de la grande guerre ont fait des émules. La technique radio, encore confidentielle en 1918, se transforme petit à petit en une industrie florissante dans les années vingt grâce à la diversification croissante des programmes.

### Traverser l'Atlantique

Les premiers essais de communication entre les USA et l'Europe effectués pendant la première guerre nécessitent un émetteur situé à Rocky Point (dans le Long Island) qui ne comporte pas moins de 300 tubes de 20W montés en parallèle. La performance d'alors se limite cependant à quelques mots perçus par le Colonel Scheeve et Austin Curtis (de la Western Electric) en visite sur l'installation de la Tour Eiffel. Ce n'est qu'en 1922 que l'AT&T reprend ses essais, mais la puissance globale de l'émetteur est augmentée grâce aux tubes électroniques refroidis à l'eau que produit la Western Electric. Chaque tube est capable, à lui seul, de produire 10 kW, ce qui permet à l'installation de délivrer 200 kW sur l'antenne. La modulation d'amplitude est abandonnée au profit de la transmission à Bande Latérale Unique (BLU), ce qui constitue une autre avancée notable. Pour ce nouvel essai de communication transatlantique par les ondes, un récepteur est installé sur une colline de New Southgate, au

MESDAMES, MESSIEURS,  
L'ORCHESTRE PHILHARMONIQUE  
DE RADIO FRANCE.



suite p 24

## INITIATION A LA ROBOTIQUE

### Petits robots mobiles :

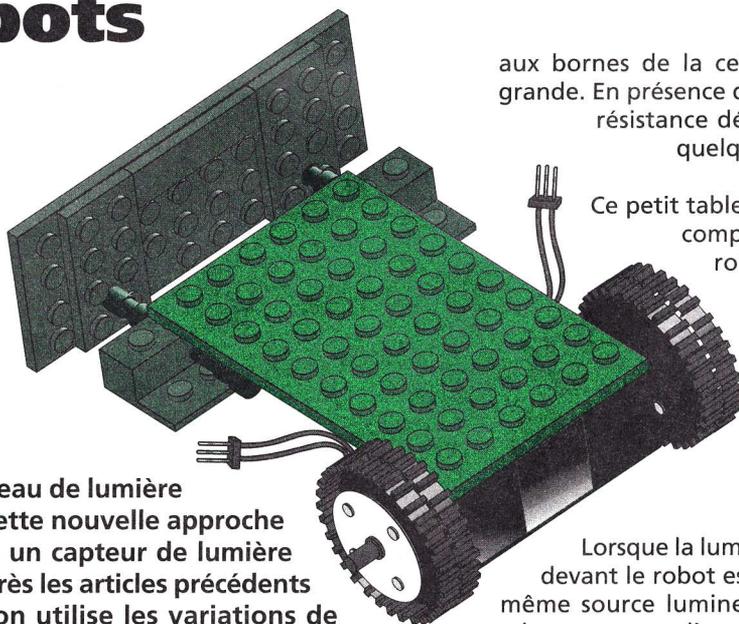
(4<sup>ème</sup> partie)

### Un robot : Tournesol

Ce petit robot suit un faisceau de lumière que l'on dirige vers lui. Cette nouvelle approche de la robotique mobile utilise un capteur de lumière simple : la photorésistance. Après les articles précédents sur la vision d'un contraste, on utilise les variations de lumière d'une source lumineuse.

### Principe du montage

La cellule photo-résistive est une résistance variable qui fonctionne



comme un potentiomètre sans axe de contrôle. On peut faire varier sa résistance en augmentant ou en diminuant la luminosité. En l'absence de lumière, la résistance

aux bornes de la cellule est très grande. En présence de lumière, sa résistance décroît jusqu'à quelques centaines d'Ohms.

Ce petit tableau résume le comportement du robot en présence d'une source lumineuse d'intensité supérieure à la lumière ambiante.

Lorsque la lumière présente devant le robot est issue d'une même source lumineuse, alors le robot avance en ligne droite. Si on présente une deuxième source lumineuse à l'avant du robot, alors le capteur qui reçoit le plus de lumière bloque son moteur associé jusqu'à ce qu'il y est à nouveau égalité de luminosité sur les deux capteurs.

suite p 2



# INITIATION A LA ROBOTIQUE

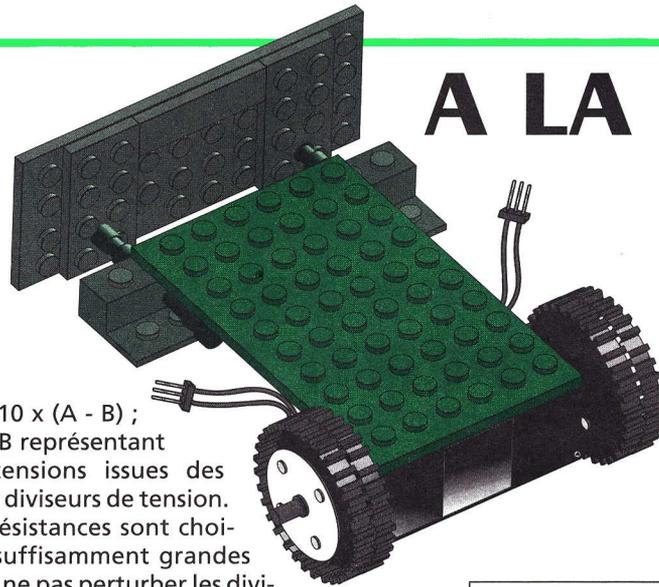
## Le schéma électronique

Le schéma de la figure 1 est composé de deux parties identiques. Chacune réalisant l'acquisition du phénomène physique, son traitement et la commande du moteur associé.

Les variations de luminosité devant le robot sont transformées en variation de tension afin d'être analysées par les amplificateurs opérationnels qui suivent. On utilise pour cela le principe du diviseur de tension. Les résistances LDR<sub>1</sub> et R<sub>1</sub> ou LDR<sub>2</sub> et R<sub>2</sub> sont associées pour former ces ponts diviseurs de tension.

Pour obtenir le fonctionnement souhaité, il faut pouvoir détecter des faibles variations de luminosité dans une ambiance lumineuse normale. Il

$V_s = 10 \times (A - B)$  ; A et B représentant les tensions issues des deux diviseurs de tension. Les résistances sont choisies suffisamment grandes pour ne pas perturber les diviseurs de tension. Les deux ampli-op Cl<sub>1c</sub> et Cl<sub>1d</sub> fonctionnent en comparateur de seuil réglable par RV<sub>1</sub>. Lorsque le capteur droit reçoit plus de lumière que le capteur gauche, l'ampli-op Cl<sub>1d</sub> amplifie la différence



capteurs de courant qui agissent comme des interrupteurs pour les moteurs. Les résistances R<sub>7</sub> et R<sub>12</sub> limitent le courant sur leur base. Les diodes de roue libre, D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub>, protègent les transistors contre les tensions élevées qui apparaissent aux bornes des moteurs, lors de l'ouverture des transistors. Deux condensateurs, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> de 100 nF, améliorent la réponse des moteurs en filtrant la tension appliquée à ceux-ci.

CAPTEURS		MOTEURS	
GAUCHE	DROIT	GAUCHE	DROIT
g	g	Marche	Marche
g	f	Arrêt	Marche
f	g	Marche	Arrêt
f	f	Marche	Marche

g : lampe torche

f : lumière ambiante

Tableau 1

faut donc amplifier ces variations puis les comparer avec un seuil correspond à la lumière ambiante. On utilisera une fonction de base de l'amplificateur opérationnel :

l'amplificateur de différence aussi appelé soustracteur. Le gain de ce premier étage est de 10. L'équation est donc :

et si la tension obtenue est supérieure au seuil réglé par RV<sub>1</sub>, alors le comparateur Cl<sub>1c</sub> bascule au niveau bas et le moteur droit s'arrête, de même pour la voie gauche.

La dernière partie est l'interface des deux moteurs. Les transistors T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> sont les ampli-

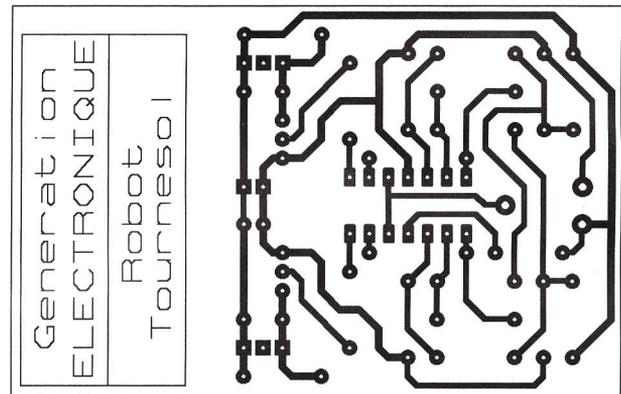


Fig 2

Circuit imprimé

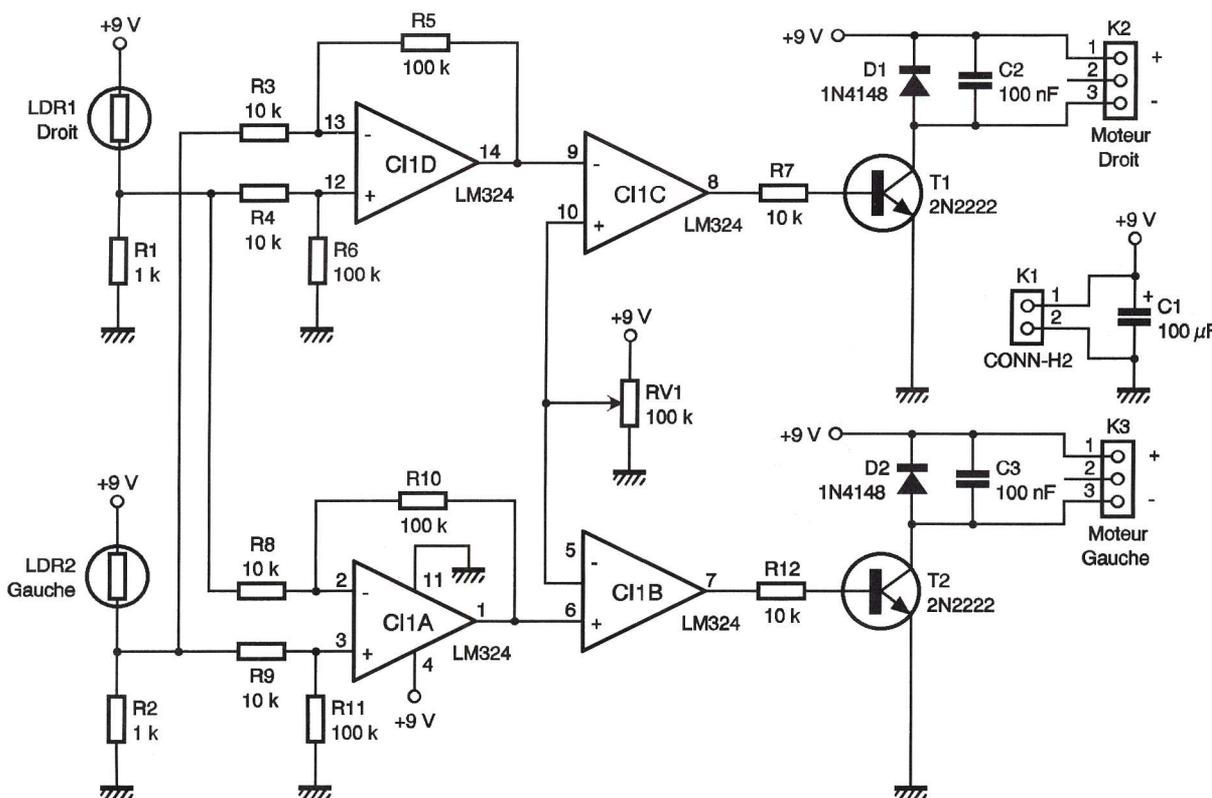
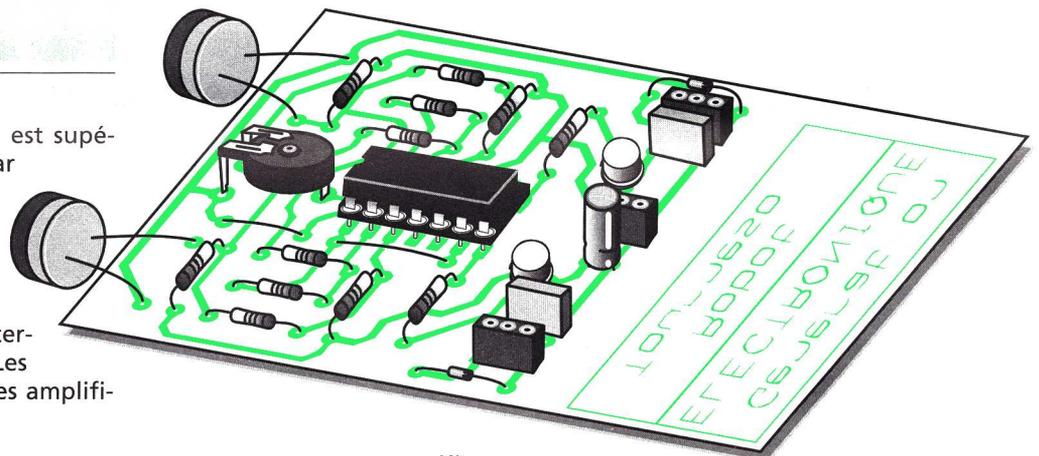


Fig 1

Schéma de principe

## Réalisation pratique

La plate-forme en LEGO est la même que dans le 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> article. La pile sera fixée sur le circuit imprimé par un élastique qui servira aussi à bloquer le circuit sur la grande plaque LEGO. Le circuit imprimé de la figure 2 sera réalisé par un des moyens à votre disposition (transfert, stylo ou UV). Tous les trous sont percés avec un forêt de 0,8 mm puis agrandis à 1,2 mm pour RV<sub>1</sub>. Un support est utilisé pour le circuit intégré. Ne pas oublier les trois ponts côté composants. Les deux photoresistances seront coudées avec précaution avant d'être soudées.

A chaque changement de la luminosité ambiante, on réglera la résistance ajustable RV<sub>1</sub> pour que les moteurs démarrent juste.

F. GIAMARCHI  
(Suite page 3)

# Mini ampli stéréo 2 x 1W

## A quoi ça sert ?

A une époque où la moindre paire d'enceintes amplifiées pour PC annonce fièrement des puissances de sortie de 50, 100 voire même parfois 200W, le titre de notre article a de quoi faire sourire. Seulement ce sourire risque de se crispier si vous examinez d'un peu plus près les enceintes en question. Celles que nous avons entre les mains, pourtant de grande marque, annoncent ainsi fièrement une puissance de sortie PMPO (sic!) de 140W, en étant alimentées par un bloc secteur d'une puissance de... 10 VA. Même si elles étaient affublées d'un rendement de 100 %, ce qui est loin d'être le cas du plus performant des amplifica-

haut-parleurs utilisés. Sa sensibilité d'entrée est excellente puisqu'il lui suffit de 15mV pour délivrer sa puissance de sortie maximum. Enfin, comme vous pouvez le voir sur la figure, son schéma de mise en œuvre est criant de simplicité.

Comme notre amplificateur sera certainement amené à traiter des signaux à haut niveau, nous avons prévu un atténuateur d'entrée réalisé avec les résistances  $R_1/R_3$  d'une part et  $R_2/R_4$  d'autre part.  $R_1$  et  $R_2$  sont à calculer en fonction de la sensibilité d'entrée désirée comme nous le verrons dans un instant.

Le circuit dispose d'une structure en pseudo amplificateur opérationnel dont le gain est fixé en interne, ce qui explique l'absence de toute résistance de contre-réaction externe. L'entrée inverseuse de chaque amplificateur est ainsi reliée à la masse, en alternatif s'entend, au travers des condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ .

Les sorties reçoivent les classiques cellules de Boucherot  $R_5/C_3$  et  $R_6/C_4$  destinées à stabiliser le fonctionnement de l'amplificateur vis à vis des variations d'impédance de la charge en fonction de la fréquence. Enfin, des condensateurs de sortie de valeurs raisonnables confèrent au montage une bande passante correcte dans les graves, pour peu que l'impédance des haut-parleurs utilisés ne descende pas en dessous de 8  $\Omega$ . L'alimentation est simplement découplée par un condensateur de 10  $\mu F$ . La tension utilisée devra donc provenir d'un bloc secteur convenablement filtré si vous ne voulez pas entendre de "ronflette" dans vos enceintes.

## La réalisation

Aucune difficulté n'est à prévoir, tant pour l'approvisionnement des composants que pour la réalisation. Les résistances  $R_1$  et  $R_2$ , de valeurs égales bien sûr, sont à déterminer au moyen de la relation suivante dans laquelle  $V_s$  est la tension de sortie, exprimée en mV de la source que vous allez connecter à cet amplificateur.

$$R_1 \text{ ou } R_2 \text{ en } \Omega = (V_s \cdot 10\,000 / 15) - 10\,000$$

Choisissez la valeur normalisée inférieure, la plus proche du résultat donné par cette relation.

Le câblage des composants est à faire dans l'ordre classique en respectant bien le sens des condensateurs chimiques. Le TDA 2822 peut être monté sur support ce qui facilitera son remplacement éventuel si vous le faites accidentellement souffrir.

Les enceintes utilisées auront une impédance comprise entre 4 et 32  $\Omega$ ;

le meilleur compromis puissance/distorsion étant obtenu pour une valeur de 8  $\Omega$ .

L'alimentation peut être faite sous toute tension comprise entre 1,8 et 15V encore que cette dernière valeur

soit un maximum absolu indiqué par la fiche technique. Dans la pratique, il est conseillé de ne pas dépasser 9V, surtout si l'amplificateur doit être utilisé à un niveau de sortie relativement important. La consommation au repos n'est que de 6 mA sous 9V et elle augmente évidemment avec la puissance de sortie.

Cette dernière s'établit à 2 x 1W sous 9V avec des enceintes de 8  $\Omega$ . Elle est encore de 650mW sous 6V avec des enceintes de 4  $\Omega$  et de 110mW, avec les mêmes enceintes, mais sous une tension d'alimentation de 3V, ce qui est tout de même une belle performance technique pour un circuit de plus de dix ans d'âge!

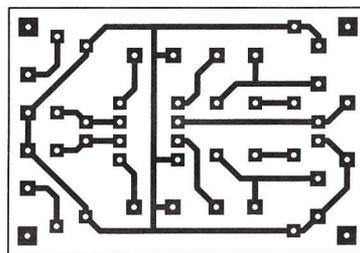


Fig 2 Circuit imprimé, vu côté cuivre.

Et pour finir comme nous avons commencé, sachez que nous avons ouvert les enceintes de 140W évoquées en introduction, et vous savez ce que nous y avons trouvé?... Un TDA 2822.

C. TAVERNIER

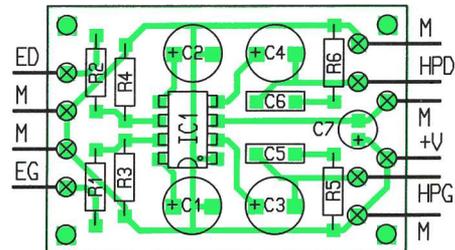


Fig 3 Implantation des composants

## NOMENCLATURE

IC<sub>1</sub> : TDA 2822M  
 $R_1, R_2$  : voir texte  
 $R_3, R_4$  : 10 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, orange)  
 $R_5, R_6$  : 4,7  $\Omega$  1/4W 5% (jaune, violet, or)  
 $C_1, C_2$  : 100  $\mu F$ /15V chimique radial  
 $C_3, C_4$  : 470  $\mu F$ /15V chimique radial  
 $C_5, C_6$  : 0,1  $\mu F$  mylar  
 $C_7$  : 10  $\mu F$ /25V chimique radial  
 1 support de CI 8 pattes

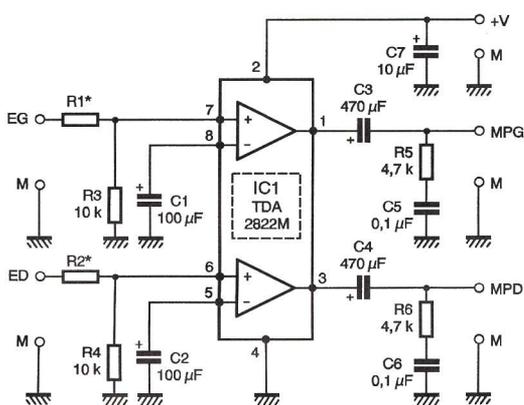


Fig 1 Schéma de notre montage.

teurs, elles ne pourraient ainsi délivrer réellement que 10W ! Les fabricants d'enceintes multimédia pour PC connaissent donc aujourd'hui le travers qu'avaient les fabricants autoradios il y a de cela une quinzaine d'années, en annonçant une puissance de sortie qui n'a rien à voir avec la seule qui ait un sens : la puissance efficace.

Notre montage offre donc une puissance de sortie efficace de 2 fois 1W et, même s'il n'y a pas là de quoi sonoriser le stade de France, c'est largement suffisant pour faire fonctionner un baladeur laser sur des enceintes de qualité, ou bien encore pour muscler un peu cette paire d'enceintes pour PC justement si puissante...

## Comment ça marche ?

Le schéma utilisé n'a rien d'original et a déjà fait l'objet de nombreuses publications, mais c'est dans les vieux chaudrons que l'on fait les meilleures soupes dit-on. Il fait appel à un double amplificateur intégré dans un boîtier DIL à 8 pattes : le TDA 2822 de ST Microelectronics (anciennement SGS Thomson). Ce circuit, capable de fonctionner de 1,8V à 15V, peut délivrer une puissance de sortie qui varie de 15mW à 1W selon la tension d'alimentation et l'impédance des

## INITIATION A LA ROBOTIQUE (suite de la page 2)

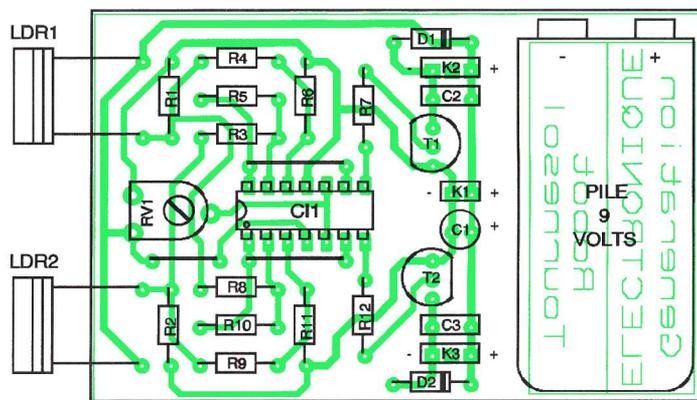


Fig 3

Implantation des éléments

### NOMENCLATURE (électronique)

$R_1, R_2$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 $R_3, R_4, R_7$  à  $R_9, R_{12}$  : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
 $R_5, R_6, R_{10}, R_{11}$  : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)  
 $RV_1$  : 100 k $\Omega$  horizontal  
 $C_1$  : 100  $\mu F$ /16V vertical  
 $C_2, C_3$  : 100 nF  
 $D_1, D_2$  : 1N4148  
 $T_1, T_2$  : 2N2222  
 $LDR_1, LDR_2$  : LDR 5 ou LDR 11  
 $CI_1$  : LM324  
 1 support 2x7 broches  
 Pile ou accumulateur (type 6F22)  
 Connecteur pour pile

### NOMENCLATURE (LEGO)

1 plaque 10 sur 6  
 1 plaque 6 sur 2  
 1 plaque 2 sur 2  
 1 plaque 2 sur 2 (charnière) réf. : 5388  
 1 cube 2 sur 2  
 2 petits moteurs 9V réf. : 5119  
 1 roulette de nez réf. : 5050  
 1 connecteur pour moteur coupé en deux  
 2 axes 4  
 2 roues (voir dessin)





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

## Utiliser Flash 4 dans les pages Web (3).

Le logiciel Flash 4 offre de nombreuses possibilités tant en animation qu'en navigation. C'est ce dernier aspect que nous vous proposons d'explorer dans le cadre de cet article.

### Le projet

Ce nouveau projet consiste à réaliser un menu général. Cette page de menu peut être la première qui sera appelée lors du chargement de votre site car elle oriente la navigation vers les diverses branches de son arborescence.

La maquette de notre interface de navigation est donnée sur la **figure 1**

més, gauche et droite. Un bouton OK valide le choix et détermine l'appel de la page. Une zone d'affichage permet d'inscrire une description sommaire de la partie du site concerné. Une autre zone est réservée, sur la droite, afin de placer une animation qui fait office d'aide et de guide de navigation (nous pas-

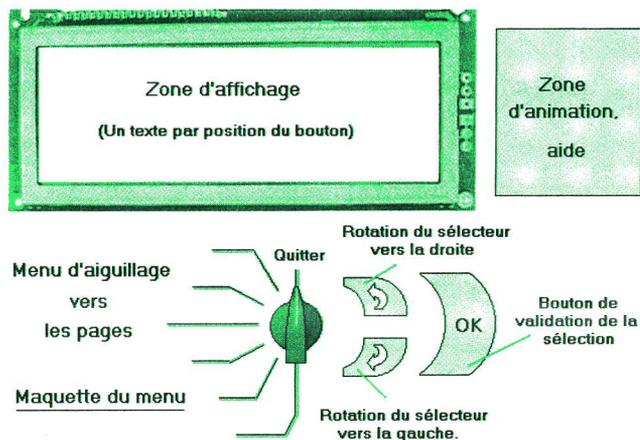


Fig 1

1. On remarque, en premier lieu, un bouton qu'il faut déplacer sur son axe pour choisir la page qui doit être appelée. Cette rotation s'effectue en actionnant les deux boutons ani-

sons sous silence cette dernière partie car son développement fait l'objet du prochain article).

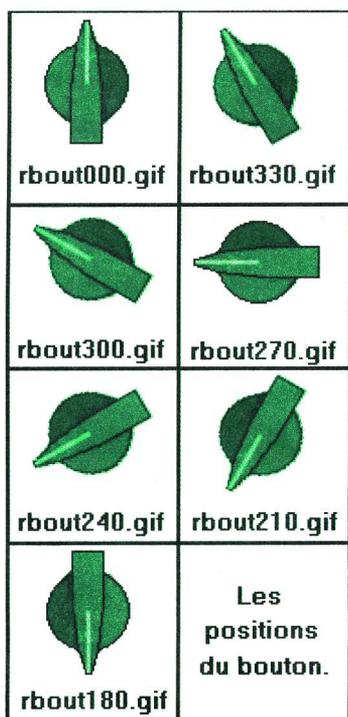
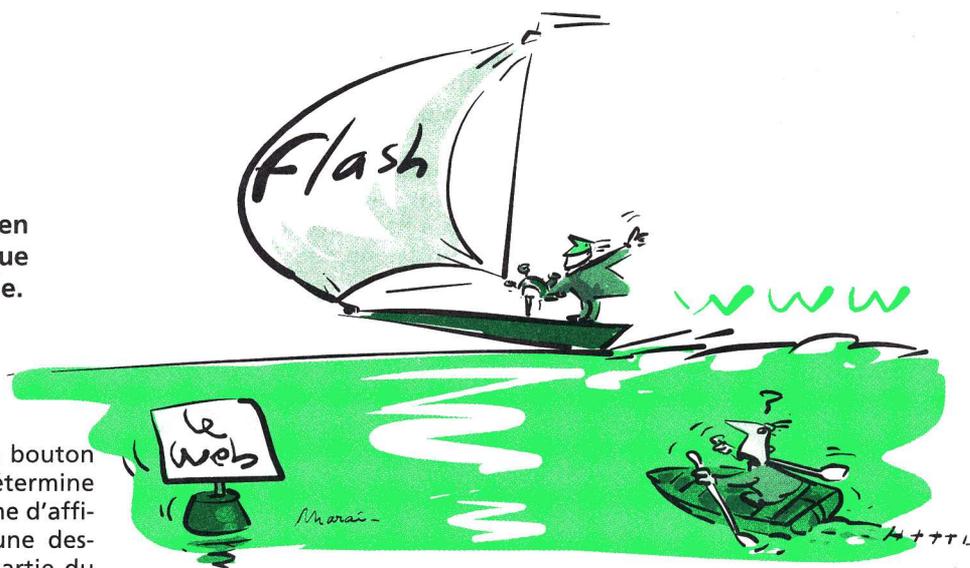


Fig 2

### Préparer son animation

Comme chaque fois, la préparation est essentielle car c'est elle seule qui permet de gagner beaucoup de temps en phase de développement. Notre exemple se limite à 7 positions du bouton sélecteur, mais ce chiffre ne constitue en aucun cas une limite. Il en découle donc qu'il faut préparer 7 écrans qui correspondent chacun à une position donnée. Afin d'obtenir la coïncidence des traits avec la pointe du bouton, le premier travail consiste à dessiner le bouton au repos puis d'effectuer des rotations de 30 degrés avec un logiciel de dessin qui possède cette fonctionnalité (comme Paint Shop Pro). Les images obtenues (reproduites dans le tableau de la **figure 2**) permettent de tracer une matrice dans laquelle on repère la position des traits et des textes.

Afin d'obtenir une image convaincante sur la zone d'affichage, nous



avons simplement scanné un afficheur du commerce. Les textes qui sont à inscrire pour chaque position doivent impérativement faire l'objet de toute votre attention, car on pardonne difficilement les incohérences. Le texte doit être clair, précis, sans fioritures ni fautes de frappe ou de goût ! Une trop grande familiarité vis à vis d'un nouvel arrivant sur le site est à proscrire dans le texte d'un menu. Mieux

### Les boutons

Vient ensuite la phase de travail sur les boutons animés. Leur style doit prendre en compte les éléments qui se trouvent sur la page. C'est ainsi que la forme, comme la couleur du bouton sélecteur, ont déterminé les formes des autres boutons. Les contours sont incurvés et la surface remplie avec un dégradé de gris

Images Bitmap pour les 4 états de chaque bouton

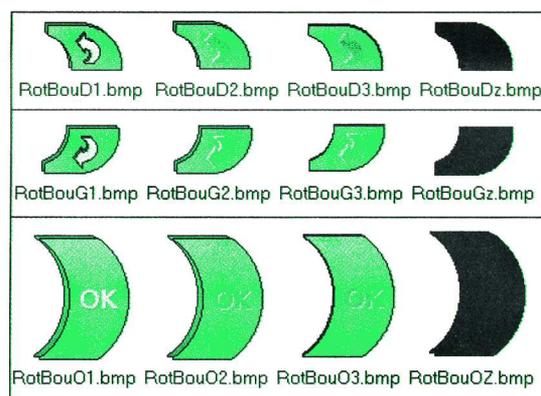
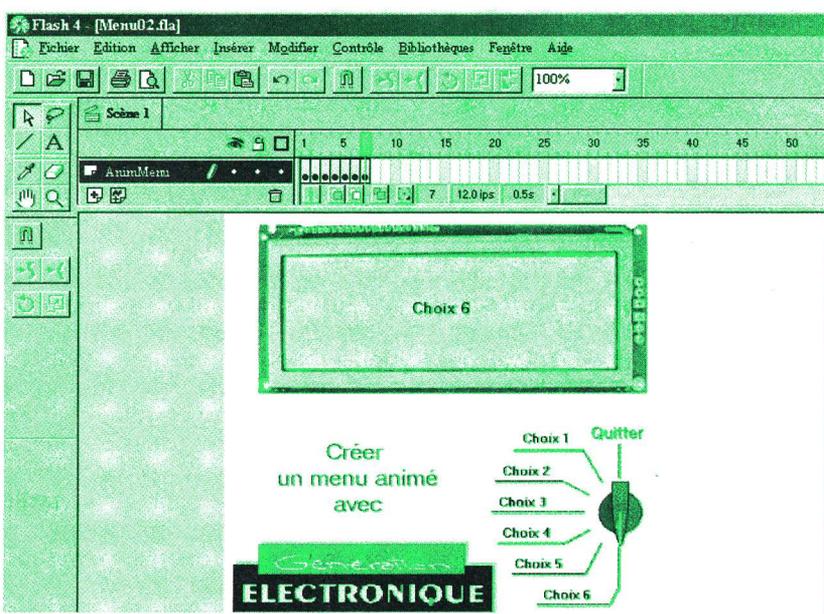


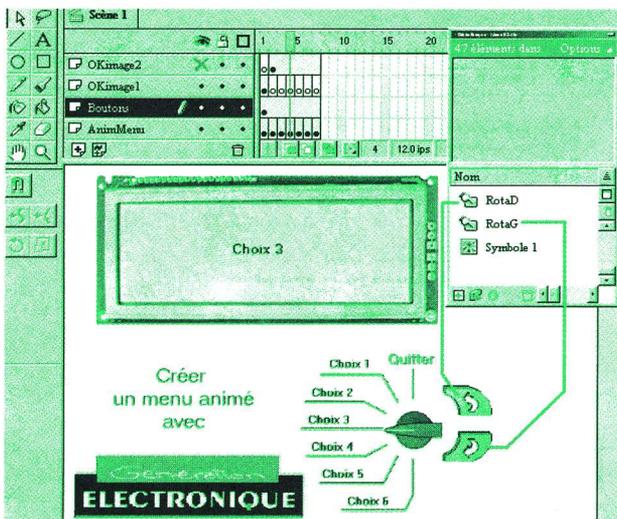
Fig 3

vaut parier sur des qualités esthétiques et les animations sympathiques pour séduire.

dont les limites maxi et mini sont prélevées sur le sélecteur. Chacun des trois états de chaque bouton



Écran 1



Écran 2

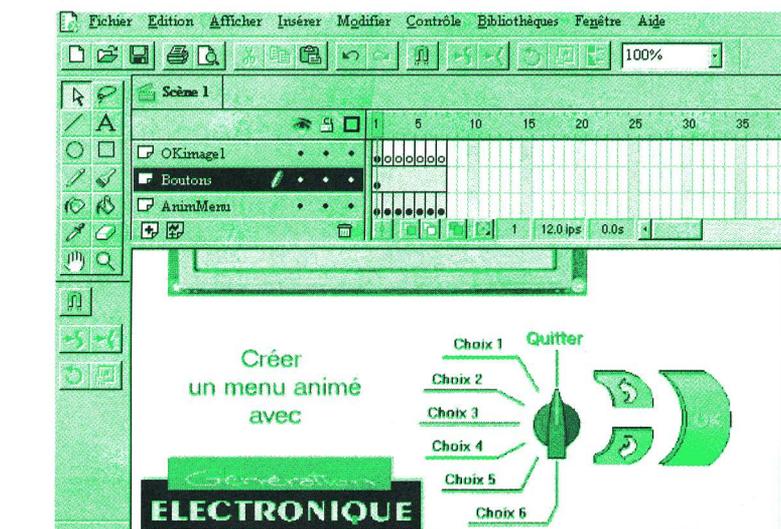
(repos, survolé et cliqué) est reproduit sur la **figure 3**. La zone entièrement noire correspond à la zone sensible au clic de la souris.

## ■ Préparation des écrans

Les 7 écrans qui composent l'animation sont dessinés séparément. Ils ne comportent que le sélecteur avec les lignes et les textes à sélectionner, ainsi que l'afficheur. Par commodité, l'**écran 1** correspond à la position 1 du sélecteur et ainsi de suite jusqu'à l'**écran 7**.

## ■ Commencer l'animation

Ouvrez Flash 4. L'animation des écrans est déposée sur le calque 1, affiché par défaut sur la scène. Pour cela, on colle les images 1 à 7 en les important via le presse papier du Paint de Windows (même procédure que pour les animations précédentes). L'image 1 est donc collée directement sur la scène, dont le format est fixé par défaut. Pour que les dimensions de l'image coïncident avec celles de la scène, glissez l'image en la positionnant bord à bord sur le coin supérieur gauche. En cliquant sur *Modifier* de la barre des menus puis *Animation*, s'affichent les propriétés de l'animation. Il suffit de cliquer sur *Contenu* puis *OK* pour que la zone d'affichage de l'animation concorde avec le format



Écran 4

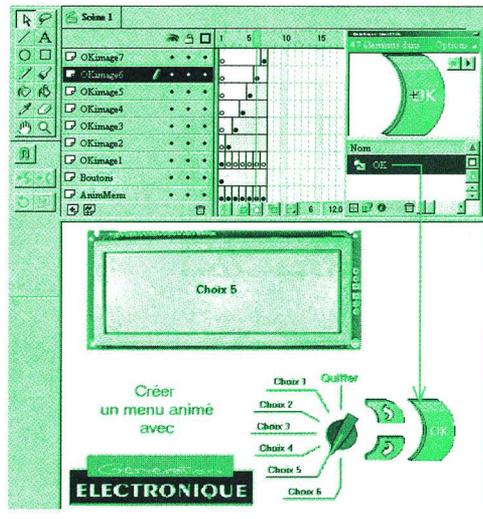
des images déposées ensuite. Pour déposer les images suivantes, cliquez sur la case suivante de la Time line. Sélectionnez *Insérer* puis *Image clé vide* dans la barre de menus principale pour ajouter une nouvelle image sur le calque en effectuant les copier/coller via Paint. Notre menu se compose au final de 7 images clé.

## ■ Tester le menu

Vérifiez que le menu présente correctement la séquence d'animations avec *Contrôle* et *Lire* en cochant l'item *Lire en boucle*. L'animation se déroule à échelle réduite.

## ■ Créer les boutons

On crée un nouveau calque *Boutons* avec *Insérer* de la barre de menus puis *Calque*. Il faut ensuite ajouter autant de calques qu'il y a d'images (donc 7 dans ce cas) afin de déposer les boutons OK. Cliquez ensuite sur *Fichier*, puis *Nouveau* afin de créer un autre projet Flash qui contiendra uniquement la bibliothèque des boutons et les animations. Cliquez directement sur *Insérer* puis *Nouveau symbole* afin de générer un nouvel objet, puis choisissez l'option *Bouton* en remplaçant le nom. Avec Paint, ouvrez le fichier image qui correspond à l'état repos du premier bouton, sélectionnez tout puis effectuez un *Copier*. Comme déjà décrit, réduisez le Paint puis cliquez

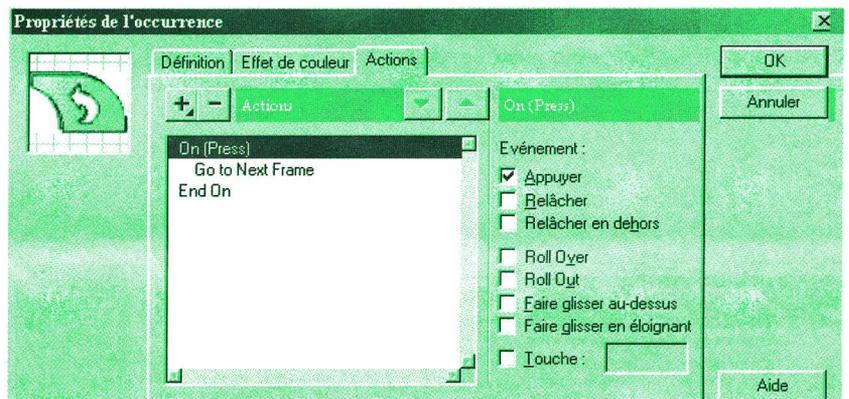


Écran 3

sur *Haut* (état haut du bouton dans Flash) avant de *Coller*. L'image est déposée et centrée automatiquement sur la croix.

Cliquez ensuite sur *Dessus* puis choisissez *Insérer* et *Image-clé*. L'image est déposée avec un *copier/coller* et ainsi de suite pour le reste des 4 états : *Haut*, *Dessus*, *Abaissé* et *Cliqué*.

Utilisez la même procédure pour les deux autres boutons, puis enregistrez le projet sous un nouveau nom avec *Fichier* et *Enregistrer sous*.



Écran 5



Écran 6

tons OK sont déposés sur des calques différents à chaque étape de la Timeline. Il est donc nécessaire de sélectionner le calque, puis le numéro de l'image afin d'insérer une image-clé vide à l'emplacement désiré.

Pour définir les actions pour chaque bouton, sélectionnez le calque Boutons (**écran 4**) puis *Modifier* sur la barre de menus et *Occurrence*. Dans la fenêtre des *Propriétés de l'occurrence*, cliquez sur l'onglet *Actions* puis sur la croix (+) qui déroule la liste des actions. Pour aller à l'image suivante, il faut sélectionner *OnMouseEvent* et l'évènement *Appuyer*. Ensuite *Go To* puis *Image suivante* (**écran 5**) ou *Image précédente* pour le retour du sélecteur. A chaque bouton OK doit correspondre une page HTML. Ces pages sont appelées *PageM1.htm*, *PageM2.htm* et ainsi de suite pour les 7 positions. Pour effectuer un appel de ces pages via les 7 boutons OK, sélectionnez le calque *Okimage* correspondant puis double-cliquez sur le bouton. Il suffit alors de placer un *OnMouseEvent* puis un *Get Url* en donnant le nom de la page de destination (*PageM1.htm* pour le bouton OK du calque *Okimage1* sur l'**écran 6**).

## ■ Rendre les boutons actifs

Reprenez l'animation Flash puis cliquez sur *Fichier* et ensuite *Ouvrir comme bibliothèque*. Sélectionnez le nom du fichier qui correspond à la bibliothèque boutons afin d'accéder aux boutons. Pour déposer un bouton sur l'animation, cliquez sur le nom du calque (*Boutons* ou *Okimage n*), puis glissez-le vers son emplacement en restant cliqué avec la souris (**écran 2** pour les boutons RotaD/ RotaG et **écran 3** pour les boutons OK.) Attention, car les bou-

## ■ Publier l'animation

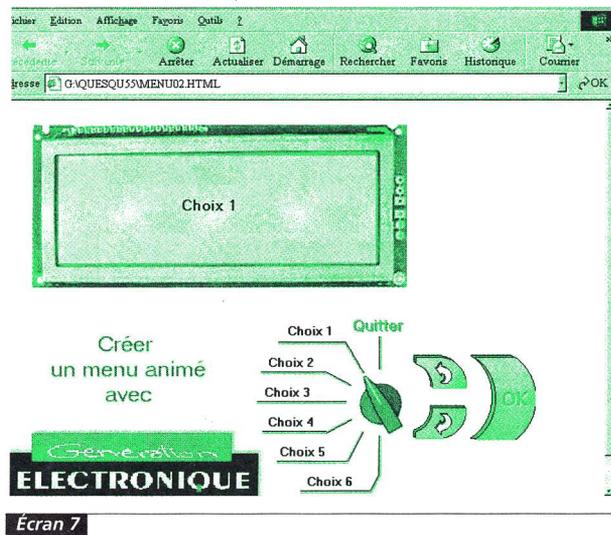
Les paramètres de publication sont définis avec *Fichier* puis *Paramètres de publication*. Attention, car la largeur et la hauteur correspondent aux dimensions réelles de l'image (en pixels) pour qu'elle ne soit pas déformée. Enregistrez l'animation, puis lancez *Aperçu* avant publication puis *HTML* pour voir ce que donne le menu sur l'explorateur Web. Une erreur survient si vous n'avez pas créé les pages de *PageM1.htm* à *PageM7.htm*, dont le code est donné en **annexe 2**.

Choisissez **Publier** et enregistrer le menu dans un fichier de type htm. Vous lancerez directement le menu en appelant cette page avec le navigateur (**écrans 7 et 8**).

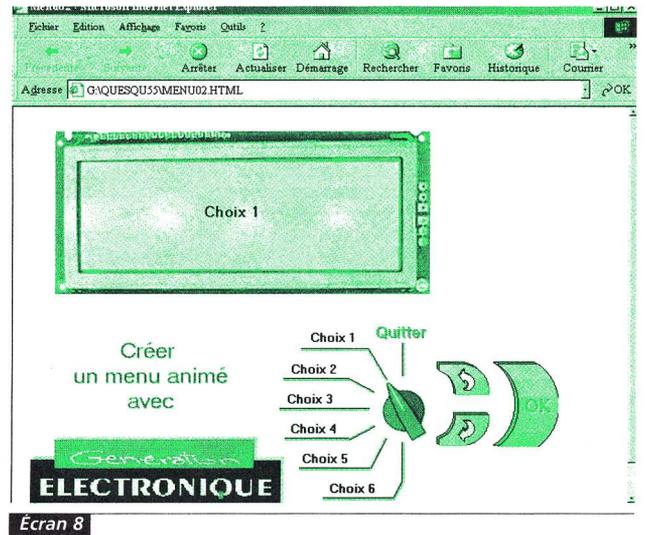
## ■ Sur le Web

N'oubliez pas de placer l'adresse du site de Macromédia afin qu'un visiteur puisse charger le plug-in directement (elle est disponible sur le site).

P. RYTTER



Écran 7



Écran 8

## ■ Annexe 1 : Code source de la page Menu créée par Flash

```
<HTML><HEAD><TITLE>Menu02</TITLE>
</HEAD>
<BODY bgcolor="#FFFFFF">
<!-- URL's used in the movie-->
<A HREF=PageM1.htm></A> <A HREF=PageM2.htm></A> <A
HREF=PageM3.htm></A> <A HREF=PageM4.htm></A> <A
HREF=PageM5.htm></A> <A HREF=PageM6.htm></A> <A
HREF=PageM7.htm></A> <!-- text used in the movie-->
<OBJECT classid="clsid:D27CDB6E-AB6D-11cf-96B8-444553540000"
codebase="http://active.macromedia.com/flash2/cabs/swflash.ca
b#version=4,0,0,0"
ID=Menu02 WIDTH=635 HEIGHT=446>
<PARAM NAME=movie VALUE="Menu02.swf"> <PARAM NAME=loop
VALUE=false> <PARAM NAME=quality VALUE=high> <PARAM
NAME=bgcolor VALUE=#FFFFFF> <EMBED src="Menu02.swf"
loop=false quality=high bgcolor=#FFFFFF WIDTH=635 HEIGHT=446
TYPE="application/x-shockwave-flash"
PLUGINSOURCE="http://www.macromedia.com/shockwave/download/ind
ex.cgi?P1_Prod_Version=ShockwaveFlash"></EMBED>
</OBJECT>
</BODY>
```

</HTML>

## ■ Annexe 2 : Le code de la page 1

```
<HTML><HEAD><META HTTP-EQUIV="Content-Type"
CONTENT="text/html; charset=windows-1252"><META NAME="Genera
tor" CONTENT="Microsoft Word 97">
<TITLE>PageM1</TITLE>
<META NAME="Version" CONTENT="8.0.3429">
<META NAME="Date" CONTENT="11/28/96">
<META NAME="Template" CONTENT="C:\Program Files\Microsoft
Office\Office\HTML.DOT">
</HEAD>
<BODY TEXT="#000000" LINK="#0000ff" VLINK="#800080" BACK-
GROUND="Image4.jpg">
<FONT SIZE=4><P>Page 1</P>
<P>&nbsp;</P>
</FONT><P><A HREF="Menu02.html">Retour Menu</A></P>
</HTML>
```



### telecontrolli

Représenté et distribué en France par LEXTRONIC

Cette gamme de modules hybrides (dont les modèles radio sont pour la plupart conformes aux normes I-ETS 300-220) bénéficie d'un procédé de fabrication "high tech" sur substrat céramique ainsi qu'un des meilleurs rapports qualité / prix / performances du moment

**REMISSIONS QUANTITATIVES**

Émetteurs Radio "AM" 433,92 MHz (Dispo mi septembre)						
Réf./Dim	Description	V	I	P/S	D	Pu
RT2-433 (17,8 x 10,2)	Module D.I.L. ant. intégrée	4-14	3	-10	4,8	57 Fttc
RT4-433 (17,8 x 10,2)	Module D.I.L. ant. externe	3-14	4	+10	4,8	55 Fttc
RT5-433 (17,7 x 11,4)	Module S.I.L. ant. externe	3-14	4	+10	4,8	55 Fttc

Récepteurs Radio "AM" 433,92 MHz (Dispo mi septembre)						
Réf./Dim	Description	V	I	S	D	Pu
RR3-433 (38,1 x 12,7)	Module S.I.L. Sup. réaction	5	2,5	-103	2,4	44 Fttc
RR5-433 (38,1 x 14,5)	Module S.I.L. Sup. hétérod.	5	5	-106	4,8	135 Fttc

**Ultrasons / Infrarouge / Barrière IR** (Dispo mi septembre)

Associé à 2 cellules ultrasons + 2 diodes + 2 résistances, ce module permet la réalisation d'un détecteur d'intrusions (réf.: UTR1) **48 Fttc**

Les cellules ultrasons seules ..... **19 Fttc**

Associé à une cellule infrarouge + 5 condensateurs + une résistance ajustable, ce module permet la réalisation d'un radar infrarouge passif complet (réf.: PID1) **58 Fttc**

La cellule infrarouge seule ..... **30 Fttc**

Associés à une diode émettrice et réceptrice infrarouge + 2 condensateurs, ces modules offrent la réalisation d'une barrière infrarouge. L'utilisation de plusieurs modules permet d'obtenir des modèles doubles/quadruples faisceaux Hybride émetteur (réf.: IRT1) ..... **26 Fttc**

Diode infrarouge émettrice seule ..... **3 Fttc**

Hybride récepteur (réf.: IRD1) ..... **47 Fttc**

Diode infrarouge réceptrice seule ..... **3 Fttc**

**Hybrides pour instrumentation musicale** (Dispo mi sept.)

Ajoutez des leds, 4 résistances et un condensateur à ce module pour obtenir un vumètre professionnel 12 Leds (réf.: SM1) ..... **69 Fttc**

Associé à 4 ajustables externes, ce module permet la réalisation d'un préampli. guitare et basse (réf.: SP1) ..... **39 Fttc**

Associé à 4 ajustables + 4 condos, ce module permet la réalisation d'un préampli. micro avec correcteur de tonalité (réf.: SP3) ..... **68 Fttc**

Associé à 2 ajustables externes, ce module permet la réalisation d'un trémolo/vibrato pour guitare (réf.: SG1) ..... **38 Fttc**

Ajoutez simplement des potentiomètres à ce module pour obtenir un égaliseur 7 bandes stéréo professionnel (réf.: SG6) ..... **128 Fttc**

2 condensateurs externes suffisent à ce module pour disposer d'un amplificateur pour casque complet (réf.: SA2) ..... **53 Fttc**

### Radiometrix

Représenté et distribué en France par LEXTRONIC

Bénéficiant d'une qualité radio tout exceptionnelle, ces modules hybrides "FM" blindés sont conformes aux normes EMC: ETS 300-683 et ETS 300-220 ♦ Alim.: 4 à 6 Vcc ♦ Compatibles signaux numériques ou analogiques ♦ Portée: 300 m à vue

**REMISSIONS QUANTITATIVES**

Émetteurs / Récepteurs Radio "FM" 433,92 MHz (Dispo)						
Réf./Dim	Description	V	I	P/S	D	Pu
TX2-433 (32 x 12)	Émetteur S.I.L. ant. externe	5	10	9	40	120 Fttc
RX2-433F (48,0 x 17,5)	Récep. S.I.L. Sup. hétérod.	5	13	-113	14	225 Fttc

Ce récepteur existe aussi en version moins sensible mais capable de transmettre des débits max. de l'ordre de 40 Kbps

Ces modules seront bientôt disponibles en version 868 MHz

**Transceivers "FM" 433,92 MHz (Dispo)**

Ce module ne mesurant que 33x23x10 mm intègre un émetteur et un récepteur "FM" associés à un système de commutation d'antenne. Idéal pour la réalisation de systèmes de transmission de données bidirectionnelles ♦ Portée max. à vue: 100 m ♦ Débit max.: 40 kbps.

Le module seul (réf.: BIM-433-FH) **415 Fttc**

Blindage métallique optionnel ..... **19 Fttc**

**Voice-Direct™ 364 sensory Speech Recognition**

Représenté et distribué en France par LEXTRONIC

Utilisant une technologie basée sur le principe du réseau neuronal, cette gamme de kits et de modules est capable de reconnaître plusieurs expressions qu'un ou plusieurs utilisateurs lui aura préalablement apprises (en n'importe quelle langue).

**Module et kit "Voice-Direct™ 364"**

Ce module ne mesurant que 50 x 50 x 15 mm associé à un haut-parleur + 1 microphone + 3 boutons-poussoirs + 3 résistances externes peut reconnaître jusqu'à 15 expressions différentes ♦ Mémoire en EEPROM ♦ Reconnaissance en continu avec mode sécurisé 1 à 3 utilisateurs. Module + notice seuls (réf.: \*VDM-1) **375 Fttc**

Le module livré sous blister avec haut-parleur + microphone + boutons-poussoirs + résistances + notice fabricant (réf.: \*VDM-2) ..... **425 Fttc**

Ce kit dispose de toute la circuiterie nécessaire pour mettre en oeuvre le module "Voice-Direct™ 364" (compris dans le kit) avec la possibilité de piloter directement jusqu'à 8 relais (livrés en option).

Le kit complet (sans relais) réf.: PRC0K ..... **572 Fttc**

Le kit sans "Voice-Direct™ 364" (réf.: PRC0SV) **197 Fttc**

Relais impulsif seul (8 A/250 V) ..... **22 Fttc**

Relais bistable seul (16 A / 250 V) ..... **44 Fttc**

Kit d'extension (sans relais) pour 7 sorties ..... **169 Fttc**

**LEXTRONIC**

36/40 Rue du Gal de Gaulle  
94510 La Queue en Brie  
Tél.: 01.45.76.83.88  
www.lextronic.fr

Frais de port: 44 F

Site web: www.lextronic.fr

# EN KIOSQUE

## ELECTRONIQUE PRATIQUE

Septembre 2000 - www.eprat.com

**Réalisation d'un radar expérimental**

- Mini analyseur logique
- Utilisation du PIC 16F84
- Clavier numérique
- Théorie et application: un capacimètre de batterie

Un panneau d'affichage auto-enregistrement pour vidéo surveillance

## SOMMAIRE

Panneau d'affichage à diodes • Mini analyseur logique • Centrale d'alarme pour véhicule ou habitation avec un PIC 16F84 • Radar expérimental à effet doppler • Dispositif d'auto-enregistrement pour vidéo-surveillance • Clavier numérique • Appel inter-postes téléphoniques • Pronostiqueur lotto-kéno • Le PIC 16C711 en mode veille • Capacimètre de batterie • Interrupteur à effleurement • Barrière laser

**www.eprat.com**

**CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX 25<sup>F</sup>**

# Adaptateur micro-ampèremètre pour multimètre

## ■ A quoi ça sert ?

Alors que les courants d'entrée, voir parfois même les consommations, de la majorité des circuits actuels ne cessent de baisser avec la prééminence des technologies MOS, quasiment tous les multimètres, qu'ils soient numériques ou à aiguille, sont incapables de mesurer avec précision des courants inférieurs à une centaine de  $\mu\text{A}$ . Et encore en ce domaine, ce sont les "vieux" multimètres analogiques à aiguille qui tirent le mieux leur épingle du jeu avec, pour les modèles 20 000  $\Omega/V$  une gamme 50  $\mu\text{A}$  pleine échelle que sont bien loin d'atteindre les multimètres numériques.

Nous vous proposons donc de remédier à cela avec ce montage, que l'on peut considérer soit comme un adaptateur à placer devant un multimètre à aiguille disposant justement d'une gamme 50  $\mu\text{A}$ , soit comme un appareil de mesure complet en le dotant d'un galvanomètre de 50  $\mu\text{A}$  de sensibilité. Dans un cas comme dans l'autre, vous disposerez alors d'un micro-ampèremètre à 4 gammes avec des sensibilités pleine échelle de : 50  $\mu\text{A}$ , 5  $\mu\text{A}$ , 500 nA et 50 nA. Autant dire que, sur la gamme la plus sensible, vous pourrez estimer des courants de l'ordre de la centaine de pA. Belle performance pour un montage dont le prix de revient, hors galvanomètre, est de l'ordre de 100 Francs !

## ■ Comment ça marche ?

Pour mesurer un courant, tous les appareils de la création mesurent en fait la chute de tension produite par le passage de ce dernier au travers d'une résistance appelée shunt. Ce rôle est tenu ici par les résistances  $R_1$  à  $R_4$  sélectionnées par le commutateur de gamme  $S_1$ . Si vous avez appris à l'école qu'un shunt était une résistance de faible valeur, ne soyez pas surpris par les valeurs "anormalement" élevées rencontrées ici. Elles sont dues aux courants très faibles que l'on veut mesurer. Ainsi, 50 nA ne produisent que 50 mV de chute

de tension en traversant la résistance  $R_4$  de 1 M $\Omega$ .

Cette tension est amplifiée au moyen de l'amplificateur opérationnel IC<sub>1</sub>, dont le gain est fixé aux environs de 10 grâce à  $R_5$  et  $R_6$ . Le choix de cet amplificateur est cependant délicat. En effet, il ne faut pas que son courant d'entrée soit supérieur ou du même ordre de grandeur que celui à mesurer en gamme la plus sensible sous peine de fausser toute la mesure. Nous avons donc choisi un CA 3130 dont l'impédance d'entrée dépasse le million de M $\Omega$  et dont le courant d'entrée est de l'ordre du pA.

La résistance  $R_8$  et les diodes  $D_1$  et  $D_2$  protègent cet amplificateur des fausses manoeuvres éventuelles mais, hélas, le courant de fuite des diodes dégrade les caractéristiques de l'adaptateur sur la gamme la plus sensible. En effet, même en utilisant des diodes à faible courant de fuite comme

mètre numérique. Les potentiomètres

$P_1$  et  $P_2$  seront, quant à eux, des modèles multitours afin de faciliter le réglage du montage et de garantir sa stabilité dans le temps. Le support de  $C_1$  est quasiment obligatoire, surtout si vous n'utilisez pas les diodes car, en cas de fausse manoeuvre, IC<sub>1</sub> est en première ligne et doit donc pouvoir être remplacé facilement.

Le circuit imprimé que nous avons dessiné supporte tous les composants à l'exception du commutateur de sélection de gamme  $S_1$  qui, lui, sera relié au moyen de fils souples isolés. Le boîtier recevant l'adaptateur sera avantageusement un modèle métallique relié à la masse du montage car, en gamme 4, son impédance d'entrée

veut décoller très légèrement l'aiguille. En effet, tout dépassement de cette position "vers le bas" introduit une erreur de mesure qui prend vite des proportions importantes.

Réglez ensuite  $P_2$ . Pour cela commencez par mesurer un courant de l'ordre de 50  $\mu\text{A}$  avec votre multimètre ou le galvanomètre utilisé seul puis, en vous servant du montage commuté en gamme 1, mesurez le même courant et ajustez  $P_2$  en conséquence. Si vos résistances

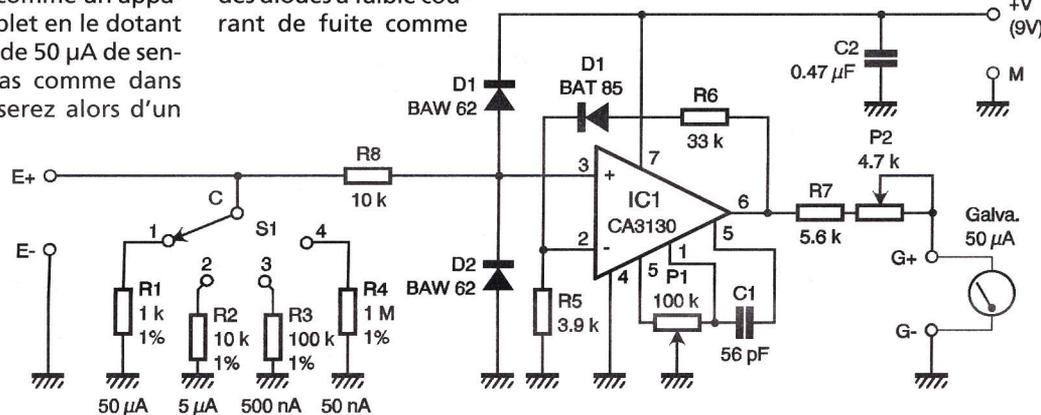


Fig 1

Schéma de notre montage

les BAW 62 préconisées, on est très loin du pA offert par le CA 3130. Si donc vous voulez conserver à cet adaptateur sa précision maximum, surtout en gammes 3 et 4, vous ne monterez pas ces diodes ( $R_8$  peut rester en place) et veillerez alors à ne pas appliquer "n'importe quoi" à l'entrée.

La sortie de l'amplificateur commande, quant à elle, un galvanomètre de 50  $\mu\text{A}$  de déviation totale, via le potentiomètre  $P_2$  de réglage de sensibilité du montage. Le potentiomètre  $P_1$ , quant à lui, permet d'annuler la tension d'offset ou de décalage de l'amplificateur IC<sub>1</sub>.

L'alimentation de l'adaptateur est confiée à une simple pile de 9V qui, si vous prenez la précaution de la munir d'un interrupteur marche-arrêt, durera très longtemps vu la très faible consommation de IC<sub>1</sub>.

## ■ La réalisation

Les composants sont d'approvisionnement facile mais veillez bien pour  $R_1$  à  $R_4$  à choisir des modèles à 1 % ou, comme nous l'avons fait sur la maquette, à trier des modèles à couche métallique avec un bon ohm-

est de 1 M $\Omega$  ce qui le rend sensible aux inductions parasites.

Comme nous l'avons expliqué ci-dessus, les diodes  $D_1$  et  $D_2$  ne seront montées que si vraiment vous n'êtes pas sûr de vous lors des mesures, et si vous tenez à tout prix à protéger le montage des fausses manoeuvres. Le galvanomètre pourra être votre (ancien ?) multimètre à aiguille réglé en gamme 50  $\mu\text{A}$  ou un galvanomètre du commerce de cette sensibilité. Dans ce dernier cas, choisissez un modèle avec un cadran aussi grand que votre budget le permet afin de disposer d'une échelle bien lisible.

Le fonctionnement du montage est immédiat mais le potentiomètre  $P_1$  nécessite d'être réglé avec soin afin de ne pas introduire des erreurs de mesure qui peuvent être très importantes. Voici donc comment procéder. Mettez le montage sous tension et laissez-le se stabiliser en température pendant dix bonnes minutes. Placez-le en gamme 1 et court-circuitez l'entrée. Tournez  $P_1$  dans un sens tel que l'aiguille du galvanomètre décolle nettement de zéro, puis revenez en arrière très doucement afin de la ramener à zéro. Arrêtez-vous dès que le zéro est atteint, quitte à faire un tout petit peu machine arrière pour faire à nou-

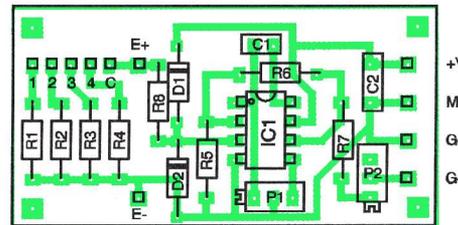


Fig 3 Implantation des composants

$R_1$  à  $R_4$  sont des modèles à 1 %, les autres gammes sont alors exactes à 2 % près.

Vous pouvez alors vous lancer à la découverte des faibles courants mais, avant d'accuser le montage de fantaisies lors des mesures, faites attention ! Une empreinte de doigt un peu gras sur un circuit imprimé peut laisser passer des courants de plusieurs centaines de pA. Votre multimètre ne les voit pas mais l'adaptateur les détecte fort bien. Soyez donc très soigneux lors des mesures.

C. TAVERNIER

## ■ NOMENCLATURE

- IC<sub>1</sub> : CA 3130
- D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> : BAW 62
- R<sub>1</sub> : 1 k $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, marron, anneau de tolérance marron)
- R<sub>2</sub> : 10 k $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, rouge, anneau de tolérance marron)
- R<sub>3</sub> : 100 k $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, orange, anneau de tolérance marron)
- R<sub>4</sub> : 1 M $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, jaune, anneau de tolérance marron)
- R<sub>5</sub> : 3,9 k $\Omega$  1/4W 5% (orange, blanc, rouge)
- R<sub>6</sub> : 33 k $\Omega$  1/4W 5% (orange, orange, orange)
- R<sub>7</sub> : 5,6 k $\Omega$  1/4W 5% (vert, bleu, rouge)
- R<sub>8</sub> : 10 k $\Omega$  1/4W 5% (marron, noir, orange)
- C<sub>1</sub> : 56 pF céramique
- C<sub>2</sub> : 0,47  $\mu\text{F}$  mylar
- P<sub>1</sub> : potentiomètre ajustable multitours de 100 k $\Omega$
- P<sub>2</sub> : potentiomètre ajustable multitours de 4,7 ou 5 k $\Omega$
- S<sub>1</sub> : commutateur 1 circuit 4 positions
- 1 support de CI 8 pattes
- Galva : Galvanomètre 50  $\mu\text{A}$  ou multimètre réglé sur 50  $\mu\text{A}$  continu

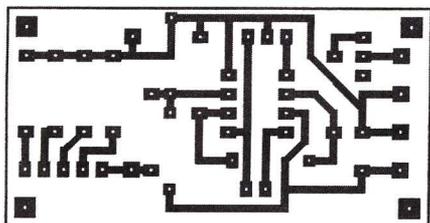


Fig 2 Circuit imprimé, vu côté cuivre



# COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?

## 25° partie

**S**i les circuits logiques sont effectivement utilisés dans des montages essentiellement statiques, tels ceux que nous avons vus jusqu'à présent et que l'on appelle la logique combinatoire ; ils sont beaucoup plus fréquemment mis à contribution dans des montages dynamiques relevant alors de la logique séquentielle.

Pour pouvoir réaliser de tels montages et calculer les composants qui y sont mis en œuvre, il nous faut momentanément délaïsser nos circuits logiques pour parler d'un composant auquel nous nous sommes assez peu intéressés jusqu'à maintenant : le condensateur.

Ce désintérêt était un peu volontaire car, il faut être honnête, manipuler des calculs faisant intervenir des condensateurs est tout de même moins facile que ceux n'utilisant que de simples résistances. La principale cause de cette difficulté est que la tension aux bornes d'un condensateur évolue selon une relation exponentielle comme nous l'avons vu dans GE n° 4.

Afin de ne pas reprendre ici ce que nous avons déjà écrit, nous vous demandons de vous reporter à ce numéro de GE ou, ce qui est encore mieux, de le garder sous les yeux car nous allons faire appel aux relations qui y ont été présentées pour réaliser quelques-uns des calculs et raisonnements que nous allons maintenant découvrir ensemble.

### ■ Différentiateur et intégrateur

Dans différentiateur il y a différentielle et dans intégrateur il y a intégrale ; deux notions mathématiques que vous êtes nombreux à ne pas apprécier outre mesure. Voyons donc, avec un peu de bon sens et de raisonnement, si nous pouvons nous passer de tout calcul complexe pour vous présenter ces deux circuits fondamentaux.

Examinons tout d'abord le schéma de la **figure 1**, qui s'appelle intégrateur mais dont nous allons analyser le fonctionnement sans problème et surtout sans nous préoccuper de la moindre intégrale. Pour cela, nous allons appliquer à ce circuit une impulsion avec des fronts

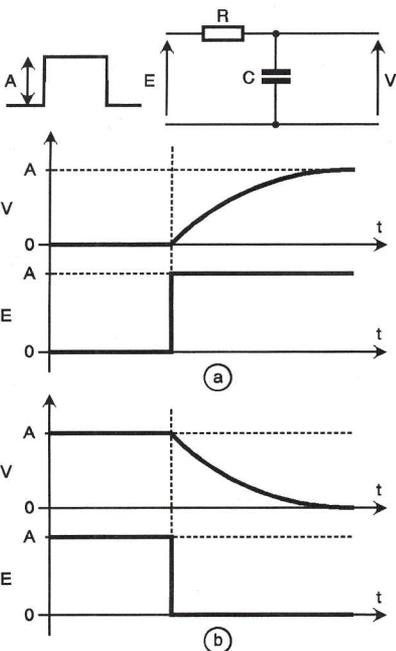


Fig 1 Schéma type d'un intégrateur.

bien raides. Lorsque le circuit reçoit le front montant de l'impulsion, cela équivaut exactement à la fermeture

de l'interrupteur de la figure 9a de GE n° 4 (vous voyez qu'il vaut mieux le garder à portée de mains ! ) ; la tension équivalente à E n'étant rien d'autre que l'amplitude de notre

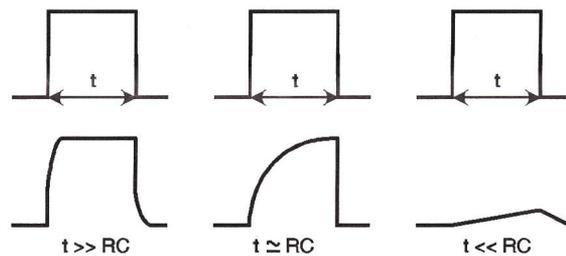
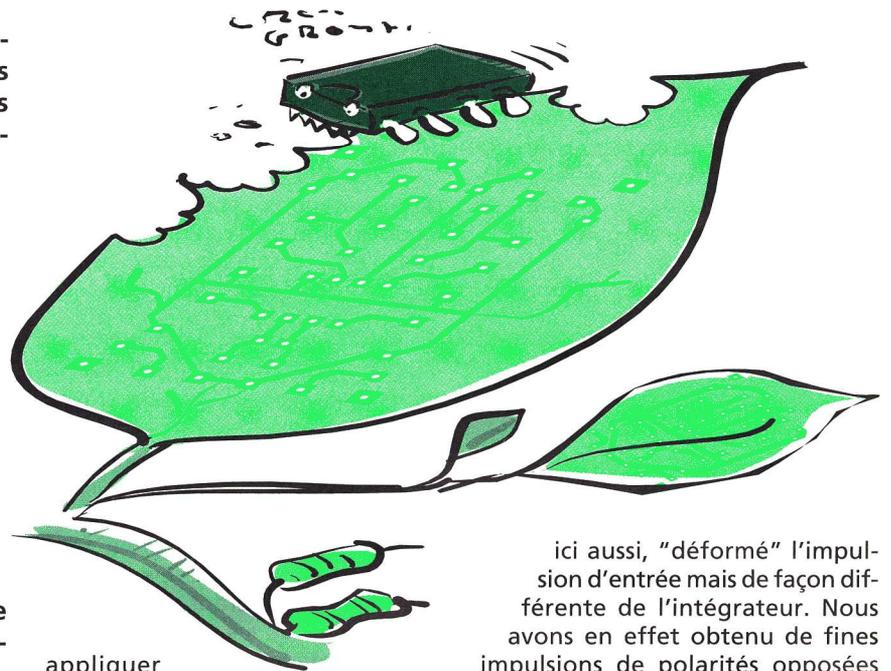


Fig 2 Action de l'intégrateur pour diverses valeurs de sa constante de temps.

impulsion. Le condensateur va donc se charger et la tension à ses bornes prendra la valeur exponentielle visible **figure 1a**. Lorsque le circuit reçoit le front descendant de l'impulsion, cela équivaut à décharger notre condensateur dans la résistance R puisque l'on ramène la tension E à 0 par le biais de ce front descendant. La tension aux bornes du condensateur va donc avoir l'allure exponentielle visible **figure 1b**. Notre circuit RC a donc "déformé" l'impulsion d'entrée ; cette déformation dépendant bien évidemment de la valeur relative de ce que l'on appelle la constante de temps (qui n'est autre que le produit RC) par rapport à la durée de l'impulsion. Vous pouvez ainsi voir en **figure 2** l'effet de diverses constantes de temps sur une impulsion d'entrée de largeur donnée.

Une première utilisation de ce circuit, en logique s'entend, va être d'éliminer les parasites ou les signaux de fréquence trop élevée. Nous verrons cela dans la suite de cet exposé mais il nous faut auparavant parler du circuit complémentaire qui a pour nom différentiateur.

Son schéma vous est présenté **figure 3** et, ici aussi, nous allons lui



appliquer une impulsion. Le front montant équivaut à nouveau à fermer l'interrupteur de la figure 9a de GE n° 4 mais attention ! Ici nous regardons la forme de la tension aux bornes de la résistance. Nous allons donc avoir une exponentielle "à l'envers" comme schématisé **figure 3a**. Lorsque le front

descendant de l'impulsion va arriver, cela équivaudra encore à décharger notre condensateur dans la résistance mais, compte tenu de la polarité de la charge de ce dernier, nous obtiendrons alors le signal visible **figure 3b**. Notre circuit RC a donc,

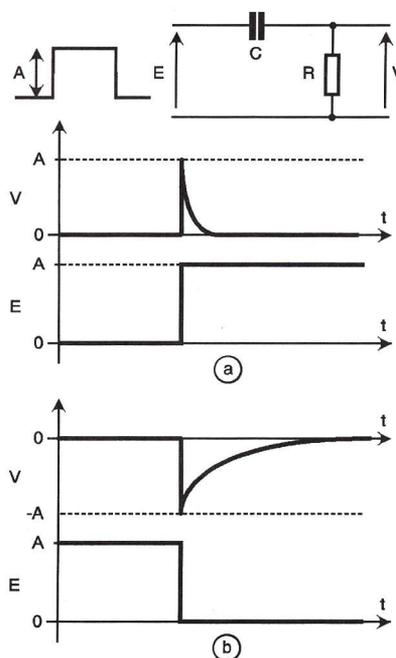
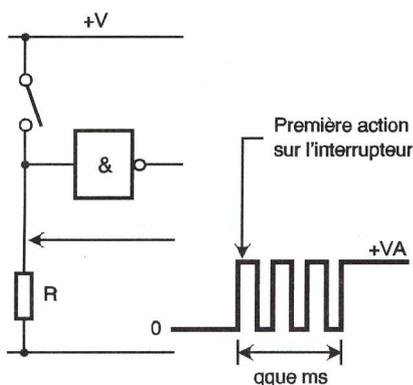


Fig 3 Schéma type d'un différentiateur.

ici aussi, "déformé" l'impulsion d'entrée mais de façon différente de l'intégrateur. Nous avons en effet obtenu de fines impulsions de polarités opposées pour chaque front de l'impulsion d'entrée. La finesse de ces impulsions et l'efficacité du montage dépendent, là aussi, de la valeur de la constante de temps RC ; mais vous l'aviez déjà certainement deviné ... Pour ceux d'entre-vous qui aimez les mathématiques, remarquez que le premier montage réalise bien l'intégration de la fonction représentative du signal d'entrée, tandis que le second montage réalise bien la différentiation de la fonction représentative de ce même signal d'entrée. Les noms respectifs de ces montages ne sont donc pas usurpés. Nous allons voir maintenant que ces deux circuits fondamentaux sont quasiment indispensables en logique dès lors que l'on veut réaliser des circuits dynamiques, c'est à dire faisant intervenir la notion de temps.

### ■ Éliminons les rebondissements

La **figure 4** présente une situation classique, à savoir l'entrée d'une porte reliée à un interrupteur chargé d'en faire changer le niveau. Si vous réalisez ce montage en le faisant suivre par exemple d'un compteur, vous aurez la désagréable surprise de constater que ce dernier avance d'un grand nombre d'unités à chaque fermeture de l'interrupteur. La raison d'être de cet apparent mystère se nomme rebondissement. En effet, lorsque l'on ferme l'interrupteur, qui est un organe mécanique rappelons-le, cette fermeture ne génère pas une belle impulsion bien propre comme on pourrait s'y attendre mais un train d'impulsions très fines et très proches, correspondant aux rebondissements mécaniques de l'interrupteur. La figure 4 montre cela aussi bien qu'un long discours et permet de comprendre pourquoi



**Fig 4** Un interrupteur ne génère pas un seul front à cause du phénomène de rebondissement.

notre compteur avance de plusieurs unités au lieu d'une seule. La durée totale de ces impulsions varie quelque peu selon le type d'interrupteur utilisé mais on peut admettre comme valeur réaliste maximum 2 ou 3 ms.

Une première solution pour venir à bout de ce genre de problème passe par l'utilisation d'une bascule R-S comme indiqué **figure 5**. Compte tenu du principe de cette bascule, on ne dispose bien en sortie que d'un seul front à chaque manoeuvre de l'interrupteur. Malheureusement, il nous faut maintenant faire appel à deux portes logiques et à un interrupteur à 1 circuit et 2 positions (un inverseur si vous préférez) ce qui complique le schéma et augmente le coût et l'encombrement de la réalisation.

## ■ Un premier emploi pour l'intégrateur

Une solution beaucoup plus simple à ce problème passe par l'utilisation d'une cellule RC, en l'occurrence un intégrateur comme cela est schématisé **figure 6**.

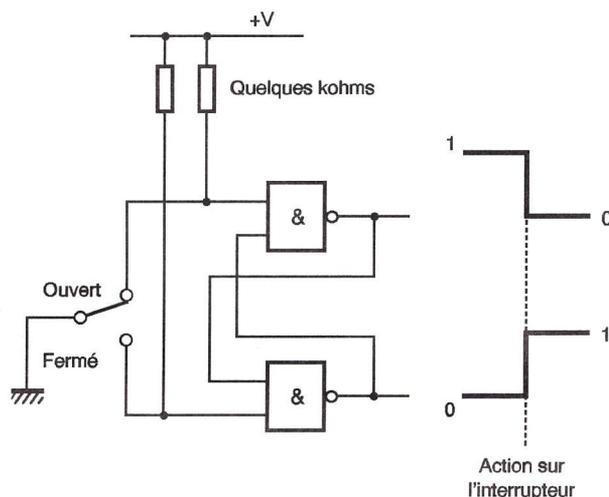
En effet, sous réserve que la constante de temps RC de l'intégrateur soit grande devant la durée des impulsions, notre montage va littéralement les absorber pour délivrer en sortie une seule et unique belle exponentielle. Avec ce montage, nous avons donc bien supprimé nos rebondissements mais hélas, il semble que nous n'ayons fait que déplacer le problème. En effet, si nous appliquons ce signal à l'entrée d'une porte, nous constatons que, pendant un temps non négligeable, l'entrée de cette porte va recevoir une tension se trouvant dans sa bande interdite comme cela est schématisé figure 6.

Si vous vous reportez à GE n° 23 où nous avons traité de ce problème, vous y découvrirez que notre porte a donc de fortes chances d'osciller pendant toute cette durée et qu'elle risque donc de produire en sortie... des impulsions parasites. Celles-là même que nous avons réussi à éliminer en entrée. En fait, le montage de la figure 6 arrive tout de même à fonctionner, en particulier avec les circuits CMOS dont la réaction à une tension d'entrée dans la bande interdite n'est pas aussi virulente que les TTL, mais il est fortement déconseillé de l'utiliser au profit de celui de la **figure 7**.

C'est le même nous direz-vous. Oui

mais, car il y a un mais, la porte est représentée avec un petit symbole (un cycle d'hystérésis pour être précis) qui indique que nous sommes en présence d'une porte logique à trigger de Schmitt. Ce montage présente la particularité d'avoir deux seuils de basculement très précis et de se comporter comme schématisé **figure 8** qui est justement... un cycle d'hystérésis.

Si on applique à notre trigger une tension d'entrée lentement croissante, sa sortie va brutalement changer d'état lorsque l'on va franchir un premier seuil bien précis  $V_1$ . Si la tension d'entrée continue à croître, plus rien ne se passe. Si maintenant cette tension d'entrée décroît lentement, la sortie du montage va à nouveau brutalement changer de niveau lorsque l'on va passer par le seuil  $V_2$ , différent de  $V_1$ . Si la tension d'entrée



**Fig 5** Une bascule R-S permet d'éliminer les rebondissements mais complique le montage.

continue à décroître, plus rien ne se passe.

En résumé, ce montage transforme toute variation lente de sa tension d'entrée en une variation quasi instantanée de sa tension de sortie. Dans notre cas, c'est juste ce que nous voulions puisque lorsque le signal exponentiel d'entrée va passer par le seuil "montant" de la porte, celle-ci va brutalement changer d'état.

Réciproquement, lorsque l'interrupteur sera ouvert, le condensateur va se décharger lentement (par le biais du courant d'entrée de la porte dans le cas de ce schéma) et lorsque le seuil de basculement descendant du trigger de Schmitt sera atteint, la sortie va, à nouveau, brutalement changer d'état.

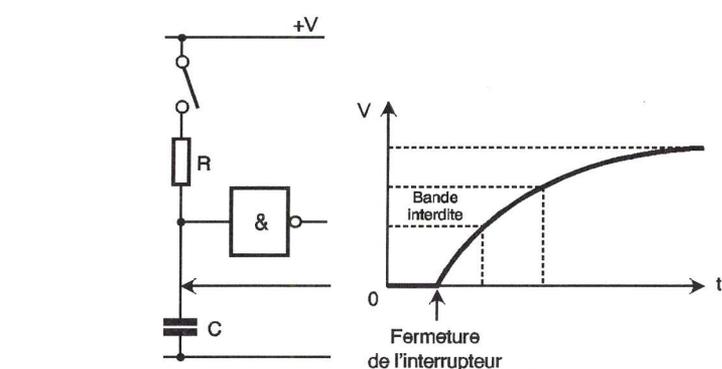
Même si ce schéma fonctionne et se trouve largement utilisé pour éliminer les rebondissements des interrupteurs, il est aussi à la base d'une autre application qui n'est autre qu'un...

## ■ Oscillateur à trigger de Schmitt

Ce schéma est le plus simple et le plus efficace qui soit pour réaliser un oscillateur astable, c'est à dire un montage générant des signaux carrés ou rectangulaires.

Voyons comment il fonctionne grâce à la **figure 9**.

Initialement, le condensateur est



**Fig 6** Une autre solution pour éliminer les rebondissements fait appel à un intégrateur.

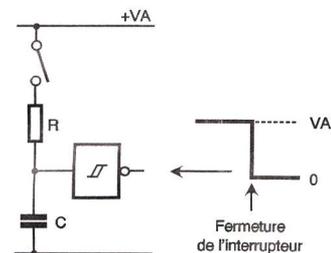
déchargé, la tension à ses bornes est donc nulle et les entrées de la porte sont au niveau logique 0. La sortie de cette porte est donc à 1, c'est à dire encore au niveau de la tension d'alimentation  $V_{DD}$  du circuit intégré. Le condensateur peut donc se charger au travers de la résistance R alimentée sous  $V_{DD}$  par la sortie de la

$t_2$  sont égaux, on est en présence d'un signal carré, ou de rapport cyclique égal à 50% ou encore à 1. Si  $t_1$  et  $t_2$  sont différents, le signal est toujours périodique mais son rapport cyclique diffère de 50%. Il est donné par la relation  $t_1/t_2$  ou bien encore  $t_1/t_2 \times 100$  si vous le voulez en pourcentage. Cependant, comme les appellations  $t_1$  et  $t_2$  sont purement formelles et dépendent du moment auquel l'on visualise le signal ; il est toujours prudent de se faire préciser explicitement qui est  $t_1$  et qui est  $t_2$  ou, mieux, de disposer d'une figure précisant bien la forme du signal.

## ■ Un montage très souple d'emploi

Ceci étant précisé, nous pouvons revenir à notre oscillateur à trigger de Schmitt pour tenter d'en calculer la fréquence de fonctionnement.

Sauf lorsque l'on part de l'état initial où le condensateur est complètement déchargé, on se rend compte en lisant l'analyse du fonctionnement qui précède que la tension aux bornes du condensateur oscille en fait entre les seuils de basculement haut  $V_H$  et bas  $V_B$  de la porte à trigger de Schmitt utilisée. Pour un circuit CMOS tel le célèbre 4093, alimenté sous 5V, la tension  $V_H$  est de l'ordre de 54% de  $V_{DD}$  alors que  $V_B$  est de l'ordre de 49% de  $V_{DD}$  environ. Un calcul faisant intervenir les relations exactes de charge et décharge d'un condensateur, vues dans GE n° 4, est donc nécessaire pour déterminer ces temps respectifs, dont la somme donne la période



**Fig 7** Un trigger de Schmitt résout les problèmes posés par le montage de la figure 6.

## ■ Période, fréquence et rapport cyclique

Examinons un instant la **figure 10** qui présente divers signaux rectangulaires afin de bien définir les termes les concernant.

En présence d'un signal périodique, la période T est la somme des temps  $t_1$  et  $t_2$ . La fréquence, rappelons-le, n'est autre que  $1/T$ . Si les temps  $t_1$  et

de fonctionnement de notre oscillateur.

En première approximation, ce calcul donne :

$T \approx 0,3 \cdot R \cdot C$  avec T en seconde, R en ohm et C en Farad.

Il n'est pas utile ici de donner une relation plus précise où figurent des exponentielles ; en effet les seuils de basculement haut et bas du trigger de Schmitt sont assez imprécis et

peuvent varier de plus ou moins 20%, et parfois même plus, en fonction de la tension d'alimentation ou de la température. Cette relation approximative est donc largement suffisante pour ce type d'application.



## ■ Un réglage de la fréquence très facile

Ce schéma d'oscillateur est très pratique car il permet, par simple modification de R et/ou de C, de disposer d'une plage de fréquence de fonctionnement allant de quelques centièmes de Hz (période de plusieurs dizaines de secondes) à quelques MHz. Cette facilité de réglage est largement mise à profit lorsque l'on souhaite disposer d'une fréquence de sortie relativement exacte. On

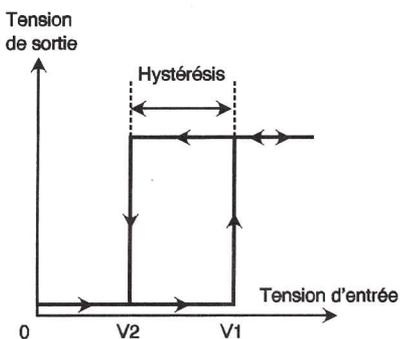


Fig 8 Le cycle d'hystérésis caractéristique d'un trigger de Schmitt.

remplace alors dans ce cas la seule résistance R par une association résistance en série avec un potentiomètre ajustable comme indiqué figure 11.

La période minimum du signal pouvant être généré par le montage est alors égale à :

$$T_{\min} \# 0,3 \cdot R \cdot C$$

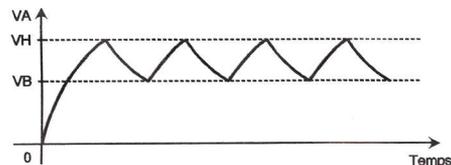
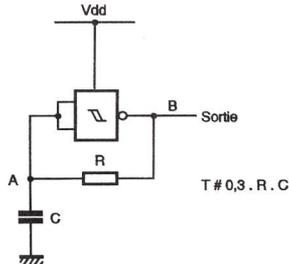


Fig 9 Un trigger de Schmitt permet de réaliser très facilement un oscillateur.

Alors que la période maximum est donnée par :

$$T_{\max} \# 0,3 \cdot (R + P) \cdot C$$

Il suffit donc que ces deux valeurs encadrent largement la valeur de la période effectivement désirée pour que le réglage permis par le potentiomètre donne satisfaction. La large plage de fréquence de fonc-

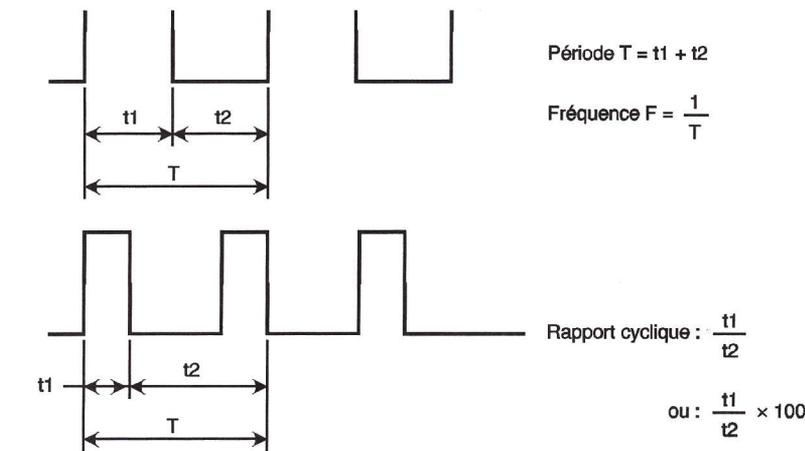


Fig 10

Quelques précisions de langage.

tionnement permise par ce montage ne peut toutefois pas dépasser certaines limites physiques dues aux composants ; limites qu'un peu de bon sens permet de comprendre et d'évaluer.

Côté fréquences élevées tout d'abord, le montage est naturellement limité par la fréquence maxi-

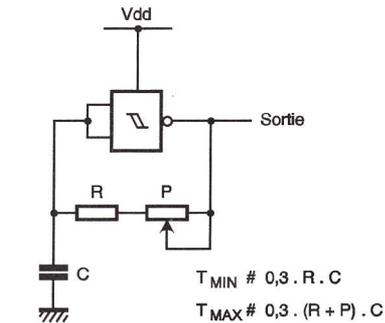


Fig 11 Il est facile de rendre ajustable la fréquence de fonctionnement de l'oscillateur de la figure 9.

imum de fonctionnement de la porte CMOS utilisée. Pratiquement, cette dernière est de l'ordre de 2 à 5 MHz. Elle augmente un peu avec la tension d'alimentation ce qui signifie que si vous avez besoin d'un oscillateur proche de cette limite, il vaudra mieux le faire fonctionner sous une tension élevée.

Côté fréquences basses ensuite, la limite ne vient pas de la porte CMOS mais de la qualité des condensateurs. En effet, pour disposer d'une très faible fréquence, et donc d'une très grande période, il faut utiliser des valeurs de R et de C aussi fortes que possible. Malheureusement, les condensateurs de forte valeur sont nécessairement des modèles chimiques qui présentent tous une résistance de fuite interne parasite comme schématisé figure 12. Meilleur est le condensateur, plus

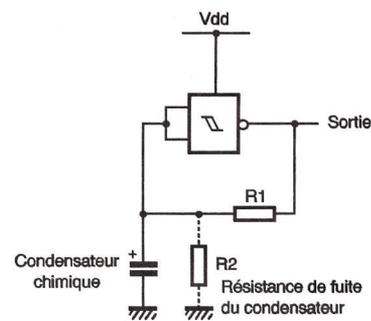


Fig 12 La résistance de fuite des condensateurs chimiques peut perturber le fonctionnement de l'oscillateur.

forte est cette résistance mais hélas, plus la capacité du condensateur est importante et plus cette résistance diminue.

Si la résistance R1 est, elle aussi, de forte valeur, ce qui est générale-

ment le cas lorsque l'on souhaite obtenir de grandes périodes, le pont diviseur formé par R1 et la résistance de fuite R2 du condensateur peut être tel que la tension aux bornes de ce dernier risque de ne plus pouvoir atteindre le seuil de basculement de la porte.

Comme l'on connaît rarement la valeur de R2 en fonction de C, on "pifomètre" ces limites et on admet généralement qu'avec R1 égale à 1 MΩ il ne faut pas dépasser 47 μF pour C. Il est toutefois prudent, si vous évoluez près de ces valeurs, de faire quelques essais sur table ou, si vous voulez à tout prix de fortes périodes de façon sûre et stable, de faire appel à d'autres schémas que nous vous proposerons ultérieurement.

Notez aussi que cette résistance de fuite des condensateurs chimiques diminue avec le temps et avec l'augmentation de température. Il est donc prudent, lorsque l'on conçoit un montage fait pour durer, ou susceptible de subir de fortes variations de température, de ne pas trop s'approcher de la limite indiquée ci-dessus.



## ■ Sirènes en tous genres

Notre oscillateur de la figure 9 peut facilement se transformer en oscillateur commandé. Comme le montre la figure 13, il suffit en effet d'utiliser une des entrées de la porte pour autoriser ou non le fonctionnement de l'oscillateur. On peut ainsi très facilement réaliser une petite alarme à rupture de boucle. Le simple fait d'ouvrir la liai-

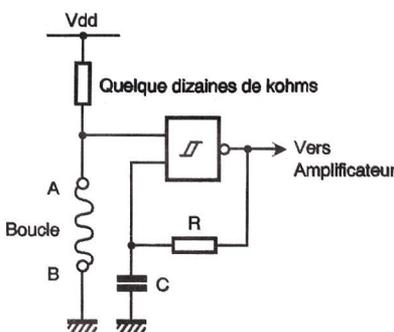


Fig 13 L'oscillateur à trigger de Schmitt se laisse facilement commander par un niveau logique.

son A - B visible sur cette même figure 13 autorise en effet le fonctionnement de l'oscillateur qui, s'il est suivi d'un amplificateur de puissance, peut servir d'alarme.

Cette tonalité monotone pouvant

passer inaperçue, vous pouvez très bien la rendre discontinue avec le montage de la figure 14. On peut difficilement imaginer plus simple puisque deux oscillateurs identiques y sont utilisés. Celui réalisé autour de la porte a fonctionne à très basse fréquence (0,33 Hz typiquement

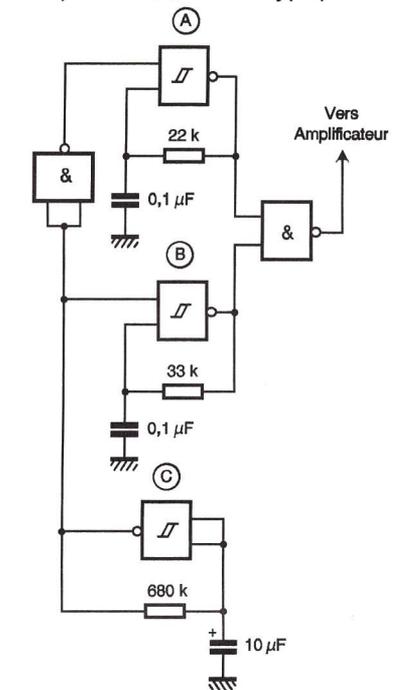


Fig 15 Une sirène à deux tons ne demande, quant à elle, que trois oscillateurs.

avec les valeurs indiquées) et autorise donc, seulement lorsque sa sortie est à l'état haut, le fonctionnement de celui réalisé autour de la porte b. Ce dernier, fonctionnant à 1010 Hz avec les valeurs indiquées, génère quant à lui le signal audible. Si cela ne vous suffit pas, et toujours sur le même principe, vous pouvez réaliser une alarme deux tons style sirène de police américaine en utilisant le schéma de la figure 15. On y trouve cette fois deux oscillateurs à fréquence audible réalisés autour des portes a et b, validés à tour de rôle par l'oscillateur très lent réalisé autour de la porte c.



## ■ En résumé

Comme vous pouvez le constater, les calculs réalisés aujourd'hui sont restés fort simples, pour ne pas dire même inexistant, et ce malgré l'introduction des condensateurs. Ce ne sera pas le cas tout au long de

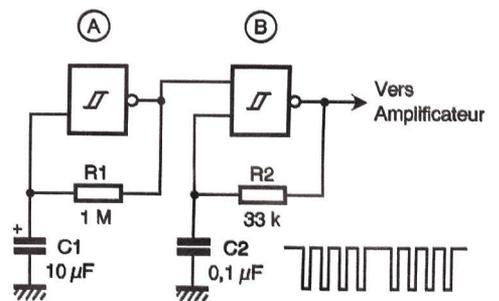


Fig 14 Avec deux oscillateurs on peut générer une tonalité discontinue.

cette étude des circuits astables et monostables mais soyez assurés que cela ne sera guère plus compliqué qu'aujourd'hui.

C. TAVERNIER

# Adaptateur millivoltmètre alternatif pour multimètre

## ■ A quoi ça sert ?

La mesure des faibles tensions alternatives basse fréquence n'a jamais été une fonction très performante, que ce soit sur les multimètres à aiguille ou numériques d'ailleurs. Ces appareils sont en effet rarement capables de descendre avec une bonne précision en dessous de quelques centaines de mV et, pour certains d'entre-eux, la bande passante de mesure se limite à un ou deux kHz, voire parfois même à quelques centaines de Hz.

Nous vous proposons de remédier à cela avec ce montage que l'on peut considérer, soit comme un adaptateur à placer devant un multimètre à aiguille disposant d'une gamme 100 ou 50  $\mu$ A continu, soit comme un appareil de mesure complet en le dotant d'un galvanomètre de 100  $\mu$ A de sensibilité. Dans un cas

dans un rapport variable selon la position du commutateur de gamme  $S_1$  et toute tension continue éventuelle est éliminée par le condensateur  $C_1$ . Compte tenu de la très grande impédance d'entrée de  $IC_1$ , celle de notre montage est égale à la somme des valeurs des résistances  $R_1$  à  $R_5$  soit environ 1 M $\Omega$ .

Les diodes  $D_1$  et  $D_2$  protègent l'amplificateur des tensions excessives pouvant lui être appliquées, mais ce n'est pas une raison pour tenter de mesurer le secteur sur la gamme la plus sensible car le montage n'y survivrait pas. Sur les autres positions du commutateur d'entrée par contre, le risque est nul.

La sortie de l'amplificateur commande un galvanomètre de 100  $\mu$ A de déviation totale (un 50  $\mu$ A est également utilisable si vous disposez d'un multimètre à aiguille qui n'a qu'une telle gamme) via le poten-

tiomètre  $P_1$  et  $P_2$  seront, quant à eux, des modèles multitours afin de faciliter le réglage du montage et de garantir sa stabilité dans le temps. Le support de  $C_1$  est quasiment obligatoire car, en cas de fausse manoeuvre,  $IC_1$  est en première ligne et doit donc pouvoir être remplacé facilement.

Le circuit imprimé que nous avons dessiné supporte tous les composants à l'exception du commutateur de sélection de gamme  $S_1$ , qui, lui, sera relié au moyen de fils souples isolés. Le boîtier recevant l'adaptateur sera avantageusement un modèle métallique relié à la masse du montage car son impédance d'entrée est de 1 M $\Omega$  ce qui le rend sensible aux inductions parasites.

Le galvanomètre pourra être votre multimètre à aiguille réglé en gamme 100  $\mu$ A ou 50  $\mu$ A, ou un galvanomètre du commerce de 100  $\mu$ A de sensibilité. Dans ce dernier cas, choisissez un modèle avec un cadran aussi grand que votre budget le permet afin de disposer d'une échelle bien lisible.

Le fonctionnement du montage est immédiat mais le potentiomètre  $P_1$  nécessite d'être réglé avec soin afin de ne pas introduire des erreurs de mesure qui peuvent être très importantes. Voici donc comment procéder. Mettez le montage sous tension et laissez-le se stabiliser en température pendant dix bonnes minutes. Placez-le en gamme 1 et court-circuitez l'entrée. Tournez  $P_1$  dans un sens tel que l'aiguille du galvanomètre décolle nettement de zéro puis revenez en arrière très doucement afin de la ramener à zéro. Arrêtez-vous dès que le zéro est atteint, quitte à faire un tout petit peu machine arrière pour faire à nouveau décoller très légèrement l'aiguille. En effet, tout dépassement "vers le bas" de cette position introduit un erreur de mesure qui prend vite des proportions importantes.

Pour régler  $P_2$ , mesurez une tension connue à 50 Hz, à partir du secon-

## ■ NOMENCLATURE

$IC_1$  : CA 3130  
 $D_1, D_2$  : BAT 85  
 $D_3, D_4$  : BAW 62 ou à défaut 1N 914 ou 1N 4148  
 $R_1$  : 1 M $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, jaune, anneau de tolérance marron)  
 $R_2$  : 100 k $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, orange, anneau de tolérance marron)  
 $R_3$  : 10 k $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, rouge, anneau de tolérance marron)  
 $R_4$  : 1 k $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, marron, anneau de tolérance marron)  
 $R_5$  : 100  $\Omega$  1 % (marron, noir, noir, noir, anneau de tolérance marron)  
 $R_6$  : 22 k $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, orange)  
 $R_7$  : 220  $\Omega$  1/4W 5% (rouge, rouge, marron)  
 $C_1$  : 47 nF/250V mylar  
 $C_2$  : 0,47  $\mu$ F mylar  
 $P_1$  : potentiomètre ajustable multitours de 100 k $\Omega$   
 $P_2$  : potentiomètre ajustable multitours de 10 k $\Omega$   
 $S_1$  : commutateur 1 circuit 4 positions  
Galva : galvanomètre 100  $\mu$ A ou multimètre à aiguille réglé sur 100  $\mu$ A ou 50  $\mu$ A continu  
1 support de  $C_1$  8 pattes

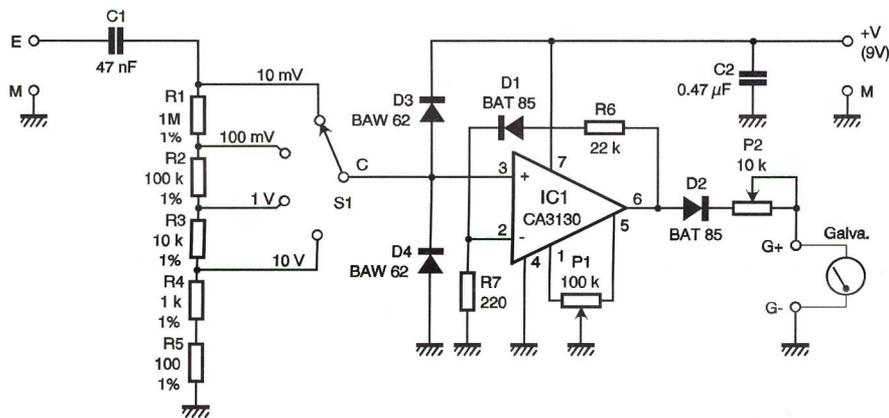


Fig 1

Schéma de notre montage

comme dans l'autre, vous disposerez alors d'un millivoltmètre à 4 gammes avec des sensibilités pleine échelle de : 10 mV, 100 mV, 1 V et 10 V. Les deux dernières gammes peuvent faire double emploi avec votre multimètre habituel mais elles ont été prévues pour des raisons de confort. Elle vous permettent en effet de réaliser toutes vos mesures sur des "petits" signaux sans avoir à débrancher régulièrement l'adaptateur pour utiliser à nouveau le multimètre et vice versa.

tiomètre  $P_2$  de réglage de sensibilité du montage. Le potentiomètre  $P_1$ , quant à lui, permet d'annuler la tension d'offset ou de décalage de l'amplificateur  $IC_1$ .

L'alimentation de l'adaptateur est confiée à une simple pile de 9V qui, si vous prenez la précaution de la munir d'un interrupteur marche/arrêt, durera très longtemps vu la très faible consommation de  $IC_1$ .

## ■ La réalisation

Les composants sont d'approvisionnement facile mais veillez bien, pour  $R_1$  à  $R_4$ , à choisir des modèles à 1 % ou, comme nous l'avons fait sur la maquette, à trier des modèles à

## ■ Comment ça marche ?

Afin de réaliser un adaptateur pouvant être alimenté par une simple pile, mais aussi pour disposer d'une grande impédance d'entrée, nous avons choisi pour  $IC_1$  un amplificateur opérationnel en technologie CMOS, en l'occurrence un CA 3130. Il est monté ici en amplificateur de gain approximatif égal à 10 et en redresseur parfait grâce à la présence dans sa boucle de contre réaction de la diode  $D_1$ .

La tension d'entrée est atténuée

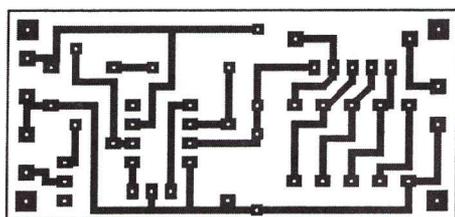


Fig 2

Circuit imprimé, vu côté cuivre

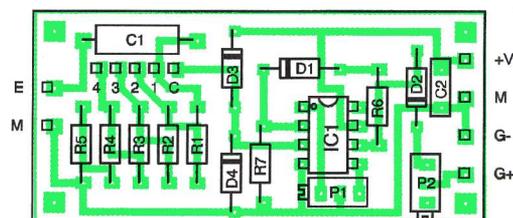


Fig 3

Implantation des composants



## La technologie du silicium

### Le silicium

Le silicium est très répandu dans la nature sous forme de silice (sable)  $SiO_2$ . La silice n'est pas réduite par l'oxygène. Il faut avoir recours à d'autres procédés. Le plus répandu est la réduction par le carbone à  $3000^\circ C$  à l'arc électrique :

$$SiO_2 + 3C \rightarrow 2CO + Si$$

une résistance, il tourne pour homogénéiser la température du silicium fondu.

Une tige d'extraction à l'extrémité de laquelle on fixe un germe de silicium monocristallin bien orienté. Ce germe est descendu sur la surface liquide du silicium dans le creuset. Elle tourne en sens inverse du creuset et s'élève entraînant le silicium

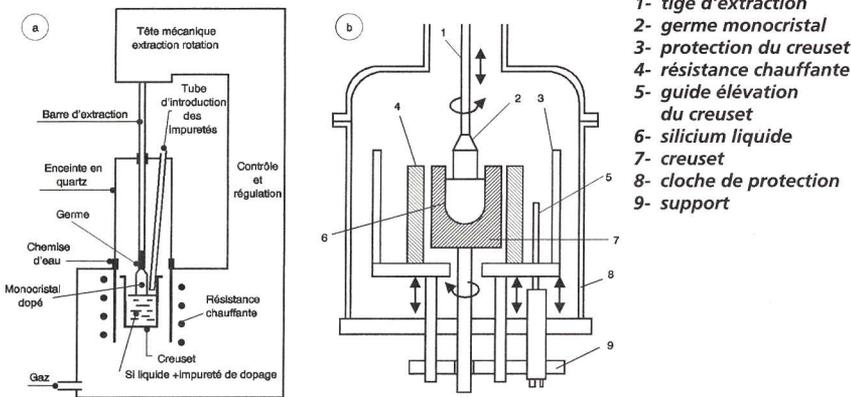
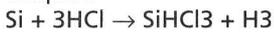


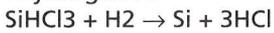
Fig 1a et 1b Tirage du monocristal dopé par la méthode de Czochralski (CZ) a) : Principe de l'ensemble de la machine b) : Détail du creuset :

Le silicium technique obtenu avec une pureté de 97% est impropre en électronique. Il doit être traité par un composé intermédiaire susceptible d'être purifié ; il doit être liquide à la température ordinaire et instable.

La préparation au trichlorosilane est la plus employée. On traite le silicium technique à l'acide chlorhydrique :



Ce liquide est purifié par distillation fractionnée, puis on le réduit à l'hydrogène :



On obtient le silicium électronique à 99,00% et on récupère l'acide chlorhydrique. Le silicium polycristallin se présente sous la forme de blocs de plusieurs kilogrammes.

### Le tirage du lingot monocristallin

Avec le silicium polycristallin, il s'agit d'obtenir un lingot monocristallin de diamètre convenable. Actuellement, les diamètres les plus courants sont 150 et 200 mm. Les usines s'équipent pour passer au diamètre 300 mm.

Le tirage s'effectue selon la méthode de Czochralski (CZ) (figures 1a et b). La machine comprend :

Un creuset dans lequel on met les morceaux de Si. Il est chauffé par

qui devient monocristallin par le germe pour former le lingot.

Les produits de dopage pesés avec précision, en fonction de la masse de silicium fondu et du type  $n$  ou  $p$  à obtenir sont introduits dans le bain.

Un microprocesseur gère les paramètres : température, vitesse de

rotation de la tige et vitesse d'extraction pour obtenir un lingot au diamètre voulu et bien régulier. Cette opération doit être menée avec une grande précision

rotation de la tige et vitesse d'extraction pour obtenir un lingot au diamètre voulu et bien régulier. Cette opération doit être menée avec une grande précision

rotation de la tige et vitesse d'extraction pour obtenir un lingot au diamètre voulu et bien régulier. Cette opération doit être menée avec une grande précision

Fig 2 Découpe des plaquettes par scie annulaire diamantée

rotation de la tige et vitesse d'extraction pour obtenir un lingot au diamètre voulu et bien régulier. Cette opération doit être menée avec une grande précision

### L'usinage du lingot

Orientation cristallographique

Il est indispensable de la repérer pour toutes les opérations successives de fabrication grâce à un fin pinceau de rayons X sur le lingot. Une meule diamantée usine un méplat sur le lingot permettant de repérer cette orientation.

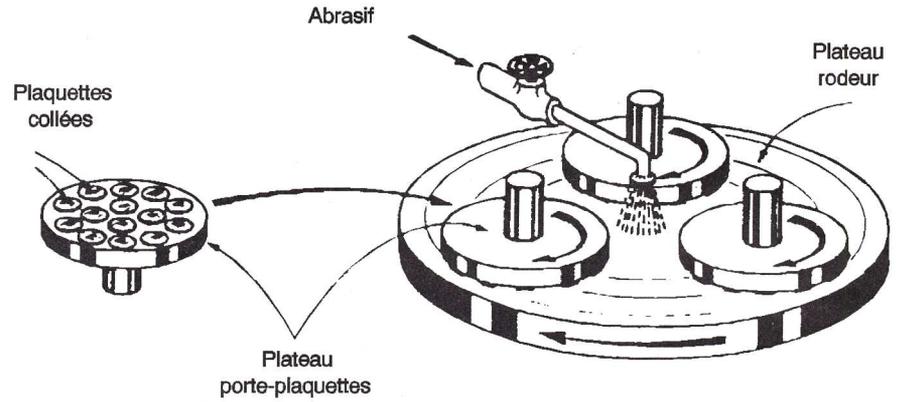


Fig 3 Usinage du détrompeur C'est une encoche à la meule sur une position du lingot par rapport au méplat. Elle indique le dopage du lingot :  $n$ ,  $p$ ,  $n+$ ,  $p+$ , etc.

### Usinage du détrompeur

C'est une encoche à la meule sur une position du lingot par rapport au méplat. Elle indique le dopage du lingot :  $n$ ,  $p$ ,  $n+$ ,  $p+$ , etc.

### Découpe des plaquettes

Le lingot est positionné et collé dans un moule pour le maintenir pendant la découpe.

### Découpe par scie annulaire (figure 2)

La machine est constituée essentiellement par une couronne diamantée à l'intérieur et qui tourne à grande vitesse (2400 à 3000 tr/mn). Cette disposition procure un trait de scie plus fin, avec moins de vibrations : largeur du trait 200 à 300  $\mu m$ . L'épaisseur de la plaquette est de l'ordre de 650 à 750  $\mu m$ , selon son diamètre. La scie est refroidie à l'eau.

### Nettoyage des plaquettes

Un solvant élimine la colle, les traces du moule et les traces d'abrasif.

### Profilage du bord des plaquettes

On arrondit les bords du disque pour

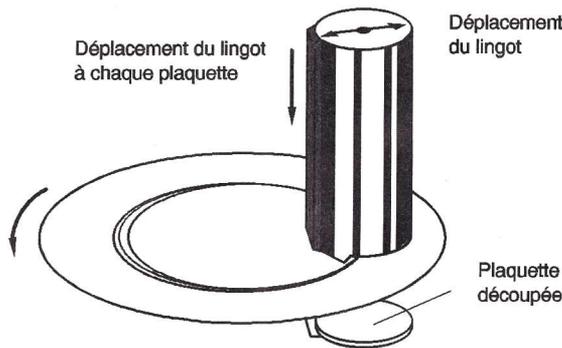


Fig 2 Découpe des plaquettes par scie annulaire diamantée

éliminer les angles vifs. On évite l'accrochage des masques en fabrication et une surépaisseur de photo-résist sur les bords. Ce profilage est effectué par un disque diamanté contournant la plaquette.

### Rodage des plaquettes

Ce rodage a pour but d'obtenir des plaquettes avec une épaisseur correcte, des faces parallèles sans traces de sciage et sans perturbations de surface.

### Rodage mécanique (figure 3)

Les plaquettes sont collées à la cire sur le plateau de la machine : elles doivent avoir la même épaisseur. Le plateau rodeur est en fonte à grains fins. Les plateaux porte-plaquettes

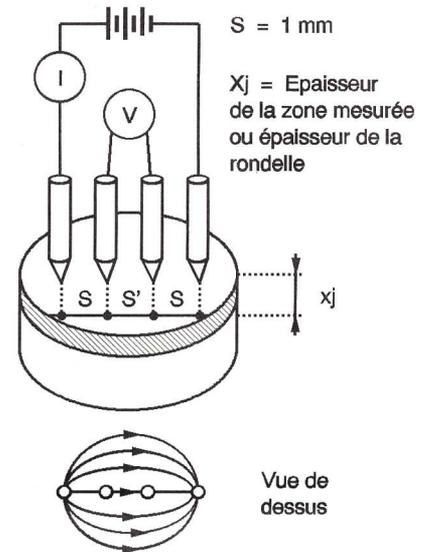


Fig 4 Mesure de la résistivité par les méthodes des quatre pointes

sont appliqués sur le plateau rodeur. L'ensemble est arrosé par un liquide contenant un abrasif. Les plateaux porte-plaquettes sont en rotation sur le plateau rodeur. Ainsi, sous une faible pression, sans échauffement, sans arrachement de matière, les plaquettes sont rodées.

### Rodage acide ou chimique

Les plaquettes sont placées verticalement dans un panier plongé dans le bain acide. Il élimine les défauts cristallographiques dus à la découpe. Enfin, les plaquettes sont lavées à l'eau desionisée.

### Contrôle des plaquettes

Elles sont classées en épaisseur à  $\pm 2,5 \mu m$  près. Classement des plaquettes en fonction de leur résistivité par la méthode des quatre pointes (figure 4). Entre les pointes extrêmes, on applique une ddp et on mesure l'intensité entre les pointes internes.

La résistivité :  $\rho = 4,532 V/I x_j$   
 $\rho$  en ohm, V en Volt, I en Ampère,  $x_j$  épaisseur de la couche mesurée en cm.

Les plaquettes doivent être parfaitement planes et sans défauts.

R. BESSON

## A quoi ça sert ?

Avec l'omniprésence du tout numérique que nous connaissons aujourd'hui, réaliser une clé ou serrure électronique ne semble plus pouvoir se concevoir qu'avec force circuits spécialisés ou microcontrôleurs programmés pour cela.

C'est pourtant une approche différente que nous vous proposons aujourd'hui, inspirée par une "idea for design" de notre célèbre confrère "Electronic Design". En effet, notre clé électronique est purement analogique et n'utilise comme circuit intégré de prise de décision qu'un "vulgaire" comparateur double. Malgré cela, la sécurité offerte est excellente, tout au moins pour quelqu'un qui n'en connaît pas le schéma bien sûr.

En effet, la serrure se présente comme un connecteur quelconque, laissé à votre choix, pour peu qu'il comporte au moins 3 contacts. Et ce n'est que lors de l'insertion de la "bonne" clé que le relais dont est muni le montage colle tant que dure cette insertion. Cette clé ne contient rien d'autre que deux résistances à couches métalliques, calculées en fonction des éléments que vous aurez décidé de câbler sur le montage, ceci pour le personnaliser afin que tous les lecteurs de ce magazine n'utilisent pas les mêmes valeurs de résistances et, donc, la même clé...

## Comment ça marche ?

L'examen du schéma permet très vite de comprendre comment fonctionne le montage et aussi, bien sûr, de comprendre comment jouer les "serruriers". Nous espérons cependant que les malfrats qui tenteront peut-être d'en venir à bout ne sont pas des lecteurs de GÉNÉRATION ÉLECTRONIQUE !

Les deux circuits IC<sub>1a</sub> et IC<sub>1b</sub> sont des comparateurs, câblés ici de façon à

réaliser un détecteur à fenêtre. Pour que le relais commandé par le transistor T<sub>1</sub> colle, c'est à dire pour que la serrure s'ouvre, il faut simultanément que les deux sorties de IC<sub>1a</sub> et de IC<sub>1b</sub> soient au niveau logique haut, faute de quoi l'une ou l'autre bloque T<sub>1</sub> via D<sub>3</sub> ou D<sub>4</sub>.

Cette situation ne peut se produire que lorsque la tension présente au point B du connecteur de la clé est comprise entre celles présentes aux points E et F qui définissent la fenêtre de détection. Ces deux dernières sont déterminées par les valeurs des résistances R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> et R<sub>7</sub> câblées à demeure sur le montage, alors que la tension au point B est définie par les valeurs de R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub> d'une part et R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> d'autre part. Ces deux dernières résistances font

rencontrer aucun problème de disponibilité. Pour le connecteur de la clé, et même si nous avons représenté ici à titre d'exemple un jack stéréo, choisissez n'importe quel connecteur à trois points le moins répandu possible, histoire de compliquer encore un peu plus la vie d'un éventuel voleur qui serait aussi électronicien. Les résistances R<sub>1</sub> à R<sub>7</sub> n'ont pas besoin d'être des modèles à 1 % mais doivent être, par contre, à couches métalliques afin de leur assurer une bonne stabilité dans le

que possible que des valeurs normalisées d'autant que ces relations sont des inéquations pouvant être satisfaites par un grand nombre de valeurs diverses. N'oubliez pas, à ce propos, que tous les revendeurs de composants dignes de ce nom stockent aujourd'hui les résistances dans la série E24, ce qui offre un éventail de valeurs double de celui de la série E12 plus connue.

C. TAVERNIER

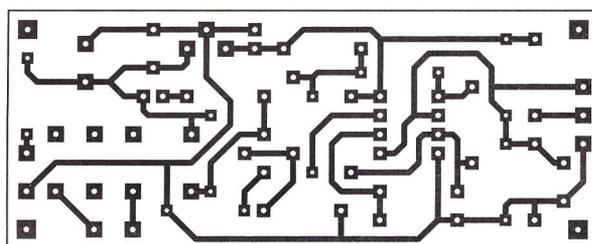


Fig 2 Circuit imprimé, vu côté cuivre, échelle 1.

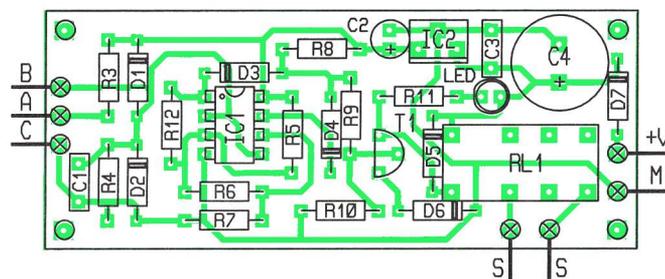


Fig 3 Implantation des composants.

partie intégrante de la clé, schématisée ici sous forme d'un jack stéréo, alors que R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub> permettent de personnaliser le montage afin que vous n'ayez pas tous la même clé. L'alimentation est confiée à un bloc secteur prise de courant délivrant environ 9V sous une centaine de mA. Cette tension est régulée par IC<sub>2</sub>, encore que sa valeur exacte n'influe pas sur le fonctionnement des comparateurs comme nous le verrons dans la formule de calcul de R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> et R<sub>4</sub>.

## La réalisation

Tous les composants utilisés sont des classiques et vous ne devriez donc

temps car la fenêtre de détection du montage est volontairement assez étroite.

L'implantation des composants ne présente pas de difficulté en suivant les indications de la figure et en respectant bien le sens des composants polarisés. Le régulateur intégré IC<sub>2</sub> n'a pas besoin de radiateur.

Le fonctionnement du montage est immédiat dès la dernière soudure réalisée. Encore faut-il pour cela lui relier une clé de valeur adéquate. Voici donc les relations à respecter pour déterminer R<sub>1</sub> à R<sub>4</sub>.

$$5 \cdot (R_1 + R_3) \cdot (R_2 + R_4) < R_2 \cdot R_4 \text{ et } R_2 \cdot R_4 < 11 \cdot (R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)$$

N'hésitez pas à utiliser ces relations par approximations successives afin d'obtenir pour les résistances des valeurs normalisées ou aussi proches

## NOMENCLATURE

- IC<sub>1</sub> : LM 393
- IC<sub>2</sub> : 7805
- T<sub>1</sub> : BC 547
- D<sub>1</sub> à D<sub>6</sub> : 1N 914 ou 1N 4148
- D<sub>7</sub> : 1N 4004
- LED : LED quelconque
- R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> : autant que de clé, voir texte, couches métalliques
- R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> : voir texte, couches métalliques
- R<sub>5</sub>, R<sub>7</sub> : 100 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, jaune) couches métalliques
- R<sub>6</sub> : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange) couches métalliques
- R<sub>8</sub>, R<sub>11</sub> : 1 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, rouge)
- R<sub>9</sub> : 3,3 kΩ 1/4W 5% (orange, orange, rouge)
- R<sub>10</sub> : 10 kΩ 1/4W 5% (marron, noir, orange)
- R<sub>12</sub> : 10 MΩ 1/4W 5% (marron, noir, bleu)
- C<sub>1</sub> : 0,1 μF
- C<sub>2</sub> : 10 μF/25V chimique radial
- C<sub>3</sub> : 0,22 μF mylar
- C<sub>4</sub> : 470 μF/25V chimique radial
- RL<sub>1</sub> : relais miniature Fujitsu FBR 244 ou équivalent, 12V/2RT
- 1 support de CI 8 pattes
- Jack stéréo femelle ou toute autre prise à trois points femelle
- Jack stéréo mâle ou toute autre prise à trois points mâle (autant que de clé)

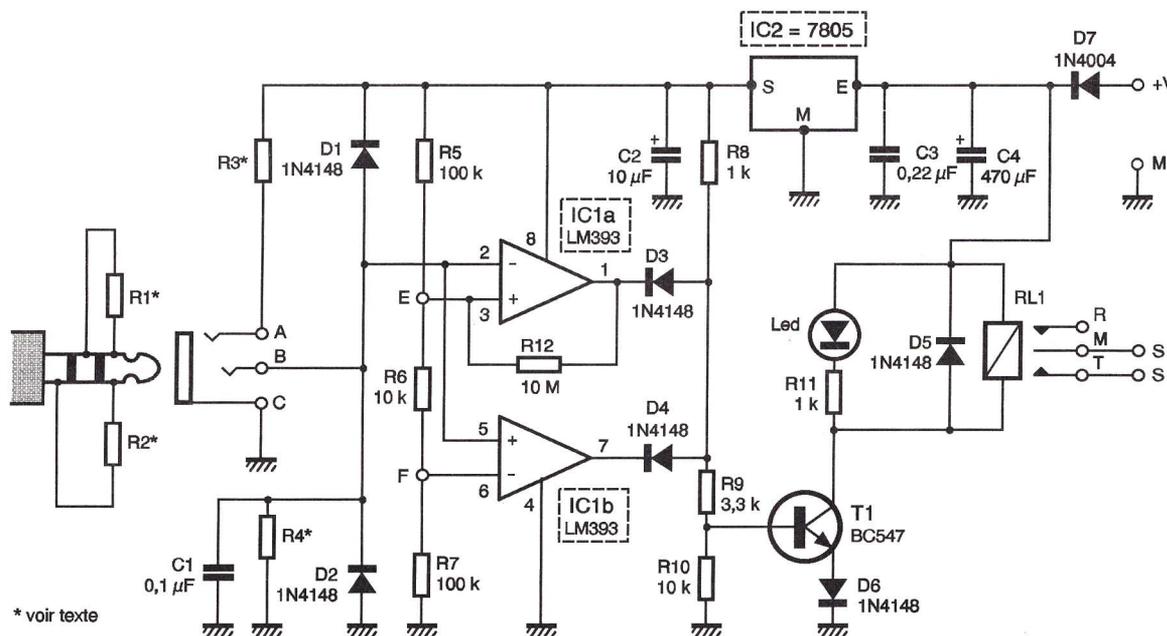
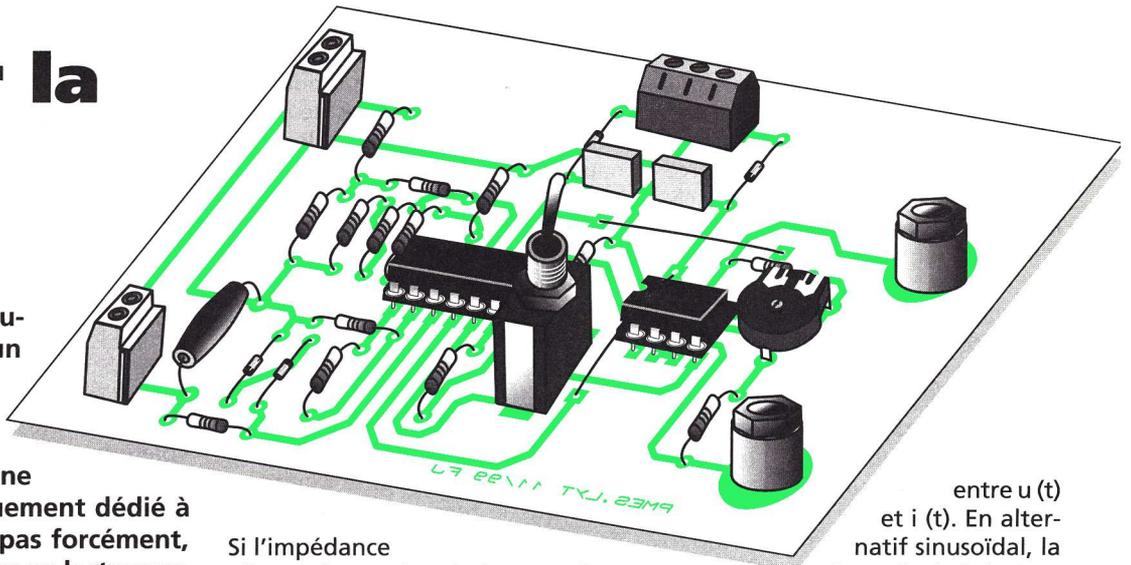


Fig Schéma de notre montage.

## Adaptateur pour la mesure de puissance

**B**ien que le technicien puisse être conduit à mesurer la puissance absorbée ou délivrée par un amplificateur, par exemple, ce genre de mesure est assez occasionnel. On peut constater, par ailleurs, que les multimètres proposant une (ou des) échelle destinée à ce type de mesure sont plutôt rares pour ne pas dire inexistantes. Acheter un appareil spécifiquement dédié à cette tâche par trop occasionnelle ne se justifiant pas forcément, nous avons pensé qu'il serait intéressant de proposer au lecteur un adaptateur (à associer à un multimètre) pour assurer cette fonction. Le prix de revient de cet adaptateur est assez modique pour des caractéristiques plus que satisfaisantes qui répondront aux besoins du laboratoire d'un amateur.



Si l'impédance alimentée par le générateur sinusoïdal n'est pas une résistance pure (un bobinage par exemple), un déphasage  $\phi$  va apparaître entre  $u(t)$  et  $i(t)$ . La puissance instantanée conservera une forme similaire à

entre  $u(t)$  et  $i(t)$ . En alternatif sinusoïdal, la formule de  $P$  devient

$P = UI \cos(\phi)$ . L'unité est toujours le Watt. Cette puissance  $P$  est aussi appelée puissance active. Avec une résistance pure,  $\phi = 0$  ( $\cos 0 = 1$ ) ce qui donne  $P = UI$  comme nous l'avons trouvé plus haut dans cet exposé.

Si l'impédance considérée est une inductance parfaite alors  $\phi = 90^\circ$  ( $\cos 90^\circ = 0$ ) et  $P = UI \cos 90^\circ$  devient nulle. Il n'y a aucun dégagement de chaleur dans une inductance pure malgré que celle-ci soit traversée par un courant et donc quelle demande de l'énergie au générateur qui l'alimente. Pour prendre en compte la puissance et l'énergie fournie par le générateur avec de tels récepteurs, on introduit une puissance notée  $Q$ , appelée puissance réactive, dont la formule est  $Q = UI \sin \phi$  et dont l'unité est le VAR (V et A sont les initiales de Volt et Ampère, le R celle de réactif). On constate au passage que pour une inductance pure ( $\phi = 90^\circ$  soit  $\sin 90^\circ = 1$ ) la puissance réactive est maximum et vaut  $Q = UI$ .

Pour compléter ces 2 notions, on introduit une 3<sup>e</sup> forme de puissance, appelée puissance apparente, que l'on note  $S$  et qui s'exprime en volt-ampères (VA). Ces 3 puissances sont liées par la formule  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ .

Les différences fondamentales existantes sont souvent méconnues du citoyen "lambda" et même parfois de certains techniciens qui ne les rencontrent qu'occasionnellement ce qui peut justifier leur méconnaissance de ces notions. Pour aider le lecteur à y voir plus clair, voici quelques précisions supplémentaires.

L'information concernant la puissance d'un transformateur est relative à sa puissance apparente  $S$ . Le fabricant ne peut, en effet, savoir a priori comment l'utilisateur emploiera le transformateur, sur charge purement résistive ou non. La connaissance de  $S$  indique, par conséquent, la valeur efficace maximale du courant  $I (= S/U)$  que l'on peut tirer du transformateur avant que la chute de tension interne ne soit trop importante et ne vienne réduire la tension secondaire nominale.

Dans le domaine de l'énergie élec-

### La puissance et sa mesure

En courant continu, l'expression de la puissance dissipée par une résistance  $R$  (figure 1a) parcourue par un courant  $I$  est donnée par la formule  $P = RI^2$ . En appelant  $U$  la tension aux bornes de la résistance, cette expression devient  $P = U^2/R$  ou encore  $P = UI$ . L'unité de puissance est le Watt dont le symbole est la lettre  $W$ . En multipliant la puissance  $P$  par le temps pendant laquelle celle-ci est dissipée, on obtient l'énergie calorifique  $W = RI^2t$  (loi de Joule) qui s'exprime en Joules (J). La valeur de l'énergie calorifique exprimée en calories (cal) s'obtient en divisant l'énergie en Joules par 4,18 puisqu'une calorie est équivalente à 4,18J.

Si l'on remplace le générateur continu par un générateur sinusoï-

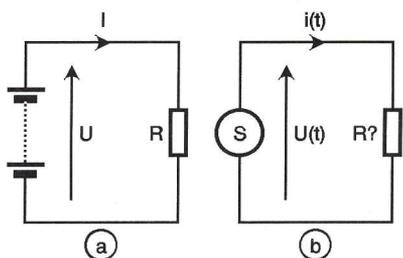


Fig 1a et 1b Principe

dal (figure 1b) de fréquence  $f$  et de pulsation  $\omega = 2\pi f$ , le courant et la tension aux bornes de la résistance  $R$  sont des grandeurs, elles aussi, sinusoïdales :  $i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t)$  et  $u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t)$ . La puissance instantanée dissipée par  $R$  est donnée comme en continu, par la formule  $p(t) = Ri^2(t) = u^2(t)/R = u(t) \cdot i(t)$ . Comme on peut le constater sur le dessin de la figure 2a, cette puissance instantanée varie au cours du temps. Sa valeur moyenne, que l'on appelle tout naturellement puissance moyenne, a pour expression  $P_{moy} = UI$ , expression dans laquelle

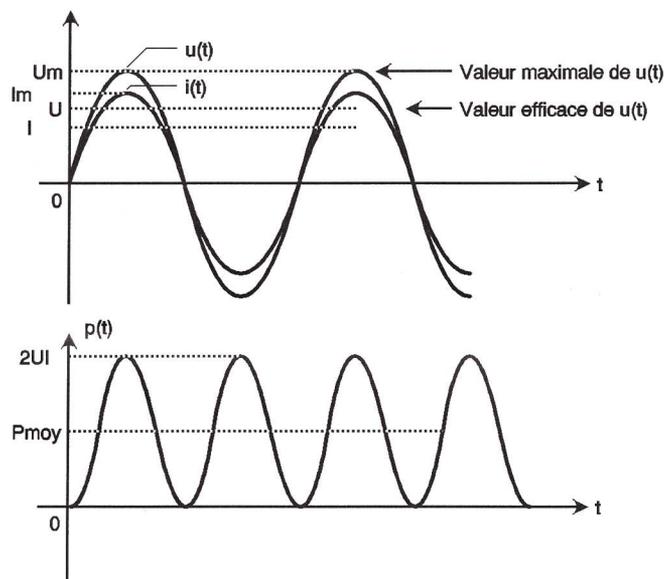


Fig 2a

Cas d'une résistance  $P_{moy} = UI$

$U$  et  $I$  sont les valeurs efficaces de la tension et du courant. Cette puissance s'exprime en Watts comme en courant continu. La partie variable de la puissance s'appelle puissance fluctuante, sa valeur moyenne est nulle et sa fréquence est double de celle du courant (ou de la tension).

celle de la figure 2a, mais au lieu d'être strictement positive, il y aura des intervalles de temps pendant lesquels celle-ci sera négative (figure 2b). Des calculs simples montrent que, dans ce cas, l'expression de la puissance moyenne fait intervenir le déphasage  $\phi$  existant

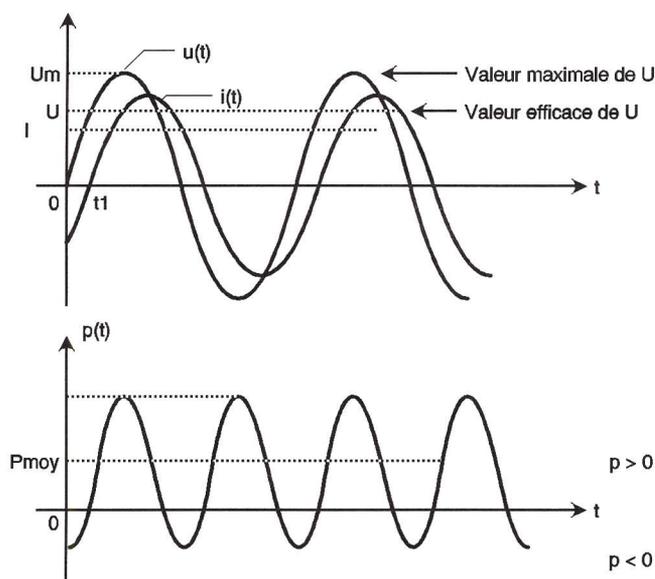


Fig 2b

Cas d'un bobinage  $P_{moy} = UI \cos \phi$  avec  $\phi = \omega t$

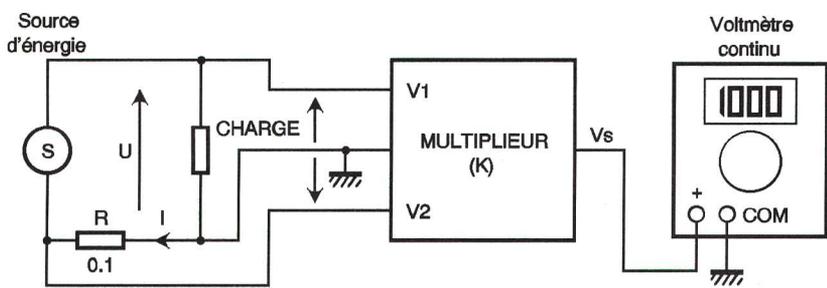


Fig 3 Principe retenu pour mesurer la puissance reçue par la charge

trique, le principe de fonctionnement des compteurs d'énergie (facturée par EDF) est lié à la puissance moyenne  $P$  absorbée par l'installation, alors que le contrat souscrit est relatif à une puissance apparente  $S$  disponible (par l'intermédiaire du courant efficace  $I$  maximum dont l'abonné a besoin sous tension constante  $U = 220V$ ). Quand l'installation ne comporte que des éléments de chauffage ou d'éclairage à incandescence,  $u(t)$  et  $i(t)$  sont en phase,  $\phi = 0^\circ$  et  $S = UI = P$ . L'utilisa-

teur ne destinent pas, par conséquent, cet appareil à des mesures sur le secteur. Celui-ci pourra être utilisé pour effectuer des mesures en basse tension, au secondaire d'un transformateur ou pour mesurer la puissance de sortie d'un amplificateur audio ce qui est tout à fait possible ici, compte tenu de la bande passante des circuits intégrés utilisés.

### L'adaptateur

Le principe de fonctionnement repose sur l'utilisation d'un circuit intégré capable d'effectuer le produit des grandeurs  $u(t)$  et  $i(t)$ . Un circuit capable d'effectuer une telle opération est un multiplieur. Sa tension de sortie  $V_s$  est égale au produit des tensions présentes sur chacune

que l'on interpose entre la source et la charge ( $V_2 = -RI$  d'après la loi d'Ohm). Voir le synoptique de la figure 3. Pour que la chute de tension présente aux bornes de la résistance  $R$  reste négligeable, sa valeur doit rester faible. Un dixième d'ohm est une valeur convenable, même vis à vis d'une charge de  $8\Omega$ , cas de la majorité des haut-parleurs des amplificateurs dont on peut souhaiter mesurer la puissance de sortie. Pour le montage de la figure 3 alimenté en continu, la tension de sortie du multiplieur a pour expression  $V_s = -KURI = -KRUI$  qui montre la proportionnalité existant entre  $V_s$  et la puissance  $P (=UI)$  (au facteur  $KR$  près), donc la possibilité de déduire la valeur de  $P$  de la mesure de  $V_s$ . La présence du signe "moins" dans

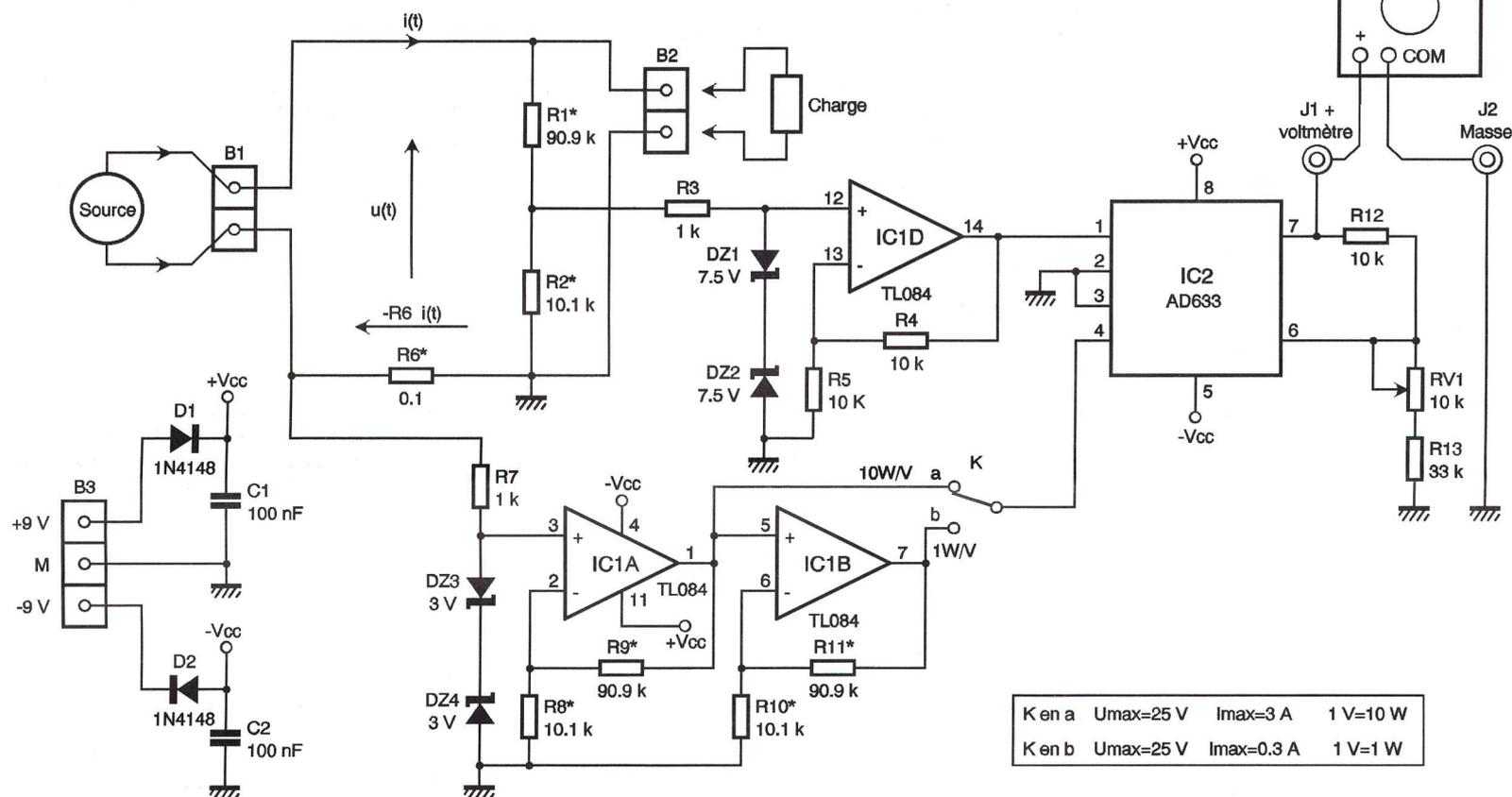


Fig 4

Schéma de l'adaptateur

teur dispose et paie à EDF toute la puissance consommée réellement. Si l'installation comporte de nombreuses machines outil mues par des moteurs électriques, la présence des bobinages rend l'installation sélifique. L'utilisateur dispose alors d'une puissance active  $P = UI \cos\phi$  inférieure à la puissance  $S = UI$  puisqu'un cosinus est strictement inférieur ou égal à 1. Simultanément EDF est lésée puisque celle-ci ne facture que l'énergie liée à la puissance moyenne consommée, alors que ses alternateurs sont obligés de fournir la puissance  $S$ . Rassurons-nous pour EDF et pour tous les autres fournisseurs d'énergie, le prix du kWh est ajusté en conséquence pour tenir compte de cette différence. Ajoutons, pour terminer, que les installations de forte puissance (de type industriel, grosses consommatrices d'énergie électrique) sont contrôlées afin que le coefficient "cos $\phi$ " (que l'on appelle facteur de puissance) soit le plus proche de 1 et dans tous les cas supérieur à 0,8 afin

moyenne ou active qui s'exprime en Watt et c'est cette grandeur qui est sous-entendue quand on parle de mesurer une puissance. La mesure de la puissance réactive  $Q$  nécessite un VAR mètre (ça existe), celle de la puissance apparente  $S$  s'effectue via  $U$  et  $I$ . La mesure de ces 2 puissances ne concerne en général que les centres de production ou les gros consommateurs d'énergie électrique. L'adaptateur que nous vous proposons de réaliser sert à mesurer la puissance active  $P$ . L'association adaptateur/multimètre transforme donc ce dernier en wattmètre. Les caractéristiques du modèle proposé permettent d'effectuer des mesures jusqu'à 75W avec une limitation en tension et en courant (efficaces) valant respectivement 25V et 3A. Pour le continu ou pour les valeurs crête, cela correspond à environ 30V ( $=25\sqrt{2}$ ) et un peu plus de 4A ( $=3\sqrt{2}$ ). Au-delà de ces valeurs, les résultats seraient faussés par la saturation des circuits intégrés. Les valeurs limites

de ses entrées :  $V_s = KV_1V_2$ . La constante  $K$  s'appelle constante du multiplieur, elle s'exprime en  $V^{-1}$  et vaut généralement 0,1. Comme ce type de circuit ne travaille que sur

l'expression de  $V_s$  peut être compensée électroniquement comme nous le verrons dans la pratique. Si la source d'énergie n'est plus continue mais varie dans le temps, le prin-

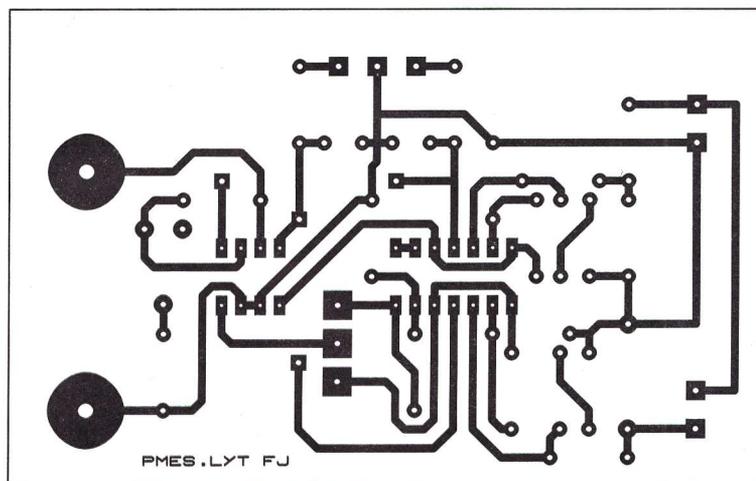


Fig 5

Tracé du circuit imprimé

des tensions, on convertit le courant  $I$  en une tension en faisant passer celui-ci dans une résistance pure  $R$

cipe retenu conduit à  $v_s(t) = -KRu(t)$   $i(t) = -KRp(t)$ . En conservant comme voltmètre un modèle prévu pour le

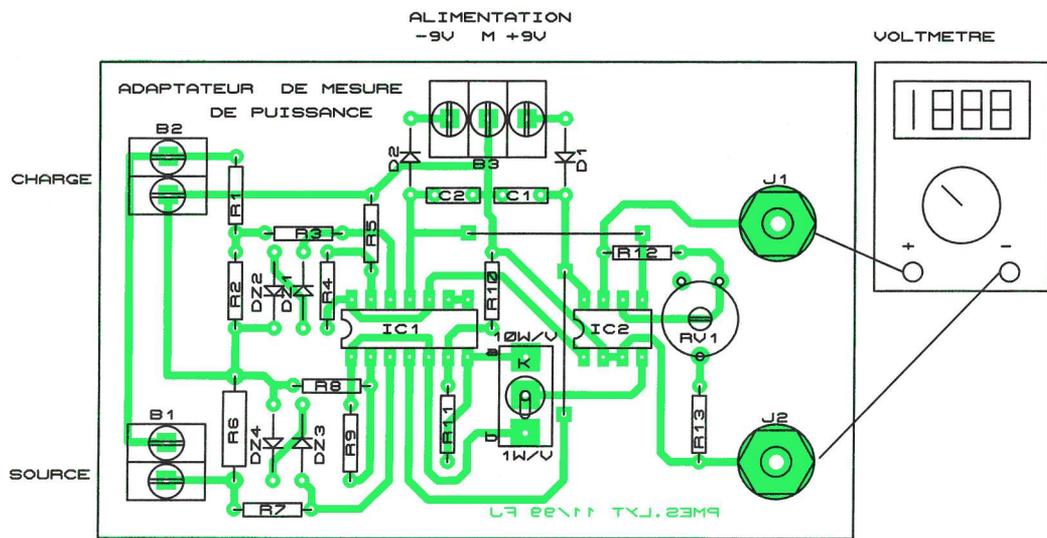


Fig 6

Implantation des éléments

continu, son indication est proportionnelle à  $V_{moy}$  donc à la puissance moyenne  $P = U_{cos\phi}$  absorbée par la charge.

Le schéma structurel de la figure 4 montre que la tension aux bornes de la charge subit une atténuation par 10 ( $R_2/(R_1 + R_2)$ ) afin de ramener l'amplitude de celle-ci dans la gamme des valeurs exploitables par les circuits intégrés. Les circuits écrêteurs,  $R_3, DZ_1, DZ_2$  d'une part et  $R_7, DZ_3, DZ_4$  d'autre part, protègent les circuits intégrés en cas de dépassement de calibre. Côté mesure de la tension  $u(t)$ , l'AOP IC<sub>1</sub> sert de tampon et assure une amplification par 2, alors que pour la mesure de  $i(t)$  on trouve deux amplificateurs par 10 réalisés à partir de IC<sub>1a</sub> et IC<sub>1b</sub>. L'inverseur K sélectionne la sortie de IC<sub>1a</sub> (multiplication de  $R_6 \cdot i(t)$  par 10) ou celle de IC<sub>1b</sub> (multiplication par 100 car les deux amplificateurs sont en cascade) suivant que la valeur efficace du courant mesuré est de valeur supérieure ou inférieure à 0,3A.

La position du point de masse de l'adaptateur vis à vis de la source et de la charge est telle que la tension présente aux bornes de  $R_6$  est en fait l'image de l'opposé du courant  $i(t)$  puisque d'après la loi d'ohm  $U_{R_6} = -R_6 \cdot i(t)$ . La présence du signe "moins" est compensée au niveau du multiplieur IC<sub>2</sub>, un AD633JN. Ce circuit intégré, développé par Analog Devices, délivre sur sa sortie Pin 7 une tension qui s'exprime par la formule  $V7 = 0,1 (V1-V2) \cdot (V3-V4)$  quand sa patte 6 est reliée à la masse. Le diviseur de tension connecté en sortie modifie le coefficient 0,1 de la formule précédente en le multipliant par le rapport  $(R_{v1} + R_{12} + R_{13})/R_{12}$ . En réglant  $R_{v1}$  et compte tenu de la valeur de  $R_{12}$  et  $R_{13}$  ce rapport prend une valeur de 5. Les pattes 2 et 3 de IC<sub>2</sub> étant à la masse, l'expression de  $V7$  devient  $V7 = -0,5 \cdot V1 \cdot V4$ . Comme  $V1 = u(t) \cdot 0,1 \cdot 2$  et que pour K en position "a"  $V4 = -10 \cdot R_6 \cdot i(t)$ , nous en tirons  $V7 = 0,1 \cdot u(t) \cdot i(t)$  soit encore  $V7 = 0,1 \cdot p(t)$ . Cette expression montre que la tension  $V7$  est proportionnelle à la puissance instantanée absorbée par la charge. La tension indiquée par le voltmètre continu relié à la sortie de IC<sub>2</sub> a donc pour valeur  $V7_{moy} = 0,1 \cdot P_{moy}$ . Si on lit sur le voltmètre une tension de 1,25V, cela signifie que la puissance  $P_{moy}$  reçue par la charge est de  $1,25/0,1 = 1,25 \cdot 10 = 12,5W$ . Pour K en position "a" la puissance mesu-

rée (exprimée en Watts) est, par conséquent, égale à 10 fois la valeur de la tension (exprimée en Volt) indiquée par le voltmètre.

Avec l'inverseur K en position "b", du fait de l'amplification supplémentaire par 10 due à IC<sub>1b</sub>, un calcul similaire au précédent montre que l'on a  $V7_{moy} = P_{moy}$ , ce qui fait que chaque volt correspond à 1Watt. L'alimentation de ce module nécessite une tension continue symétrique de valeur minimale  $\pm 9V$  (2

on utilise une source de tension continue par exemple de 5V et une résistances de charge de 100  $\Omega$  pouvant dissiper 1/4W ou mieux 1/2W. Ces éléments sont reliés à l'adaptateur comme le montre la figure 7. La valeur de la tension  $U$  aux bornes de la charge de 100  $\Omega$  et le courant qui la traverse sont contrôlés à l'aide d'un voltmètre et d'un milliampèremètre comme cela est représenté. Comme on travaille en continu, la puissance reçue par la

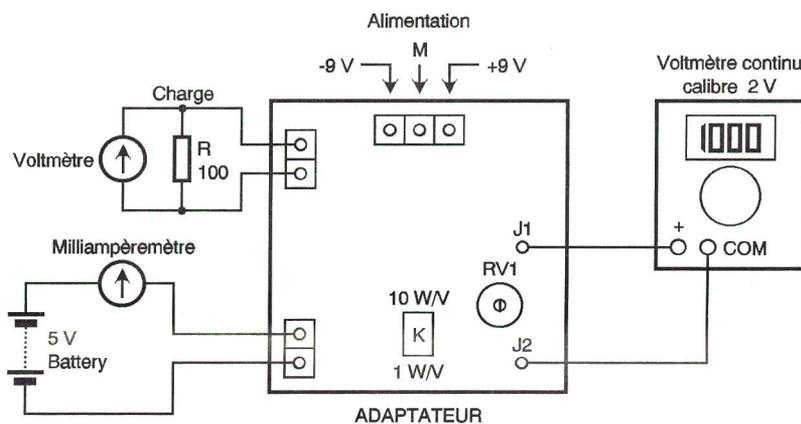


Fig 7

Montage pratique pour mesurer P et le réglage de RV1

pile de 9V par exemple) que l'on peut élever jusqu'à  $\pm 15V$  puisque les circuits utilisés supportent parfaitement une telle valeur. Les diodes  $D_1$  et  $D_2$  protègent le montage contre les inversions de polarité toujours possibles lors du remplacement des piles. Les capacités  $C_1$  et  $C_2$  assurent le découplage des tensions d'alimentation.

## Réalisation pratique

L'ensemble des éléments du montage trouve place sur le circuit imprimé dont le typon est donné à la figure 5. Les composants sont implantés en respectant la disposition de la figure 6. Les 2 straps sont réalisés en fil de cuivre nu de 0,6mm de diamètre. Il faut absolument respecter l'orientation des diodes et des circuits intégrés préconisée. Les résistances marquées d'un astérisque sont des modèles dont la tolérance ne doit pas excéder 1 ou 2% si l'on veut que les mesures soient précises.

Après vérification scrupuleuse du câblage, on peut insérer les 2 circuits intégrés dans leurs supports puis alimenter le module. Le seul réglage concerne l'ajustable  $R_{v1}$ . Pour cela,

charge est  $P = UI = U^2/R$  soit une valeur théorique de 0,25W. Le voltmètre continu qui contrôlait la tension  $U$  est maintenant déplacé pour mesurer la tension de sortie de IC<sub>2</sub> (bornes  $J_1$  et  $J_2$ ). Le réglage correct de  $R_{v1}$  est obtenu lorsque l'indication du voltmètre est de 0,25V (pour K en position "b" vers le bas), si tant est que le produit  $UI$  ait donné 0,25W bien évidemment.

L'adaptateur est maintenant prêt pour effectuer des mesures aussi bien en continu qu'avec des sources sinusoïdales ou même musicales. En

## NOMENCLATURE

$R_{1r}, R_{9r}, R_{11}$  : 90,9 k $\Omega$  (blanc, noir, blanc, rouge) (1 ou 2%)  
 $R_{2r}, R_{8r}, R_{10}$  : 10,1 k $\Omega$  (marron, noir, marron, rouge) (1 ou 2%)  
 $R_3, R_7$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 $R_4, R_5, R_{12}$  : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
 $R_6$  : 0,1  $\Omega$ , 2W vitrifiée  
 $R_{13}$  : 33 k $\Omega$  (orange, orange, orange)  
 $R_{v1}$  : 10 k $\Omega$  ajustable horizontal pas 5,08 PIHER  
 $C_1, C_2$  : 100 nF/63V milfeuil

cas de doute concernant la valeur des grandeurs  $I$  et  $U$ , il convient de mesurer celles-ci pour ne pas dépasser les valeurs maximales autorisées. Le calibre du voltmètre (mode DC : ceci est très important pour ne pas faire d'erreur) branché à la sortie de l'adaptateur pourra varier de 200mV à 20V suivant la puissance à mesurer.

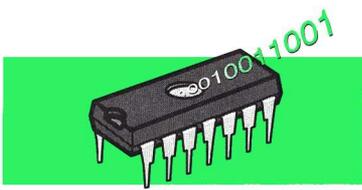
## Remarques

Précisons que l'augmentation de la tension d'alimentation augmente aussi les valeurs maximales du courant et de la tension admissibles donc aussi la puissance mesurable, puisque les tensions de saturation des circuits intégrés suivent la tension d'alimentation. Néanmoins et en particulier pour le courant, il est préférable de ne pas dépasser 4A (efficace) car la puissance dissipée par  $R_6$  varie comme le carré de  $I$  et cette résistance ne peut guère dissiper plus de 2W.

Si l'on veut mesurer la puissance de sortie d'un amplificateur, en utilisant comme source le signal issu d'un tuner FM ou d'un lecteur de CD, le niveau du signal de sortie évoluant au rythme de la musique (ou de la parole), les indications du multimètre vont évoluer en permanence. Avec un voltmètre à affichage numérique on risque fort de ne pas pouvoir saisir la mesure au vol. Il est préférable, dans ce cas, d'utiliser un appareil analogique à aiguille. L'appareil doit être de type magnétoélectrique (fonction voltmètre continu d'un contrôleur universel par exemple) et surtout pas ferromagnétique. Le premier type dévie proportionnellement à la valeur moyenne du signal qui lui est appliquée (ce qu'il nous faut) alors que le second dévie proportionnellement à sa valeur efficace. Avec un appareil à aiguille, même si la puissance varie au rythme de la musique, il est toujours possible de détecter un maximum ou un minimum alors qu'avec un appareil à affichage numérique cette opération est loin d'être évidente.

Précisons, pour terminer, que l'on peut observer les signaux des figures 2a et 2b en plaçant un oscilloscope à la sortie du multiplieur.

F. JONGBLOËT



## Apprenez les microcontrôleurs avec le Basic Stamp 12° partie

Jusqu'à présent, toutes les manipulations que nous avons réalisées et qui avaient comme résultats des données chiffrées ont exploité l'instruction DEBUG afin de faire afficher ces derniers sur l'écran du PC utilisé pour l'écriture des programmes. C'était encore le cas avant l'été avec le convertisseur analogique/digital ADC0831 que nous avons appris à utiliser.

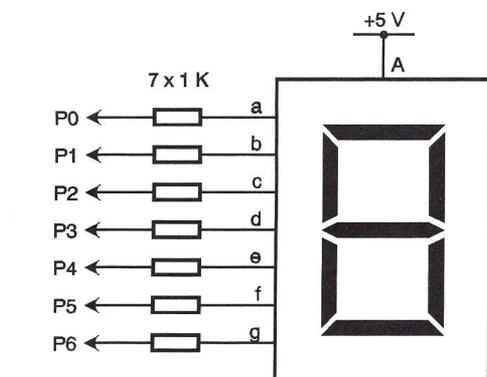
Dans la pratique, quasiment toutes les applications réalisées avec un microcontrôleur sont autonomes et disposent donc d'un organe de sortie qui leur est propre, généralement sous forme d'un afficheur à LED ou à cristaux liquides. Nous allons donc voir aujourd'hui comment utiliser de tels afficheurs avec notre Basic Stamp, ce qui nous conduira à découvrir de nouvelles instructions.

### Des afficheurs sans grand succès

Si les afficheurs à LED sont encore largement répandus en électronique, principalement en raison de leur faible coût et de leur très bonne lisibilité, que ce soit en ambiance faiblement éclairée ou, au contraire, en présence d'une forte luminosité ambiante; ils ont assez peu de succès avec les Basic Stamp. En effet, ces circuits présentent la particularité intéressante de consommer très peu de courant, puisqu'ils n'absorbent que quelques mA en fonctionnement et encore moins si vous utilisez la possibilité de les mettre en mode sommeil. Les afficheurs à LED, quant à eux, sont voraces en énergie puisque le moindre afficheur 7 segments peut englober, à lui tout seul, près de 100 mA pour être bien lisible. En outre, un afficheur à LED 7 segments classique nécessite au

afficheurs à LED à plusieurs chiffres dans une application à Basic Stamp. Nous limiterons donc notre exemple d'utilisation au pilotage d'un seul afficheur 7 segments car, comme nous le verrons dans un instant, l'utilisation d'afficheurs alphanumériques à cristaux liquides est beaucoup plus intéressante pour de multiples raisons.

La figure 1 montre comment connecter, de la manière la plus simple qui soit, un afficheur 7 segments à un Basic Stamp. Aucune indication relative au brochage de l'afficheur n'est fournie sur cette figure car ce dernier dépend du type d'afficheur que vous utiliserez pour réaliser cette manipulation. Comme chaque segment d'un tel afficheur n'est autre qu'une LED et que nous avons choisi un afficheur à anodes communes, on retrouve ici un schéma déjà vu dans GE n° 20



AFFICHEUR 7 SEGMENTS  
A LED  
A ANODES COMMUNES

Fig 1 Exemple de connexion d'un afficheur 7 segments à LED et à anodes communes sur un Basic Stamp 2.

minimum 7 fils de commande (un par segment), ce qui n'en laisse plus que 9 disponibles sur les 16 dont est pourvu notre Basic Stamp 2. On ne rencontre donc que rarement des

lorsque nous vous avons montré comment commander des LED avec un Basic Stamp. On retrouve aussi, hélas, la limitation inhérente à ce mode d'utilisation pour ce qui est du

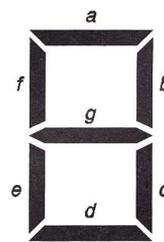


courant de sortie pouvant être fourni par le Basic Stamp.

Rappelons en effet que le Basic Stamp peut fournir jusqu'à 20 mA par sortie, mais que le total du courant fourni par chaque groupe de 8 lignes (P0 à P7 ou P8 à P15) ne peut dépasser 40 mA.

Pour les besoins de notre démonstration, nous avons donc limité le courant dans chaque LED de l'afficheur à 5 mA grâce aux résistances

commencer par dresser une table indiquant quels sont les segments à allumer en fonction des chiffres à afficher. Notez à ce propos que, même si nous parlons de chiffres parce que c'est le cas le plus répandu, vous pouvez très bien décider, lors de l'élaboration de cette table, de faire afficher n'importe quel autre symbole pouvant être représenté sur un afficheur 7 segments. La figure 2 montre la table à laquelle vous devez avoir abouti, à une ou deux variantes près selon que vous aurez choisi de dessiner un



Chiffres	g	f	e	d	c	b	a
0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1
2	0	1	0	0	1	0	0
3	0	1	1	0	0	0	0
4	0	0	1	1	0	0	1
5	0	0	1	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	1	0
7	1	1	1	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	1	0	0	0	0

Fig 2 Segments de l'afficheur 7 segments à allumer en fonction des chiffres à afficher.

séries de 1 kΩ. Dans la pratique, et si un affichage très lumineux était souhaité, il faudrait faire suivre le Stamp d'amplificateurs, soit à base de transistors comme nous l'avons fait dans le n° 24 de GE pour nos feux de carrefour soit, ce qui est moins encombrant, avec un ULN2803.

Côté logiciel, et comme c'est presque toujours le cas en Basic Stamp, la gestion d'un tel afficheur est d'une extrême simplicité. Il faut

6 et un 9 avec un "retour" ou non. Nous avons indiqué un "0", ou niveau logique bas, pour les segments devant être allumés car, compte tenu du mode de connexion utilisé, c'est avec un tel niveau sur les pattes du port du Basic Stamp que les LED de l'afficheur s'allument. Un afficheur à cathodes communes aurait conduit bien sûr à faire indiquer un "1" pour les segments à allumer.

Arrivé à ce stade des opérations, le

### Listing 1 :

```
' Commande d'un afficheur 7 segments
' à anodes communes

' Définition du codage des segments

chif0 CON    %11000000
chif1      CON    %11111001
chif2      CON    %10100100
chif3 CON    %10110000
chif4      CON    %10011001
chif5      CON    %10010010
chif6      CON    %10000010
chif7      CON    %11111000
chif8      CON    %10000000
chif9      CON    %10010000

' Définition des variables

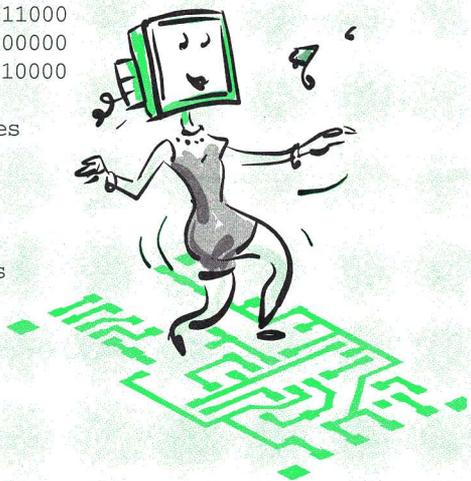
index VAR    nib
chiffre     VAR    byte

'Initialisation des ports

DIRL = %01111111

' Début du programme

debut:
  FOR index = 0 to 9
    LOOKUP index, [chif0, chif1, chif2, chif3, chif4, chif5,
chif6, chif7, chif8, chif9], chiffre
    OUTL = chiffre
    PAUSE 1000
  NEXT
GOTO debut
```



Listing 1 Programme affichant les chiffres de 0 à 9 sur un afficheur à LED 7 segments.

plus gros du "programme" est quasiment écrit puisqu'il ne suffit en effet au Basic Stamp que d'une instruction, que vous connaissez déjà puisque c'est LOOKUP, pour piloter notre afficheur. Pour mettre cela en pratique, nous vous proposons le programme visible **listing 1** qui affiche successivement les chiffres de 0 à 9 sur notre afficheur.

On commence par "recopier" la table de décodage que nous avons réalisée, au moyen des directives CON visibles en début de programme. On en profite pour donner au code de chaque combinaison de segments un nom significatif (chifx dans ce cas, où x est le chiffre affiché). Deux variables sont ensuite définies et, comme "index" n'est codée que sur 4 bits, remarquez que nous utilisons la directive nib (vue dans GE n° 17) qui caractérise un mot de 4 bits.

Le programme, proprement dit, repose sur l'instruction LOOKUP placée au sein d'une boucle qui fait évoluer la variable "index" de 0 à 9. Rappelons en effet que LOOKUP affecte à la variable (appelée ici "chiffre") la donnée contenue entre crochets dont la position est donnée par "index". Ainsi, lorsque "index" vaut zéro, la constante "chif0" est copiée dans la variable "chiffre"; lorsque "index" vaut un, c'est la constante "chif1" qui est copiée dans "chiffre" et ainsi de suite. Il ne suffit plus ensuite que d'envoyer le contenu de "chiffre" en sortie, ce qui est fait au moyen d'un : **OUTL = chiffre**

pour faire allumer les segments correspondants. On peut difficilement imaginer décodage binaire - 7 segments plus simple.

Par contre, vous pouvez reprocher à notre programme d'avoir été volontairement simplifié. En effet, il se contente d'afficher un chiffre qui lui est livré prêt à l'emploi, codé sur 4 bits, dans "index". Dans la pratique, on doit souvent afficher un chiffre extrait d'un nombre qui en comporte plusieurs, et c'est encore plus vrai dans notre exemple où l'on ne dispose que d'un afficheur. Rassurez-vous, c'est toujours aussi simple en Basic Stamp grâce à un opérateur appelé DIG. Cet opérateur s'utilise de la façon suivante :

**variable DIG index**  
Il extrait de la variable le chiffre dont la position est donnée par "index" sachant que la numérotation part de zéro et des chiffres de poids faibles (le 1<sup>er</sup> chiffre est donc repéré par un index nul). Ainsi par exemple : **4567 DIG 3**

donne comme résultat : 4. Grâce à cet opérateur, il est alors facile d'afficher n'importe quel chiffre extrait d'un nombre qui en comporte plusieurs, comme le montre le **listing 2** qui affiche successivement sur l'afficheur les quatre chiffres extraits de la variable 16 bits appelée "nombre". Ce listing se passe presque de commentaire si vous avez compris le principe du listing 1. En effet, on y retrouve l'instruction LOOKUP de décodage 7 segments, dont la seule différence avec la précédente est

qu'elle exploite un index appelée "index2" obtenu par extraction de la variable "nombre" au moyen de l'opérateur DIG.

Remarquez que nous avons fait évoluer "index1" de 3 à 0 pour lire "nombre" dans le bon sens, c'est à dire avec les poids forts en premier comme nous le faisons habituellement. Notez aussi que l'interpréteur Basic du Stamp a compris "tout seul" qu'il fallait faire décroître "index1" de 3 à 0 sans qu'il soit nécessaire de lui préciser un quelconque STEP -1 comme avec certains autres Basic. Compte tenu des défauts (dans le cas du Basic Stamp) des afficheurs à LED, nous en resterons là de ces exemples pour nous intéresser aux...

## ■ ... afficheurs alphanumériques à cristaux liquides

Ces afficheurs sont aujourd'hui très répandus dans le monde de la micro-informatique et existent dans une multitude de tailles, depuis le simple modèle à une seule ligne de 16 caractères jusqu'au "gros" afficheur de 4 lignes de 20 caractères. Ces afficheurs existent aussi dans diverses tailles "physiques"; les plus répandus

sont ceux de 20 mm sur 50 mm environ mais des versions "jumbo" de 60 mm sur 150 mm pour un 4 lignes de 20 caractères ont fait récemment leur apparition sur le marché. Pour couper court aux critiques relatives à la mauvaise lisibilité de ces afficheurs dans certaines situations, des versions rétro-éclairées sont également disponibles.

Pour des applications réalisées avec un Basic Stamp, ces afficheurs présentent de nombreux avantages que l'on peut résumer sous la forme suivante :

- affichage de tous les chiffres, lettres et symboles du code ASCII, ce qui permet un dialogue très clair avec l'utilisateur de l'application,
- possibilité de définir un certain nombre de caractères ayant les formes de votre choix pour des usages particuliers,
- consommation très faible (hormis en cas d'allumage du rétro-éclairage bien sûr),
- utilisation d'un nombre de lignes de port du Basic Stamp relativement faible eu égard aux possibilités d'affichage offertes,
- prix ultra compétitif comparativement

```
' Affichage successif des 4 chiffres
' d'un nombre à 4 chiffres sur
' un afficheur 7 segments
' à anodes communes
```

```
' Définition du codage des segments
```

```
chif0 CON    %11000000
chif1      CON    %11111001
chif2      CON    %10100100
chif3 CON    %10110000
chif4      CON    %10011001
chif5      CON    %10010010
chif6      CON    %10000010
chif7      CON    %11111000
chif8      CON    %10000000
chif9      CON    %10010000
```

```
' Définition des variables
```

```
index1      VAR    nib
index2 VAR    nib
chiffre     VAR    byte
nombre VAR    word
```

```
'Initialisation des ports
```

```
DIRL = %01111111
```

```
' Début du programme
```

```
debut:
```

```
nombre = 4567 ' N'importe quelle valeur pour
l'exemple
  FOR index1 = 3 to 0
    index2 = nombre DIG index1
    LOOKUP index2, [chif0, chif1, chif2, chif3, chif4,
chif5, chif6, chif7, chif8, chif9], chiffre
    OUTL = chiffre
    PAUSE 1000
  NEXT
GOTO debut
```

Listing 2 Programme affichant successivement les chiffres extraits d'un seul nombre à 4 chiffres sur un afficheur à LED 7 segments.



N° de pastille	Appellation	Fonction
1	VSS	Masse
2	VDD	Alimentation + 5V
3	VO	Contraste afficheur
4	RS	Sélection commandes/données
5	R/W	Lecture/écriture
6	E	Validation des données
7	D0	Donnée D0 (poids faible)
8	D1	Donnée D1
9	D2	Donnée D2
10	D3	Donnée D3
11	D4	Donnée D4
12	D5	Donnée D5
13	D6	Donnée D6
14	D7	Donnée D7 (poids fort)

Tableau 1 Brochage et appellation des signaux des afficheurs LCD alphanumériques parallèles.

ment à tous les autres afficheurs puisque l'on trouve aujourd'hui le module le plus simple (1 ligne de 16 caractères) pour environ 50 Francs.

## Mode d'utilisation

Quelle que soit leur taille, et sauf très rares exceptions, ces afficheurs disposent d'une interface parallèle dont le brochage et le nom des signaux sont indiqués tableau 1. Leur alimentation se fait sous une tension unique de 5V et un potentiomètre ajustable permet de régler la tension, appelée  $V_o$ , qui fixe le contraste de l'afficheur.

La majorité de ces afficheurs (pour ne pas dire tous) utilise un contrôleur Hitachi HD 44780, ou une version compatible, et respecte donc les principes, chronogrammes et commandes que nous allons vous présenter.

■ R/W permet d'indiquer au module si on lui envoie une donnée, c'est à dire si on écrit dans l'afficheur (R/W au niveau bas), ou si on lit une donnée provenant du contrôleur de l'afficheur (R/W au niveau haut).

■ E est la ligne de validation des données. L'afficheur lit les données qu'on lui envoie, ou fournit des données stables lorsqu'il est en lecture, sur le front descendant de ce signal.

■ DB0 à DB7 ou D0 à D7 enfin sont les lignes de données sur lesquelles transitent les données à afficher ou les commandes transmises à l'afficheur, selon l'état de RS.

Présenté de la sorte, notre afficheur "consomme" onze lignes de port d'un Basic Stamp : 8 lignes de données DB0 à DB7 et les 3 lignes de contrôle. Ceci peut toutefois être réduit à 10 si l'on n'utilise pas la

ces afficheurs, ils disposent de deux modes de fonctionnement au niveau des lignes de données. Elle peuvent en effet fonctionner en mode 8 bits, auquel cas elles sont lues "d'un coup" lors d'un front descendant de E, ou en mode deux fois 4 bits. Dans ce dernier cas, chaque mot de 8 bits est envoyé en deux fois sur D7 à D4. Le premier groupe de 4 bits correspond aux 4 bits de poids

type. Si vous êtes un peu juste au niveau budget, choisissez un modèle à une ligne de 16 caractères non rétro-éclairé car c'est le moins cher (54,00 Francs à titre d'exemple chez Selectronic). Si vous pouvez investir un peu plus, procurez-vous un modèle à deux lignes de 16 caractères qui vous permettra des expériences plus nombreuses et plus intéressantes tout en offrant des

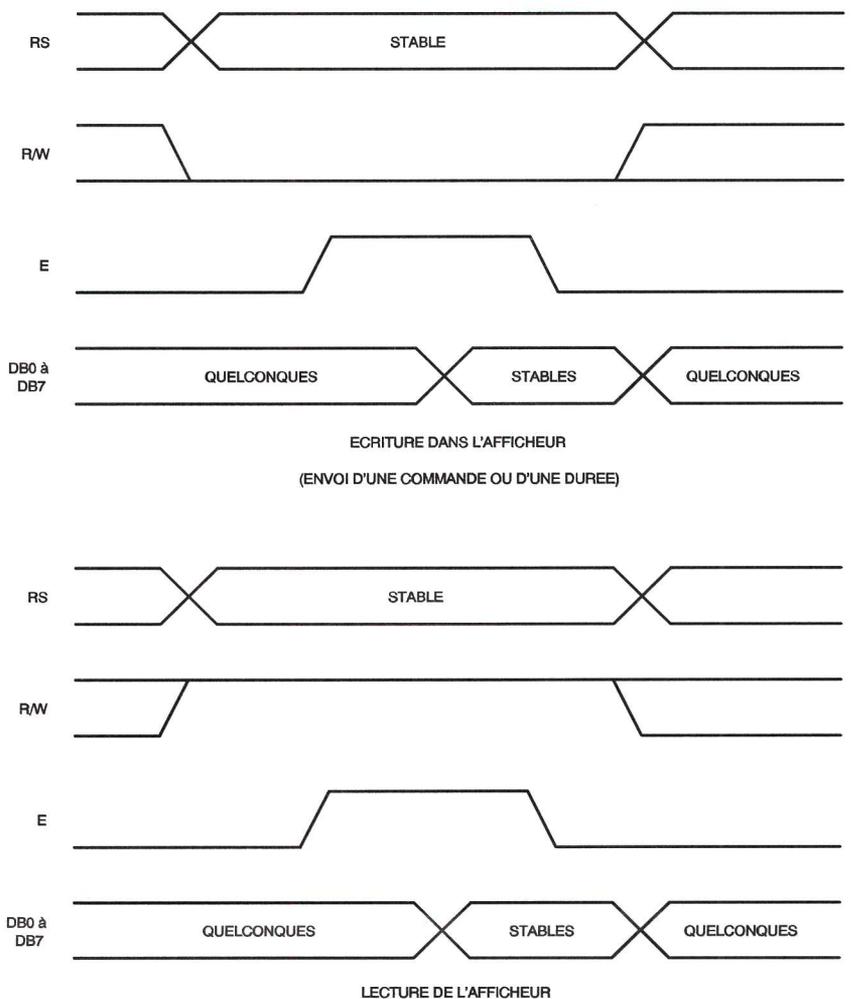


Fig 4 Chronogrammes de dialogue avec un afficheur LCD alphanumérique parallèle.

forts et le second groupe aux 4 bits de poids faibles. Il est évident que ce deuxième mode est très intéressant avec nos Basic Stamp puisqu'il suffit alors de sept lignes pour dialoguer intégralement avec l'afficheur (utilisation de R/W comprise), c'est à dire du même nombre de lignes que ce qu'il nous fallait pour piloter un seul et unique afficheur 7 segments !

possibilités d'affichage plus vastes (89,00 Francs chez Selectronic). Dans les deux cas, cette acquisition ne sera pas perdue puisque vous pourrez ensuite utiliser ces afficheurs dans n'importe quelle application à Basic Stamp de votre choix.

Dans un premier temps, et afin de ne pas vous faire absorber trop de lignes de programme d'un seul coup, nous allons utiliser notre afficheur en mode "normal" c'est à dire en mode 8 bits de données. Vous réaliserez donc, avec votre platine de câblage expérimentale, le montage de la figure 3.

## Premiers essais avec un afficheur LCD alphanumérique

Afin de pouvoir suivre nos manipulations avec un maximum d'efficacité et vous livrer à vos propres expérimentations, nous vous conseillons de vous procurer un afficheur de ce

Le logiciel à écrire pour dialoguer avec un tel afficheur est quasiment aussi simple que le schéma mais demande d'examiner, au préalable, la fiche technique de l'afficheur afin de savoir comment sont placées les données à afficher et comment sont codées les commandes.

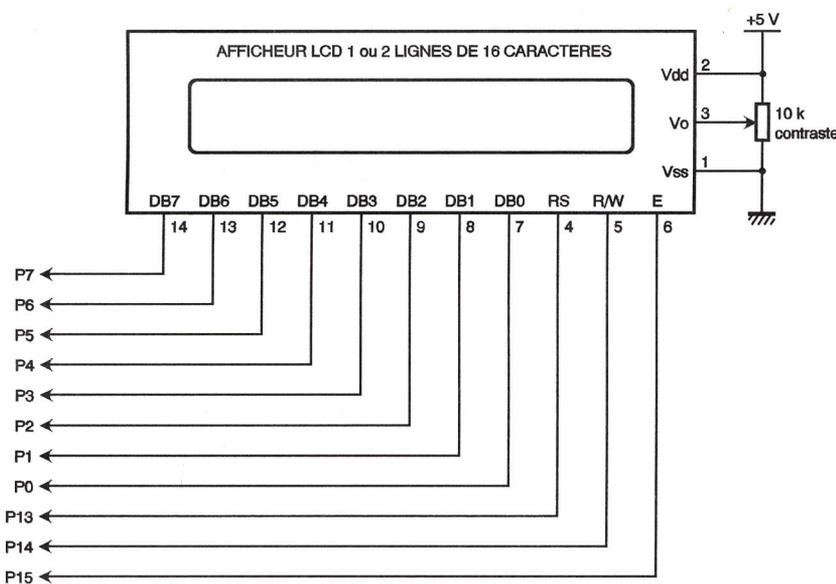


Fig 3 Schéma de câblage d'un afficheur LCD alphanumérique parallèle, utilisé en mode 8 bits, sur notre platine d'expérimentation.

L'interface parallèle est fort simple à utiliser compte tenu de la signification des signaux; en effet :

■ RS permet d'indiquer au module si on lui envoie une donnée à afficher (RS au niveau haut) ou une commande (RS au niveau bas), c'est à dire en fait si l'on écrit dans le registre de données ou dans le registre de commande que contient l'électronique de l'afficheur.

ligne R/W (lecture/écriture) ce qui est possible, comme nous le verrons, dans la majorité des situations. Mais, et c'est ce qui fait la force de

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ligne 1	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Ligne 2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
Ligne 3	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Ligne 4		50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E

Tableau 2

Adressage des caractères à afficher dans les afficheurs LCD alphanumériques.







## Le tube électronique

Les tubes électroniques fonctionnent sur le principe de l'effet thermoélectronique. Mais en quoi consiste-t-il exactement et peut-on le mettre en évidence simplement ? L'objectif des lignes qui suivent sera, bien entendu, d'apporter des éléments de réponses à ces questions.

### L'effet Edison

L'expérience que Edison effectue en 1883 est tout à fait fondamentale, c'est pourquoi nous nous permettons d'y revenir, bien qu'elle ait déjà fait l'objet d'une description dans la petite histoire de la radio du précédent numéro de GE. Elle consiste

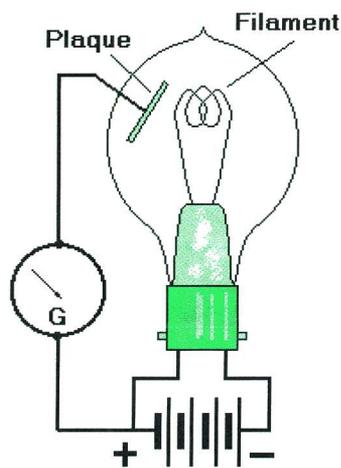


Fig 1 Expérience d'Edison

donc à placer une électrode dans l'ampoule d'une lampe à filament (figure 1). En disposant la pile conformément au schéma, le galvanomètre G signale la présence d'un courant qui semble circuler dans l'espace qui sépare la plaque du filament. Ce phénomène intéresse bon nombre de chercheurs par la suite,

dont l'Anglais A. Fleming, un physicien renommé qui a déjà collaboré avec Marconi. Il est vrai que les travaux que mènent Richardson et Langmuir à partir de 1901 permettent d'expliquer les observations d'Edison. Elles résultent d'une fuite des électrons du filament vers la plaque en raison, d'une part, du chauffage du filament et d'autre part au fait que le potentiel positif de la plaque suffit à les attirer et, ainsi, créer une circulation de courant infime, mais détectable.

Fleming reproduit l'expérience d'Edison en introduisant une tige métallique dans le globe que forme l'ampoule. Il constate que le courant circule à condition que le potentiel de la tige soit positif. S'il est négatif (pôle négatif de la pile), la circulation est empêchée. Ce comportement du montage expérimental s'apparente donc à celui d'une valve hydraulique, laquelle ne laisse circuler le liquide que dans un sens. Les redresseurs au sélénium sont déjà connus, Fleming cherche donc à déterminer les facteurs déterminants pour la réalisation d'une valve électronique. Le premier de ces facteurs est la température, car une élévation de celle-ci accroît le nombre des électrons libérés. Le second est la différence de potentiel entre la tige et le filament.

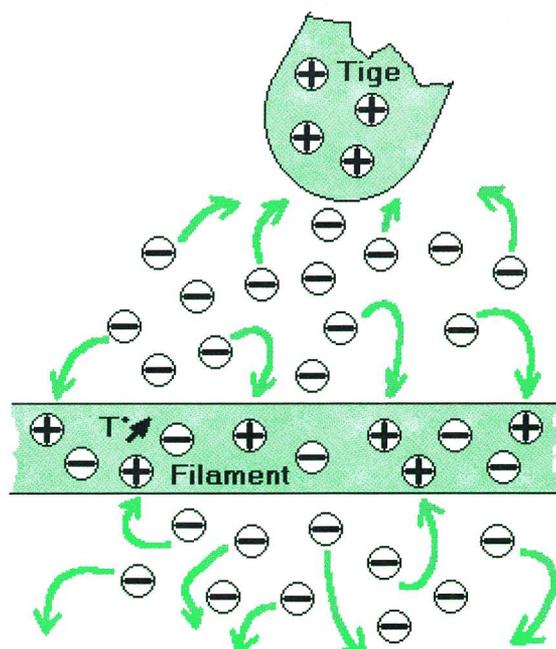


Fig 2 Nuage électronique

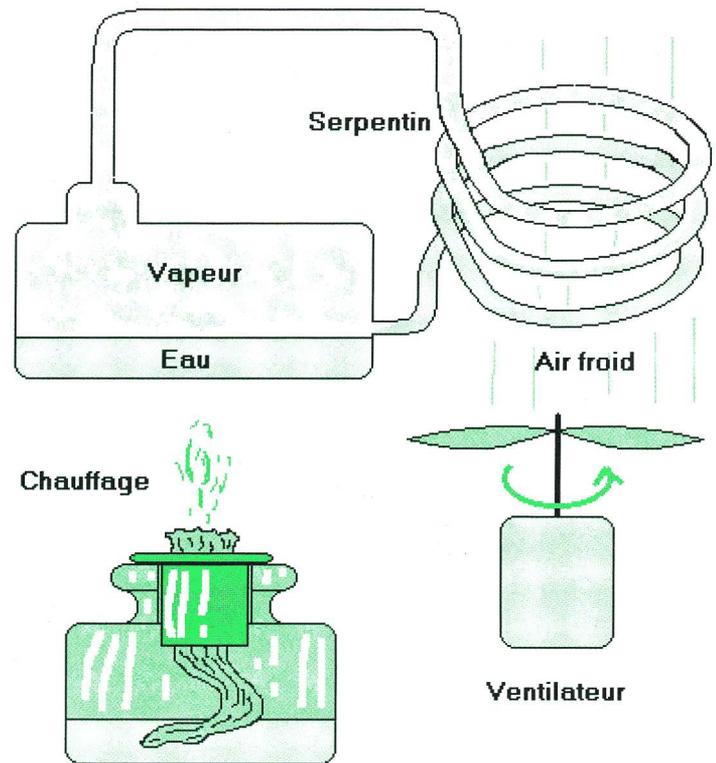


Fig 3

L'analogie hydraulique

### Le nuage électronique

La quantité des électrons qui s'échappent du filament s'accroît si sa température augmente. Mais certains s'échappent vers la tige métallique chargée positivement alors que d'autres "retombent" sur le filament, attirés par les ions positifs qu'il génère (figure 2). Cependant, le nombre de ces électrons qui retournent vers le filament diminue si la charge positive de l'électrode

apparaissent des paliers de saturation, constatés pour chaque élévation de potentiel ou de température.

La diffusion des électrons autour du filament chauffé constitue le "nuage électronique" que produit l'effet thermoélectronique.

L'analogie hydraulique permet sans doute de mieux comprendre l'effet thermoélectronique appliqué à la lampe de Fleming. La figure 3 représente un récipient contenant de l'eau chauffée et portée à ébullition. La vapeur d'eau est collectée

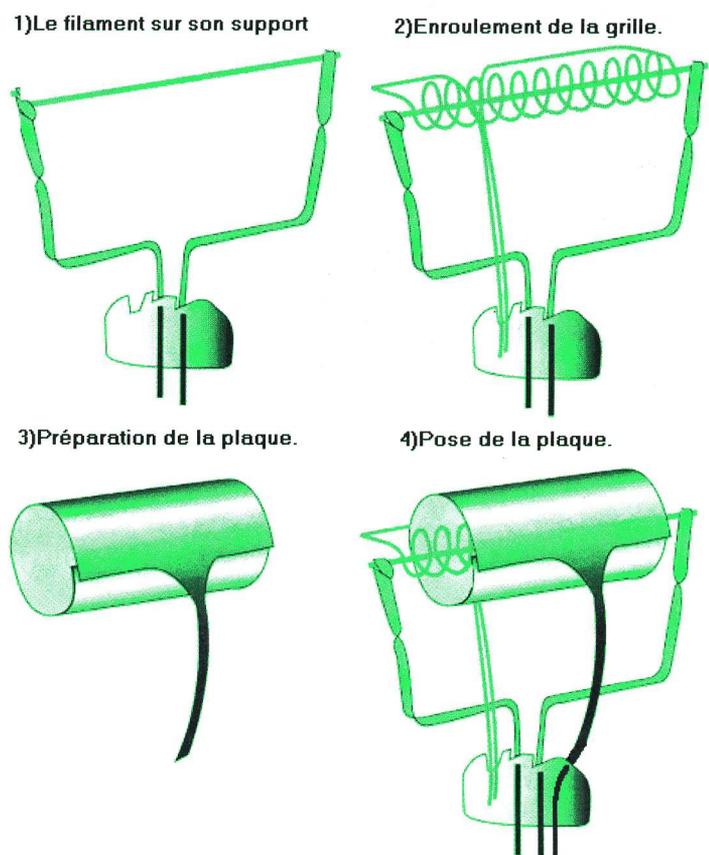


Fig 4

Constitution de triode

grandit. Fleming détermine expérimentalement que la quantité d'électrons capturés par l'électrode ne peut augmenter indéfiniment car

par un tube qui l'achemine vers un serpentin. Ce dernier, refroidi par ventilation, favorise la condensation donc la transformation de la vapeur

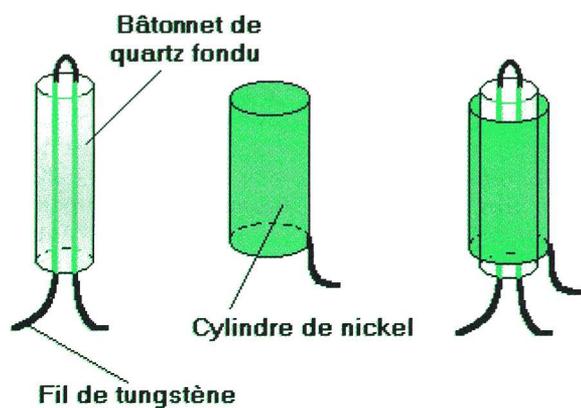


Fig 5

Cathode avec son élément chauffant

en eau. Ce cycle de circulation de l'eau dans le circuit stoppe si on cesse de chauffer le récipient. En outre, augmenter le chauffage ne fera que saturer la canalisation de vapeur et gêner le cycle de refroidissement, d'où un seuil au-delà duquel l'augmentation de la température provoquera la circulation d'une vapeur "sèche", donc sans retour à l'état liquide.

fâcheuse tendance à s'user trop rapidement avec le chauffage direct, raison pour laquelle on adopte, dès le début des années 30, le chauffage indirect. La cathode n'est plus parcourue par le courant de chauffage. Elle est constituée d'un cylindre de nickel sur lequel on a déposé une couche de matière émissive composée d'un mélange d'oxyde de baryum et d'oxyde de strontium (figure 5). L'élément chauffant, glissé dans ce cylindre, est réalisé avec un fil de tungstène plié en épingle à cheveux qu'on a enfilé dans un bâtonnet de quartz. Cette disposition du fil permet de supprimer les courants induits, car son alimentation s'effectue via le secteur. Avec ce dispositif de chauffage, les tubes électroniques longilignes deviennent la norme, de même que la tension de chauffage de 6,3V adoptée par les Européens (série E de Philips).

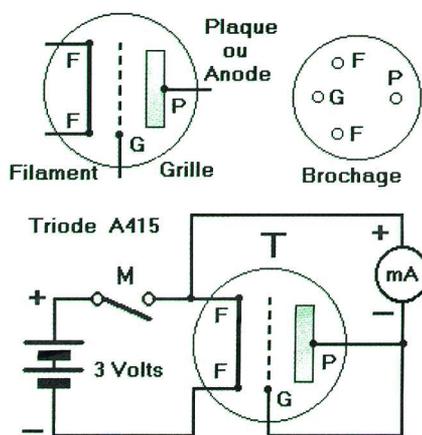


Fig 6

Principe du testeur

## ■ Chauffage des cathodes

La cathode constitue l'organe essentiel du tube électronique puisque c'est elle qui produit les émissions électroniques en chauffant. Elle est généralement entourée par l'anode, dont la forme tubulaire permet de conserver un écart constant par rapport au filament.

Il en va de même pour les organes intermédiaires, comme la grille dans le cas de la triode. La description de la fabrication d'une triode comme la lampe TM (figure 4) donne un aperçu de la disposition de chaque élément.

Le premier mode de chauffage des cathodes est, bien entendu, le chauffage direct. Le filament est fabriqué avec un matériau propre à produire les émissions électroniques, comme le tungstène, le tungstène thorié ou le tungstène recouvert d'une couche d'oxyde alcalinoterreux. Sa disposition est tout à fait classique puisqu'il se présente sous la forme d'un ruban ou d'un cylindre droit, en V, en M ou en spirale.

Les tensions de chauffage sont alors de 2 ou 4V pour l'Europe ou 2 voire 3,5 ou 5V pour les tubes américains. Les filaments ont cependant une

## ■ La maquette

Cette maquette est un testeur qui met en évidence l'effet thermoélectronique. La figure 6 donne le principe d'un testeur tel qu'il fut proposé naguère aux amateurs désireux de vérifier expérimentalement le bon fonctionnement de leur tube. En chauffant le filament FF de la triode avec une pile de 3V, il suffit de relier la grille G et la plaque P à un galvanomètre pour vérifier l'émission du nuage électronique. Les triodes de ce type sont malheureusement difficiles à trouver. Pour cette raison, nous avons choisi d'effectuer ce type d'expérience avec la diode DY802. D'une fabrication plus récente, elle était surtout destinée aux redresseurs THT des récepteurs de télévision (brochage sur la figure 7).

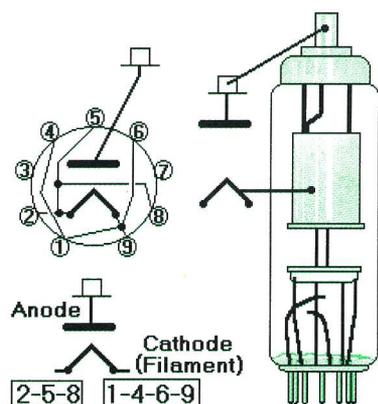


Fig 7

Brochage de tube DY802

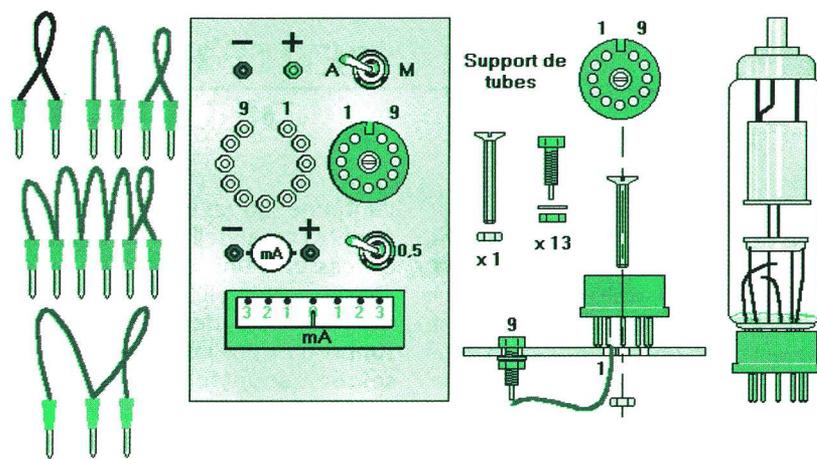


Fig 8

Implantation et câblages pour le testeur de tubes

## ■ Sa réalisation

Le schéma du montage est donc très simple. Il se compose de trois parties dont l'alimentation, l'ampèremètre et le support de tubes (schéma de câblage).

La première étape consiste donc à trouver un boîtier sur lequel on disposera ces divers composants. En vous reportant au dessin de l'implantation (figure 8), effectuez les perçages et fixez les douilles isolées. Le galvanomètre que nous avons choisi est un galvanomètre qui donne une déviation complète

conducteurs conformément au schéma. Afin de simplifier la lecture des brochages de lampes, inversez les liaisons entre les numéros des douilles et du support de tube (implantation).

## ■ Les essais

Placez le tube sur son support et réalisez le câblage avec les cordons comme indiqué sur la figure 9. Placez la pointe du cordon sur la partie supérieure du tube qui est métal-

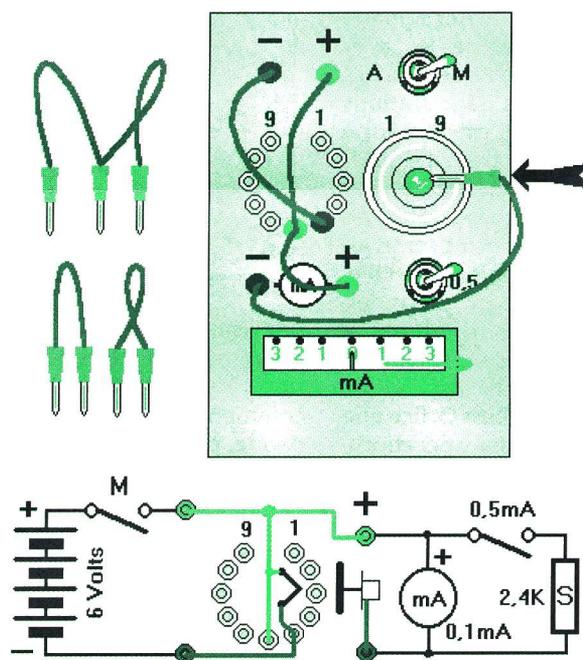


Fig 9

Câblage du testeur pour le tube DY802

de l'aiguille pour 0,1mA. La résistance qui donne un calibre de 0,5mA est donc de 2,4 kΩ. Il est évident que le galvanomètre n'est là que pour "visualiser" l'apparition de l'effet thermoélectronique. Un appareil de 0,15 à 0,5mA conviendra tout autant. Effectuez les liaisons en soudant les

liquide et sur laquelle est reliée la plaque de l'anode, puis actionnez l'interrupteur. Le filament chauffe et rougit, de fait l'aiguille du galvanomètre dévie de plus en plus rapidement. En basculant l'interrupteur sur arrêt, l'émission thermoélectronique cesse progressivement.

P. RYTER

## ■ NOMENCLATURE

- 1 boîtier P.V.C.
- 1 support de tubes électroniques NOVAL
- châssis 9 broches
- 1 connecteur de piles (4 x 1,5V)
- 4 piles 1,5V
- 1 galvanomètre 0,1mA
- 1 résistance 2,4 kΩ

- 2 interrupteurs
- Cordons de liaison, fiches bananes 2mm avec repiquage
- Douilles 2 mm isolées (2 rouges, 2 noires et 9 bleues)
- 1 tube électronique, diode DY802



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

## PETITE HISTOIRE DE LA RADIO

nord de Londres. Le 14 janvier 1923, une démonstration à laquelle sont conviés des membres du British Post Office montre clairement que la voie de la téléphonie hertzienne est ouverte. Les invités entendent clairement H. B. Thayer (président de l'AT&T) délivrer son message porté sur des ondes d'une longueur de 5400 mètres.

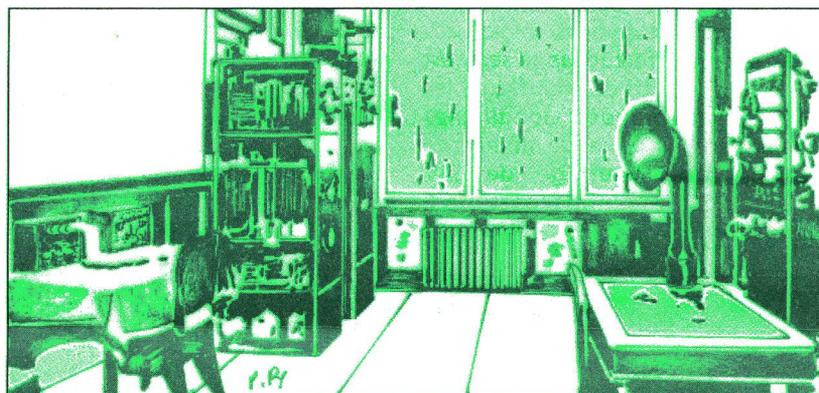
### ■ Téléphonie transatlantique

Une équipe d'ingénieurs de l'ITT (dont Maurice Deloraine qui a travaillé avec Ferrié), sont chargés d'effectuer les études approfondies sur la propagation des ondes en fonction des fréquences et de la météo. Chaque fin de semaine, des signaux sont envoyés sur trois fréquences (17000, 25700 et 57000 cycles par seconde) afin que soit enregistrée l'intensité des champs et des perturbations atmosphériques avec leur direction. En comparant les conditions météo transmises par l'Observatoire de Greenwich et la qualité des signaux reçus, l'équipe effectue les premières relations entre l'intensité des tâches solaires et les dégradations de la transmission. C'est au terme d'une année de travail qu'ils concluent qu'une transmission sur 5300 mètres de longueur d'ondes constitue le meilleur compromis au regard de la technologie disponible. Les règlements en vigueur en Angleterre ne permettent pas à l'ITT d'entreprendre seule la construction d'une telle installation. C'est donc au British Post Office que revient la direction des opérations, après l'adoption du principe de la construction d'une station mixte qui combine un émetteur téléphonique à un émetteur télégraphique sur le site de Rugby. L'ITT doit fournir les plans et pourvoir à la construction de l'émetteur téléphonique alors que le Post Office fait de même pour l'émetteur télégraphique ainsi que les installations telles que les alimentations et les antennes. Les émetteurs téléphoniques et télégraphiques sont étudiés afin de permettre un fonctionnement indépendant avec, d'une part un amplificateur à deux étages comportant respectivement 3 et 30 tubes de 10 kW en parallèle (téléphonie) et, d'autre part, 5 blocs de 20 tubes montés en parallèle (télégraphie). Le tout est prévu pour fonctionner avec 10000V sur les anodes (en courant continu), soit une puissance totale de 500 kW. Afin de fournir cette tension, le Post Office a recours à deux génératrices tournantes montées en cascade car munie chacune de 2 collecteurs capables de délivrer 2500V.

Ce mode d'alimentation n'est pas sans inconvénients pour la transmission en BLU car la puissance dans

l'antenne suit les variations des fréquences vocales. Il est donc possible de passer d'une charge nulle à la charge maximale, ce qui entraîne des variations de courant que ne supportent pas les tubes à vide. La solution adoptée pour allonger la durée de vie des tubes consiste alors à limiter la tension à 7000V. La diminution de la puissance sur l'antenne qui en résulte n'est cependant pas catastrophique car la différence n'est que de 3 dB. Les différents essais du matériel montrent en outre que les conditions de réception sont bien meilleures en Ecosse. Le Poste Office décide, en conséquence, d'y construire une antenne reliée par fils au central interurbain de Londres.

Les essais achevés, l'équipe de Londres reçoit un télégramme indiquant la date et l'heure de la tentative de communication avec New York, précisant qu'elle doit préparer



L'équipement de radiodiffusion Western Electric N° 101A

une liste de mots qui seront lus afin d'être répétés. Alors que la prohibition règne aux Etats Unis, Oswald commence par les mots *Champagne*, puis *Bordeaux* et *Whisky* qui sont répétés par Bailey à New York ! S'engage alors une conversation entre Oswald et Bailey qui est poursuivie par les membres de chacun des bureaux trop heureux de prolonger ce moment quasiment magique. Les ingénieurs ne sont cependant pas au bout de leurs peines car le service de téléphonie transatlantique ne sera ouvert commercialement qu'en 1925.

### ■ La radiodiffusion anglaise

Parallèlement à ces travaux, Deloraine est intégré à la section radio créée par IWE Co dans le cadre de sa Division d'Engineering Européenne. Début juillet, il rejoint A. E. Thompson pour travailler sous la direction de F. Gill à Oswaldestre House. Afin de ne pas dépendre d'un brevet Marconi sur la modulation d'anode, Deloraine travaille dans ce laboratoire sur un système à modulation de grille. Autorisés à émettre expérimentalement sous l'indicatif 2WP, ils animent une station qui dispose de 75W pour diffuser paroles et musiques. Deloraine, dans son livre

Des ondes et des hommes (Flammion, 1974) nous livre l'anecdote suivante : *"Je demandais à Frank Gill l'autorisation d'acheter un phonographe. Il consentit mais fixa une limite à mes dépenses, qui correspondaient à peu près au minimum de ce que pouvait coûter ce matériel. Je me rendis à la Cie. Aeolian à Londres et, à ma grande surprise, on me demanda si j'étais le speaker de 2WP. Comme je leur répondis par l'affirmative, ils me dirent que je n'avais pas besoin d'acheter quoi que ce soit et qu'ils me prêteraient le meilleur phonographe avec tous les disques que je voudrai, ainsi qu'un piano automatique avec des enregistrements de musique. Tout ce matériel fut livré gratuitement à notre bureau, à la grande surprise de Gill qui se méfiait toujours des prétendus cadeaux. Il n'avait pas du tout saisi la valeur publicitaire de ce geste pour Aeolian".*

Le PMG (Post Master General), qui est l'équivalent du Ministre des PTT, décide d'ordonner ce nouveau procédé de diffusion et convoque, pour cela, des fabricants au cours de

enregistrée en raison d'un conflit avec la presse pour la diffusion des informations. Finalement, le permis officiel n'est délivré que le 18 janvier 1923, bien qu'antidaté au premier novembre 1922. La British Broadcasting Company (BBC) possède cependant l'autorisation de commencer son service de radiodiffusion à compter du 14 novembre 1922. Le matériel 101A est donc démonté pour être transféré en camion vers Witton dans les locaux de la General Electric. Thompson, Deloraine, Amis et Mason se rendent sur les lieux par le train et procèdent à l'installation de l'équipement dans ses nouveaux locaux. Le brouillard persistant qui règne ne facilite pas la pose de l'antenne sur le toit rendu glissant, mais l'équipe réussit et termine le travail entre le dimanche et le mardi de cette semaine. Le mercredi 16 novembre, la station qui possède toujours l'indicatif expérimental 2WP diffuse pour la première fois au nom de British Broadcasting Committee.

Peu après l'ouverture, la station de Birmingham reçoit un indicatif, le 51T, qu'elle conserve jusqu'à ce que la BBC cesse de l'utiliser. Lorsqu'elle obtient enfin son permis, la British Broadcasting Company engage John Reith comme directeur général et P.P. Eckersley qui quitte la Marconi pour prendre le poste d'ingénieur en chef.

De son côté, Marconi change, lui aussi, de local d'émission car après Chelmsford (1920) et Writtle (1922) sous l'indicatif 2MT (Two emma toc), il transfère sa station de radiodiffusion expérimentale dans le Strand au sein de la Marconi House, avec 2LO comme nouvel indicatif.

### ■ La station des PTT

Peu de temps après la mise en service de l'émetteur de Birmingham, Deloraine est envoyé à Paris afin d'installer un émetteur de type WE101A. En une semaine à peine, il procède au câblage et à la mise en service de l'émetteur désigné comme Station de l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes. Les programmes souffrent, là aussi, d'un manque criant de moyens. Deloraine dispose d'un studio situé dans une pièce contiguë à l'émetteur dans lequel il procède à ses auditions : *"De jeunes artistes venaient se présenter en nombre variable. Nous avions un piano, je leur demandais ce qu'ils proposaient et en l'espace de quelques minutes, leur programme était sur les ondes. Si un soir nous étions à court de talent, nous fermions tout simplement plus tôt. Pour toute récompense, nous servions chaque soir aux artistes un verre de champagne offert par Le Matériel Téléphonique".*

Les PTT reprennent le contrôle de la station après ces dix jours de mise en fonctionnement, ouvrant ainsi l'ère du monopole d'état de la radiodiffusion française.

### ■ Naissance de la BBC

Le PMG a bien accordé son autorisation pour la création d'une compagnie de radiodiffusion, mais ce n'est que le 15 décembre qu'elle est

P. RYTTER