



(2<sup>ème</sup> partie)

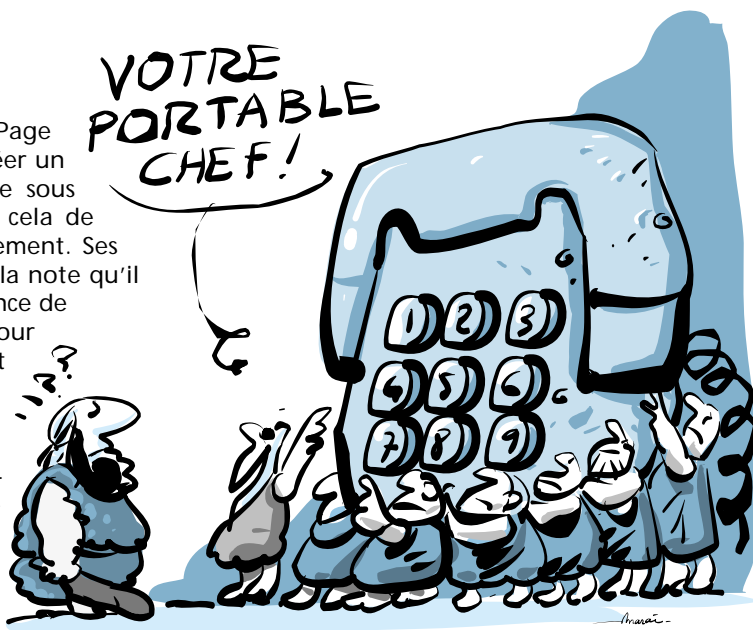
## PETITE HISTOIRE DU TELEPHONE

**D**epuis l'antiquité, les tentatives de transmission de la voix humaine semblaient vouées à l'échec. Ce n'est qu'avec la découverte de l'électricité et de l'électromagnétisme que vont s'échafauder toute une série de nouvelles théories sur la création des sons musicaux et leur transport à distance.

### La musique galvanique

Les deux physiciens américains Henry et Page découvrent en 1837 qu'il est possible de créer un son en faisant vibrer une lame métallique sous l'action d'un électro-aimant. Il suffit pour cela de l'aimanter et de le désaimanter très rapidement. Ses expériences amènent Page à constater que la note qu'il obtient par ce procédé dépend de la fréquence de la vibration que la lame imprime à l'air. Pour qu'elle soit perceptible, il faut que le courant qu'il laisse circuler dans l'électro-aimant soit interrompu un minimum de 16 fois par seconde.

En 1843, le Genevois Auguste de la Rive augmente l'intensité des sons produits par Page en apportant les modifications suivantes : Ce n'est plus une lame mais un fil métallique tendu qui met l'air en vibration. Pour cela, le fil traverse une bobine au sein de laquelle un



suite p 24

### LED multimode

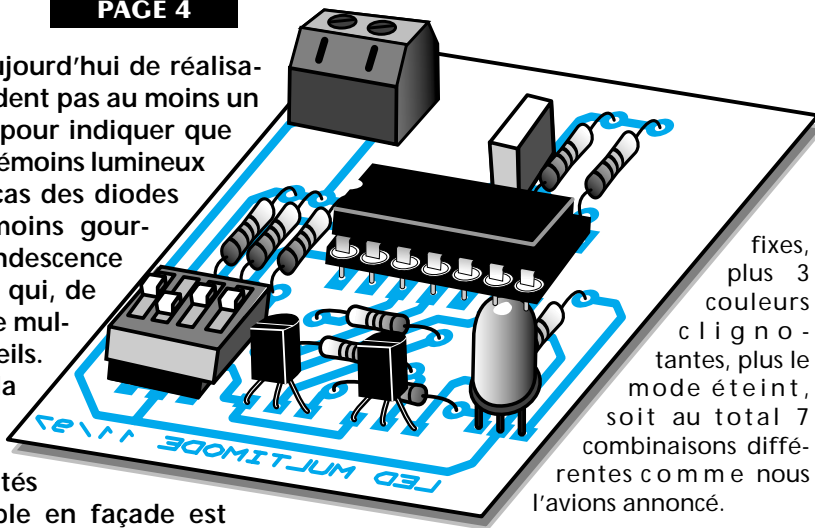
PAGE 4

I l n'existe pour ainsi dire plus aujourd'hui de réalisations électroniques qui ne possèdent pas au moins un témoin lumineux, ne serait ce que pour indiquer que ledit montage est sous tension. Ces témoins lumineux sont dans la grande majorité des cas des diodes électroluminescentes, beaucoup moins gourmandes que les ampoules à incandescence proposées sous différentes colories qui, de ce fait, se sont généralisées et même multipliées sur les faces avant des appareils. Cette multiplication bien agréable à la vue pose cependant problème lorsque l'on souhaite réduire la consommation des montages alimentés sur piles et que la place disponible en façade est réduite. C'est pour répondre à cette situation que nous vous proposons de réaliser le montage qui suit et dont le principal intérêt consiste à faire fonctionner une seule et même diode LED de 7 façons différentes, chacune associée à une information que son utilisateur pourra exploiter comme il le souhaite.

### Principe de fonctionnement

Le principe retenu pour obtenir ce résultat repose sur l'utilisation d'une LED bicolore dont les 2 éléments

sont activés séparément, ou en même temps, ce qui donne 3 couleurs possibles, ces éléments pouvant de surcroît clignoter ou fonctionner en permanence. Tous comptes faits, cela donne 3 couleurs



fixes, plus 3 couleurs clignotantes, plus le mode éteint, soit au total 7 combinaisons différentes comme nous l'avions annoncé.

### Schéma de montage

Pour donner vie à ce montage qui, en fait, est plutôt destiné à faire partie d'une réalisation dont il constituerait l'élément de visualisation à 7 états, nous avons utilisé 3 inverseurs DIL (SW1 à SW3) qui remplacent ici les informations binaires codées sur 3 bits que l'on souhaiterait visualiser.

suite p 4

N°2 AVRIL 1998  
NOUVELLE SÉRIE

## SOMMAIRE

- 1 - PETITE HISTOIRE DU TÉLÉPHONE
- 2 - QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ? INTERNET
- 4 - LED MULTIMODE
- 6 - CONSTRUIRE UN MINI-LABO LE DISJONCTEUR
- 8 - SINGER-KILLER KARAOKE
- 10 - COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?
- 13 - LE COIN DE LA MESURE
- 15 - GÉNÉRATION INTERNET
- 16 - GONG TROIS NOTES
- 18 - INDICATEUR DE LAVE-GLACE
- 20 - TECHNOLOGIE : LES OPTO-COUPLEURS
- 21 - DÉCOUVREZ L'ANGLAIS TECHNIQUE : DOUBLEUR DE FRÉQUENCE
- 22 - J'EXPÉRIMENTE : LE MOTEUR DE G. FROMENT

Génération  
ELECTRONIQUE  
PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

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 : 01.42.41.89.40  
Télex : 220 409 F

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

Président Directeur Général  
Jean-Pierre VENTILLARD  
Directeur général, Directeur de la Publication :  
Paule VENTILLARD  
Directeur général adjoint  
Jean-Louis PARBOT  
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

Marketing :  
Corinne RILHAC (84.52)  
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 (84.47)

Abonnement  
Anne CORNET (85.16)  
Voir tarifs et conditions dans ce numéro  
Prix de vente au numéro : 20 F  
Commission paritaire en cours  
Membre inscrit à Diffusion Contrôlée (OJD)

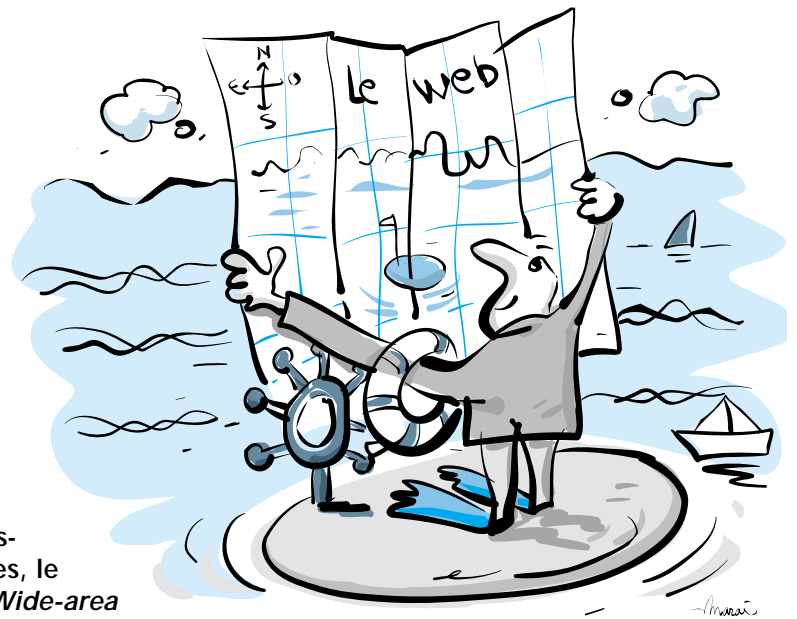




# QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ?

## Internet, comment naviguer sur le Web

Le World Wide Web, que l'on nomme plus simplement Web, comporte un certain nombre de protocoles relatifs à la gestion des documents. Créé sous la tutelle du laboratoire des hautes énergies au CERN de Genève par Tim Berners-Lee en 1990, le logiciel Enquire doit permettre aux scientifiques connectés au réseau Internet d'accéder rapidement à des documents d'une grande variété aussi simplement que possible. Enquire sera à l'origine du protocole HTTP (*HyperText Transfer Protocol*, protocole de transfert d'hypertextes) qui donne naissance au langage de description de pages, le HTML (*Hyper Text Markup Language*). Le Web est défini comme étant une " *Wide-area hypermedia information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents* " ce qui peut se traduire par un dispositif de recherche d'informations hypermédias à champs élargis destiné à fournir un accès universel pour une grande variété de documents.



### Les hypertextes

Les documents hypertextes ne sont guère différents des livres si on considère simplement le contenu. La différence réside dans la manière dont le lecteur s'approprie l'écrit, donc la pensée de cet interlocuteur invisible qu'est l'auteur du texte. Lorsqu'il rédige son ouvrage, un auteur développe ses arguments en

peut en effet voyager dans le texte simplement conduit vers ses propres préoccupations. Il est très facile d'effectuer une lecture 'déstructurée' au grès de la rencontre des hyperliens.

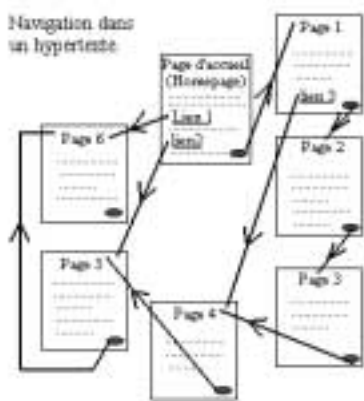


Fig 1

suivant une progression linéaire qui, page après page, est censée conduire ses lecteurs vers les convictions qu'il exprime. A moins, bien sûr, qu'un lecteur soit particulièrement intéressé par l'un ou l'autre des chapitres qu'il privilégiera en négligeant les autres, c'est l'auteur qui guide le cheminement dans l'ouvrage.

Il en va tout autrement pour les hypertextes, car la structuration de l'écrit doit répondre au souci d'information du lecteur. Ce dernier



Fig 2

### Lancement d'Internet Explorer



Fig 3

Ces hyperliens sont des mots ou des titres dont on a modifié l'apparence par rapport à l'ensemble du texte (ils apparaissent généralement d'une autre couleur et sont soulignés). En plaçant le pointeur de la souris sur un hyperlien puis en cliquant, nous allons directement vers une nouvelle page qui peut être la, ou les, définitions du mot mais aussi des exemples, des extraits d'autres textes, etc... bref, toute une panoplie d'informations complémentaires. Mais comme il n'est pas rare que ces nouveaux textes contiennent à leur tour des hyperliens, le lecteur peut très bien s'enfoncer dans une recherche d'idées avec des enchaînements qui échappent complètement aux intentions de l'auteur et une perte du sens dans sa pensée (figure 1).



Fig 4

Cependant, ce type de problème n'a pas vraiment lieu de se poser pour ce qui concerne Internet car mis à part quelques exceptions, les textes qui circulent sur le Web ont à ce jour une vocation prioritairement informative. Libre à nous de faire preuve

ensuite de discernement. En outre, les documents proposés sont extrêmement succincts, pour une durée de vie limitée. En raison des coûts qu'ils génèrent, leurs propriétaires sont tentés de les faire évoluer le plus rapidement possible.



Fig 5

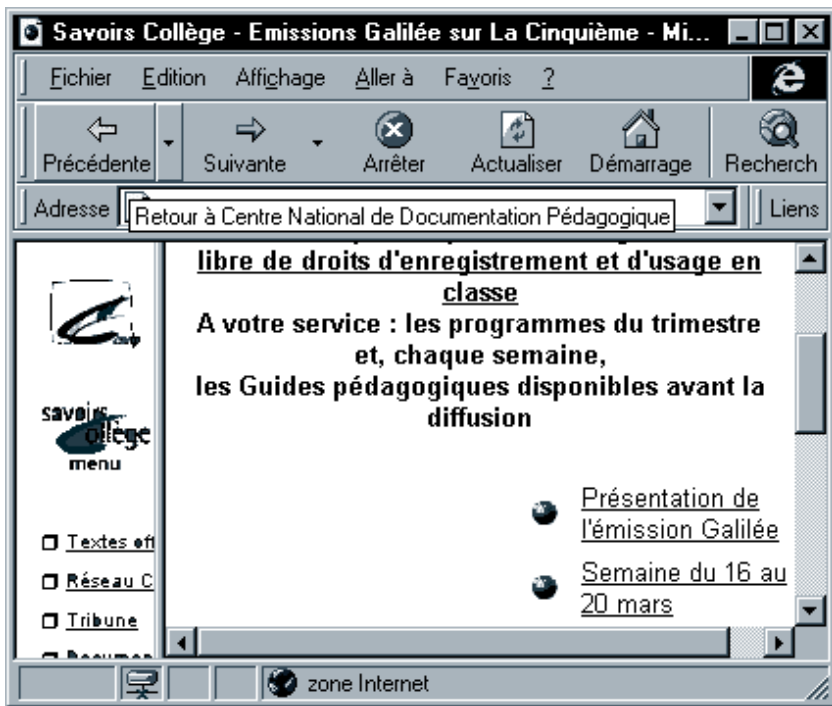


Fig 6

## ■ Les documents hypermédias

Les documents hypermédias reprennent les principes élaborés pour les hypertextes avec ce 'plus' que constituent les différents médias : l'image, le son, la vidéo. Un document hypermédia est donc composé d'un ensemble de pages reliées entre elles par des hyperliens. Ces pages comportent des zones graphiques ou texte particulières, car il suffit de cliquer sur l'une d'elles pour accéder directement à une image qui vient renforcer le texte, un son (commentaires parlés, musique, archive sonore,...) ou une vidéo. La navigation dans l'espace informatif qu'offre un site peut par ailleurs ne pas rester confinée aux pages préparées par son concepteur car des hyperliens peuvent très bien renvoyer l'utilisateur vers d'autres sites.

## ■ Comment 'surfer sur le Web'

Le branchement des colléges sur le réseau ne peut qu'entraîner les élèves et les enseignants à se familiariser avec l'outil Internet. Le logiciel de navigation *Internet Explorer* (I.E. version 3 ou 4) développé par

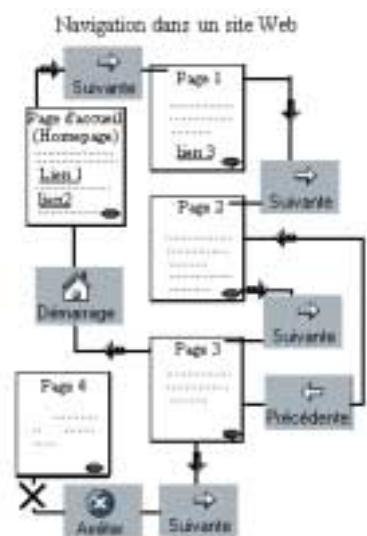


Fig 7

la société Microsoft est installé et prêt au démarrage sur les machines du C.D.I. ou du secrétariat qui fonctionnent sous Windows 95 pour bon nombre d'établissements. Voici donc comment procéder pour lancer une recherche d'informations sur le Web.

## ■ Démarrage d'I.E

A partir du bureau de Windows 95, vous pourrez lancer I.E. soit en cliquant sur l'icône (figure 2), soit en passant par le menu démarrer. Dans ce dernier cas, passez par Programme, choisissez *Internet Explorer* dans la liste puis à nouveau Internet Explorer pour le lancer effectivement (figure 3).

Les accès au fournisseur qui gère l'entrée sur le réseau ne s'effectuent en principe qu'après l'entrée du nom d'utilisateur et d'un mot de passe qu'il a lui-même fourni. Si la procédure de contrôle est automatisée, cette phase de vérification n'apparaît pas. S'affiche dès lors une fenêtre que vous pouvez agrandir ou modifier selon les besoins et qui comporte un certain nombre d'éléments, dont un e entouré d'un anneau qui semble tourner. Il doit effectivement être en mouvement car son arrêt signifie que vous êtes bloqué. Apparaît ensuite la première page (appelée page d'accueil ou Homepage) du site de votre fournisseur d'accès.

## ■ Recherches sur un nouveau site

En admettant que vous ayez appris que le CNDP (Centre National de Documentation Pédagogique) propose des informations sur les contenus d'émissions de télévision destinées aux collégiens, votre curiosité peut vous pousser à voir ce qui peut vous intéresser en technologie ou

tout autre domaine.

La première chose à faire est donc d'entrer l'adresse du site du CNDP. Dans la zone de saisie Adresse, effacez l'adresse du fournisseur pour entrer <http://www.cndp.fr> puis appuyez sur la touche Entrée (figure 4).

Encore appelée U.R.L. (*Uniform Resource Locator*), cette adresse est celle de la page d'accueil du site recherché. Le HTTP signifie simplement que le protocole utilisé pour le transfert des documents encodés en hypertextes est l'*Hypertext Transmission Protocol*. Sur le Web (www), les sites qui, comme [cndp.fr](http://www.cndp.fr), se terminent par (fr) sont écrits en français.

Si vous êtes maintenant sur la page d'accueil du CNDP, utilisez l'ascenseur de la fenêtre qui est situé à droite. Descendez le curseur à l'aide du pointeur de la souris jusqu'à parvenir au logo Galilée (figure 5). En cliquant dessus, vous activez le lien qui va rechercher la page qui lui est associée, laquelle comporte la présentation de l'émission Galilée ainsi que les programmes des différentes semaines (figure 6). En cliquant sur le texte souligné Semaine du 16 au 20 mars, vous activez un nouveau lien vers la page de présentation détaillée des programmes. Si un doute vous tenaille sur le contenu de la page précédente, vous pourrez toujours revenir dessus en cliquant sur la flèche Précédente de la barre d'outils située au-dessus de l'adresse. La flèche Suivante permet quant à elle d'aller vers la page du lien suivant. Pour le cas où le chargement d'une page s'éternise inexplicablement, cliquez sur le bouton Arrêter, puis revenez à la page précédente. Vous pouvez dès lors reprendre votre tentative en cliquant sur le lien ou la remettre à plus tard.

Si maintenant vous décidez d'arrêter vos explorations sur ce site et que vous désirez revenir vers la première page du site de votre fournisseur d'accès, cliquez sur le bouton Démarrage. Vous éviterez ainsi une succession inutile de retours en arrière (figure 7).

Pour revenir à nouveau sur le site du CNDP, il n'est pas nécessaire de laisser l'ordinateur connecté au réseau. L'astuce qui consiste à faire des économies sur le réseau consiste à lancer une recherche sur un site comme précédemment sans analyser complètement son contenu mais en cherchant à appeler le plus rapidement possible les pages en cliquant sur les liens. Comme la structure visitée du site avec ses liens et ses pages lues est stockée de manière provisoire sur le disque dur de l'ordinateur, l'ensemble des informations reste immédiatement disponible. Vous devez donc cliquer sur *fichier* puis activer l'option *Travailler hors connexion* pour déconnecter le modem (figure 8). Bien entendu, vous ne pourrez consulter que les pages effectivement appelées par les liens au cours de vos recherches. Le principal avantage de ce mode de travail réside dans le fait que vous pourrez continuer à travailler pendant plusieurs heures sur un site, copier ou encore imprimer les textes et les images sans vous préoccuper du temps passé. Dans le cas contraire, I.E. demande si vous désirez vous connecter à nouveau.

Cette première approche pratique de la navigation doit déjà vous permettre de pratiquer quelques recherches sur le Web. A vous de définir chaque fois ce que vous cherchez afin de ne pas vous perdre dans le labyrinthe des masses d'informations qu'il renferme.

P. RYTTER

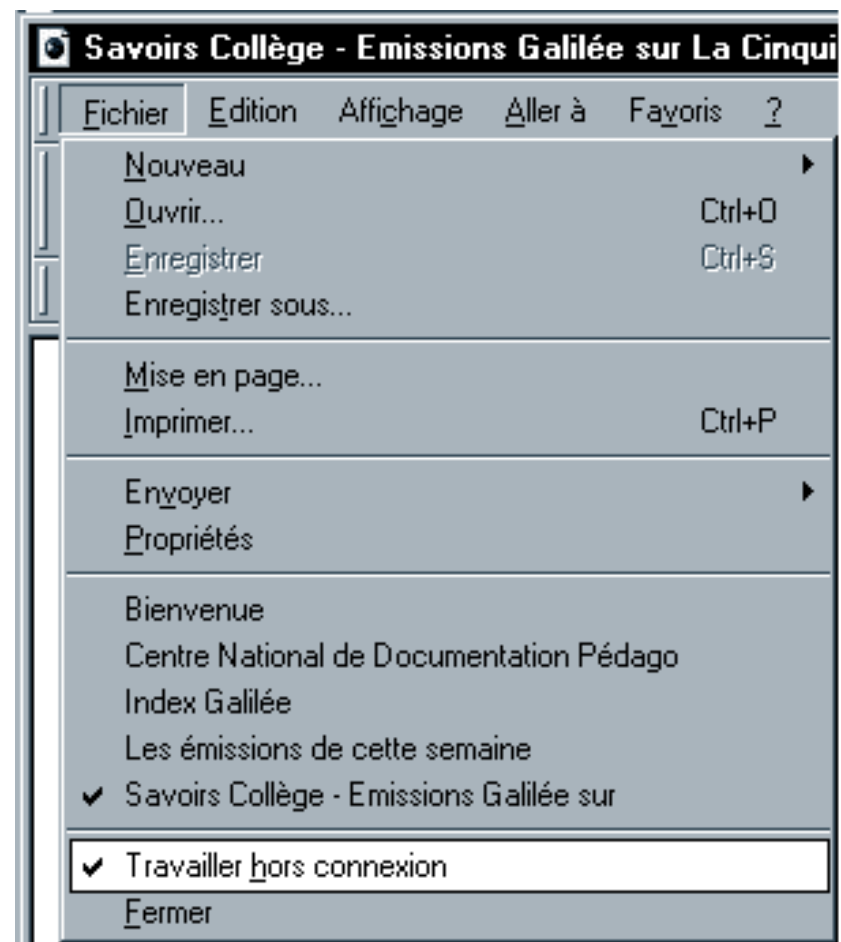


Fig 8

# LED multimode

Comme on le constate sur le schéma de la **figure 1**, la diode LED bicolore est formée par 2 éléments de LED, une rouge et une verte, ayant une cathode commune et des anodes séparées. Chaque anode est pilotée par un transistor PNP. De cette façon, le courant dans les LED est limité par les résistances R7 et R9, et vaut approximativement  $(V_{lim-2})/R7$  en prenant une chute

rents (1,8V pour le rouge et 2,2V pour le vert, pour un courant moyen de 10 mA). De plus, en jouant sur la valeur des résistances R7 et R9, donc sur la valeur des courants traversant les LED, on peut modifier sensiblement la couleur jaune orangée obtenue lorsque les 2 LED fonctionnent simultanément.

**Mode LED allumée en permanence**  
Quand SW1 est fermé, le niveau

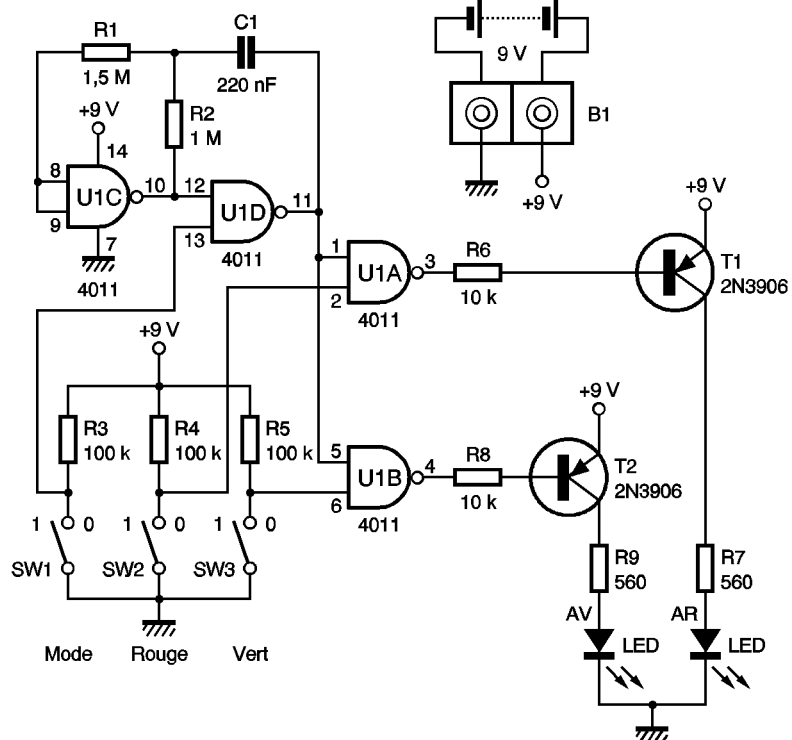


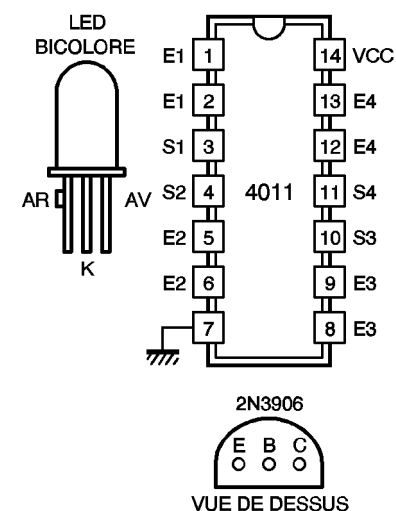
Schéma de principe

Fig 1

de tension moyenne de 2V pour les LED. En choisissant convenablement les résistances R7 et R9, on peut faire passer un courant pouvant dépasser 10 mA afin d'obtenir une bonne luminosité, ce qui n'aurait pas été possible en connectant directement les LED à la sortie des portes U1a et b dont le courant de sortie maximum n'excède pas 10 mA.

On notera au passage que les seuils des LED rouges et verts sont diffé-

logique "0" présent sur la patte 13 de U1d maintient en permanence la sortie de cette porte au niveau haut. Avec un "1" logique sur l'une de leurs entrées, les portes NAND U1a et b deviennent de simples inverseurs vis à vis de leur seconde entrée. Dans ce cas, pour qu'un élément de LED soit illuminé, il faut que l'inverseur qui lui est associé (SW2 pour le

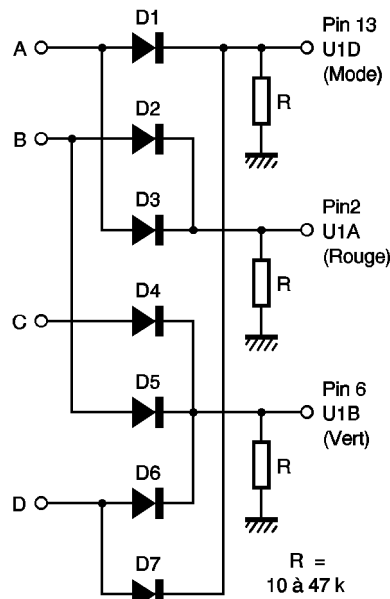


Brochages des composants

Fig 5

rouge et SW3 pour le vert) soit en position ouvert (niveau logique "1"). Si les 2 inverseurs sont simultanément ouverts, le mélange des 2 couleurs donne à la LED un aspect jaune orangé, alors que s'ils sont fermés la LED reste éteinte (les LED ne clignotent pas).

Lorsque l'inverseur SW1 est ouvert,



Exemple d'utilisation nécessitant un codage par portes OU

Fig 4

la résistance de tirage R3 impose un niveau logique "1" sur l'entrée 13 de U1d, ce qui valide l'astable bâti autour des 2 portes U1c et d associées aux résistances R1, R2 et au condensateur C1. La valeur adoptée

réaliser le montage tel quel, il suffit de câbler les composants comme le précise la **figure 3** en respectant l'orientation du circuit intégré, des transistors et de la LED. On s'aidera pour cela du brochage fourni avec le schéma de principe. Si ce montage est destiné à servir d'élément de visualisation pour une réalisation existante ou à venir, possédant une information sur 3 bits ou plus, on ne câblera ni les inverseurs SW, ni les résistances de tirage (R3 à R5) et on utilisera l'alimentation du montage principal pour alimenter ce module. Les bits "informations à traiter" seront réunis aux entrées des portes U1a, b, d dans un ordre issu d'un minimum de réflexion, surtout si l'on souhaite obtenir des affichages particuliers du type avertissement par la couleur rouge clignotante ou par un jaune fixe, en fonction des circonstances particulières.

Il sera, dans certains cas, nécessaire de prévoir un système de codage à base de portes logiques si les informations à traiter ne sont pas présentes sur 3 bits.

Pour fixer les esprits, la figure 4 donne un exemple de système de codage à base de portes OU à diodes. La réalisation initiale comporte 4 sorties repérées A, B, C, D, dont une seule à la fois peut être au niveau haut. La solution envisagée nécessite 7 diodes (genre 1N4148) et 3 résistances de valeur comprise entre 10 et 47 kΩ. Le **tableau 2** donne l'état

MODE (SW1)	ROUGE (SW2)	VERT (SW3)	LED
0	0	0	Eteinte
0	1	0	Rouge
0	0	1	Vert
0	1	1	Jaune
1	0	0	Eteinte
1	1	0	Rouge
1	0	1	Vert
1	1	1	Jaune

1 SW sur OFF (ouvert)  
0 SW sur ON (fermé)

Tableau 1 Rôle des trois inverseurs

pour ces 3 composants donne une fréquence d'oscillation proche de 2 ou 3 Hz. Quand la sortie de U1d est à l'état haut, cela autorise l'allumage des éléments de LED suivant l'état de SW1 et SW2, alors que pour U1d à l'état bas, les LED sont éteintes d'où l'aspect clignotant qui en résulte.

Le rôle des 3 inverseurs est repris dans le **tableau 1**. La valeur indiquée dans les différentes cellules du tableau précise le niveau logique appliqué sur les entrées des portes U1a, b, d.

## Réalisation pratique

Le dessin des pistes du circuit imprimé est visible en **figure 2**. Pour

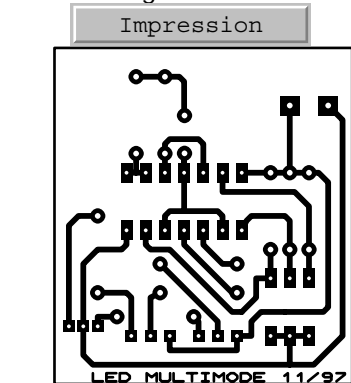
A	B	C	D	LED bicolore
0	0	0	0	Eteinte
1	0	0	0	Rouge clignotant
0	1	0	0	Jaune fixe
0	0	1	0	Vert fixe
0	0	0	1	Vert clignotant

Etat de la LED en fonction des sorties

Tableau 2

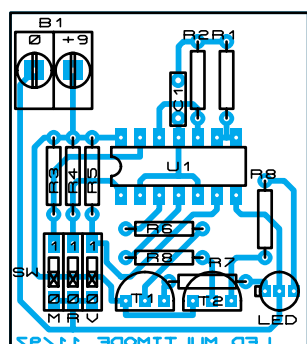
## NOMENCLATURE

Résistances 1/4W 5%  
R1 : 1,5 MΩ (marron, vert, vert)  
R2 : 1 MΩ (marron, noir, vert)  
R3, R4, R5 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)  
R6, R8 : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
R7, R9 : 560 Ω (vert, bleu, marron)  
C1 : 220 nF/63V milfeuill  
U1 : CD4011 (4 portes NAND à 2 entrées)  
T1, T2 : 2N3906 (PNP)  
LED : Modèle bicolore 5 mm  
SW1 à SW3 : Inverseurs DIL  
B1 : bornier 2 plots à souder sur circuit imprimé



Tracé du circuit imprimé

Fig 2



Implantation de éléments

Fig 3

# Construire un mini-labo électronique (module 2)

**D**ans toute installation électrique, il est obligatoire de prévoir une protection en tête, contre les surintensités encore appelées surcharges et surtout contre les effets dévastateurs très rapides d'un court-circuit. Pour ce faire, on insère à l'origine du circuit à protéger un point faible, le fusible, dont la destruction par fusion assure généralement la protection du circuit en question, ou du moins limite fortement l'échauffement en cas de consommation excessive de courant.

Bien entendu, la même protection pourra être assurée par un disjoncteur, qui présente notamment l'avantage de ne pas être détruit après fonctionnement puisqu'il est possible de le réarmer de nombreuses fois. En outre, le calibre nominal d'un coupe-circuit fusible n'étant pas réglable, il est souvent préférable de faire appel à un dispositif ajustable, faisant simplement appel à la loi d'ohm.

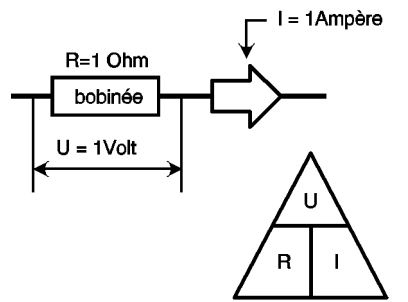
Certaines alimentations stabilisées du commerce possèdent un dispositif de contrôle de l'intensité débitée. Ce n'est pas le cas du module 1, notre alimentation du mois précédent, mais nous allons combler bien vite cette lacune en construisant un disjoncteur électronique réglable, à insérer en série avec notre sortie continue variable de 0 à 15V, par exemple.

## Principe de la mesure : (figure 1a)

Notre dispositif est très simplement basé sur la mesure de la chute de tension provoquée par l'intensité débitée à travers une résistance de puissance, souvent un modèle bobiné. Il ne s'agit donc que d'une application de plus de la célèbre loi d'Ohm :

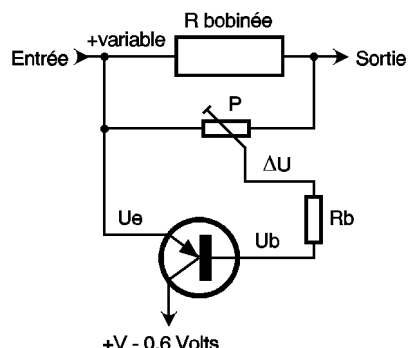
$$I \text{ en ampères} = U \text{ en volts divisé par } R \text{ en ohms} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{R}$$

En admettant une intensité de 1,5 A environ, valeur maximale de notre alimentation variable de 0 à 15V, on récolte une chute de tension



La loi d'Ohm Fig 1a

de 1,5V aux bornes d'une résistance précise de 1Ω. Il faudra compenser cette chute de tension en augmentant légèrement la tension d'entrée de notre disjoncteur, de manière à atteindre une valeur précise en sortie. Cette tension relativement modeste sera exploitée aisément si l'on se rappelle qu'un banal transistor PNP deviendra passant si son potentiel de base est inférieur d'environ 0,6V seulement par rapport au potentiel de l'émetteur, relié lui-même à l'entrée de la résistance



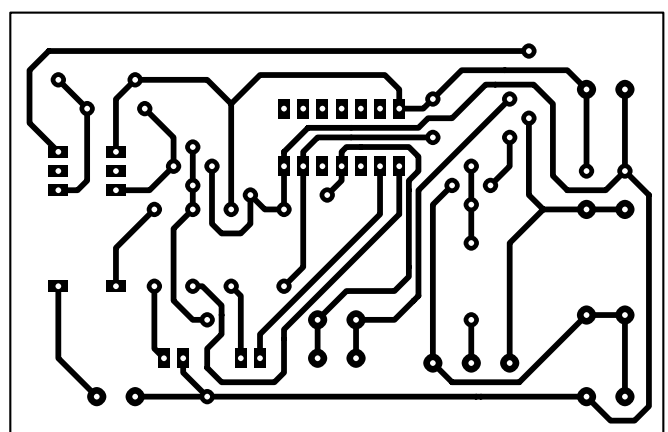
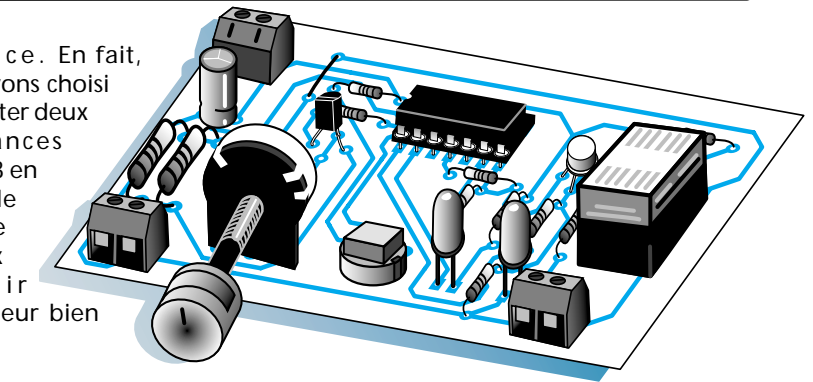
$T =$  passant si  $U_e - U_b > 0,6 \text{ Volts}$   
 $R =$  Résistance bobinée, puissance 3 watts à 25 °C  
 Valeurs normalisés de 0,1 Ohm à 4,7 k (attention à la chute de tension excessive)

Principe retenu Fig 1b

chutrice. En fait, nous avons choisi de monter deux résistances R2 et R3 en parallèle afin de mieux obtenir une valeur bien précise.

Ici, la résistance équivalente sera de  $4,7\Omega/2 = 2,35\Omega$  environ. La puissance globale de ces deux résistances se doit d'être suffisante, car elles dissipent en watts une puissance de :  
 $P = R \cdot I^2 = 2,35 \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 5,28$ , soit une valeur pratique de 5W.

RESET = R d'une des bascules pour mémoriser durablement une impulsion positive. L'entrée SET de mise à 1 (= broche 6), est forcée au niveau bas à travers la résistance R6. Lorsqu'une chute de tension suffisante est appliquée sur la base du transistor T1, soit environ



Impression Tracé du circuit imprimé

## Détecter une surintensité

Le potentiomètre P1 aux bornes des deux résistances chutrices R2 et R3 permettra de prélever à travers R4 une portion très précise de cette tension qui servira de seuil de fonctionnement pour le transistor PNP T1 lui faisant suite. Nous faisons ensuite appel à l'une des deux bascules D contenues dans le circuit intégré IC1. En fait, il nous suffira d'exploiter les entrées SET = S et

0,6V, celui-ci devient passant et applique le niveau positif de l'alimentation variable sur l'entrée S du circuit IC1. Ce front positif a pour conséquence de mettre au niveau haut la sortie Q (= broche 1) et, en vertu de la complémentarité logique, il porte au niveau bas la sortie Q̄.

## Actions du disjoncteur

Le fonctionnement du disjoncteur, en présence d'une intensité anormalement élevée dans la ligne positive de l'alimentation variable, a pour première conséquence de piloter à travers la résistance R8 la base du transistor NPN T2, chargé à son tour de mettre sous tension la bobine du petit relais 6V. Celui-ci ouvre donc le contact 11-12, interrompant de suite l'alimentation en sortie. Il ouvre également le contact 21-22 qui éteint la diode électroluminescente verte, allumée en marche normale. La sortie 2 de IC1, passant au niveau bas, alimente la cathode de la diode L2, un modèle de couleur rouge, clignotant si vous le souhaitez. Ces actions du disjoncteur sont mémorisées et la tension ne sera rétablie qu'en initialisant à nouveau la bascule D par une très brève action sur le poussoir prévu à cet effet. Il applique un niveau haut sur l'entrée RESET (= broche 4). Si le défaut a disparu, le relais cesse de fonctionner et son contact 11-12 est rétabli en position fermée, ainsi que

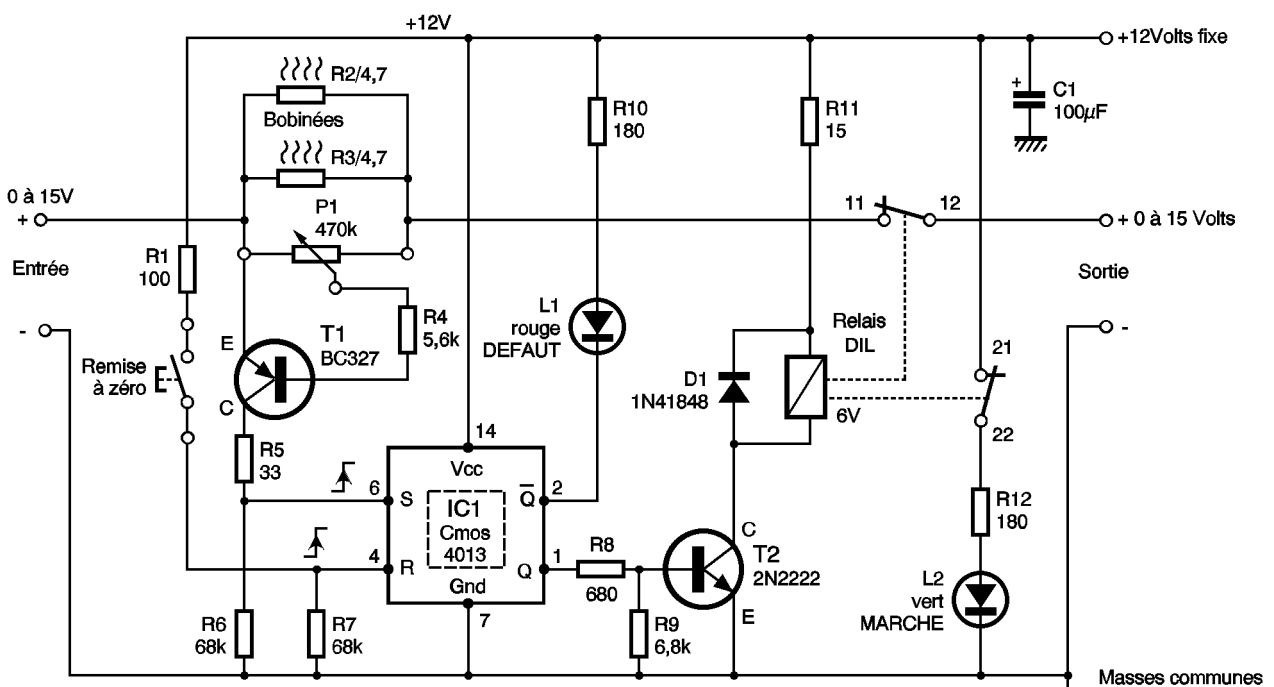


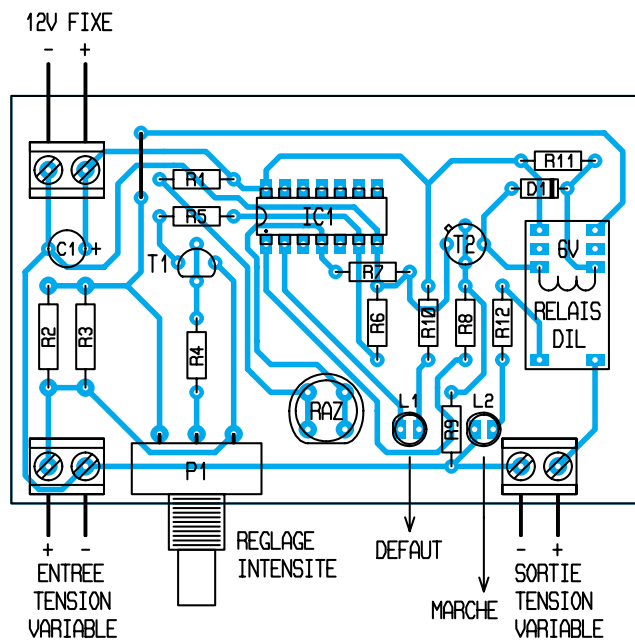
Fig 2 Schéma de principe

21-22 qui commande à nouveau la LED verte pendant que la rouge s'éteint.

A noter qu'une tension FIXE de 12V est nécessaire pour alimenter une partie du schéma électronique. En effet, si la tension variable est appliquée à l'entrée, il ne faudrait pas que le seuil de réglage soit perturbé. Les polarités négatives de l'alimentation variable et du 12V fixe sont réunies en une masse commune.

## ■ Réalisation pratique

La figure 3 propose une plaquette imprimée à l'échelle 1. Elle devrait sans mal prendre place dans un petit boîtier qu'il suffira de poser sur celui de l'alimentation réalisée le mois dernier. Un seul strap figure au milieu des composants peu nombreux par ailleurs. Nous avons veillé à présenter sur la même face les bornes d'entrée, le potentiomètre



Implantations des éléments

de réglage de l'intensité, le poussoir de RAZ, les LED de signalisation et les deux bornes de sortie. Ces éléments

seront sans doute mieux placés alignés sur la face avant du coffret retenu. Ne pas omettre de pré-

voir à l'arrière du coffret deux bornes isolées normalisées rouge et noire pour le 12V de l'alimentation fixe.

Les résistances de puissance R2 et R3 seront soudées surélevées sur l'époxy en raison du risque d'échauffement en cas d'intensité trop élevée. Il est aisé d'adapter cette maquette à des valeurs particulières de tension ou d'intensité simplement en recalculant les valeurs des résistances R2 et R3 associées, de manière à obtenir une chute de tension supérieure à 0,6V. On pourra également étalonner le potentiomètre de réglage à l'aide d'un ampèremètre en série avec des charges de puissance croissante.

De toute manière, le rôle premier de ce disjoncteur est de limiter au plus vite les effets dévastateurs d'un court-circuit sur une maquette à tester en aval de l'alimentation.

G. ISABEL

Fig 4

## ■ NOMENCLATURE

**Semi-conducteurs**  
 IC1 : double bascule D CMOS 4013  
 T1 : transistor PNP BC327  
 T2 : transistor PNP 2N2222  
 D1 : diode commutation 1N4148  
 L1 : diode électroluminescente ø 5 mm rouge (clignotante éventuellement)  
 L2 : diode

électroluminescente ø 5 mm verte  
 Résistances (1/4 de watt sauf indication)  
 R1 : 100Ω (marron, noir, marron)  
 R2, R3 : résistances de puissance 3W bobinées, 4,7Ω (voir texte)  
 R4 : 5,6 kΩ (vert, bleu, rouge)  
 R5 : 33Ω (orange, orange, noir)  
 R6, R7 : 68 kΩ (bleu, gris, orange)

R8 : 680Ω (bleu, gris, marron)  
 R9 : 6,8 kΩ (bleu, gris, rouge)  
 R10 : 180Ω (marron, gris, marron)  
 R11 : 15Ω (marron, vert, noir)  
 R12 : 180Ω (marron, gris, marron)  
 P1 : potentiomètre à variation linéaire 470 kΩ  
 Condensateur  
 C1 : chimique vertical 100 µF/25V

**Divers**  
 1 support à souder 14 broches  
 3 blocs de 2 bornes vissées, pas de 5 mm  
 relais mini DIL, 2 contacts inverseurs, bobine 6V  
 1 bouton pour potentiomètre  
 1 poussoir miniature  
 1 boîtier éventuel, bornes 4 mm isolées

## ABONNEMENT PARRAINAGE

Abonnés, parrainez vos relations à



En remerciement, vous recevrez le CD-ROM dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F) dès l'enregistrement du client parrainé

Bulletins à retourner à : Génération Electronique, Service Abonnements  
 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16

### BULLETIN DE PARRAINAGE

Nom du parrain : .....  
 Adresse : .....  
 Code postal : ..... Ville : .....  
 N° d'abonné à Génération Electronique : .....

### BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom : .....  
 Adresse : .....  
 Code postal : ..... Ville : .....  
 Je désire m'abonner à partir du N° : ..... (N°1-2-3-11 épuisés)

Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de 148 F  
 + en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
  - 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de 192 F
- Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :
- chèque bancaire     mandat-lettre     carte bleue
- signature : \_\_\_\_\_
- date d'expiration \_\_\_\_\_
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration

## ABONNEMENT PARRAINAGE

Abonnés, parrainez vos relations à

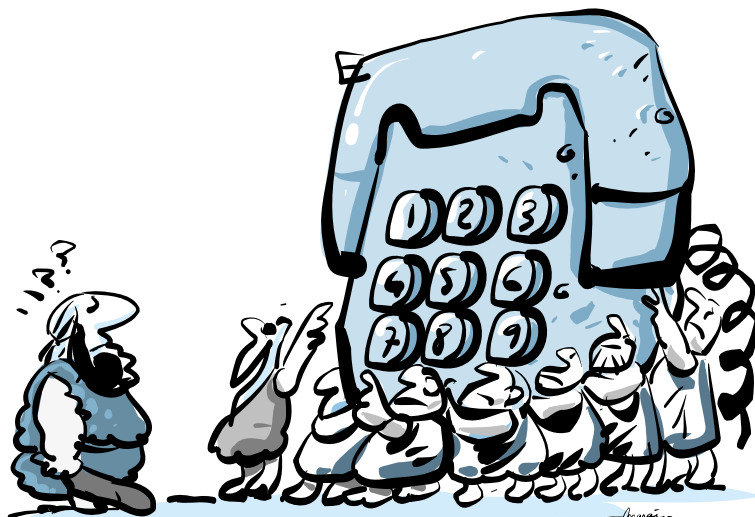


En remerciement, vous recevrez le CD-ROM dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F) dès l'enregistrement du client parrainé

Bulletins à retourner à : Génération Electronique, Service Abonnements  
 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16

### BULLETIN DE PARRAINAGE

Nom du parrain : .....  
 Adresse : .....  
 Code postal : ..... Ville : .....  
 N° d'abonné à Génération Electronique : .....



# Singer-Killer (Karaoke)

Ce montage n'est pas une incitation au meurtre ! Il vous permettra de créer un "dub" de vos disques préférés en éliminant la voix du chanteur. Le Karaoke est de plus en plus à la mode. Cependant, il est souvent difficile de se procurer une version dub du dernier tube du moment. Le plus simple est de réaliser cette version instrumentale soi-même. Mais tout le monde ne dispose pas, dans son entourage, d'une bande de copains musiciens. Pourquoi ne pas demander à l'électronique de vous aider à résoudre ce problème d'autant plus qu'un montage plutôt simple suffit à donner un résultat tout à fait satisfaisant. Notre réalisation a donc pour objet d'éliminer la voix du chanteur tout en conservant tant les effets stéréophoniques que la bande passante globale de l'enregistrement. Impossible pensez-vous ? Pas du tout, à condition d'utiliser une petite astuce que nous offrent les studios de prises de son.

## Le principe :

Pour comprendre comment quelques composants réussissent à reconnaître et à éliminer la voix du chanteur, attardons-nous quelques instants sur des notions de prise de son. Actuellement l'enregistrement de tous les CD ou cassettes est stéréophonique. A l'écoute, le "positionnement spatial" de chaque instrument est fonction d'écart d'intensité sonore et de phase entre les canaux droite et gauche. Généralement, l'ingénieur du son "centre" la voix du chanteur. Pour cela, lors du mixage, l'ingénieur du son l'applique de manière strictement identique à la voie droite et à la voie gauche de l'enregistrement stéréophonique. Elle possède donc exactement la même intensité et la même phase sur les deux canaux. C'est cette caractéristique qu'exploite le montage pour l'éliminer. Le son des autres instruments, des chœurs, etc. présentent,

en revanche, de fortes différences sur les canaux stéréophoniques.

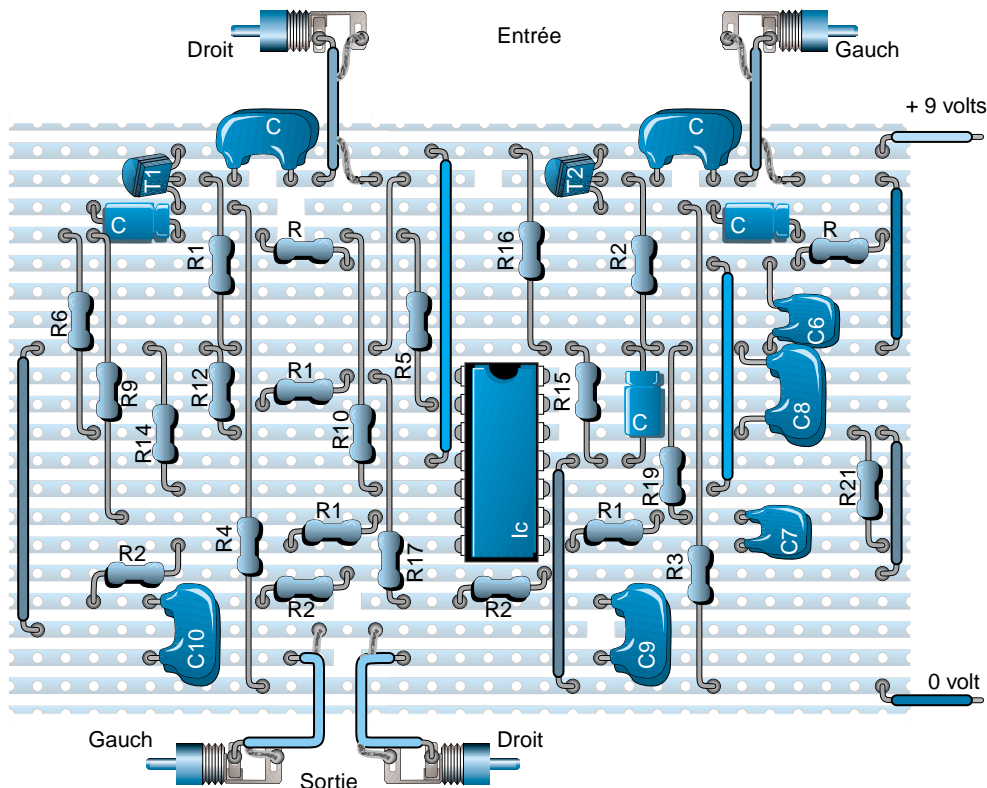
Ils traverseront ainsi le montage sans modification quelle que soit leur fréquence. Ce procédé d'élimination du son central est, d'une part, beaucoup plus efficace qu'un simple filtre éliminant purement et simplement l'ensemble des fréquences correspondant à la voix et, d'autre part, il ne génère pas de "trou" dans la bande passante.

## Comment ça marche ?

Sur cette belle théorie, bâtissons donc notre montage. Nous allons donc fabriquer deux nouvelles voies

Placement des composants

Fig 3



stéréo issues de la stéréo d'origine. Pour respecter ce que nous avons énoncé précédemment, la nouvelle voie droite sera issue de la voie droite d'origine à laquelle nous aurons soustrait la voie gauche d'origine. De même, la nouvelle voie gauche sera issue de la voie gauche d'origine à laquelle nous aurons soustrait la voie droite d'origine. Ainsi, si un son est commun aux deux voies, il sera bien éliminé par l'opération de soustraction que nous pratiquons. Ce premier traitement s'obtient très simplement à l'aide d'amplificateurs opérationnels. Notre montage a pour base un LM 324. Ce composant rassemble quatre cellules amplificateur opéra-

tionnel de base dans un même boîtier. Deux d'entre elles se consacrent à cette génération des nouveaux canaux. La cellule ampli op chargée du canal droit reçoit le canal droit d'origine sur son entrée non inverseuse et le canal gauche d'origine sur son entrée inverseuse. A sa sortie nous disposerons donc bien d'un signal correspondant à droite moins gauche. De même, la cellule ampli op chargée du canal gauche reçoit le canal gauche d'origine sur son entrée non inverseuse et le canal droit d'origine sur son entrée inverseuse. A sa sortie nous aurons, cette fois-ci, gauche moins droite. Les canaux ainsi créés respectent donc le champ stéréophonique tout en éliminant le "champ central" où se trouve la voix du chanteur. Cependant dans la pratique tout n'est pas aussi simple car les ingénieurs du son nous ont posé un piège en ce qui concerne les graves. En effet, pour que lors de l'écoute ils utilisent pleinement les possibilités des chaînes haute fidélité pour leur restitution, l'enregistrement des basses est quasiment monophonique. Si cette astuce permet aux amplificateurs de mettre à contributions les deux enceintes acoustiques pour restituer les extrêmes basses dans toute leur ampleur, ceci pose, en revanche, un problème à notre montage soustracteur. Il les élimine aussi radicalement que la voix du chanteur. Il faut donc créer une "passerelle" pour que les basses puissent traverser notre réalisation sans encombre. Néanmoins, le problème n'est pas si simple qu'il y paraît car cette passerelle doit rester infranchissable pour la voix du chanteur. Pour réaliser cette passerelle, nous utiliserons un filtre passe bas d'ordre trois, donc à très forte pente de coupure. Comme nous travaillons ici sur un signal monophonique, une

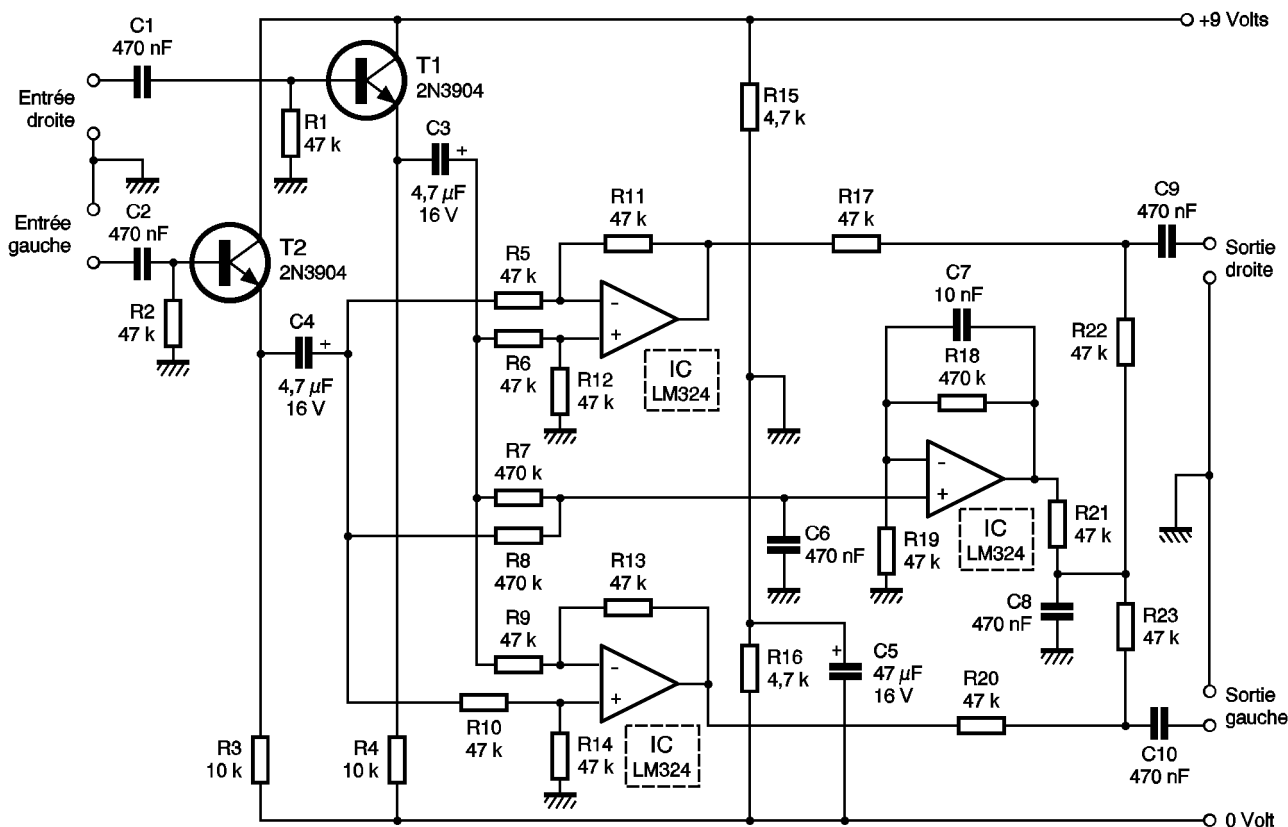
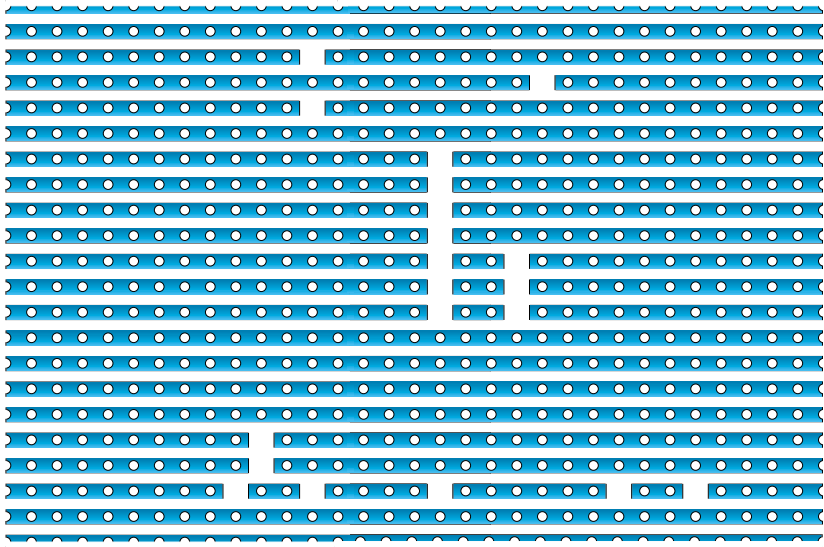


Schéma de principe

Fig 1



Préparation de la plaquette

Fig 2

seule cellule d'ampli op suffit pour traiter les deux canaux. L'ordre trois est obtenu en utilisant un premier filtre directement sur son entrée, un second en contre réaction et un dernier sur sa sortie. Le signal issu de ce filtre d'ordre trois est "remixé" avec les canaux droite et gauche par l'intermédiaire d'un jeu de résistances. Notons enfin que deux transistors placés sur les entrées du montage et montés en collecteur commun, nous libèrent des problèmes d'impédance et de diaphonie.



## Le câblage :

Comme toujours, ce montage est réalisé sur une petite plaquette d'essai pré-perforée munie de bandes conductrices. Le travail commencera donc par la préparation de cette plaquette. Il faut reporter les interruptions de bandes conformément au schéma proposé. Rappelons le la méthode la plus simple pour réaliser ces interruptions de bandes est d'utiliser un foret à métal de 6mm de diamètre. Il suffit de l'appliquer fermement sur le trou où doit s'effectuer l'interruption de bande et de le tourner doucement à la main tout en appuyant. Après chaque coupure il est bon de vérifier qu'aucun copeau ne risque d'établir un contact parasite entre deux bandes adjacentes.

Une fois la totalité des interruptions de bande reportées, l'implantation et le soudage des composants peut débuter. Il faut prendre soin de respecter le brochage du LM 324. Pour cela son boîtier porte une petite encoche logée entre ses broches 1 et 14. Il faut donc bien l'orienter comme indiqué sur le schéma d'implantation. De même, sur les transistors, un ergot signale l'émetteur. Ici encore il faut respecter l'orientation de ce repère. Enfin les condensateurs chimiques possèdent une polarité qui doit être prise en compte. Ces composants peuvent se présenter sous deux formes différentes : les condensateurs à broches dites axiales et ceux à broches dites radiales. En axial, chaque extrémité du condensateur porte un fil. Dans ce cas un étranglement signale la borne positive du condensateur. En

radial, les deux conducteurs sortent côte à côte d'une même extrémité. Ici une sérigraphie indique la borne négative.

Les résistances, quant à elles, ne possèdent pas de polarité particulière. Leur câblage peut donc s'effectuer dans un sens ou dans l'autre. Enfin il est nécessaire d'utiliser du fil blindé pour réaliser les connexions d'entrée et de sortie de ce montage. En cas contraire des ronflements parasites risquent de se manifester. A ce sujet signalons une dernière petite astuce. Les revendeurs de composants électroniques proposent souvent des prolongateurs RCA-RCA. Dans bien des cas le prix d'un tel cordon n'est guère supérieur à celui de quatre fiches plus deux mètres de fil blindé. Nous vous conseillons donc d'acheter l'un de ces cordons et de le couper en deux. Ceci résout le problème du soudage des fiches : opération souvent délicate.



## L'utilisation :

Notre réalisation s'intercale simplement entre le lecteur (cassette ou CD) et l'enregistreur. Nous ne vous conseillons pas, en revanche, de l'utiliser en sortie de table de mixage. Certaines régies délivrent un niveau ligne très élevé qui peut saturer notre montage, notamment le filtre basses. Il est préférable de préparer des "cassettes dub" avant diffusion qu'en direct.

Enfin notre Singer-Killer n'est pas pointilleux en ce qui concerne son alimentation. Il accepte une tension d'alimentation comprise entre 9 volts et 24 volts. Une pile convient parfaitement à ses besoins. Cependant, pour une utilisation intensive, il est possible d'utiliser un petit adaptateur secteur délivrant 12 volts sous au moins 300 milliampères. Notons que certains adaptateurs ne possèdent pas un filtrage interne suffisant.

Cette carence de filtrage se manifeste par l'apparition de ronflement sur notre montage. Il est cependant possible de remédier à ce problème en montant un condensateur de 2 200 microfarads 16 volts directement en parallèle sur l'alimentation.

# ABONNEMENT

## BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom : .....  
 Adresse : .....  
 Code postal : ..... Ville : .....  
 Jé désire m'abonner à partir du N° : ..... (N°1-2-3-11 épuisés)

### Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de **148 F**  
 + en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
- 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de **192 F**  
 Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :  
 chèque bancaire  mandat-lettre  carte bleue signature : \_\_\_\_\_
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration

## NOMENCLATURE

R1, R2, R5, R6, R9, R10,  
 R11, R12, R13, R14, R15,  
 R17, R19, R20, R21, R22,  
 R23 = 47kΩ (jaune, violet,  
 orange)

R3, R4, = 10kΩ (marron,  
 noir, orange)

R7, R8, R18, = 470kΩ  
 (jaune, violet, jaune)

R16 = 4,7kΩ (jaune, violet,

rouge)

C1, C2, C6, C8, C9,  
 C10, = 470nf

C3, C4, C5, = 4,7μF/16V

C7 = 10nf

Ic= LM 324

T1= 2N 3904 ou

équivalent

T2= 2N 3904 ou

équivalent

Plaquette d'essais

Un coupleur pour pile 9V

Quatre fiches RCA

# ABONNEMENT PARRAINAGE

Abonnés, parrainez vos relations à

Génération  
**ELECTRONIQUE**

En remerciement, vous recevrez le CD-ROM dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F) dès l'enregistrement du client parrainé

Bulletins à retourner à : Génération Electronique, Service Abonnements  
 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16

## BULLETIN DE PARRAINAGE

Nom du parrain : .....  
 Adresse : .....  
 Code postal : ..... Ville : .....  
 N° d'abonné à Génération Electronique : .....

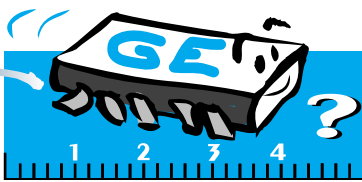
## BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom : .....  
 Adresse : .....  
 Code postal : ..... Ville : .....  
 Jé désire m'abonner à partir du N° : ..... (N°1-2-3-11 épuisés)

### Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de **148 F**  
 + en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
- 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de **192 F**  
 Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :  
 chèque bancaire  mandat-lettre  carte bleue signature : \_\_\_\_\_
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration





# COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?

Même si les amplificateurs opérationnels peuvent être employés dans une multitude d'applications ; un certain nombre de schémas de base, les "building blocks" des américains, reviennent toujours. Il est donc indispensable de les connaître, ainsi que les paramètres fondamentaux qui les régissent, car cela simplifie évidemment énormément la conception ou l'analyse des schémas plus complexes.

Cet "apprentissage" ne doit nullement vous effrayer car, comme nous allons le voir, il est à la portée de tous. Il ne repose en effet que sur un peu de bon sens, associé aux notions de base vues le mois dernier, et n'engendre que des calculs d'une grande simplicité.

## ■ L'amplificateur non inverseur

Le premier montage à amplificateur opérationnel, vu le mois dernier, a un gain négatif c'est à dire qu'il inverse le signal de sortie par rapport au signal d'entrée. Il s'appelle de ce fait amplificateur inverseur. Tout aussi répandu est celui que nous allons voir maintenant mais qui, lui, n'inverse pas et s'appelle donc du nom très original... d'amplificateur non inverseur (les électroniciens ont parfois beaucoup d'imagination !).

Contrairement à ce qui est fait pour le montage inverseur, la tension d'entrée est cette fois-ci appliquée sur l'entrée non inverseuse de l'amplificateur. Une fraction de la tension de sortie est quant à elle ramenée sur l'entrée inverseuse, comme vous pouvez le constater à l'examen de la **figure 1**. Le gain de ce montage est très facile à calculer en appli-

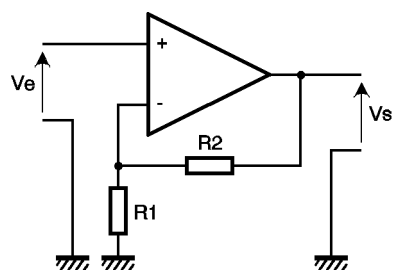


Fig 1 L'amplificateur non inverseur.

quant le raisonnement suivant : Comme le gain de l'amplificateur opérationnel supposé parfait est infini, la différence de potentiel entre les entrées + et - doit être voisine de zéro.

La **figure 1** nous permet de constater que la tension sur l'entrée + n'est autre que la tension d'entrée  $V_e$  alors que la tension sur l'entrée - est une fraction de la tension de sortie. Cette fraction dépend du diviseur à résistances  $R_2$  et  $R_1$  que vous maîtrisez aujourd'hui à la perfection suite à la lecture de notre précédent numéro. Nous avons donc les relations suivantes :

$$V_- = V_s \times R_1 / (R_1 + R_2) \text{ ou encore } V_s = V_- \times (1 + R_2/R_1)$$

et comme  $V_-$  est égal à  $V_+$  qui est lui même égal à  $V_e$  il vient :

$$V_s = V_e \times (1 + R_2/R_1)$$

Par rapport à l'expression du gain de l'amplificateur inverseur, qui était, rappelons le

$$V_s = -V_e \times R_2/R_1$$

nous constatons bien la disparition du signe moins confirmant le fait que notre amplificateur n'inverse pas.

## ■ Un amplificateur avec un gain de 1 ?

Examinons si vous le voulez bien la **figure 2** qui présente le schéma d'un montage très répandu appelé amplificateur suiveur. Il est évidemment difficile de faire plus simple puisque le seul composant utilisé est notre amplificateur opérationnel. Le gain de cet amplificateur, car c'en est un, peut être déterminé de deux façons différentes : par raisonnement, reposant sur les caractéristiques de l'amplificateur opération-

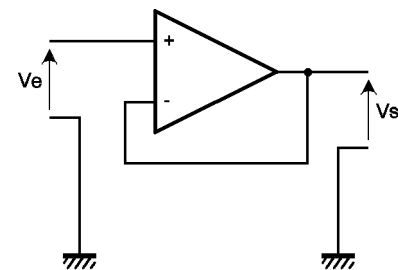


Fig 2 Un amplificateur avec un gain de un...

nel parfait, ou bien par le calcul, car ce montage n'est autre qu'un cas particulier de l'amplificateur non inverseur. Ne reculant devant aucun sacrifice, nous allons utiliser les deux méthodes !

Voyons tout d'abord l'utilisation de la relation démontrée pour l'amplificateur non inverseur. Le montage de la **figure 2** est bien un amplificateur non inverseur mais où  $R_1$  est une résistance infinie (circuit ouvert) et  $R_2$  une résistance nulle (court-circuit). La formule du gain devient donc :

$$V_s = V_e \times (1 + 0) \text{ ce qui donne } V_s = V_e.$$

Notre amplificateur suiveur, appelé plus brièvement suiveur, a donc un gain de un. D'aucun nous dirons qu'appeler "ça" un amplificateur est un peu osé mais nous verrons dans un instant que ce montage a



d'autres propriétés cachées... Voyons maintenant comment nous aurions pu arriver au même résultat par simple raisonnement et sans aucun calcul. Notre amplificateur opérationnel étant parfait, son gain est infini et la différence de potentiel entre ses deux entrées doit donc être quasi nulle. La tension sur l'entrée - doit être égale à celle sur l'entrée + et comme l'une vaut  $V_e$  et l'autre  $V_s$  nous avons donc bien :

$$V_s = V_e.$$

## ■ Notion d'impédance

Nous n'avons parlé jusqu'à maintenant que de gain en tension, caractérisé par le rapport tension de sortie sur tension d'entrée d'un amplificateur. Ce paramètre, même s'il est l'un des plus importants, n'est pas le seul et loin s'en faut pour définir les performances d'un amplificateur. Ce qui compte le plus c'est en réalité le gain en puissance c'est à dire le rapport de la puissance de sortie à la puissance d'entrée de l'amplificateur.

Comme vous le savez sans doute, surtout si vous avez déjà lu avec l'attention que nous vous connaissons la première série de votre GE préféré, la puissance est définie par :

$$P = V \times I$$

La puissance d'entrée appliquée à notre amplificateur est donc :

$$P_e = V_e \times I_e \text{ où } V_e \text{ est la tension d'entrée et } I_e \text{ le courant d'entrée}$$

alors que la puissance de sortie fournie par notre amplificateur est :

$$P_s = V_s \times I_s \text{ où } V_s \text{ est évidemment la}$$

tension de sortie et  $I_s$  le courant de sortie.

Le gain en puissance de l'amplificateur est donc tout simplement :

$$G_p = P_s / P_e = V_s \times I_s / V_e \times I_e \text{ ou encore}$$

$$G_p = A_v \times A_i \text{ où } A_v \text{ est le gain en tension et } A_i \text{ le gain en courant.}$$

Si le gain en tension ne vous pose plus aucun problème, il n'en est peut être pas de même pour le gain en courant. En pratique, ce gain est assez rarement exprimé et l'on préfère utiliser les notions d'impédances d'entrée et de sortie, ce qui, en fin de compte, revient au même comme nous allons le voir.

Examinons la **figure 3** qui met en évidence les impédances d'entrée et de sortie d'un amplificateur (ou de tout autre quadripôle d'ailleurs). Pour le moment nous assimilerons ces impédances à de simples résistances mais cela ne change rien à l'exposé qui va suivre. Ce schéma montre bien que l'impédance d'entrée définit en réalité le courant d'entrée de l'amplificateur puisque la simple application de la loi d'Ohm nous donne :

$$I_e = V_e / R_e$$

En d'autres termes, c'est elle qui consomme de la puissance sur l'élément connecté à l'entrée de l'amplificateur. C'est pour cela que, dans certains appareils de mesure tels que les voltmètres ou les oscilloscopes par exemple, on souhaite avoir une impédance d'entrée très élevée. On ne consomme ainsi quasiment aucune puissance sur la grandeur mesurée et, ne la perturbant pas, on réalise donc une mesure aussi exacte que possible.

L'impédance de sortie quant à elle est parfois un peu plus difficile

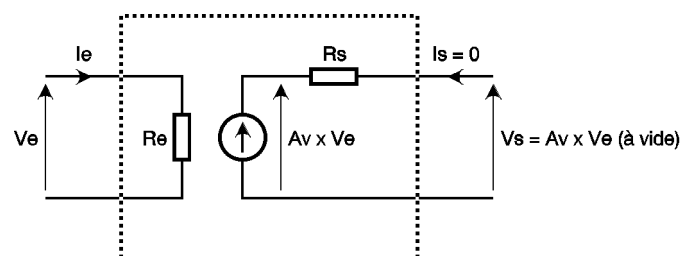


Fig 3

Impédance d'entrée et impédance de sortie en image.

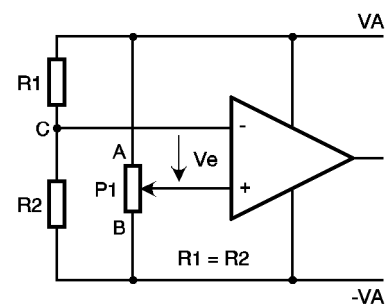
à appréhender que l'impédance d'entrée du fait de son mode de représentation. Comme le montre la **figure 4**, elle diminue en fait le gain en tension de l'amplificateur en formant avec la résistance de charge de ce dernier un diviseur de tension. Ainsi, l'amplificateur de la **figure 3** non chargé, c'est à dire sans rien de connecté à sa sortie, a un gain en tension égal à  $A_v$ . Si on le charge par une résistance  $R_c$ , comme cela est représenté **figure 4**, on constate que l'on réalise en fait un diviseur de tension en sortie de l'amplificateur.

Ce diviseur est composé des résistances  $R_s$  et  $R_c$  et diminue donc le gain réel de l'amplificateur d'un facteur égal à :

$R_c / (R_c + R_s)$  ce qui nous permet d'écrire :

$$A_{v\text{chargé}} = A_v \times R_c / (R_c + R_s)$$

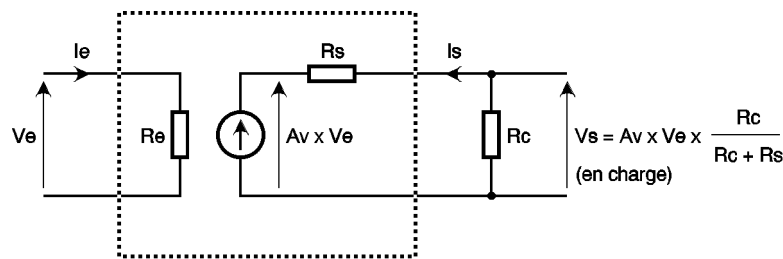
Ce gain diminue donc d'autant plus que  $R_s$  est forte, d'où l'intérêt d'avoir une impédance de sortie aussi faible que possible. Vous pourriez évidemment nous répondre qu'il suffit d'avoir une résistance de charge  $R_c$  la plus forte possible pour ne pas diminuer ce gain. Malheureusement, on ne maîtrise pas toujours cette résistance  $R_c$  qui est bien souvent l'élément dans lequel on souhaite "récupérer" la puissance fournie justement par l'amplificateur. Ainsi, dans une chaîne haute-fidélité,  $R_c$  n'est autre que l'impédance des haut-parleurs qui est de 4 ou 8  $\Omega$  et sur laquelle nous n'avons aucun moyen d'action. Il ne nous reste donc plus qu'à minimiser  $R_s$ ... Revenons à nos montages à amplificateurs opérationnels afin d'évaluer pour l'instant leurs impédances d'entrée.



**Fig 5** L'amplificateur opérationnel en boucle ouverte.

En examinant la **figure 7** de notre précédent numéro on constate que le courant d'entrée de l'amplificateur inverseur est donné par la relation  $i_e = V_e / R_1$ . L'impédance d'entrée de ce montage est donc tout simplement égale à  $R_1$ . Cela permet de la définir très facilement mais, toute médaille ayant son revers, cela pose des problèmes lorsque l'on souhaite bénéficier d'une impédance d'entrée élevée. Voici pourquoi grâce à un exemple chiffré. Supposons que ayons besoin d'un amplificateur d'impédance d'entrée égale à 1 M $\Omega$ , ce qui est loin d'être une valeur extraordinaire de nos jours, et dont le gain en tension soit égal à 100.  $R_1$  doit donc être égale à 1 M $\Omega$  puisque c'est elle et elle seule qui définit l'impédance d'entrée. Par ailleurs, la relation permettant de calculer le gain de notre amplificateur nous donne pour  $R_2$  une valeur égale à 100 x  $R_1$

soit... 100 M $\Omega$ . Une telle valeur de résistance n'existe pas et, même s'il vous venait à l'idée de la réaliser en mettant en série dix résistances de 10 M $\Omega$ , cela ne servirait à rien. En effet, un simple support de circuit intégré ou bien un morceau de cir-

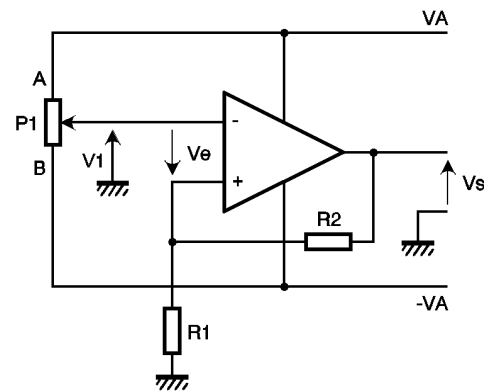


**Fig 4** Les effets néfastes de l'impédance de sortie mis en évidence.

cuit imprimé un peu humide a une résistance bien inférieure à cette valeur. Le gain de votre amplificateur serait donc plus défini par l'hygrométrie ambiante que par la valeur des résistances qui lui seraient associées. Dans une telle situation, l'amplificateur non inverseur est nettement plus intéressant. Si l'on examine son schéma, on constate en effet que le courant absorbé par l'entrée du montage n'est que le courant d'entrée de l'amplificateur opérationnel. Il se chiffre en centaine de nA pour les plus vieux amplificateurs bipolaires tel que le classique 741 par exemple pour descendre à une centaine de pA et même moins pour les modèles à effet de champ tel que le classique TL081 par exemple. L'impédance d'entrée de l'amplificateur non

inverseur est donc nettement plus élevée que l'amplitude du signal qu'il transmet mais, comme c'est un amplificateur non inverseur, il présente une impédance d'entrée très élevée. On l'utilise donc toutes les fois où il est nécessaire de bénéficier d'une forte impédance d'entrée sans modifier

égale à  $V_A$  puisque la tension au point C est nulle du fait de l'égalité de  $R_1$  et  $R_2$ . La tension de sortie  $V_s$



**Fig 7** Du montage en boucle ouverte au trigger de Schmitt.

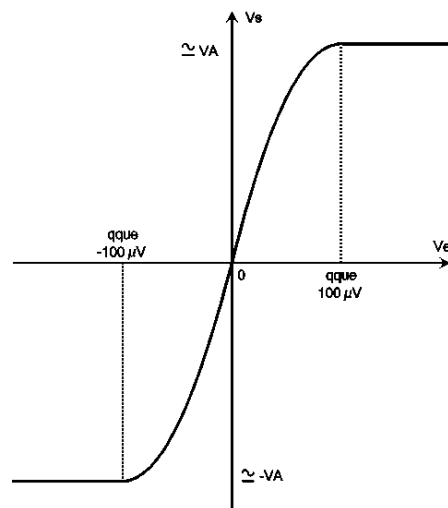
est donc :  $V_s = A_v \times V_e$  c'est à dire  $A_v \times V_A$  avec  $A_v$  égal au gain en tension de l'ampli, c'est à dire égal à au moins 100 000!

Cette relation ne peut à l'évidence pas être vérifiée puisque notre amplificateur ne peut fournir en sortie une tension supérieure à sa tension d'alimentation. L'amplificateur va cependant "essayer" de la satisfaire et sa tension de sortie va donc prendre la valeur maximum possible, qui est proche de sa tension d'alimentation positive  $V_A$  à quelques centaines de millivolts près. Un raisonnement identique s'applique lorsque l'on positionne le curseur de P1 en B puisque, dans ce cas, la tension d'entrée  $V_e$  va être égale à  $-V_A$ . Dans ces conditions, la

l'amplitude d'un signal; par exemple, comme nous aurons l'occasion de le voir dans la suite de cette série, lorsque l'on doit exploiter des informations issues d'un capteur qui présente une forte impédance de sortie.

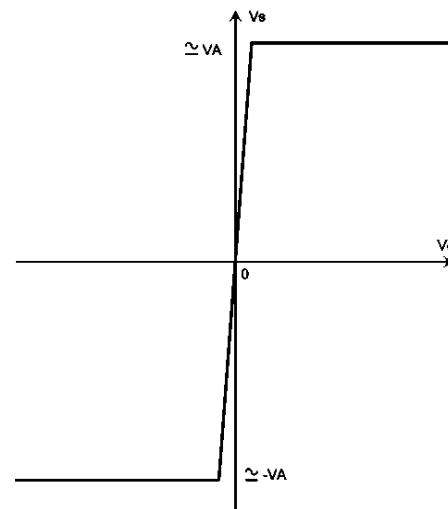
## ■ Où il est question de boucle

Jusqu'à présent, nous avons exploité le fait que le gain en tension des amplificateurs opérationnels soit très important pour le "domestiquer" en quelque sorte de façon à le réduire et à le contrôler parfaitement. Nous avons donc réalisé des amplificateurs linéaires, c'est à dire



**Fig 6** Comportement du montage de la figure 5 en fonction de la tension d'entrée

inverseur est donc extrêmement importante, quel que soit son gain en tension. Par exemple, si l'on réalise un tel amplificateur avec un banal TL081, très répandu et fort peu coûteux de surcroît (de l'ordre de 5 francs pièce seulement), et si on lui applique une tension d'entrée de 0,5V on obtient une impédance d'entrée de :  $R_e = 0,5 / 0,000\ 000\ 000\ 03$  soit en arrondissant 17 000 M $\Omega$  ou 17 G $\Omega$  ! Ceci étant vu, revenons à nos moutons ou plutôt à notre suiveur puisque ce n'est pas de sa faute que nous avons été contraints d'aborder ces notions d'impédance. Comme son gain est unitaire, il ne modifie



Comportement du montage de la figure 7.

**Fig 8**

des montages dans lesquels le signal de sortie est identique au signal d'entrée à un coefficient multiplicateur d'amplitude près. Il est possible de faire tout autre chose avec les amplificateurs opérationnels, toujours en exploitant le fait que leur gain en tension soit très grand, mais cette fois-ci en ne le limitant pas. On réalise alors des comparateurs et des triggers de Schmitt, tout aussi utiles et importants que les amplificateurs. Examinons la **figure 5** qui n'est autre qu'un comparateur de tension et voyons comment il fonctionne. Lorsque le curseur du potentiomètre P1 se trouve côté A, la tension  $V_e$  est fortement positive et pratiquement

tension de sortie du montage va devenir elle aussi égale à  $-V_A$  à quelques centaines de millivolts près. Cette centaine de millivolts d'erreur est due tout simplement à l'étage de sortie de l'amplificateur opérationnel qui, même s'il est de qualité, ne peut délivrer une tension égale aux tensions d'alimentation. Nous verrons pourquoi lorsque nous étudierons les transistors et les notions de tension de saturation. Le comportement du montage devient plus intéressant à examiner lorsque l'on déplace le curseur de P1 de B vers A. Tant que la tension  $V_e$  reste inférieure à quelques centaines de  $\mu V$ , la tension de sortie de l'amplificateur reste égale à  $-V_A$ . En

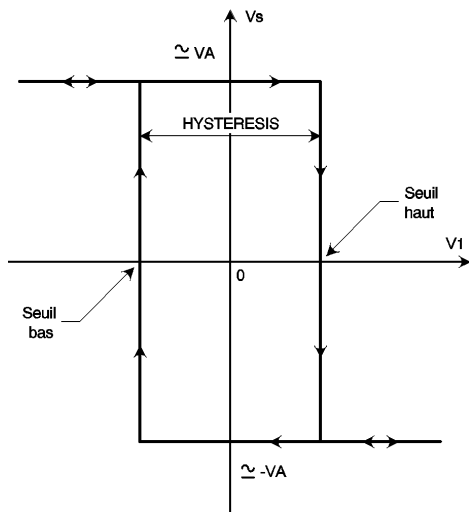
effet, même si  $V_e$  est égale par exemple à  $-500 \mu\text{V}$ ; avec un gain en tension de 100 000, cela nous donne une tension de sortie théorique de  $-50\text{V}$ !

Lorsque  $V_e$  va devenir très voisine de zéro, la tension de sortie de l'amplificateur va diminuer très rapidement pour devenir ensuite très rapidement égale à  $VA$  lorsque  $V_e$  va à nouveau devenir supérieure à une centaine de  $\mu\text{V}$ . C'est ce que nous avons représenté en **figure 6**.

Le montage que nous venons de réaliser, et qu'il est déconseillé d'utiliser sous cette forme brute car il présente quelques problèmes de stabilité, est ce que l'on appelle un montage en "boucle ouverte". Cette appellation vient du fait que, contrairement aux montages amplificateurs vus précédemment où une fraction de la sortie était ramenée sur l'entrée, formant ainsi une boucle, rien de semblable n'existe ici; la sortie n'a aucune action sur l'entrée.

## ■ L'indispensable trigger de "Monsieur Schmitt"

Dans de nombreuses applications électroniques, il faut transformer une variation lente de tension en une variation brusque. Ainsi par



**Fig 9** Cycle d'hystérésis du montage de la figure 7.

exemple, un éclairage automatique nocturne doit transformer la lente décroissance de la luminosité du soleil, et donc la lente décroissance de tension d'une cellule photoélectrique, en une variation brusque destinée à faire coller le relais qui commande l'allumage de l'éclairage. Une telle conversion est assurée par un montage qui a pour nom trigger de Schmitt.

Un trigger de Schmitt peut être réalisé avec des transistors mais la définition et le réglage de ses seuils de changement d'état sont alors assez délicats et/ou peu précis. Avec un amplificateur opérationnel au contraire, cela devient un jeu d'enfant...

Examinons pour cela le montage de la **figure 7**, que nous vous demandons de bien regarder afin de ne pas

le confondre avec l'amplificateur non inverseur. On y retrouve en effet notre pont diviseur  $R1 - R2$  mais il ramène cette fois la tension de sortie sur l'entrée + de l'amplificateur opérationnel et non sur son entrée -; et ce "détail" change tout! Si nous mettons le curseur de  $P1$  côté  $B$ , la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel va être égale à  $VA$ . En effet, son entrée + se trouve à un faible potentiel positif en raison de la présence du diviseur réalisé par  $R2$  et  $R1$  et la tension  $V_e$  est donc fortement positive puisqu'elle est égale à :

$$V_e = VA \times R1 / (R1 + R2) - (-VA)$$

Si l'on amène le curseur de  $P1$  de  $B$  vers  $A$ , nous allons évidemment passer par un point tel que  $V_e$  devienne proche de zéro comme c'était le cas dans le montage en boucle ouverte de la **figure 5**. De ce fait, la tension de sortie de l'amplificateur va diminuer mais, en diminuant, elle va également faire baisser la tension ramenée par  $R2$  et  $R1$  sur l'entrée +, ce qui va encore faire diminuer  $V_e$ , ce qui va faire encore plus diminuer la tension de sortie, et ainsi de suite.

On arrive ainsi à un effet cumulatif qui fait que l'incertitude qui existait dans le cas de la **figure 5** au voisinage de  $V_e = 0$  a disparu. La sortie de notre ampli passe donc brutalement de  $VA$  à  $-VA$  lorsque  $V_e$  passe par zéro comme cela est clairement indiqué **figure 8**.

Les résistances de réaction  $R2$  et  $R1$  nous ont donc permis de transformer notre amplificateur opérationnel en boucle ouverte en un véritable trigger de Schmitt dont nous allons sans plus tarder calculer les seuils de changement d'état. Une fois encore nous allons utiliser pour faire ce calcul une notion mathématique fondamentale en électronique... le bon sens.

Si l'on part d'une tension  $V1$  minimale, la sortie de notre amplificateur est égale à la tension d'alimentation  $VA$  et la tension ramenée sur son entrée + est donc égale à :

$$V_+ = VA \times R1 / (R1 + R2)$$

Lorsque  $V1$  augmente, le changement d'état a lieu lorsque  $V_e$  devient voisine de zéro c'est à dire encore lorsque  $V1$  est quasiment égale à  $V_+$ . Le seuil de changement d'état haut de notre trigger de Schmitt est donc :

$$V_h = VA \times R1 / (R1 + R2)$$

Le même raisonnement s'applique bien évidemment pour l'autre sens de variation de  $V1$  et on détermine de la même façon le seuil de changement d'état bas qui n'est autre que :

$$V_b = -VA \times R1 / (R1 + R2)$$

Le dernier paramètre fondamental d'un trigger de Schmitt est ce que l'on appelle son hystérésis qui n'est autre que la différence entre son seuil bas et son seuil haut. Cette notion d'hystérésis, qui n'est pas toujours bien comprise, est fondamentale dans tous les dispositifs électroniques à seuil. En voici un exemple concret. Considérons un banal thermostat, peu importe qu'il soit électronique ou électromécanique. C'est un parfait exemple du trigger de Schmitt. Lorsque la température baisse il ferme un contact

# ABONNEMENT PARRAINAGE

Abonnés, parrainez vos relations à

Génération  
**ELECTRONIQUE**

En remerciement, vous recevrez le CD-ROM dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F) dès l'enregistrement du client parrainé

Bulletins à retourner à : Génération Electronique, Service Abonnements  
2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16

## BULLETIN DE PARRAINAGE

Nom du parrain : .....  
Adresse : .....  
Code postal : ..... Ville : .....  
N° d'abonné à Génération Electronique : .....

## BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom : .....  
Adresse : .....  
Code postal : ..... Ville : .....  
Jé désire m'abonner à partir du N° : ..... (N°1-2-3-11 épuisés)

### Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de 148 F  
+ en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
- 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de 192 F  
Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :
- chèque bancaire     mandat-lettre     carte bleue    signature : \_\_\_\_\_
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration

(ou l'inverse dans un réfrigérateur mais peu importe) et lorsqu'elle monte il l'ouvre, mais pas au même seuil. Il a en effet une hystérésis de un ou deux °C. S'il n'en avait pas, notre thermostat passerait son temps à se fermer et à s'ouvrir dès qu'il aurait atteint ce qui serait alors son unique seuil de basculement. Il se transformerait donc en oscillateur, au grand dam du radiateur ou de la chaudière qu'il serait censé commander!

Pour revenir à notre montage à amplificateur opérationnel, la valeur de l'hystérésis se déduit très simplement de la valeur des seuils ce qui nous donne :

$$H = V_h - V_b = 2 \times VA \times R1 / (R1 + R2)$$

Le diagramme de notre trigger de Schmitt à amplificateur opérationnel est donc conforme à celui visible **figure 9**. Il est suffisant pour de nombreuses applications et c'est d'ailleurs celui que nous utiliserons dans notre premier schéma d'application. Nous verrons ensuite qu'il est nécessaire, dans certains cas, de lui apporter diverses améliorations avec, notamment, une stabilisation de ses seuils de basculement ainsi qu'une possibilité de les ajuster précisément.

## Nous ne radotons pas !

Certains d'entre-vous auront peut-être remarqué des similitudes entre les deux premiers articles de cette rubrique et ceux de même nom de l'ancienne série de GE. Si tel est le cas, nous vous félicitons pour votre fidélité et pour l'attention avec laquelle vous lisez votre revue préférée. Croyez bien qu'il n'est pas dans nos intentions de vous servir un nouveau GE à la sauce de l'ancien et vous pourrez d'ailleurs le constater dès le prochain numéro puisque les exemples de schémas que nous décortiquerons seront entièrement nouveaux.

Ceci étant, il est bien évident que la loi d'Ohm, les associations de résistances en série ou en parallèle ou bien encore les schémas fondamentaux des amplificateurs opérationnels restent immuables et que, quelle que soit la façon dont on les présente, il est inévitable de retrouver de temps en temps les mêmes termes et/ou les mêmes figures.

Ceux qui connaissent déjà ces notions le déplorent mais ceux qui ne les connaissent pas encore apprécient qu'on ne les oublie pas et qu'on les mette ainsi au niveau de leurs "ainés" afin de pouvoir suivre avec un maximum de profit la suite de cette série. Alors si, de temps en temps, vous constatez quelques unes de ces inévitables similitudes, soyez indulgents et ne nous en veuillez pas; nous cherchons toujours à faire au mieux pour satisfaire la grande famille de nos lecteurs, anciens et nouveaux.

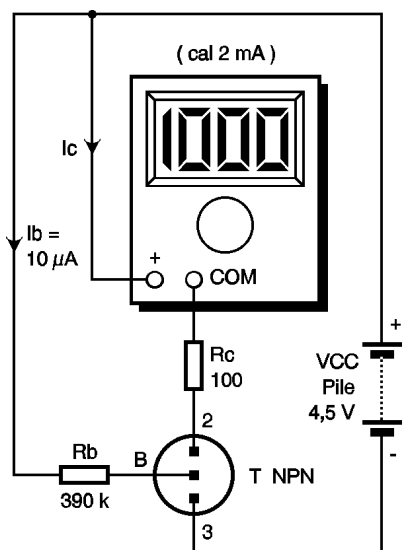
## ■ Le mois prochain

Nous entrerons dans le concret dès le mois prochain en vous proposant de mettre en pratique tout ce que nous avons vu jusqu'à présent. Pour cela nous commencerons par réaliser l'éclairage automatique évoqué lors de la présentation du trigger de Schmitt.

Comme vous avez pu le constater au cours de notre précédent exposé concernant les transistors bipolaires, la méthode de détermination des électrodes d'un transistor à partir d'un testeur de jonction ne permet de connaître, avec certitude, que la connexion de BASE. Les tests préconisés, ne permettent pas de distinguer l'émetteur du collecteur. Si le type de boîtier autorise le doute quant à la position de ces deux électrodes, un test complémentaire mettant en jeu un transistormètre, fonction offerte par quelques multimètres, s'avère indispensable.

## I) REPERAGE DE L'EMETTEUR ET DU COLLECTEUR.

Qu'on dispose ou non d'un transistormètre, le repérage de l'émetteur et du collecteur nécessite une hypothèse de départ quant au rôle des 2 électrodes non encore repérées. C'est le résultat du test " mesure du b " qui permet de savoir si l'hypothèse de départ était correcte ou non. Quand on ne dispose pas d'un transistormètre, on peut repérer les 2 électrodes à l'aide du montage de



L'indicateur du microampèremètre vaut 10 β. Si  $I_c > 300 \mu A$ , l'électrode 2 est le collecteur et 3 l'émetteur. Si  $I_c < 20 \mu A$  intervertir 2 et 3.

Fig 1 Repérage de électrodes

la figure 1 que l'on peut réaliser, par exemple, sur plaque de connexions. Avec ce montage, le milliampèremètre inséré dans le collecteur du transistor donne 10 fois la valeur du B lorsque le courant collecteur est exprimé en micro ampères. En effet, avec le montage proposé pour un transistor NPN, on impose un courant base  $I_b$  valant  $(V_{cc} - V_{be})/R_b$  très proche de  $10 \mu A$  puisque  $R_b = 390 K\Omega$ ,  $V_{cc} = 4,5V$  et que pour un transistor au silicium,  $V_{be}$  est proche de  $0,6V$ . Comme l'amplification  $b$  est par définition égale au rapport  $I_c/I_b$ , sur le calibre  $2 mA = 2000 \mu A$ , en divisant la valeur du courant collecteur " $I_c$ " (exprimé en  $\mu A$ ) par 10 on obtient effectivement le B recherché. Si la valeur de  $I_c$  est de  $1,68 mA$  (soit  $1680 \mu A$ ) cela donne  $B = 168$ . La résistance darlington (associations de 2 transistors en cascade

dont le  $b$  global peut dépasser 1000) peuvent prétendre avoir des  $b$  dépassant plusieurs centaines. Dans de telles circonstances, il peut être intéressant de vérifier que le courant collecteur diminue quand on diminue le courant base, tout simplement en augmentant la valeur de la résistance  $R_b$  que l'on peut par exemple prendre égale à  $820 K\Omega$  ( $\sim 2 \times 390 K\Omega$ ), ce qui devrait théoriquement réduire le courant collecteur de moitié puisque le courant base l'est lui aussi. Si l'on n'obtient pas ce cas de figure, il y a de fortes chances que le transistor soit défectueux et il vaut mieux là encore s'en débarrasser et en tester un autre aux caractéristiques " normales ".

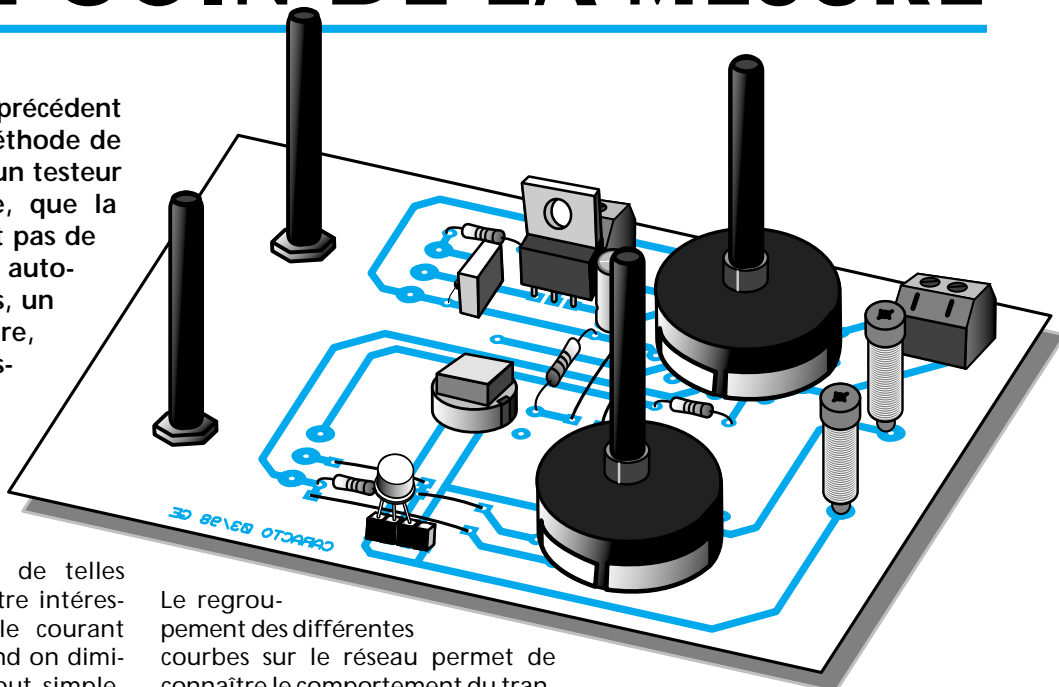
La fonction transistormètre des multimètres numériques ne possède d'ant qu'un seul calibre, toute indication " 1. " " peut correspondre soit à un transistor dont le B est élevé, soit à un court circuit entre émetteur et collecteur comme nous l'avons déjà expliqué. Pour en savoir plus, il faut en passer par notre montage et suivre les conseils qui s'y rapportent, ou encore relever les caractéristiques complètes du transistor en suivant la démarche que nous allons décrire, maintenant.

## II) LE RESEAU DE CARACTERISTIQUES.

### A) Présentation.

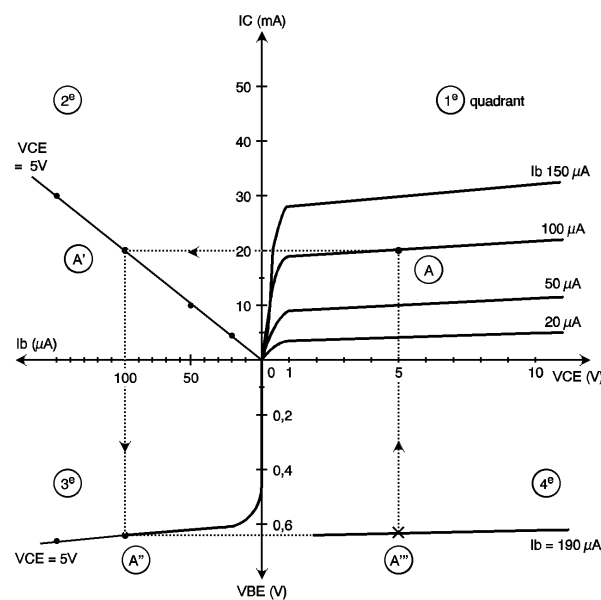
Le fonctionnement de tout transistor bipolaire est parfaitement défini par son réseau de caractéristiques constitué par le regroupement, dans un même repère à quatre quadrants, des courbes  $I_c = f(V_{ce})$  tracées pour des courants base ( $I_b$ ) constants,  $I_c = f(I_b)$  et  $V_{be} = f(I_b)$  et tracées pour une tension collecteur émetteur ( $V_{ce}$ ) constante et le cas échéant de  $V_{be} = f(V_{ce})$  tracées pour

$I_b$  constant. Le réseau de la figure 2 correspond à transistor NPN de moyenne puissance de type 2N2222A. Le nom des variables est porté sur chaque axe, et quand une grandeur (courant  $I_b$  ou tension  $V_{ce}$ ) est prise comme paramètre, celle-ci est indiquée à côté ou sur la courbe relevée.



Le regroupement des différentes courbes sur le réseau permet de connaître le comportement du transistor en un clin d'œil. Ainsi, si l'on décide de faire fonctionner le transistor avec un courant de collecteur  $I_c = 10 mA$  sous une tension  $V_{ce} = 5V$ ,

du quatrième paramètre important qui définit le point de fonctionnement du transistor, c'est à dire la valeur de la tension base émetteur

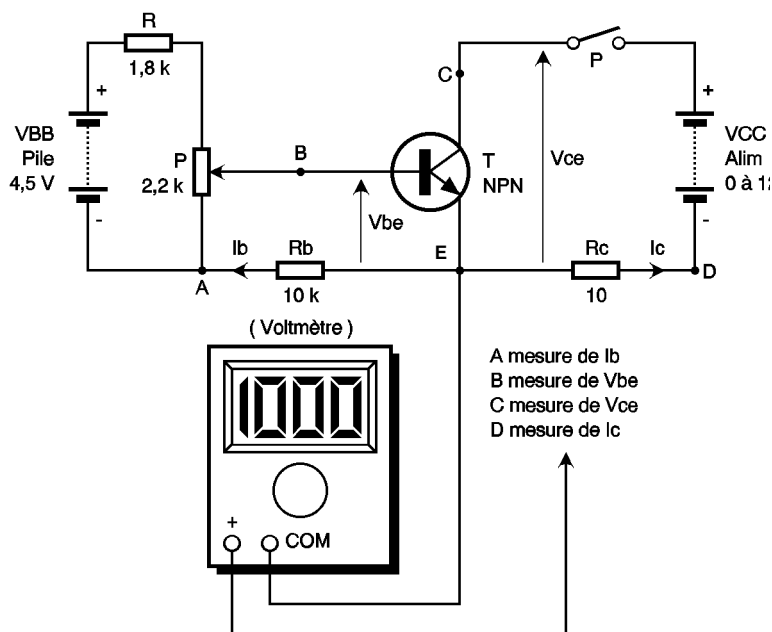


Réseau de caractéristiques

Fig 2

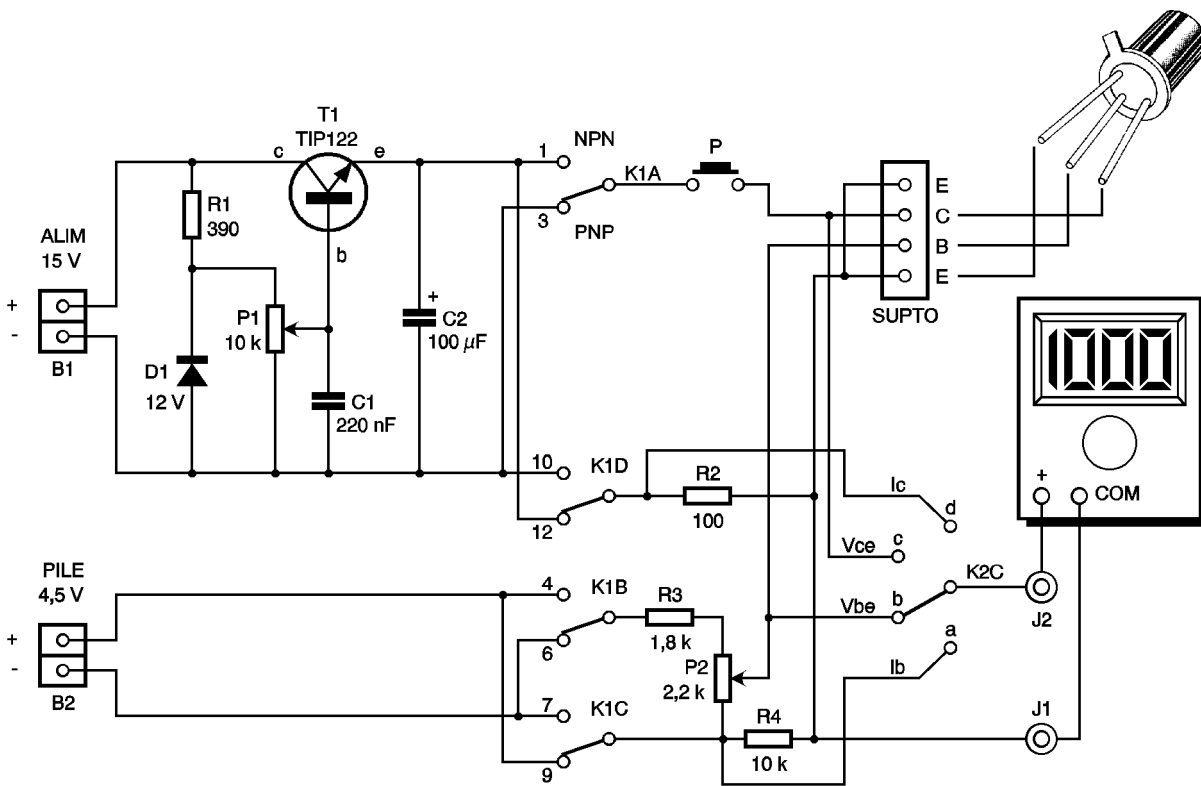
et un courant base de  $I_b = 50 \mu A$  ce qui correspond au point A du premier quadrant, en reportant ces informations dans les 2° et 3° quadrant (point A' et A'' respectivement) on peut en déduire la valeur

$V_{be}$ . Comme nous l'avons indiqué sur le réseau de la figure 2, le passage de A vers A' ou A'' s'effectue tout simplement à l'aide de lignes horizontales ou verticales ce qui montre l'intérêt de cette forme de



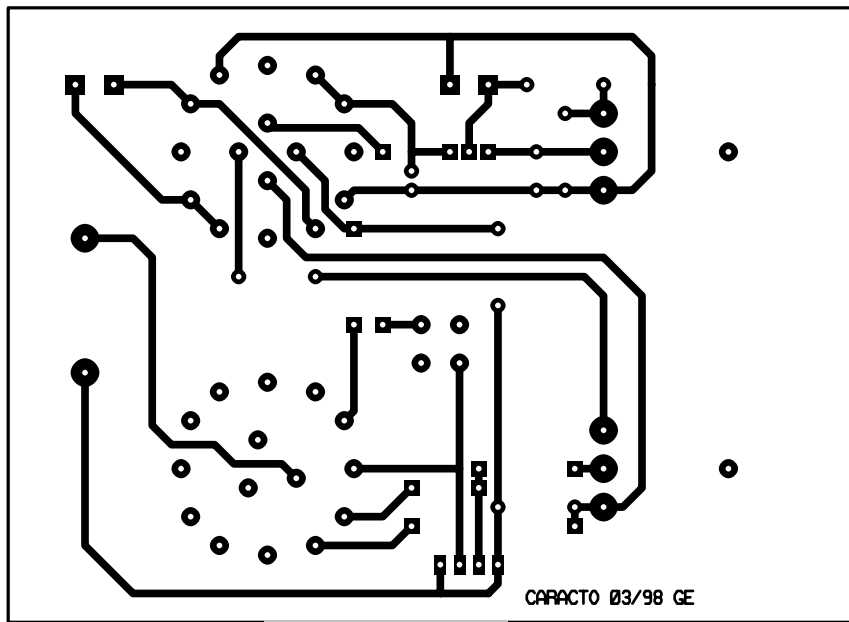
Inverser la polarité des alimentations pour un PNP

Fig 3



Montage permettant de relever les caractéristiques d'un transistor bipolaire

Fig 4



Tracé du circuit imprimé

Impression

Fig 5

présentation.

L'utilisation d'un tel réseau ne se limite pas à la simple détermination du point de fonctionnement comme nous le verrons prochainement, mais, comme nos amis lecteurs sont certainement impatients de relever eux-mêmes les caractéristiques de leurs transistors, voyons comment procéder pratiquement pour y parvenir.

### ■ B) Montages permettant le relevé

Pour effectuer ces relevés qui nécessitent une certaine mise en œuvre matérielle et un minimum de temps, nous proposons au lecteur un montage fort simple, qui permet d'effectuer ce travail rapidement avec un seul appareil de mesure (un multimètre utilisé en voltmètre), auquel il faut bien sûr ajouter l'environnement nécessaire à la polarisation du transistor : une alimentation variable de 0 à environ 10V pouvant délivrer une centaine de milliampères, une pile de 4,5V (ou une autre alimentation régulée), quelques résistances et un potentiomètre, comme le montre la figure 3. Avec

ce montage, la borne de référence (COM) du multimètre ne quitte pas le point E relié à l'émetteur du transistor. Pour mesurer  $I_b$  la seconde borne du multimètre est déplacée

en A La valeur de  $I_b$  est déduite de la chute de tension dans  $R_b$  ( $R_b I_b$ ) qui, en tenant compte de la valeur de  $R_b=10k\Omega$ , donne 10mV pour  $1\mu A$ . La mesure de  $V_{be}$  comme celle de  $V_{ce}$  est directe en déplaçant la seconde borne du multimètre respectivement en B et C. Pour le courant collecteur on se sert de la chute de tension dans  $R_c=100\Omega$  ce qui donne 100mV pour 1mA.

On pourrait objecter qu'en prenant une valeur plus faible pour  $R_c$ , comme par exemple  $10\Omega$ , cela aurait permis de travailler avec une tension  $V_{ce}$  quasi constante tout en donnant un coefficient de 10mV/mA comparable au 10mV/ $\mu A$  du courant base donc plus facilement mémorable. Ceci est vrai et nous devons admettre que c'est ce que nous avons fait à l'origine. Comme cette solution réduit d'autant la précision des mesures, pour les courants de collecteur de quelques milliampères et impose des changements de calibres du multimètre qui alourdissent le mode opératoire nous avons

préférée adopter la solution proposée.

Le schéma de la figure 3 est la version simplifiée (mais plus compréhensible) du montage pratique que nous fournissons à la figure 4. Cette version " pratique " évite le déplacement des 2 bornes du multimètre en remplaçant cette manipulation par la commande du commutateur K2. Le montage est par ailleurs doté d'un élément de réglage qui convertit une alimentation fixe de 15V en une alimentation ajustable de 0 à environ 10V par le potentiomètre P1. Dans ce montage, le transistor T1 est utilisé en ballast, et on récupère sur son émetteur une tension égale à celle de sa base, déduction faite de la chute de tension base-émetteur de T1 qui vaut ici 1,2V puisque T1 est un transistor darlington. Comme le potentiel de base dépend de la position du curseur de P1 auquel est appliquée la tension de 12V de la zéner D1, on comprend aisément que la tension dont on dispose finalement soit ajustable de 0 à un peu plus de 10V. C'est cette tension qui joue le rôle de la tension  $V_{cc}$  du montage de la figure 3.

Le commutateur K1 à 3 positions permet d'appliquer les bonnes polarités au transistor testé, en fonction de son type NPN ou PNP. La position centrale de K1 correspondant au repos, on utilise celle-ci comme interrupteur général pendant l'insertion d'un nouveau transistor à tester. Pour les autres composants, la correspondance entre les figures 3 et 4 est très simple :  $R_2=R_b$ ,  $R_3=R_c$ ,  $R_4=R_c$ , et P2 remplace le potentiomètre P de la figure 3 qui agit sur le courant de base.

Pour les fortes valeurs de  $I_b$  (donc de  $I_c$ ) l'échauffement du transistor provoque généralement une dérive des valeurs relevées qui se manifeste par une évolution de l'indication du multimètre au cours du temps (courant collecteur  $I_c$  qui augmente). Pour éviter ce phénomène, il ne faut appliquer la tension  $V_{cc}$  qu'au moment des réglages et des mesures. Le poussoir P (modèle à contact normalement ouvert) assure

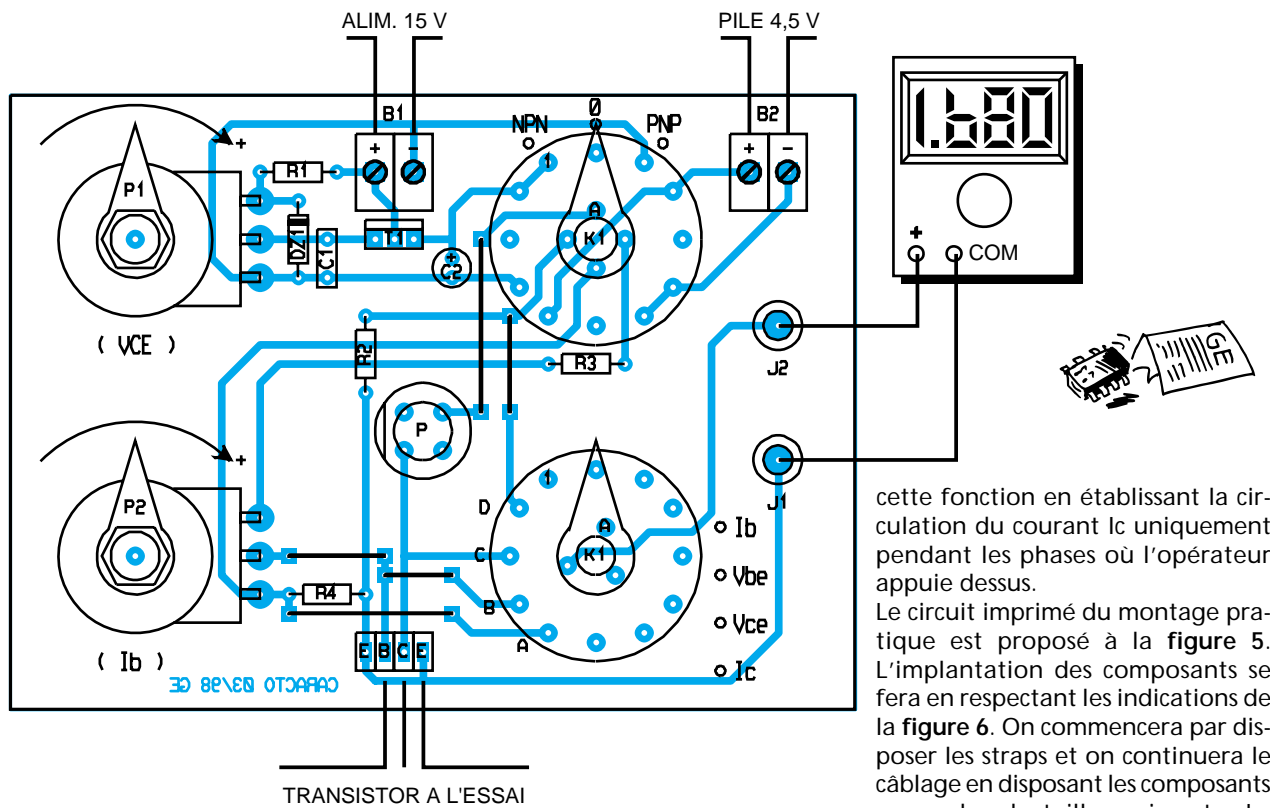


Fig 6

Implantation des éléments

cette fonction en établissant la circulation du courant  $I_c$  uniquement pendant les phases où l'opérateur appuie dessus.

Le circuit imprimé du montage pratique est proposé à la figure 5. L'implantation des composants se fera en respectant les indications de la figure 6. On commencera par disposer les straps et on continuera le câblage en disposant les composants par ordre de taille croissante. Le

corps des potentiomètres est situé côté face cuivrée, alors que les commutateurs sont placés côté "composant". Un morceau de barrette tulipe sécable est utilisé comme support pour les transistors à tester. Les transistors en boîtier TO220 ou TO3 ne pouvant prendre place dans ce type de support, on peut envisager de munir chaque extrémité B, C, E d'un fil isolé terminé par une pince crocodile (elle aussi isolée) pour établir des liaisons avec de tels transistors. On aura tout intérêt à utiliser des couleurs différentes pour ces éléments de liaison afin de ne pas faire d'erreur de connexion.

#### ■ C)Utilisation

Une fois le montage terminé et vérifié, on peut l'utiliser pour relever les caractéristiques de transistors de petite et moyenne puissance. Il suffit pour cela d'appliquer la tension de 15V au bornier B1 et celle issue d'une pile ou d'une alimentation continue de 4,5V, n'ayant pas de masse commune avec la précédente, au bornier B2 en respectant les polarités indiquées sur la figure 6.

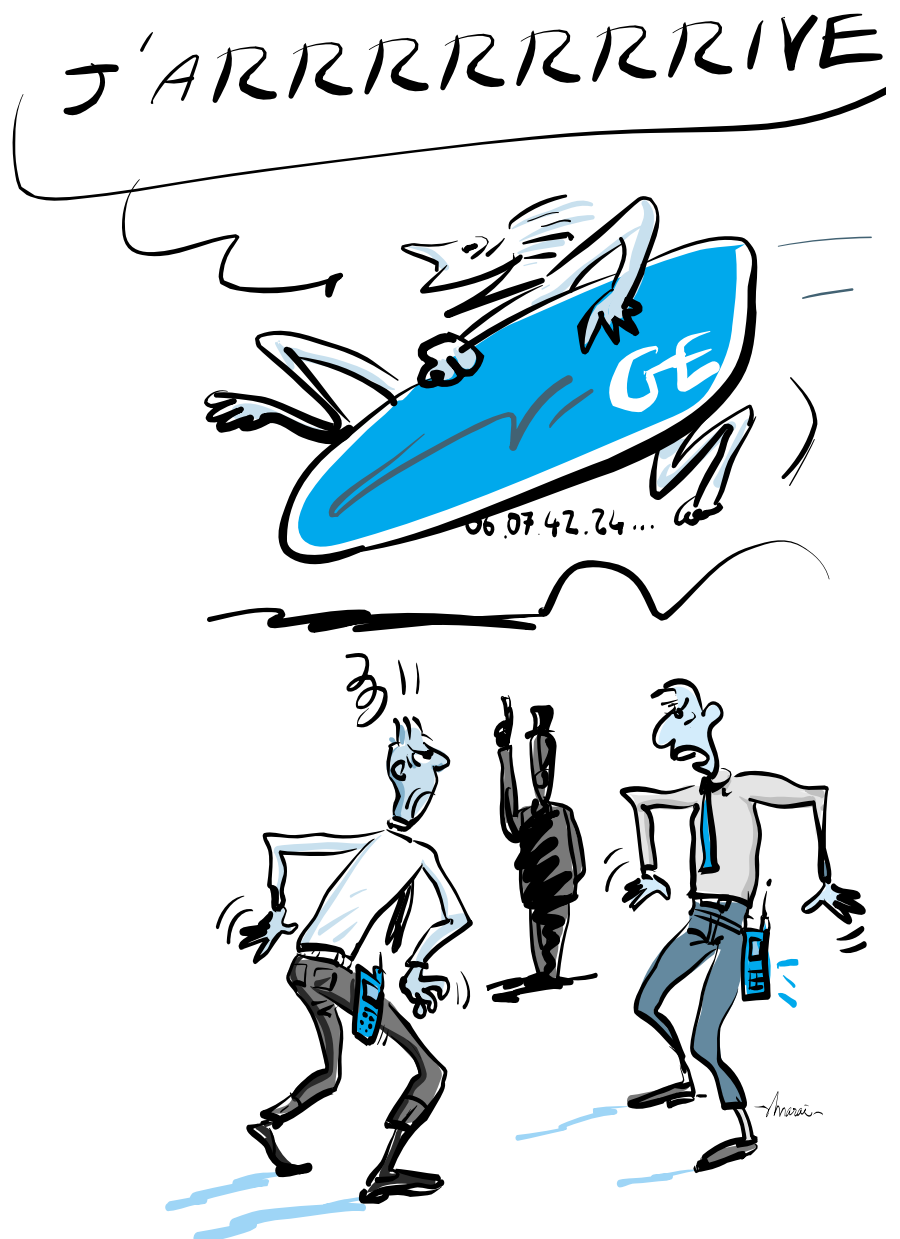
La première chose à faire avant d'insérer le transistor consiste à basculer K1 en position, le choix du type de transistor ne s'effectuant que lorsque celui-ci est en place. Le multimètre est ensuite connecté aux bornes J1 et J2. On peut alors procéder aux réglages de Vce et Ib en agissant respectivement sur les potentiomètres P1 et P2. On se rappellera qu'il faut appuyer sur le

poussoir P pour pouvoir régler et mesurer sans erreur tant Ic ou Vce que Ib. Il faudra par ailleurs veiller à ne pas faire d'erreur de conversion pour les courants Ib (10mV/μA) et Ic (100mV/mA).

Dans notre prochain article, nous verrons comment exploiter les réseaux de caractéristiques relevés.

#### ■ NOMENCLATURE

R1 390Ω (orange blanc marron)  
 R2 10Ω (marron noir noir)  
 R3 1,8kΩ (marron gris rouge)  
 R4 10kΩ marron noir orange  
 P1 10kΩ potentiomètre linéaire  
 P2 2,2kΩ potentiomètre linéaire  
 C1 220nF 63V milfeuillet  
 C2 100μF 25V chimique radial  
 D1 zéner 12V 0,5W  
 T1 TIP 122 darlington NPN  
 K1 commutateur 4 circuits 3 position pour C1 (Lorlin)  
 K2 commutateur 3 circuits 4 positions pour C1 (Lorlin)  
 P poussoir contact NO  
 J1, J2 bornes femelles pour châssis 2mm.  
 SUPTO 4 plots de barrette tulipe femelle sécable  
 B1, B2 bornier à souder sur C1 2plots



**D**éjà de nombreux collègues naviguent sur INTERNET, pourquoi pas vous ? D'autant plus que de nombreuses informations sont accessibles et vont vous permettre d'enrichir votre pédagogie ou encore d'élargir votre champ de connaissances dans le domaine de la technologie. Alors n'hésitez plus et venez rejoindre les sites de Technologie en vous connectant; nous vous avons sélectionné les meilleures adresses !

Retrouvez toutes ces informations utiles sur les sites Internet suivants :

[members.aol.com/assetec/default.htm](http://members.aol.com/assetec/default.htm)

Site de l'association ASSETEC. Un des sites les plus intéressants : infos, adresses, téléchargement de fichiers, moteurs de recherches, etc.

L'ASSETEC (Association pour l'enseignement de la technologie) composée de passionnés de technologie a été créée récemment et a pour objectifs de :

- construire une image valorisante de la technologie,
- développer des partenariats et favoriser les échanges entre les parties concernées,
- développer l'enseignement des nouvelles technologies,
- offrir des informations et des services aux enseignants.

Le site de l'ASSETEC établit des liens avec d'autres sites dont nous vous avons sélectionnés les plus intéressants. Pour vous y connecter, accédez à la rubrique "adresse" du site de l'ASSETEC :

- C EUGENE : Professeur de Technologie,
- Philippe JAMET : Professeur de Technologie,
- M.ROEMHILD : Professeur de Technologie (très intéressant pour les automatismes),
- J.LEBRE : Professeur de Technologie,
- Yann. DI MAURO : Professeur de Technologie.

[www.union-fin.fr/usr/jmdefais](http://www.union-fin.fr/usr/jmdefais)  
 Site précurseur. A consulter.

Voici la page écran de présentation sur Internet du site précédent

([www.union-fin.fr/usr/jmdefais](http://www.union-fin.fr/usr/jmdefais))

## GÉNÉRATION INTERNET

composé par un brillant professeur de Technologie en Collège :

Le site précédent donne accès aux rubriques en Technologie :

- mécanique,
- gestion,
- informatique,
- dossiers,
- électronique.

L'accès aux différentes rubriques permet de télécharger des logiciels en shareware, d'avoir accès à de la

documentation pédagogique.

Une rubrique projet propose aussi des applications telles que : un SOS plante, une sirène de VTT, un groom électronique ou encore une attente téléphonique. Les projets sont développés en détail et assurent ainsi une base de cours intéressante pour les enseignants en recherche d'informations et d'idées à l'attention de leurs élèves.

E. FELICE



# Un gong à 1, 2 ou 3 notes

**A** l'aide d'un seul circuit intégré spécialisé, il est possible de générer un son fort agréable de gong à 1, 2 ou 3 notes égrenées, accordées et s'atténuant doucement. Le constructeur SIEMENS met à notre disposition le circuit SAE 800, digne successeur du célèbre carillon SAB 0600 souvent utilisé.

## Principe du montage

Rares sont les maisons où il faille encore tirer sur la chaîne d'une cloche ou frapper le heurtoir de bronze pour se faire annoncer. De nos jours, la "sonnette" de porte d'entrée se doit d'être électronique et commandée en très basse tension, s'il vous plaît, à partir du poussoir extérieur, étanche de préférence. Elles sonnent, carillonnent, tintent, et parfois même, débitent les premières notes d'une chanson connue. De nombreux schémas électroniques ont déjà été proposés pour faire office de signalisation sonore originale ; le fameux circuit SAB0600 de SIEMENS a été maintes fois mis à contribution pour produire un effet sonore très agréable, un peu à la

composant du même fabricant, portant la référence SAE 800, et permettant quelques nouveautés sur le son produit. La tension d'alimentation, tout d'abord, présente une plage très vaste entre 2,8 et 18V, ce qui laisse de nombreuses possibilités sur secteur, piles ou accumulateurs, d'autant plus d'ailleurs que le courant de repos est ridiculement bas, de l'ordre de 1 µA selon le constructeur. Le circuit est capable de produire un bruit de gong très caractéristique, avec évanouissement progressif. La nouveauté réside dans le fait que ce composant est capable de produire à volonté une note seulement, ou deux à suivre, ou encore trois pour un accord parfait. Typiquement, la fréquence générée comporte les valeurs de 660, 550 et 440 Hz.

qu'il intègre un ampli de courant avec un gain de 1600. Signalons enfin que le circuit SAE 800 dispose d'une protection contre les courts-circuits ainsi qu'une autre sécurité contre les échauffements du semi-conducteur (entre 150 et 170°C).

## Analyse du schéma électronique

Il est proposé à la figure 1 et émane directement de la note d'application du fabricant. Le composant principal est disponible notamment chez SELECTRONIC à Lille, au même titre que son ancêtre SAB 0600, plus coûteux d'ailleurs (déjà une pièce de collection ?). Notre maquette sera alimentée à partir d'une simple pile de

entrées E1 et E2, respectivement les broches 8 et 7, ont un rôle déterminant dans le choix de la séquence à produire. Elles sont forcées au niveau bas à travers les résistances R4 et R5. Voici les procédures :

- si les entrées E1 et E2 sont réunies et simultanément soumises à un bref signal positif, la triple note est produite, action qui inhibe toute autre commande,
- si l'entrée E1 est au niveau bas, une commande positive sur l'autre entrée E2 actionne la séquence à 2 notes, en fait, les deux premières du cycle précédent,
- si, à présent, l'entrée E2 est au niveau bas, toute commande positive sur l'entrée E1 produira une note unique sur l'étage de sortie.

Les rares composants du schéma sont nécessaires pour réaliser cette procédure à partir des poussoirs S1, S2 ou S3. Le haut-parleur de sortie est simplement relié entre la broche 2 et le pôle positif de l'alimentation. Un modèle de 300 mW sous une impédance de 8 Ω fera l'affaire et sera encore plus efficace s'il est monté dans un petit boîtier faisant office de caisse de résonance. Les broches 5 et 6 de IC2 reçoivent respectivement l'ajustable P2 et le condensateur C3, responsables de la fréquence fondamentale f<sub>0</sub>. Il faut savoir que plus la fréquence est élevée et plus l'intervalle entre les notes diminue, ainsi que la durée des notes d'ailleurs. Un bon compromis est d'attribuer à la fréquence de base une valeur de 13,2 kHz en appliquant la relation :

$$f_0 = \frac{5}{8} \times \frac{1}{R.C} \text{ avec } R \text{ en } M\Omega \text{ et } C \text{ en } \mu F$$

L'ajustable P1 contrôle lui le niveau sonore produit par le circuit IC2. Ce sera notre potentiomètre de volume. Le poussoir S1 applique un niveau

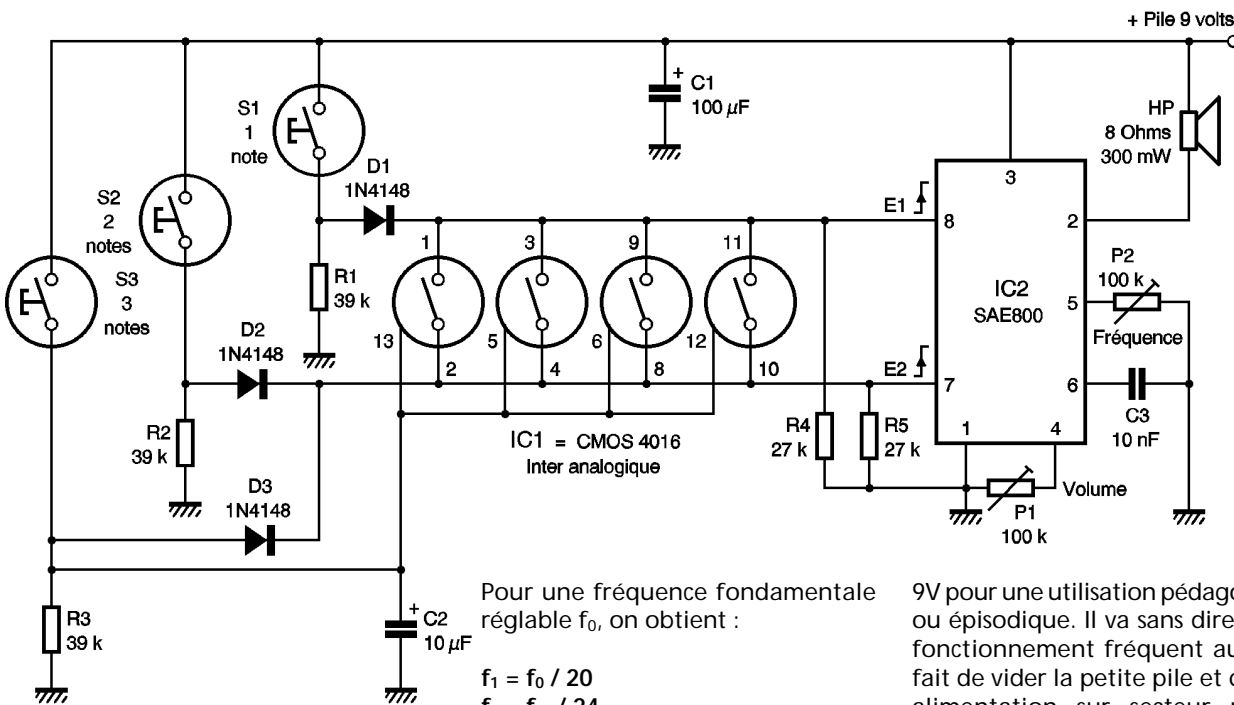


Fig 1 Schéma de principe

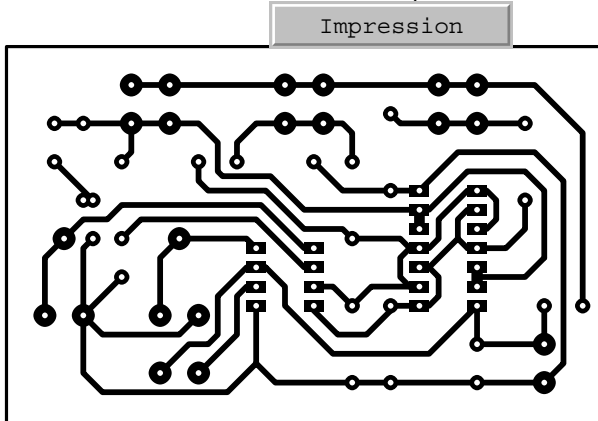
manière du carillon de hall d'aérogare bien connu, le tout dans un petit boîtier de 8 broches seulement. Notre réalisation d'aujourd'hui a recours, une fois encore, à un petit

Pour une fréquence fondamentale réglable f<sub>0</sub>, on obtient :

$$\begin{aligned} f_1 &= f_0 / 20 \\ f_2 &= f_0 / 24 \\ f_3 &= f_0 / 30 \end{aligned}$$

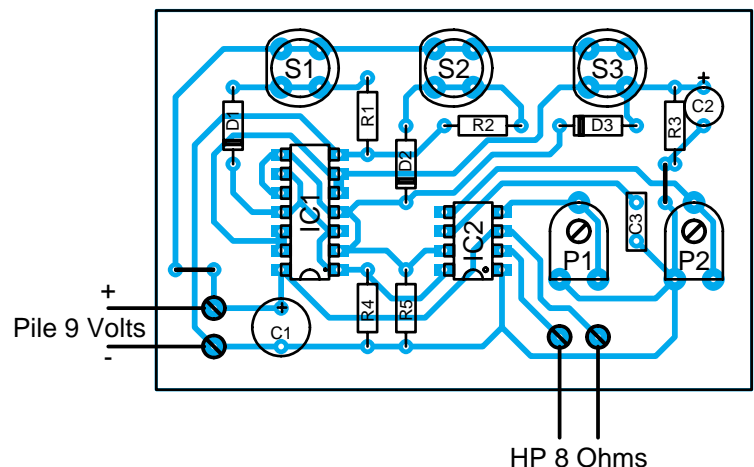
La fréquence de base, un signal triangulaire, est dépendante de deux composants extérieurs, C & R, ce dernier étant ajustable pour une précision parfaite. Nous avons adapté cette maquette de manière à pouvoir y raccorder trois poussoirs fugitifs de commande, correspondant par exemple à 3 portes différentes dans une maison. Ainsi, le son produit avertira l'occupant et lui indiquera en sus de quelle porte émane l'impulsion de commande. D'autres applications sont envisageables avec ce petit circuit fort simple sur lequel un haut-parleur se raccorde directement puis-

9V pour une utilisation pédagogique ou épisodique. Il va sans dire qu'un fonctionnement fréquent aura tôt fait de vider la petite pile et qu'une alimentation sur secteur pourra améliorer ce point. Le condensateur C1 stabilise quelque peu la consommation du montage. Le circuit IC2 est alimenté directement sur le pôle positif par sa broche 3, alors que la masse est raccordée à la broche 1. Les



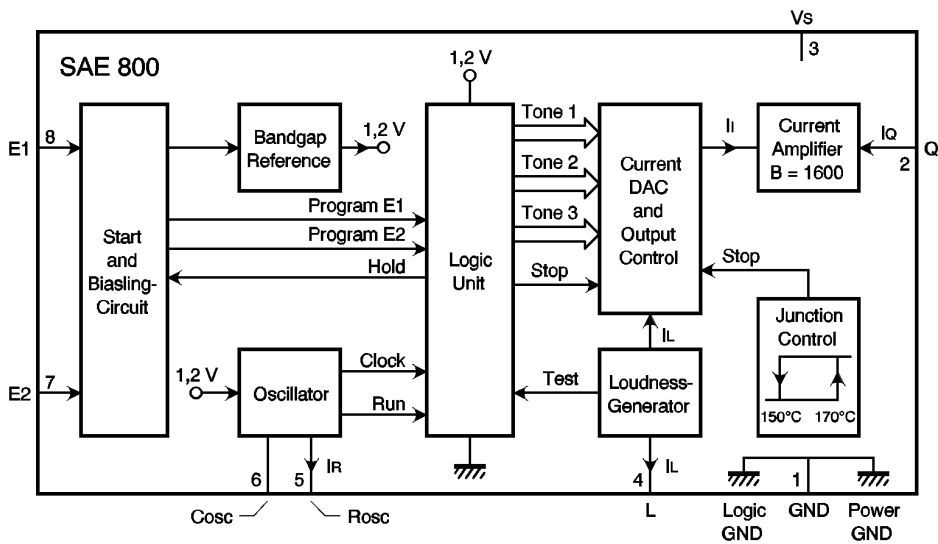
Tracé du circuit imprimé

Fig 2



Implantation des éléments

Fig 3



Pin	Function
1	Ground
2	Output
3	Supply Voltage
4	Loudness Control
5	Oscillator Resistor
6	Oscillator Capacitor
7	Trigger 2 (dual tone)
8	Trigger 1 (single tone)

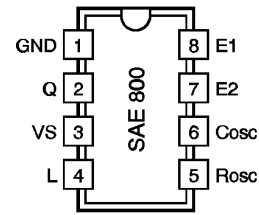


Fig 4

Structure interne du SAE 800

haut sur l'entrée E1 à travers la diode D1, et provoque l'émission d'une seule note. Le poussoir S2 applique lui également un niveau haut à travers la diode D2, mais sur l'entrée E2 qui déclenche la séquence à 2 notes. Le poussoir S3 a un rôle plus complexe : il doit tout d'abord réunir les deux entrées E1 et E2. Pour ce faire, nous avons fait appel au circuit IC1 qui renferme 4 inters analogiques

dans un boîtier à 14 broches. Ces portes spéciales ont été reliées en dérivation pour diminuer leur impédance commune. Une action sur S3 ferme les 4 contacts simultanément et shunte les broches 8 et 7. Au même instant, à travers la diode D3, on démarre la séquence à 3 notes. Le condensateur C3 améliore et prolonge le contact de ce dernier poussoir.

## Réalisation

Nous proposons en figure 2 un tracé des pistes à l'échelle 1, que l'on reproduira par le procédé de son choix. Attention, deux petits straps n'ont pu être évités, qu'il ne faudra pas omettre de poser.

G. ISABEL

Start and biasing circuit :  
Circuit de démarrage et de polarisation

Bandgap Reference :  
Tension de référence " bandgap "

Oscillator :  
Oscillateur

Logic Unit :  
Unité logique

Current DAC and Output control :  
Convertisseur N/A en courant et contrôle de sortie

Junction control :  
Contrôle de la température de jonction

Loudness generator :  
Générateur de niveau

(dans cette application loudness = intensité sonore, et pas correction physiologique)

Tone 1, 2, 3 : Tonalité 1, 2, 3

tableau

Broche	Fonction
1	Masse
2	Sortie
3	Alim +
4	Contrôle niveau
5	Résistance oscillateur
6	Condensateur oscillateur
7	Déclenchement (2 tons)
8	Déclenchement (1 ton)

## NOMENCLATURE

Résistances 1/4 de watt  
R1, R2, R3 : 39 kΩ (orange, blanc, orange)  
R4, R5 : 27 kΩ (rouge, violet, orange)  
P1 : ajustable horizontal 100 kΩ (volume)

P2 : ajustable horizontal 10 kΩ (fréquence et vitesse)  
C1 : 100 µF/25V chimique vertical  
C2 : 10 µF/25V chimique vertical  
C3 : 10 nF/63V plastique

IC1 : quadruple inter analogique C/MOS 4016 ou 4066  
IC2 : carillon programmable SIEMENS SAE 800 en boîtier DIP8 support à souder 8 broches

support à souder 14 broches  
S1, S2, S3 : poussoirs à fermeture pour C.I. haut-parleur miniature 8 Ω 300 mW coupleur pression pile 9V fils souples

# A CHAQUE NUMÉRO, RETROUVEZ LES PRINCIPALES RUBRIQUES DE

Generation  
**ELECTRONIQUE**  
PROJETS. INITIATION. ENSEIGNEMENT



TECHNOLOGIE :

les afficheurs à cristaux liquides



COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?  
tous les conseils,  
toutes les valeurs des composants



QU'EST-CE QUE C'EST ?  
COMMENT ÇA MARCHE ?  
la photo numérique



GÉNÉRATION INTERNET :  
les sites qui vous concernent



LE COIN DE LA MESURE :  
de véritables outils de travail



# Indicateur de niveau du lave-glace

Lorsqu'il s'agit de réaliser un indicateur de niveau d'un liquide, on s'oriente généralement vers la mise en œuvre d'une jauge basée sur la conduction électrique du liquide en contact avec un certain nombre d'éléments, isolés entre eux, de la jauge. Cette technique pose de nombreux problèmes :

- accessibilité du réservoir à contrôler,
- réactions chimiques, électrolyses,
- conductivité insuffisante dans le cas d'eau déminéralisée (lave-glace).

Le montage proposé fait abstraction de tout cela, grâce au recours à un autre principe : le chronométrage de la durée de fonctionnement de la pompe du lave-glace.

## Le fonctionnement (figure 1)

Le montage est alimenté en permanence par le potentiel de 12V de la batterie du véhicule, c'est à dire par un prélèvement en amont du contact à clé pour d'évidentes raisons de sauvegarde de la position du dispositif de chronométrage. C'est l'entrée +S du schéma (S comme sauvegarde). Bien entendu, la consommation à l'état de veille est tout à fait insignifiante : quelques mA, étant donné que le dispositif d'affichage est hors service.

Une autre entrée du montage est repérée ACT comme activation. Cette dernière est à relier à la borne positive d'alimentation du moteur de la pompe du lave-glace. Dès que celle-ci est alimentée, le transistor T1 se sature. En particulier, au niveau de son collecteur, le potentiel passe à la valeur zéro. Cet état bas commande la mise en marche de l'oscillateur astable formé par les portes NOR III et IV de IC1. Sur la sortie de l'oscillateur, on relève des crêteaux de forme carrée dont la période est

dépendante de la position angulaire du curseur de l'ajustable A. Nous reviendrons sur ce point. Les portes NOR I et II, avec les résistances R4 et R9 forment un trigger de Schmitt dont le rôle consiste à donner aux fronts montants et descendants des crêteaux, une configuration bien verticale, avant l'attaque de l'entrée "CLOCK" d'un compteur binaire de 12 étages, un CD4040, référencé IC2. Ce dernier se comporte comme un diviseur de fréquence (ou de multiplicateur de période, ce qui est la même chose). En particulier, au niveau de la sortie Q12, on relève un crêteau d'une période T dont la valeur s'exprime par la relation :  $T = 2^{12} \times t$  (t étant la période du signal généré par l'oscillateur).  $T = 4096 t$

Ce signal attaque en finalité l'entrée de validation d'un second compteur, un CD4017, marqué IC3. L'entrée "Horloge" étant reliée au "+", ce compteur avance au rythme des fronts descendants des signaux présentés sur l'entrée de validation (broche 13). L'avance se réalise par

le déplacement du niveau logique 1 de la sortie "i" à la sortie "i+1". A chaque fois que l'on aura fait le plein du réservoir de liquide du lave-glace, il conviendra d'appuyer sur le bouton-poussoir BP, ce qui a pour résultat la présentation d'un état haut sur les entrées de remise à zéro des compteurs IC2 et IC3. Après cette opération, le niveau 1 est d'abord disponible sur la sortie S0.

Il en résulte l'allumage de la première LED du bargraph. Au fur et à mesure que les durées de fonctionnement de la pompe, en s'ajoutant, augmentent de valeur, on assiste à l'allumage de la seconde LED, puis de la troisième et ainsi de suite. Lorsque la LED 10, reliée à S9, s'allume, le réservoir est presque vide. Un état haut est présenté sur l'entrée 5 du trigger de Schmitt, qui se neutralise en présentant sur sa sortie un état haut permanent. L'entrée AF (comme affichage) est à relier à un potentiel de +12V en aval du contact à clé. Ainsi, dès que l'on établit le contact, le transistor T2 se

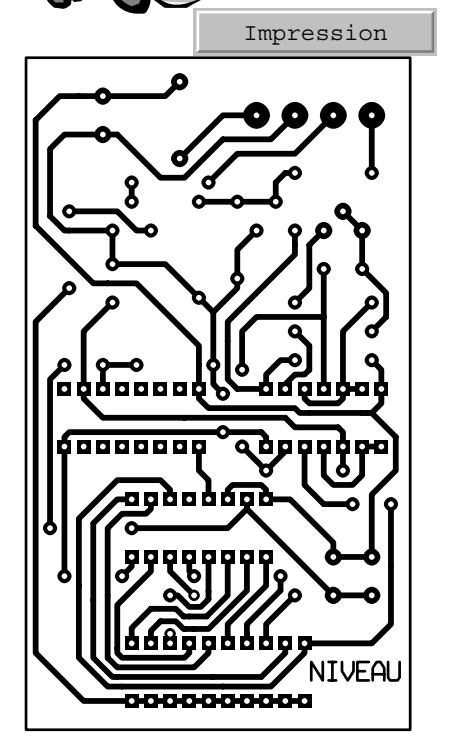
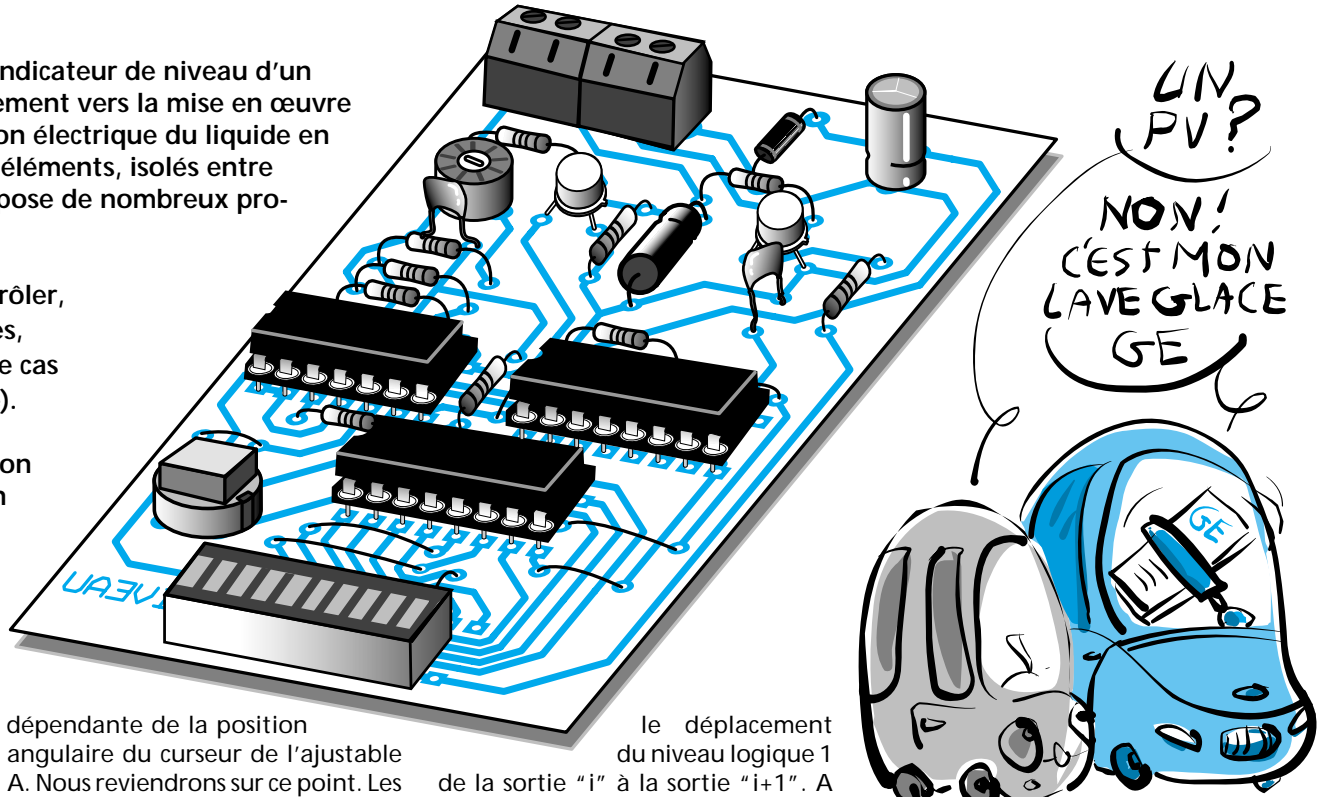


Fig 2 Tracé du circuit imprimé

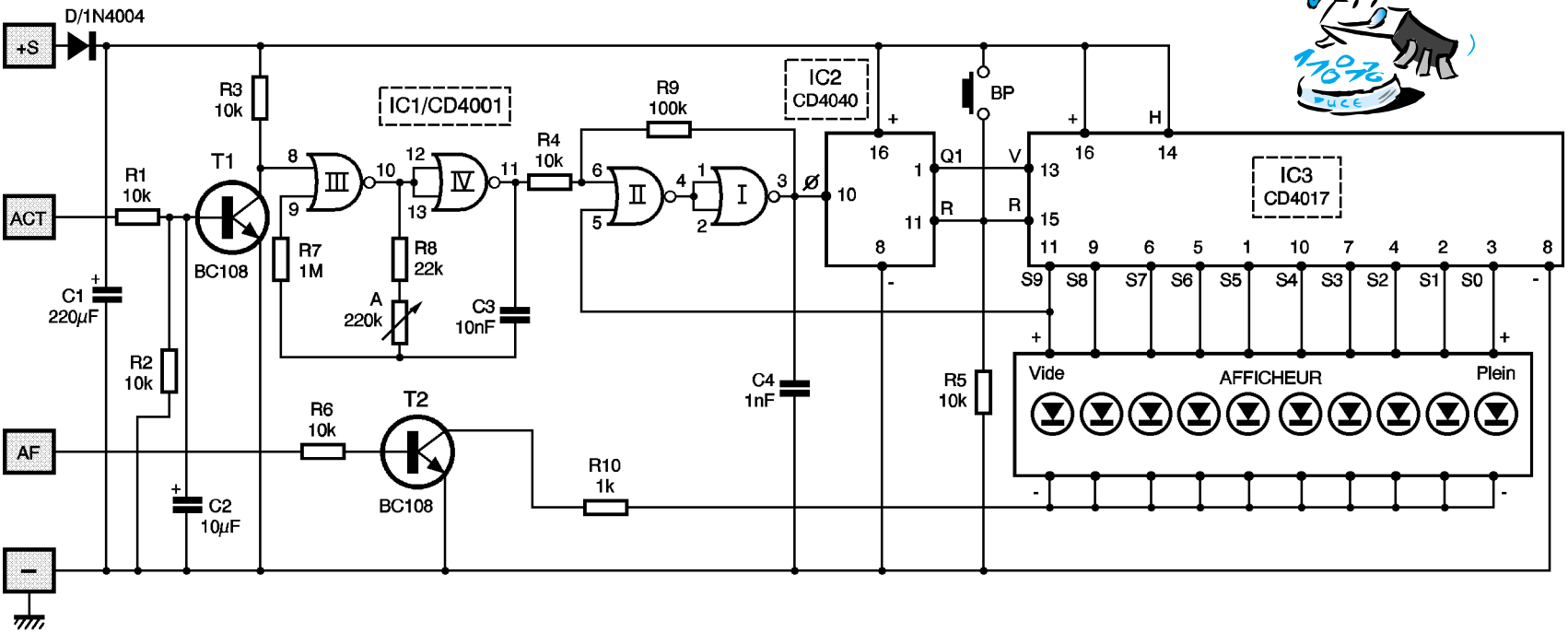


Fig 1 Schéma de principe

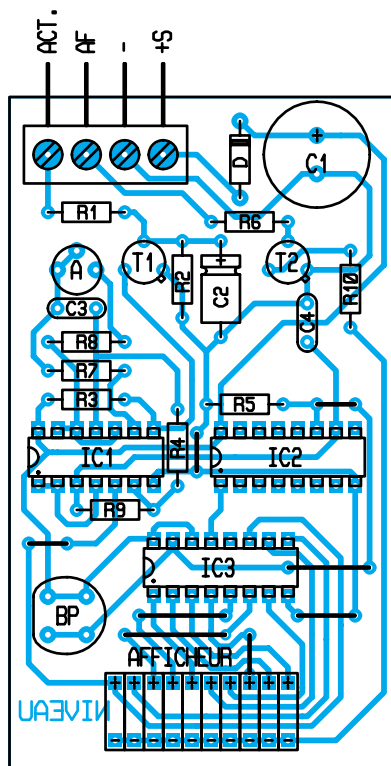
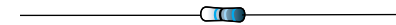


Fig 3 Implantation des éléments

sature ce qui permet le retour du courant de l'afficheur limité par R10. En revanche, si on coupe le contact, l'affichage s'éteint, étant donné le blocage de T2. Le réglage est très simple. On chronométrera la durée totale nécessaire pour vider entièrement le réservoir du lave-glace. Dans l'exemple décrit, celle-ci était de 2 minutes et 30 secondes, soit 150 secondes. La période du créneau disponible sur la sortie Q12 (broche 1) de IC2 est alors de  $150/10 \times 15$  secondes. On agit sur le curseur de

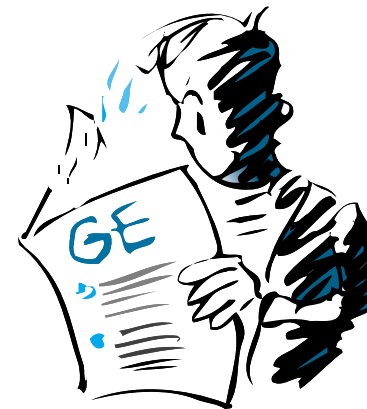
l'ajustable A pour obtenir cette valeur. La période augmente si on tourne le curseur dans le sens anti-horaire.



## Réalisation

La figure 2 représente le circuit imprimé du montage. Il est relativement simple et appelle peu de remarques. Quant à la figure 3, elle fait état de l'implantation des composants. Il convient de bien respecter l'orientation des composants polarisés. L'ensemble pourra être inséré dans un boîtier que l'on disposera en un endroit adapté au niveau du tableau de bord.

R. KNOERR



## NOMENCLATURE

8 straps (6 horizontaux, 2 verticaux)  
 R1 à R6 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
 R7 : 1 M $\Omega$  (marron, noir, vert)  
 R8 : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)  
 R9 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)  
 R10 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)

A : ajustable 220 k $\Omega$  miniature  
 D : diode 1N4004  
 AFF : afficheur 10 LED  
 C1 : 220  $\mu$ F/25V électrolytique sorties radiales  
 C2 : 10  $\mu$ F/16V électrolytique  
 C3 : 10 nF céramique multicouches  
 C4 : 1 nF céramique multicouches  
 T1, T2 : transistors NPN BC108, 109, 2N2222

IC1 : CD4001 (4 portes NOR)  
 IC2 : CD4040 (compteur binaire 12 étages)  
 IC3 : CD4017 (compteur décodeur décimal)  
 1 support 14 broches  
 2 supports 16 broches  
 1 support 20 broches  
 1 bornier soudable 4 plots (2x2)  
 BP : bouton-poussoir à contact travail pour circuit imprimé



# Optocoupleurs

## ■ Principe

Un optocoupleur est un composant qui transmet des informations logiques ou analogiques sous forme de signal électrique, via une voie optique qui isole électriquement l'entrée de la sortie. Il est utilisé lorsqu'il y a lieu de séparer électriquement et galvaniquement deux parties d'un appareil, tout en transmettant des signaux de l'un à l'autre. Souvent une des deux parties est réunie au secteur.

La non-linéarité de transmission est comprise entre 1 et 5%. Le temps de commutation comprend : le retard à la montée, le temps de montée, le temps de transmission et le temps de descente. Il dépend du type d'optocoupleur ; il est de l'ordre d'une dizaine de ns pour une photodiode et atteint 50  $\mu$ s pour un photo Darlington. Le coefficient de température est faiblement négatif.

## ■ Caractéristiques

En attaquant l'entrée par injection de courant, la source lumineuse émet des photons. Ils sont canalisés par une voie optique qui constitue le couplage avec l'élément de sortie. Il fournit un courant  $I_s$  proportionnel à l'éclairement  $E$  de l'émetteur qui est lié au courant injecté en entrée.

Le taux de transfert  $r$  est le rapport de l'intensité de sortie  $I_s$  sur l'intensité d'entrée  $I_E$  en %.

La capacité entre l'entrée et la sortie est de l'ordre du pF à 1 MHz.

La résistance d'isolement entre l'entrée et la sortie est comprise entre  $10^9$  et  $10^{12} \Omega$ . La tension de claquage entre l'entrée et la sortie se situe entre 1,5 et 7 kV.

## ■ Principales catégories d'optocoupleurs

Ils sont schématisés sur la figure 1.

### ■ Optocoupleurs diode/diode (a)

Avec une LED ou Ga Al As et une diode PIN sensible, on obtient un temps de commutation  $< 10$  ns, une très bonne linéarité et un rapport de transfert faible de 1 à 10%. Ils sont très rapides et transmettent une large bande passante, avec un très faible bruit : 5 à 10 MHz.

### ■ Optocoupleurs diode/transistor (b)

Ce type représente près de 85% de la production ; les modèles catalogués sont très nombreux. La LED est au silicium et émet en infrarouge. En sortie un transistor planar à gain élevé permet d'obtenir un rapport de transfert entre 50 et 100%, avec un bruit très acceptable. Par contre, la rapidité est réduite, aux environs de 10  $\mu$ s et de ce fait, la bande passante est plus réduite : 0,3 à 0,5 MHz.

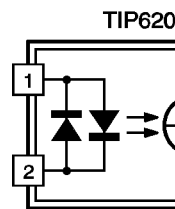
### ■ Optocoupleur diode/Darlington (c)

La sortie est prévue avec un transistor double monté en Darlington, pour obtenir des gains en courant très élevés. Le rapport de transfert est compris entre 300 et 800%. En contrepartie, le temps de transfert est de l'ordre de 50  $\mu$ s ; la bande passante ne dépasse pas 30 kHz avec un bruit appréciable.

### ■ Optocoupleur diode/triac (d)

L'entrée comprend toujours une LED infrarouge au silicium et à la sortie

LES OPTOCOUPLEURS ?  
C'EST PAR LA,  
DANS GEN N°2 (Merci)



Optocoupleur AC/DC

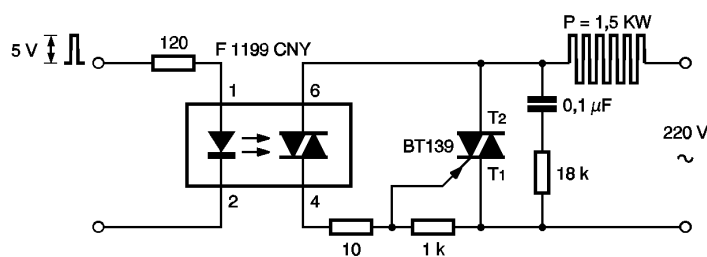
Fig 2

un triac qui est déclenché par le flux de photons émis par la LED. Il déclenche sur des signaux  $dV/dt > 30V/ms$ .

Certains optocoupleurs sont réalisés en version diode/thyristors. La gâchette est remplacée par une zone photosensible à effet diode. Ce

### ■ Optocoupleur AC ou DC (figure 2)

L'entrée de cet optocoupleur peut être alimentée en continu ou en alternatif. Il comprend deux photodiodes opposées redressant le signal



Commande d'un convecteur 1,5kW avec une logique 5V

Fig 3

composant attaque un triac extérieur permettant de contrôler des puissances importantes. Il est utilisé en remplacement d'un relais statique avec une parfaite séparation du secteur.

alternatif alimentant en continu le phototransistor : taux de transfert 20%.

### ■ Optocoupleur multiple

Il existe des optocoupleurs diode/transistor doubles et quadruples : taux de transfert minimal 50%, isolation 2500V. Doubles en boîtiers DIP8, quadruples en boîtiers DIP16.

### ■ Optocoupleur rapide diode/diode / transistor (e)

La LED au Ga Al As est très rapide avec une grande efficacité. En sortie, la photodiode PIN est suivie par un transistor de commutation rapide. Son taux de transfert dépasse 30%. Fréquence de commutation  $> 1MHz$ .

Compatible TTL. Vitesse de transmission : 1 Mbit/s.

Certains optocoupleurs sont réalisés en version diode/diode / Darlington. Ils sont compatibles TTL et CMOS ; ils présentent un taux de transfert de 1600% ; vitesse de transmission : 100 kbits/s.

### ■ Optocoupleur diode/diode interface logique TTL (f)

Réalisé en technologie rapide, cet optocoupleur est caractérisé par un temps de propagation de 40/45 ns avec un taux de transfert minimal de 600%. Il est prévu pour les circuits numériques rapides.

## ■ Exemples d'utilisation

Commande d'un convecteur 1,5 kW avec une logique 5V (figure 3) La régulation d'un chauffage électrique domestique monophasé peut être réalisée en utilisant un photocoupleur thyristor ou triac, associé à un triac de puissance comme interface avec la logique centrale de l'installation.

Le photocoupleur doit pouvoir supporter une tension  $V_{DWM}$  de 400V pour pouvoir être utilisé sur le secteur 230V. Le triac de puissance est monté sur un dissipateur de 4°C/W.

R. BESSON

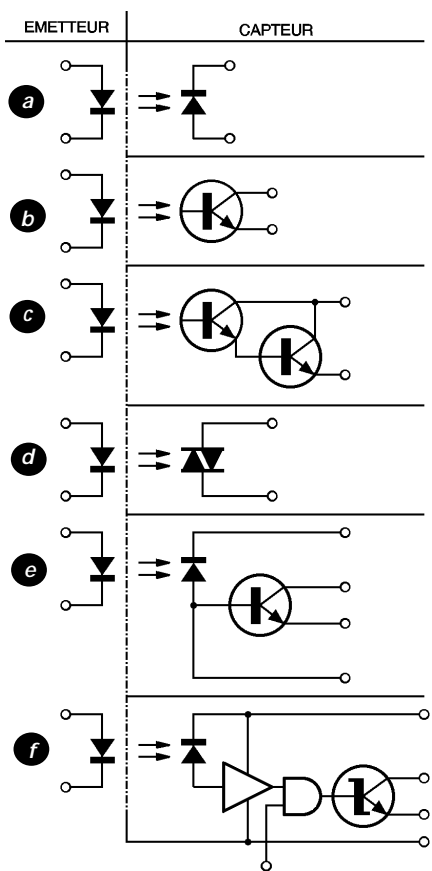


Fig 1 Principales catégories d'optocoupleurs

# Doubleur de fréquence pour des signaux triangulaires

Les **multiplicateurs de fréquence** fonctionnent d'une manière générale avec les ondes carrées. Cependant, le circuit représenté à la **figure 1** effectue la multiplication de fréquence sur des **formes d'ondes** triangulaires et ne modifie pas l'amplitude du signal d'entrée ainsi que son uniformité.

L'idée générale est d'appliquer le signal triangulaire à l'entrée d'un **redresseur double alternance**. La sortie est alors un signal carré avec comme fréquence le double de celle de la fréquence d'entrée avec quelques **tensions de polarisation** continue en plus. Vous pouvez alors enlever ces tensions de polarisation à **courant continu** en utilisant un

simple **filtre passe-haut** ou encore en décalant le **niveau de polarisation** à l'aide d'un autre amplificateur opérationnel. Vous pouvez continuellement répéter ce "tour d'adresse" afin d'obtenir des séries de fréquences de  $2xFin$ ,  $4xFin$ ,  $8xFin$ , et ainsi de suite. Le circuit de notre montage utilise une **simple alimentation**, un **double amplificateur opérationnel** afin d'améliorer les performances du redressement. Lorsque l'entrée est un **signal à demi alternance négative**, U1 travaille comme un **amplificateur inverseur** normal avec R1 et R3 imposant un gain de deux. Le circuit fournit alors la somme algébrique, avec un coefficient de 0,5, du signal de sortie positif de U1 et du signal d'entrée négatif au point de sommation A. U2 amplifie ensuite le signal par 4, conformément aux valeurs de R5 et R6, le signal de sortie ayant la même **amplitude crête à crête** que le signal d'entrée, mais avec un signe positif.

de l'étage d'entrée et l'impact de la **capacité d'entrée** de U1 lorsque le signal d'entrée devient positif. Si la fréquence d'entrée ne dépasse pas 1 kHz, vous pouvez omettre D1 et R7. Pour des fréquences plus élevées, gardez ces **composants**. De plus, vous pouvez réduire proportionnellement les valeurs de toutes les **résistances**. Ainsi, vous pouvez réduire la valeur de R7 de 10 à 20% par rapport à celle de R1, mais ce changement peut provoquer une **polarisation continue** de la sortie et avoir un effet défavorable sur l'**exactitude** du circuit.

Les valeurs des composants et l'amplificateur opérationnel de notre schéma rend ce circuit utilisable pour des applications dans la **bande des basses fréquences**, tel qu'un **synthétiseur de fréquences** par octave pour des instruments de musique électronique. Pour des applications ayant des fréquences supérieures à 20 kHz, vous devez choisir un amplificateur plus rapide et, probablement, une architecture différente pour le redressement double alternance.

Avec la structure de notre redresseur double alternance de notre circuit, les **impédances d'entrée** diffèrent entre les ondes positives et négatives. Afin de réduire cette différence, vous pouvez connecter une résistance constante entre la **broche d'entrée** et la masse. Lorsque vous coupez plusieurs **étages multiplicateurs**, le simple filtre passe-haut RC aide aussi à minimiser l'asymétrie de l'impédance d'entrée. Pour ce filtre, choisissez une valeur de résistance aussi faible que possible afin de réduire l'asymétrie de l'impédance d'entrée entre les signaux positifs et négatifs à un niveau raisonnable et choisissez alors la capacité correspondante pour votre filtre de fréquence.

Lors de la réalisation pratique sur la plaquette d'essai, ne pas oublier de couper les pistes sous l'amplificateur opérationnel afin d'éviter les **courts-circuits**.

Quand le signal d'entrée devient positif, le seul chemin pour accéder au point de sommation A est à travers R2. Dans ce cas, U1 se sature et sa sortie se positionne près du **potentiel de la masse**. Certains amplificateurs opérationnels peuvent travailler sur quelques mV autour de la masse. Ainsi, le signal au point A reste positif, mais divisé par deux à cause du **diviseur de tension** de R2 et R4. U2 restitue l'amplitude d'entrée d'origine du signal. Le signal de sortie est par conséquent une onde triangulaire, égale en amplitude crête à crête, mais avec une fréquence double de celle de l'entrée.

D1 et R7 sont optionnels ; ils améliorent la performance dynamique du circuit en préservant la **surcharge**

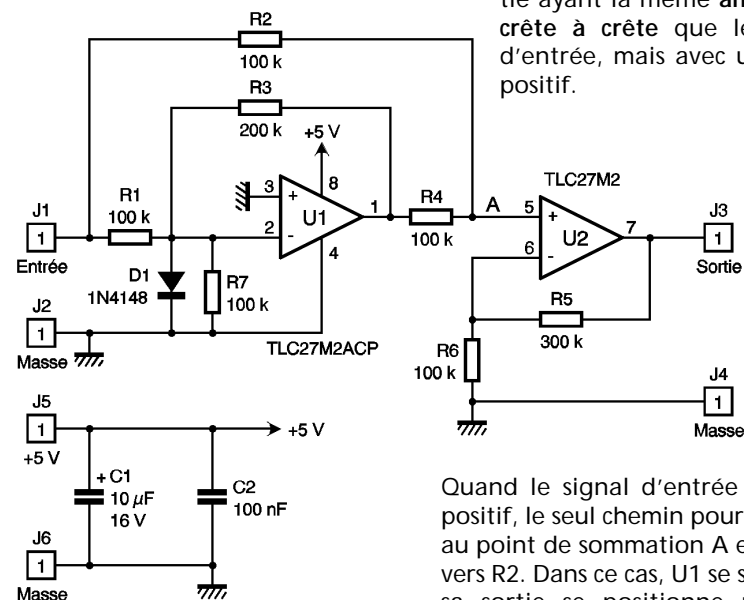


Fig 1 Schéma retenu

simple **filtre passe-haut** ou encore en décalant le **niveau de polarisation** à l'aide d'un autre amplificateur opérationnel. Vous pouvez continuellement répéter ce "tour d'adresse" afin d'obtenir des séries de fréquences de  $2xFin$ ,  $4xFin$ ,  $8xFin$ , et ainsi de suite.

Le circuit de notre montage utilise une **simple alimentation**, un **double amplificateur opérationnel** afin d'améliorer les performances du redressement. Lorsque l'entrée est un **signal à demi alternance négative**

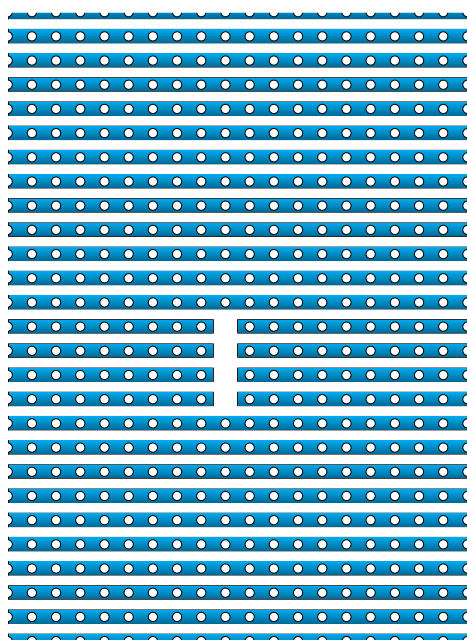
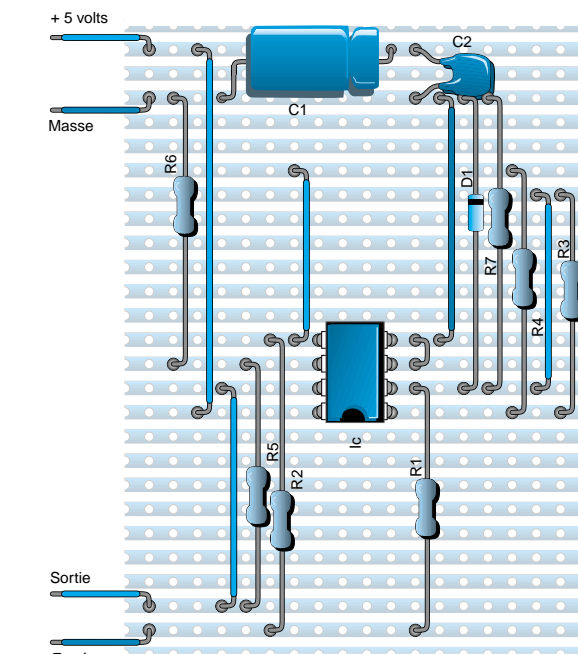
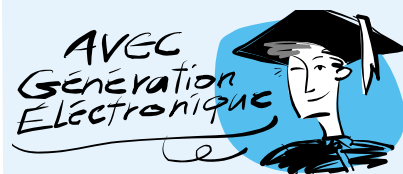


Fig 2 Préparation de la plaquette



Mise en place des éléments

## Découvrez l'anglais technique



### Glossaire Français- Anglais :

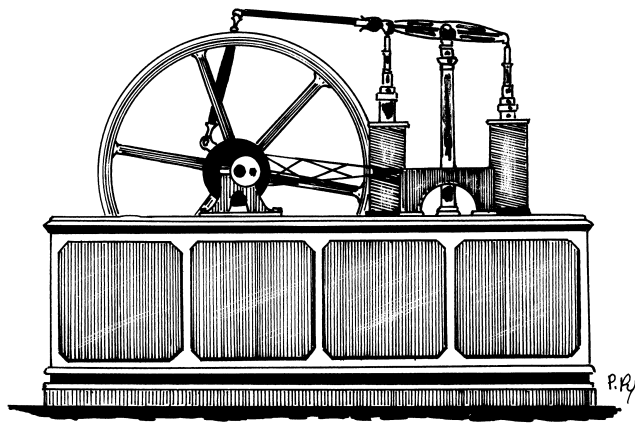
- Multiplicateur de fréquence : **Frequency multiplier**
- Onde : **Wave**
- Forme d'onde : **Waveform**
- Carré : **Square**
- Entrée : **Input**
- Sortie : **Output**
- Redresseur double alternance : **Full-wave rectifier**
- Redresseur demi alternance : **Half-wave rectifier**
- Tension de polarisation : **Bias**
- Courant continu : **DC (Direct current)**
- Filtre passe-haut : **Highpass filter**
- Filtre passe-bas : **Lowpass filter**
- Niveau : **Level**
- Simple alimentation : **Single supply**
- Double : **Dual**
- Amplificateur opérationnel : **Operational amplifier**
- Amplificateur inverseur : **Inverting amplifier**
- Signal à demi alternance négative : **Negative half - wave signal**
- Signal à demi alternance positive : **Positive half - wave signal**
- Amplitude crête-à-crête : **Peak-to-peak amplitude**
- Potentiel : **Potential**
- Masse : **Ground**
- Diviseur de tension : **Voltage divider**
- Surcharge : **Overload**
- Étage : **Stage**
- Capacité : **Capacitance**
- Résistance : **Resistor**
- Impédance : **Impedance**
- Composant : **Component**
- Exactitude : **Accuracy**
- Bande : **Range**
- Synthétiseur de fréquences : **Frequency synthesizer**
- Broche : **Pin**
- Court-circuit : **Short-circuit**

### ■ NOMENCLATURE

- 1 circuit TLC27M2ACP
- 1 diode 1N4148
- 5 résistances 100 kΩ - 1/4W (marron, noir, jaune)
- 1 résistance 200 kΩ - 1/4W (rouge, noir, jaune)
- 1 résistance 300 kΩ - 1/4W (orange, noir, jaune)
- 4 connecteurs
- 1 condensateur 10µ F/10V
- 1 condensateur 100F



## Le moteur électrique de Gustave Froment



Moteur électrique de Froment

Les moteurs électriques du siècle dernier, longtemps considérés comme de simples curiosités scientifiques sans réel intérêt pour l'industrie, nécessitent l'emploi d'un grand nombre de batteries à la fois lourdes, encombrantes et coûteuses tout en ne fournissant qu'une force mécanique décevante. C'est parmi les quelques expérimentateurs qui, entre 1850 et 1870, déploient leur talent et leur ingéniosité pour réaliser des moteurs capables de remplacer les machines à vapeur, qu'on trouve Gustave Froment dont les réalisations marquent cette époque.

### Les machines de G. Froment

La découverte de l'électromagnétisme donne lieu en 1820 à de nombreuses études sur les solénoïdes par Arago et Ampère. Le phénomène électromagnétique que constitue l'aimantation d'un barreau de fer, et donc son déplacement par le passage d'un courant électrique dans une bobine de fil conducteur, donne naissance à une grande variété de moteurs électriques. Gustave Froment, un ancien élève de l'école polytechnique, fonde sa renommée sur la réalisation d'instruments de précision d'une qualité tout à fait remarquable, avant de s'éteindre en 1863. Il conçoit les moteurs électriques capables d'entraîner les tours et les machines à diviser de ses at-

eliers en cherchant à minimiser l'effet de destruction des courants forts sur les commutateurs. Comme chaque commutateur doit interrompre ou établir la circulation du courant électrique dans la bobine, G. Froment choisit de multiplier les conducteurs aux points de contact, ce qui a pour effet de diviser d'autant l'effet des arcs.

Malgré tout, les performances obtenues par ses moteurs sont encore limitées, car ils reposent principalement sur l'attraction d'un barreau métallique dans le cylindre d'une bobine. Le moteur construit pour le cabinet de physique de la Faculté des sciences de Paris (figure 1) constitue une parfaite illustration de l'application de techniques réservées jusque là aux machines à vapeur pour l'entraînement des

machines via des électroaimants. Les inconvénients des moteurs construits par Froment pour actionner ses différentes machines-outils sont cependant contrebalancés par les avantages qu'offre l'énergie électrique et sa disponibilité immédiate, car même pour une faible puissance, une machine à vapeur implique que sa chaudière reste en permanence surveillée et alimentée.

### Le moteur à balancier

Ce moteur que nous avons représenté figure 1 se compose non pas de 2, mais de 4 bobines couplées 2 à 2. Ses bobines creuses sont placées à la verticale et sont traversées par un des cylindres de fer doux. Chaque cylindre est attaché sur sa partie supérieure aux extrémités des bras d'un balancier dont le pivot est solidaire de la base. Les cylindres glissent à l'intérieur d'une paire de bobines chaque fois qu'elles sont parcourues par un courant électrique. En pivotant autour de son axe, le balancier entraîne un levier qui met en mouvement un volant, comme les systèmes bielle/manivelle des trains à vapeur. Un commutateur, placé sur l'axe du volant, est constitué d'une tringle montée sur un excentrique qui actionne l'une ou l'autre des paires de bobines en effectuant son mouvement de va-et-vient.

La principale critique que formulent les commentateurs de l'actualité scientifique de cette époque concerne le choix discutable des points d'application des forces pour cette disposition car l'amplitude du balancier est de fait limitée. Tout est-il qu'il ne connaît pas de développements conséquents en raison des limites qu'imposent les électroaimants, tant du point de vue de la taille que de la puissance électrique mise en œuvre.

### Construire son moteur à balancier

Construire une maquette de moteur à balancier requiert peu de matériels. Celui que nous vous proposons comporte quelques pièces de Meccano (marque déposée) pour éviter tout recours à un outillage trop spécialisé. Il fournit cependant toute satisfaction même si le disque ne peut être en mesure d'entraîner une quelconque machine en raison de couples de sortie tout à fait négligeables.

### Préparation du volant d'inertie

Pour ce volant, nous avons choisi d'utiliser un couvercle de pot à confiture d'environ 8 cm de diamètre. Commencez par repérer le centre du couvercle puis, après l'avoir marqué avec un clou, vous le percez. Il suffit pour cela de prendre un clou de 3 mm de diamètre que vous enfoncerez au marteau dans le couvercle posé sur une cale de bois (figure 2). Faites ensuite un nouveau repère à 10 mm à partir du centre,

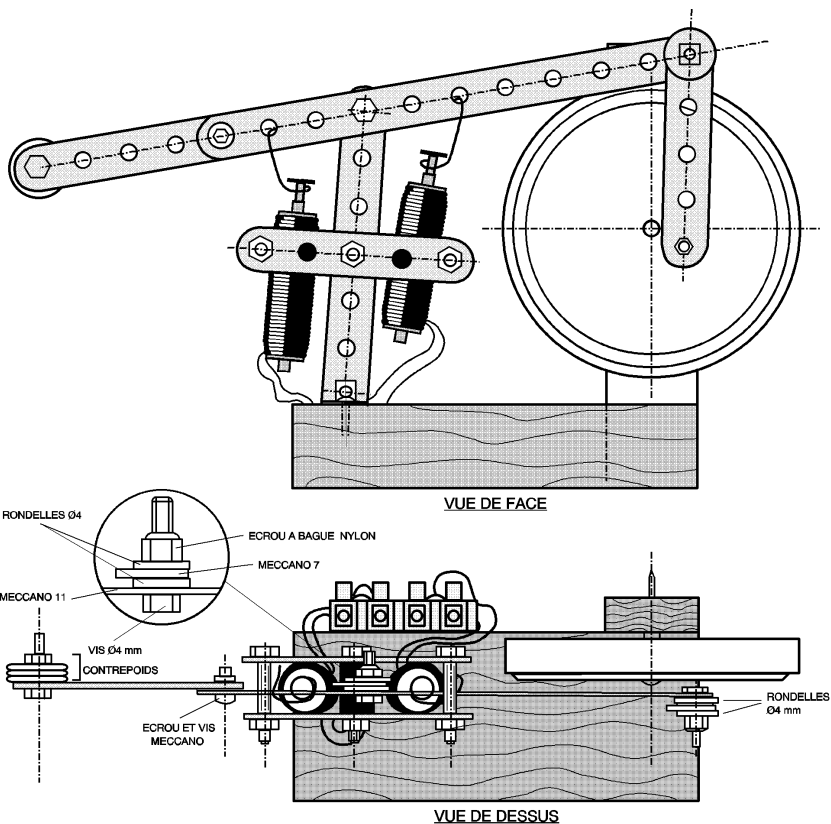


Fig 1

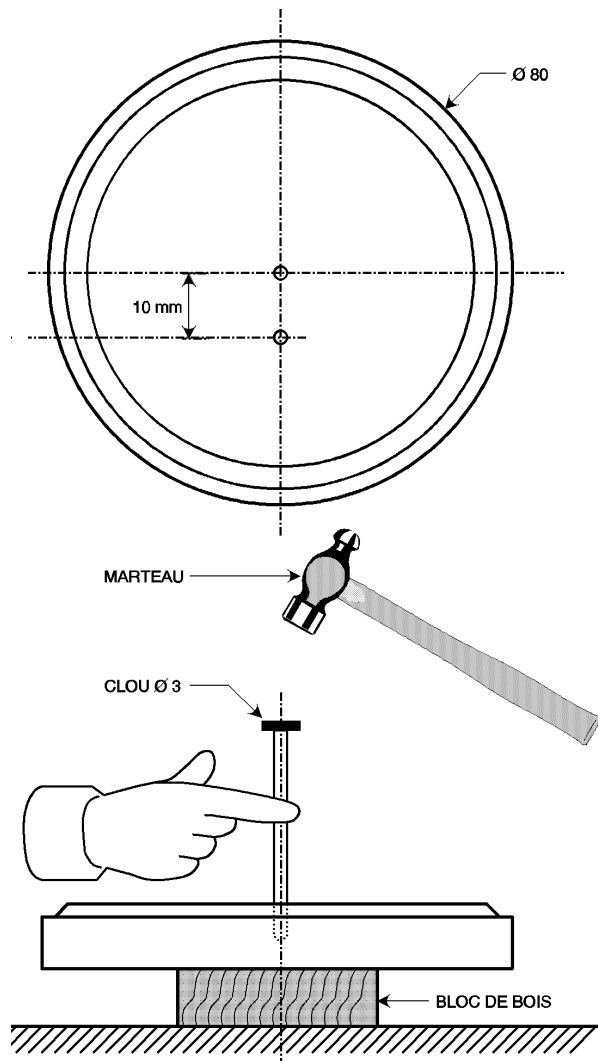


Fig 2

puis percez toujours de la même façon un deuxième trou. Retirez les bavures de métal et assurez-vous que le couvercle tourne librement lorsque vous placez le clou dans les trous.

## Réalisation de la base

La base est constituée de deux éléments en bois, comme indiqué sur la figure 3. Le bloc A est une longueur de 110 mm découpée dans un tasseau de 22 x 45 mm environ. Pour le bloc B, coupez une longueur de 120 mm dans un tasseau de 25 x 9 mm, ces valeurs ne sont en aucun cas critiques pour la réalisation. Enfoncez ensuite deux clous dans le bloc A afin que les pointes affleurent simplement la surface. Étalez ensuite de la colle à bois à séchage rapide sur les parties à coller puis fixez l'assemblage en enfonçant les clous dans le bloc B. Après séchage, vissez une équerre Meccano à l'aide d'une vis à bois en respectant des cotes données.



## Préparations des bobines

Vous devez préparer 2 bobines à l'identique (figure 4). Commencez par couper à la scie à métaux les deux longueurs de 45 mm du tube en aluminium, de diamètre 4 mm. Préparez ensuite les 2 rondelles en laiton de même diamètre et assurez-vous qu'elles glissent sur le tube. Collez ensuite ces deux rondelles avec une colle à métaux en exerçant une pression sur celles-ci, tout en veillant à ce que le tube ne dépasse pas de plus de 5 mm de chaque côté des rondelles. Cette opération est sans aucun doute la plus délicate et la plus dangereuse en raison de la nocivité particulière de ce type de colle. Par conséquent, nous vous

recommandons de vous conformer strictement à son mode d'emploi. Pour effectuer le bobinage, vous commencerez par nouer une extrémité du fil émaillé en laissant une longueur de 10 cm. Enroulez ensuite le

fil autour du tube en réalisant des spires aussi jointives et serrées que possible. Poursuivez l'enroulement sur plusieurs couches, toujours dans le même sens, jusqu'à ce que votre bobine ait le diamètre des rondelles. Faites un nœud puis laissez une nouvelle longueur de 10 cm pour l'autre extrémité de la bobine. Pour protéger l'enroulement, recouvrez le cuivre de 2 tours d'une toile adhésive.

Une fois les bobines achevées, assurez-vous que le clou de 5 cm qui constitue le cylindre coulisse parfaitement dans la bobine. Il vous suffira pour le vérifier de dénuder les extrémités des fils des bobines en grattant le vernis, puis de les appliquer sur les pôles positifs et négatifs d'une pile de 4,5V.

Enfin, préparez les 2 crochets en utilisant des longueurs de 40 mm de corde à piano que vous formerez à l'aide d'une pince ronde, comme indiqué sur la figure 5.

## L'assemblage du moteur

Fixez le centre du couvercle en le clouant au point repéré sur le schéma de préparation de la base. Il doit tourner librement sans frotter, donc placez des rondelles et une entretoise entre la face interne du couvercle et le bois.

Pour assembler le moteur, commencez par visser une barre Meccano 7 trous (M7) sur l'équerre de la base. Avec les 3 vis à tête hexagonale de 4 x 20 mm, fixez les bobines avec les 2 barres Meccano 5 trous (M5). Attention, car vous devrez placer une entretoise de chaque côté de M7 afin d'écartier les deux M5. Serrez (les deux bobines ne doivent plus bouger), tout en vous reportant au schéma d'assemblage car les bobines ne doivent pas être exactement au même niveau.

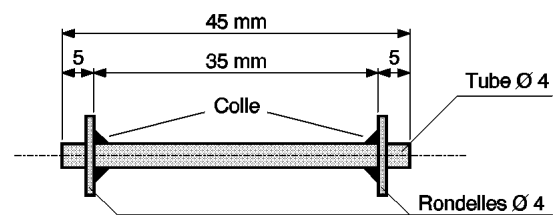
Glissez ensuite les clous de 50 mm munis de leurs crochets dans les bobines, avant de placer le balancier. Ce dernier se compose de deux parties : le levier et le contrepois.

Pour la partie levier, assemblez une barre Meccano à 11 trous (M11) sur l'extrémité de M7. Comme le balancier doit pivoter librement sur l'axe, vous utiliserez des écrous bloquants à bague Nylon et des rondelles. Serrez l'écrou sur la vis à tête hexagonale de 4 x 10 mm afin de solidariser l'assemblage tout en laissant le levier pivoter librement, sans frottement. Exécutez le même type

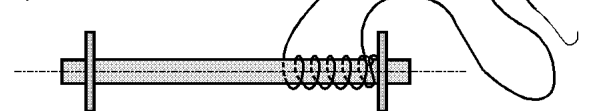
d'assemblage au niveau de la barre Meccano à 5 trous qui doit entraîner le disque. Celle-ci sera solidaire du volant d'inertie par une vis de 2 x 15 mm qui traverse à la fois le couvercle par le trou excentré du couvercle et la barre Meccano. Vous devrez placer une entretoise sur la vis et fixer l'écrou sans serrer.

Testez le mécanisme ainsi assemblé en faisant basculer le balancier qui doit dès lors entraîner en rotation le volant d'inertie. En cas de blocage, inclinez plus ou moins l'axe du balancier jusqu'à ce que le mouvement soit fluide et sans à coups. Pour empêcher que les vis se desserrent par rapport à cette position, il vous suffit de placer une

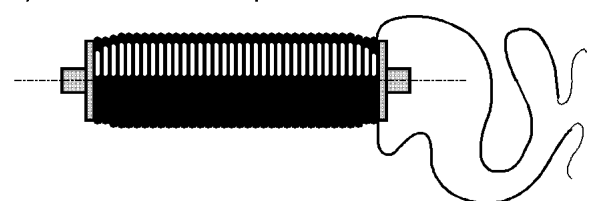
### 1) Coller les rondelles sur le tube



### 2) Enrouler le fil de cuivre



### 3) Terminer l'enroulement par un nœud



### 4) Isoler la bobine

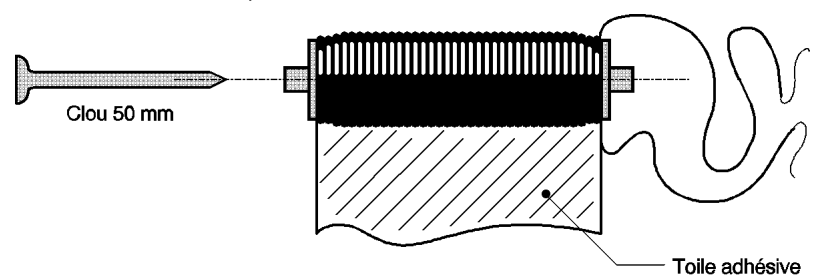


Fig 4

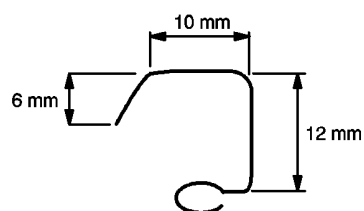


Fig 5

goutte de vernis à ongles. Finalement, vissez la barre Meccano à 5 trous de l'autre côté du balancier et fixez à son extrémité 3 rondelles qui feront office de contrepois.

## Les branchements

Les fils des bobines que vous avez dénudés sont fixés dans 4 bornes à visser de type 'domino'. En suivant le câblage donné sur le schéma, vous pourrez actionner successivement les bobines en appuyant sur les poussoirs, car nous n'avons pas prévu de monter un commutateur directement sur ce moteur dont la seule vocation est de mettre en lumière la technique du moteur de Froment.

P. RYTTER

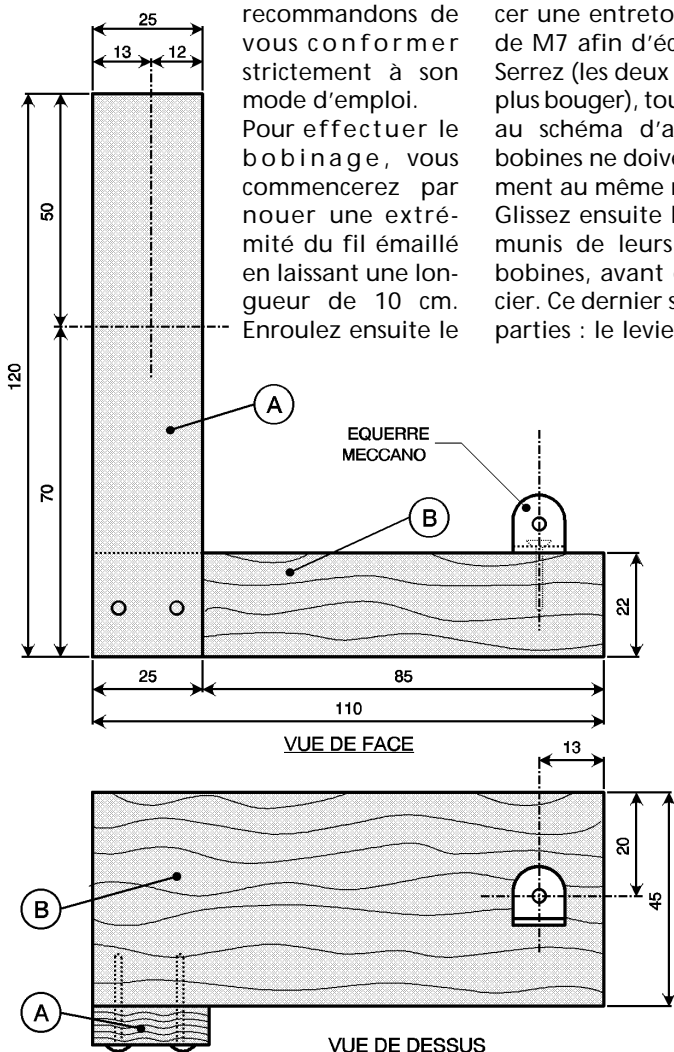
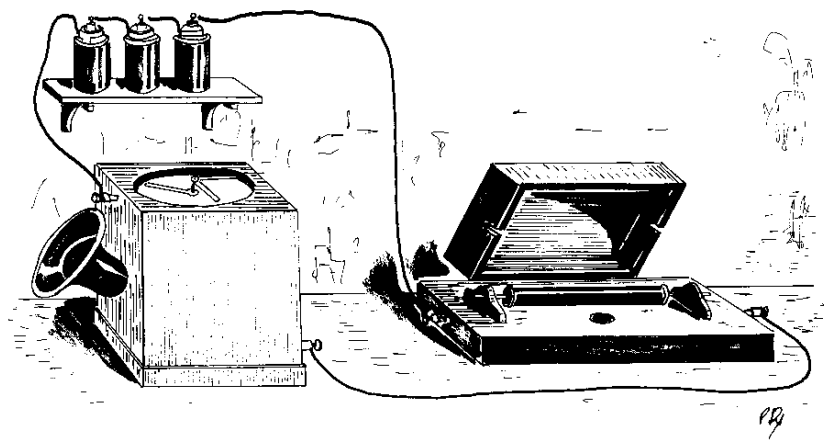


Fig 3

## NOMENCLATURE

- Tube aluminium diamètre 4 mm
- 4 rondelles en laiton de 4 mm
- Colle à métaux
- 1 bobine de 100g de fil de cuivre émaillé de 0,6 mm<sup>2</sup>
- 4 bornes à visser 'domino'
- 2 piles de 4,5V et le coupleur 9V
- Fil de câblage
- Rondelles 4 mm
- Rondelles 3 mm
- 1 vis 2 x 15 mm et son écrou
- 4 vis 4 x 20 mm
- 2 vis 4 x 10 mm
- 4 écrous 4 mm
- 2 écrous bloquants à bague Nylon
- 2 clous 2 x 20 mm
- 1 clou 3 x 30 mm
- Barres Meccano :
  - 11 trous x 1
  - 5 trous x 4
  - 7 trous x 1
- 1 équerre
- 2 entretoises Meccano
- Visserie Meccano
- 1 couvercle de 8 cm de diamètre
- 1 tasseau en bois de 45 x 22 mm
- 1 tasseau en bois de 9 x 25 mm
- Colle à bois
- Toile adhésive
- 2 clous de 3 x 50 mm



L'émetteur et le récepteur de Reis

courant est interrompu puis rétabli rapidement. En plaçant plusieurs de ces bobines sur une table, Auguste de la Rive espère produire une véritable *musique galvanique*.

Jusqu'en 1852, diverses catégories de vibreurs électriques sont réalisées par Froment et Petrina qui reprennent les idées de Mac Gauley, Wagner, ou encore le physicien allemand Neef. Ce dernier produira notamment une sonnette à l'usage du télégraphe électrique qui, sous le nom de *trembleur de Neef*, fonctionne comme suit : la tige d'un marteau en fer est attirée vers un électro-aimant dès que circule un courant. Alors que le marteau frappe le timbre, le circuit de la bobine s'ouvre et le marteau retombe sous l'effet d'un contre-poids, ce qui a pour effet de fermer à nouveau le circuit et de relancer le marteau.

Plus tard, E. Gray propose un appareil capable de transmettre une mélodie qui, produite à Philadelphie, sera entendue à New York. Son appareil se distingue par l'application d'un procédé dont le physicien Helmholtz est l'auteur et qui consiste à utiliser des émetteurs de vibration directement couplés à des résonateurs.

Chaque appareil de vibration est constitué d'une paire d'électro-aimants qui, comme pour le trembleur de Neef, font vibrer une lame dont la longueur correspond à la note désirée. Les impulsions envoyées dans un conducteur sont acheminées vers autant de blocs résonateurs qui font entendre une note. Chaque résonateur étant calé sur une fréquence qui correspond à une note et une seule, il est alors possible d'envoyer sur un simple fil télégraphique toutes les impulsions qui seront automatiquement 'triées' à l'arrivée.

Ce procédé de transmission des sons musicaux ne fut pas le seul proposé par Gray. Il commente ainsi l'une de ses découvertes : *"Mon neveu jouait avec une petite bobine d'induction et, suivant son expression, donnait des commotions pour amuser des petits enfants.*

*Il avait relié l'une des extrémités du circuit induit à la doublure en zinc d'une baignoire sèche en ce moment là. Tenant de la main gauche l'autre extrémité de la*

*bobine, il toucha de la main droite le zinc. Lorsqu'il établissait ainsi le contact, la main glissait un peu le long de la paroi; à ce moment j'entendis un son sortant de dessous la main au point de contact. Ce son me parût de même hauteur et de même qualité que celui de l'interrupteur ou électrotonne vibrant de l'interrupteur que j'entendais également... Poursuivant cette idée suggérée par l'expérience de la baignoire, je construisis plusieurs appareils avec des plaques métalliques pour la réception d'un son au moyen du frottement de la main..."* Ces divers dispositifs qui fournissent des sons de hauteurs diverses ne permettent pas de produire autre chose qu'une série de notes. Ils ne reproduisent pas les modulations complexes de la voix humaine.

## ■ Transmettre la parole

A partir de 1850, quelques chercheurs imaginent qu'il est possible de transporter la voix, sans pour autant disposer des moyens techniques d'une telle transmission, en se basant simplement sur les travaux déjà cités. C'est Antonio Meucci en Italie, Edward Farrar aux États Unis ou encore Charles Bourseul en France. Ce dernier travaillait comme simple agent des télégraphes au bureau de la Bourse de Paris. Il imagine alors un appareil portable de transmission de la parole qu'il ne peut réaliser du fait du peu d'enthousiasme manifesté par une administration française en bute avec les difficultés soulevées par la mise en place du télégraphe électrique.

Dans le numéro de *l'Illustration* du 26 août 1854, Charles Bourseul écrit à propos du principe de ce mode de transmission que *"Je me suis demandé, par exemple, si la parole elle-même ne pourrait pas être transmise par l'électricité, en un mot si l'on ne pourrait pas parler à Vienne et se faire entendre à Paris. La chose est praticable; voici comment :*

*Les sons, on le sait, sont formés par des vibrations et appropriés à l'oreille par ces mêmes vibrations que produisent les milieux intermédiaires.*

*Mais l'intensité de ces vibrations diminue très rapidement avec la distance, de sorte qu'il y a, même en employant des porte-voix, des tubes et des cornets acoustiques, des limites assez restreintes qu'on ne peut dépasser. Imaginez que l'on parle près d'une plaque mobile assez flexible pour ne perdre aucune des vibrations produites par la voix, que cette plaque établisse et interrompe successivement la communication avec une pile; vous pourrez avoir à distance une autre plaque qui exécutera en même temps les mêmes vibrations. Il est vrai que l'intensité des sons produits sera variable au point de départ où la plaque vibre par la voix et sera constante au point d'arrivée où elle vibre par l'électricité; mais il est démontré que cela ne peut altérer les sons".*

Les appareils décrits par Charles Bourseul possèdent dans les grandes lignes les caractéristiques des téléphones qui seront produits par la suite.

## ■ Le téléphone

En 1861, l'Allemand Philipp Reis, alors professeur de musique et de physique à Friedrichsdorf, à proximité de Francfort, fabrique un appareil expérimental de transmission à distance d'une mélodie. Celui-ci se présente sous la forme d'un émetteur et d'un récepteur séparés, reliés simplement par deux conducteurs. Le transmetteur est une boîte sur laquelle est fixé un conduit acoustique. Sur son couvercle, Reis a placé un diaphragme constitué d'une membrane qui vibre au moindre son. Au centre du diaphragme, une tête constituée d'un fil en platine dont la hauteur est réglable à l'aide d'une vis, vibre en suivant les mouvements de la membrane. Il en résulte des interruptions extrêmement rapides au niveau d'une lame de platine posée sur la tête et donc, des oscillations sur le circuit électrique.

Pour reproduire le son, Reis imagine un récepteur qui s'apparente aux appareils de musique galvanique, en ce sens qu'il consiste en une aiguille à tricoter métallique autour de laquelle il enroule un conducteur isolé qui forme une bobine. Les extrémités de l'aiguille sont prises



Charles Bourseul



Philipp Reis (1870)

dans un support solidaire d'une caisse de résonance en bois. Bien que permettant de diffuser des sons musicaux, l'appareil de Reis qu'il baptise du nom de *téléphone* n'est pas suffisamment sensible pour transmettre la voix.

## ■ Le téléphone de Gray

L'idée du téléphone circulant en Europe et aux États-Unis, il est normal que plusieurs inventeurs se soient penchés sur sa fabrication. Il est rare cependant que deux chercheurs effectuent le dépôt de leur brevet pour des inventions semblables à quelques heures d'intervalle, comme ce fut le cas pour Elisha Gray et Alexander Graham Bell, le 14 février 1876. Ce dernier ayant devancé Gray, c'est à son nom que reste attachée l'invention du téléphone.

Voici comment Gray décrit son téléphone dans la notice du brevet, *"...L'objet de mon invention est de transmettre la voix au travers d'un circuit télégraphique et de la reproduire sur la terminaison de la ligne, afin de transporter sur de grandes distances les conversations de personnes éloignées.*

*...Pour répondre aux attentes de mon invention, j'ai construit un appareil capable de vibrer en suivant les tonalités de la voix humaine, et par lequel elles sont rendues audibles.*

*Dans les schémas ci-joints, j'ai montré un équipement exprimant mes améliorations dans la meilleure voie qui me soit connue, bien que j'envisage une grande variété d'applications et de modifications de détail dans la construction des appareils, parmi lesquels ceux que suggèrent évidemment un électricien compétent ou une personne versée dans les sciences acoustiques qui observent cette application.*

Dans la suite du texte de son brevet, Elisha Gray décrit le fonctionnement de ses appareils comme suit :

L'émetteur consiste en une chambre (A sur l'illustration) qui se termine par un diaphragme découpé dans une substance mince et souple, capable de vibrer au son de la voix. Une tige en métal conducteur, attachée au centre de la membrane, plonge dans un récipient B, en verre ou tout autre matériau isolant contenant de l'eau, et auquel est attaché un connecteur. Lorsque le conducteur, attaché à la membrane et auquel est relié un conducteur, est soumis à des variations d'amplitude dans le récipient qui contient l'eau, se produit alors une variation de la résistance du circuit. Du fait que la résistance varie en fonction des vibrations du diaphragme, il devient possible de transmettre le signal variable sur un simple conducteur, le retour s'effectuant directement sur la terre.

Le récepteur est quant à lui composé d'un simple électro-aimant de conception ordinaire mettant en action le diaphragme placé au fond de la chambre C.

P. RYTER