

électronique

n°45

juin 1992

22 F/160 FB/7,80 FS

mensuel

# elet

trieur de transistors

l'impédance des haut-parleurs



explorez l'électronique

**impédancemètre  
pour haut-parleurs**

M 2510 - 45 - 22.00 F



6 et 8 ➤ Elexprime

24 ➤ mots croisés

56 ➤ petites annonces gratuites

## I . N . I . T . I . A . T . I . O . N

4 ➤ Rési & Transi : bande dessinée

25 ➤ système K : le transistor commutateur (2<sup>e</sup> partie)

9 ➤ l'impédance des haut-parleurs

28 ➤ la doc ad hoc : fiches de caractéristiques  
de l'UAA170 et de UAA180

45 ➤ mini-circuit : interrupteur turbo

53 ➤ mini-circuit : générateur à un seul transistor

## R . É . A . L . I . S . A . T . I . O . N . S

13 ➤ impédancemètre pour HP

19 ➤ api : ampli-préampli intégré  
suite et fin (plan de câblage détaillé)

32 ➤ protection contre les surtensions

36 ➤ trieur universel de transistors

40 ➤ témoin de fonctionnement

42 ➤ limiteur de courant

46 ➤ feu arrière à LED pour vélo

48 ➤ veilleur de nuit

54 ➤ haut-parleur pour courant continu

Tout d'abord félicitations pour votre revue dont je ne rate pas un numéro depuis un an et demi, époque où je l'ai découverte. Je prends la plume un peu tardivement, l'écriture n'étant pas mon fort, pour vous signaler une erreur (double) relevée dans le n°42 de mars 92. La fréquence superposée au réseau 50 Hz pour commuter les relais change-tarifs n'est ni 750 Hz, ni 150 Hz mais 175 Hz (pour ce qui est du réseau EDF car je crois savoir qu'Électricité de Strasbourg utilise du 188 Hz). En effet utiliser du 150 Hz serait catastrophique... harmonique 3 oblige ! En temps qu'agent EDF (amateur d'humour parfois grinçant même à l'encontre de la société qui m'emploie...) je me devais de rectifier cette erreur (de jeûne est-ce ?). Salutations et encore bravo pour votre façon de nous apprendre l'électronique

**P. Henry**  
70000 VESOUL



Et pan sur le bec de Rézi tu se croit toujours si malin ! Pour ce qui concerne les Alsaciens, tout le monde sait depuis l'invention de la choucroute que ce sont des extrowurst, ce dont nous n'avons aucune raison de nous plaindre.

Bonne revue, agréable, pagination intéressante. Souhaiterais que chaque réalisation soit accompagnée d'un plan de circuit imprimé.

**Jean-Claude Lapouille**  
62460 Dieval



On travaille, on travaille. Il y en aura de plus en plus, mais de là à en demander pour chaque réalisation, vous y allez fort.

[...] Côté technique, c'est bien, ça progresse doucement, juste à mon rythme. Enfin, côté circuit imprimé, ça a été long à s'y mettre. Personnellement j'aimerais que chaque réalisation possède l'implantation, sur platine ELEX et un typon (pour faire un vrai CI). Mais gardez tout de même les plaquettes ELEX, je crois que c'est un atout important pour les personnes qui n'ont pas la possibilité de graver des CI (j'ai été dans ce cas et lorsque j'avais 13 ou 14 ans, j'aurais été content d'avoir eu les circuits ELEX tout gravés pour faire mes bidouilles). Maintenant j'ai grandi, oh pas beaucoup ! j'ai 19 ans, mais je suis toujours aussi passionné par l'électronique et j'apprécie beaucoup tous vos montages HF ( je pratique l'écoute Radio à l'aide de mes bidouilles; tiens je salue au passage tous les Amateurs licenciés de chez ELEX) car c'est un secteur de l'électronique où la théorie est assez difficile à comprendre ; cependant vos explications sont très claires et me permettent de progresser. Donc n'abandonnez surtout pas les montages ayant un quelconque rapport avec la radio. J'espère que les montages employant des synthétiseurs à PLL arriveront bientôt car ceux-ci m'intéressent beaucoup.

**Cyril MARTIN**  
03150 ST GERMAIN LE PUY

MON COUP DE CHAPEAU : au GÉNIAL dessinateur de composants hydrauliques qui a dû prendre sa retraite.

MON COUP DE SAVATE : Aux nouveaux caractères d'imprimerie depuis le n°29. Je regrette aussi l'ancienne mise en page, plus claire et agréable.

**Anonyme**



Les mérites du génial dessinateur lui ont valu (selon le principe de Peter - voir le volume 3118 du Livre de Poche (Stock) intitulé le Principe de Peter\*, par L.J. Peter et R. Hull) une promotion aussi brillante que méritée. Le voilà devenu directeur artistique, et c'est donc lui qui est responsable de ce qui vous déplaît tant à présent. Qu'est-ce qu'on en fait ?

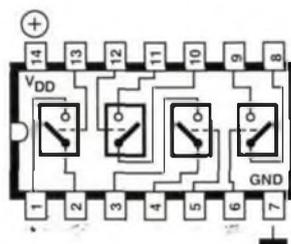
\* Pour mémoire, la formulation du principe est la suivante : "Dans une hiérarchie, tout employé a tendance à s'élever à son niveau d'incompétence."

En même temps que mon réabonnement, j'aimerais vous envoyer la question suivante : pouvez-vous dans un prochain numéro expliquer le fonctionnement du 4066 ? J'ai à ma disposition un montage basé sur lui que j'ai emprunté dans un livre, mais ce montage n'est pas expliqué du tout. Toutes les explications que j'ai pu trouver sont très théoriques, et bien que vous ayez vous-mêmes dans un précédent numéro construit un montage avec ce composant (n°26 p. 27) vous n'expliquez pas son fonctionnement. Vous remerciant par avance et félicitations pour votre revue qui est de loin la plus didactique actuellement publiée. Je souhaite simplement qu'elle le reste, et regrette un peu la clarté et la pédagogie des vingt premiers numéros.

**Joël TILQUIN**  
75010 PARIS



Il n'y a pas de 4066 dans le n°26 d'ELEX, mais on le trouve dans le n° 30, page 35, par exemple. Il est vrai en revanche que nous n'avons que peu utilisé le 4066 dans nos montages, et sans jamais en détailler le fonctionnement. C'est un circuit assez ancien, mis à toutes les sauces et sur lequel on a beaucoup glosé à une époque où ELEX n'existait encore qu'à l'état de projet. C'est sans doute la raison pour laquelle nos rédacteurs ont négligé jusqu'ici d'en faire une présentation un peu plus développée. Vous faites bien de nous le signaler. Ce serait peut-être le sujet idéal d'une prochaine livraison de la rubrique la doc ad hoc. Voici en attendant quelques éléments fondamentaux. Il s'agit d'un circuit de la famille CMOS 4XXX (alimenté entre 5 V et 15 V) formant un quadruple interrupteur (ou commutateur) pour signaux analogiques ou numériques. Dans les catalogues des fabricants, on le trouve dans les circuits logiques sous la rubrique analog switches, c'est-à-dire interrupteurs analogiques. Les quatre interrupteurs, parfaitement bidirectionnels (il n'y a pas à proprement parler d'entrée et de sortie définie) et dotés chacun d'une entrée de commande, sont totalement indépendants les uns des autres. Un niveau logique haut sur une entrée de commande établit une connexion de faible impédance bidirectionnelle entre les broches de l'interrupteur correspondant. La broche 13 commande par exemple l'interrupteur reliant la broche 1 à la broche 2. Un niveau logique bas sur cette entrée de commande interrompt la liaison de sorte que la connexion passe à l'état de haute impédance. Le circuit n'existait initialement que sous la forme du 4016, à laquelle est venu se joindre le 4066, lequel présentait une moindre résistance résiduelle à l'état passant, et une bande passante plus large. Dans bien des applications, la valeur somme toute élevée de cette résistance (quelques dizaines d'ohms dans le meilleur des cas, quelques centaines d'ohms dans des conditions moins favorables) était jugée rédhibitoire. Dans bien d'autres cas, c'est la 'lenteur' du circuit qui était en cause, de sorte que les applications pointues ne pouvaient pas avoir recours à ce composant. Plus tard, il est apparu sous la forme d'un circuit CMOS rapide dans la famille 74HC : 74HC4016 et 74HC4066 (alimenté entre 2 et 12 V). Ce qui lui vaut une nouvelle jeunesse. Vous le rencontrerez encore ici ou là au détour d'un schéma d'ELEX.



- 1 et 2 : interrupteur n° 1
- 13 : entrée de commande n° 1
- 10 et 11 : interrupteur n° 2
- 12 : entrée de commande n° 2
- 3 et 4 : interrupteur n° 3
- 5 : entrée de commande n° 3
- 8 et 9 : interrupteur n° 4
- 6 : entrée de commande n° 4



Lecteur d'Elux depuis le n°1, vous ne me refuserez pas ce service. Je suis en possession d'un transfo moulé de marque OREGA EM 93622 01 M6 avec 17 broches et je serais heureux que vous m'aidiez à retrouver le primaire et le secondaire (ou les).



J'envisage de faire une alimentation, je m'aperçois qu'elle est indispensable vu le prix des piles.

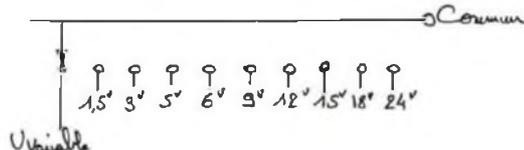
**MICHEL TERKI**  
74600 SEYNOD



D'où voulez-vous que nous sortions ce brochage ? Et puis quand bien même nous serions en mesure de le publier, pour quoi dès lors ne publierions-nous pas des brochages de transformateurs par dizaines ou par centaines, puisqu'il y a sans doute de nombreux lecteurs dans votre cas ? Pour répondre à une question comme la vôtre, il faut de la jugeote, un testeur de continuité et un ohmmètre, autant de privilèges dont bénéficie l'abonné moyen à ELEX. Vous qui êtes un abonné de la première heure, vous devriez vous donner la peine d'ouvrir votre numéro 12 d'Elux (JUIN 1989) consacré aux transformateurs. Vous y trouverez notamment page 16 un article intitulé le transformateur inconnu ! Tout y est dit sur l'art et la manière de reconstituer une fiche de caractéristiques, fût-elle approximative, de transformateurs zinconnus.

C'est assez facile. Repérez les enroulements à l'aide des deux outils mentionnés, puis comparez les valeurs de résistances relevées pour chacun des enroulements. La bobine du primaire est toujours celle qui utilise le fil le plus fin et le plus long. Elle présentera selon toute vraisemblance la plus forte résistance. À partir de là il sera facile de procéder par élimination, puis par approches successives après une mise sous tension prudente.

Enfin (ou presque) je trouve le schéma de mes rêves : une alimentation de laboratoire réglable en tension et en courant. Merci 3615 ELEX... N'étant pas un électronicien très averti je voudrais toutefois ajouter une note personnelle à cette alimentation décrite dans le n° 38. Premièrement je désirerais visualiser la limitation de courant par une LED (lorsque celle-ci entre en action), deuxièmement, la tension réglable c'est bien pratique mais un commutateur 10 positions avec des tensions fixes, ça l'est aussi.



Je vous serais extrêmement reconnaissant si vous pouviez m'aider à réaliser ces deux modifications (surtout la première). Il y a plusieurs années que je cherche une alim avec ces performances surtout avec l'indication de limitation de courant. Je modifierai le CI moi-même. Je vous demande juste le schéma pour réaliser ces deux notes personnelles. En attendant avec impatience votre réponse, vive Elux ! SVP, ne me laissez pas seul, les bras croisés. PS : Entre nous où vous êtes-vous procuré le galvanomètre de votre alimentation, il est super design ?

**PHILIPPE LEUVREY**  
38080 L'ISLE D'ABEAU



Commençons par la fin. Le galvanomètre n'a rien de spécial, il est simplement monté dans une 'fenêtre' biseautée. Ne vous laissez pas abuser par les enjoli-

veurs ! En quoi ce genre de produit ne serait-il pas à la portée du revendeur même le plus modeste ou le plus frieux ?

L'idée du commutateur à présent. Elle est excellente, et à la portée de celui qui s'attaque à la réalisation de l'alimentation elle-même. Réfléchissons ensemble : le commutateur pourrait être réalisé à l'aide d'une échelle de 10 résistances (égales chacune à un dixième de la valeur de P2) montées chacune entre deux des plots d'un commutateur rotatif à 12 positions dont le contact commun jouerait le rôle que joue maintenant le curseur du potentiomètre P2. Pour obtenir une plus grande précision de chacune des valeurs intermédiaires, vous pouvez remplacer les résistances fixes par des résistances variables que

vous réglerez une à une, voltmètre à la main. N'oubliez pas la position 0 V, bien utile en pratique. Avec les 10 résistances et

la position 0 V, nous occupons à présent onze des douze positions : la dernière est disponible pour U<sub>variable</sub>. Il suffit de monter P2 entre le dernier plot du commutateur et l'ancien point commun entre P2, IC2, R8 et C2. Ce n'est pas sorcier, ça ne demande aucune modification du circuit imprimé et ce sera utile. Visualiser la limitation de courant ? Autrement dit, visualiser un courant qui n'existe pas ! Impossible ! Nous comprenons votre intérêt pour cette visualisation, mais le fonctionnement même du circuit de limitation consiste en un va-et-vient incessant autour d'une valeur limite ; aussitôt entrée en action, la limitation de courant se remet en veille. Et le courant - qui ne cesse pas de circuler - d'en profiter pour chercher à augmenter son intensité... et crac ! la limitation de courant se remet au travail etc. La limitation de courant, c'est ce qui empêche l'intensité du courant de dépasser 1,5 A. En revanche, ce que vous pouvez visualiser, c'est l'extrémité de la plage admissible pour l'intensité du courant, au voisinage de 1,5 A. Puisque la chute de tension maximale admise sur le palpeur de courant R1 est de 1,25 V (0,182 x 1,5 A) vous ne risquez rien en montant une LED rouge en parallèle sur cette résistance. Elle s'allumera quand l'intensité du courant approchera de la valeur limite (voir aussi à ce sujet la rubrique ELEXPRIME du mois dernier).

Deux mots pour vous dire que, si vous n'avez jamais eu de commentaires au sujet du petit article paru en grec (moderne !) il y a assez longtemps déjà dans un n° d'ELEX, vous avez au moins UN lecteur qui a été agréablement surpris : moi. J'ai en effet préparé une licence de grec moderne il y a quelques années et l'article en question m'a bien sûr sauté aux yeux. Merci pour ce petit morceau d'Europe !

**E. MILONAS**  
71 MONTCHANIN



Avez-vous remarqué qu'il y avait eu aussi un ou même deux articles en turc, un article en portugais, un article en néerlandais ? Nous poursuivrons cette discrète campagne de mithridatisation. Profitez de l'occasion pour saluer bien bas le sérieux et la conscience professionnelle de nos tribuns en général et plus particulièrement des journalistes de la presse parlée française, qui se donnent un mal de chien pour ne jamais prononcer deux fois de la même manière le nom de la ville de Maastricht (ou Maestricht selon la graphie française). C'est pourtant simple : quiconque sait dire "masse stricte" - sans toutefois prononcer l'e muet de "masse" - sait dire comme il faut le nom de cette désormais célèbre ville limbourgeoise !

Il est amusant de constater que l'une des prononciations fantaisistes adoptée dans les salles de rédaction et les studios parisiens, et que l'on a même trouvée écrite ("messtriche") en dernière page du Monde (édition datée du 6 mai 1992) correspond phonétiquement - ô l'accent tonique près - à la prononciation du dialecte limbourgeois qui appelle sa capitale "M'sstrêche" comme l'alsacien appelle la sienne "Schtrôsburi" (les néerlandais, limbourgeois ou pas, appellent nos deux tringantes capitales l'une "straatsbürghe" - qu'ils écrivent Straatsburg - et l'autre "pareille-hisse" - qu'ils écrivent Parijs). On n'a pas fini d'y perdre son grec.

## EURO - COMPOSANTS

4, Route Nationale - BP 13  
Tél : 24.27.93.42

08110 BLAGNY  
Fax : 24.27.93.50

Ouvert de 9h à 12h et de 14h à 18h. Fermé le samedi après-midi.

### MESURE

APPA91 ..... 580 F M3630.....499 F  
APPA93T... 699 F M3650B.....695 F  
APPA95 ..... 799 F M4650B.....999 F  
APPA105...1290 F M4650CR...1349 F

### LISTE DE NOS PROMOTIONS CONTRE UNE ENVELOPPE TIMBRÉE.

VPC : paiement par chèque ou CB à la commande + 30 F de port, ou contre-remboursement. Franco au-dessus de 900 F. Pnx TTC

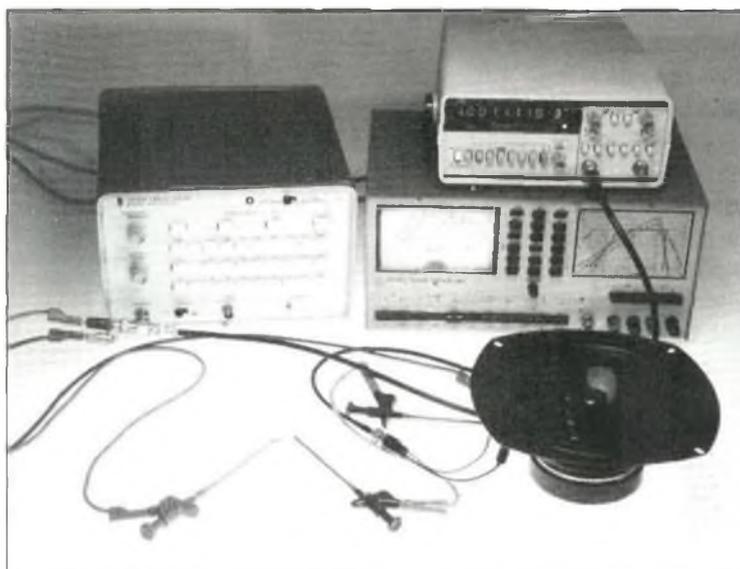
Bon à découper pour recevoir le Catalogue 1992 (décrit dans ELEX 41 page 35) contre 40 F en timbres ou chèque.

NOM : \_\_\_\_\_ PRENOM : \_\_\_\_\_  
ADRESSE : \_\_\_\_\_  
CP : \_\_\_\_\_ VILLE : \_\_\_\_\_



Nous décrivons plus loin dans ce numéro un montage destiné à mesurer l'impédance des haut-parleurs. La valeur réelle s'écarte souvent de celle qui est inscrite sur le haut-parleur ; cet appareil de mesure permet de la connaître précisément. L'article qui suit essaie de montrer d'où proviennent les différences constatées. Si vous examinez un haut-parleur à l'ohmmètre, vous constatez à chaque fois que la valeur lue est inférieure à celle qu'annonce le fabricant. Ce n'est pas étonnant en soi, puisque l'ohmmètre mesure une résistance en courant continu, alors que l'impédance, par définition, est une résistance au courant alternatif. La raison de cette différence entre les résistances en continu et en alternatif apparaît si nous considérons la façon dont un haut-parleur est construit (figure 2 – voir page suivante).

L'organe le plus important est la bobine mobile (14), qui comporte quelques dizaines de centimètres de fil de cuivre fin. La longueur et le diamètre du fil déterminent sa résistance au courant continu ; elle est de 3 Ω environ pour un haut-parleur de 4 Ω d'impédance, de 6 Ω pour un haut-parleur de 8 Ω. Comme une bobine a une certaine inductance et qu'un haut-parleur est toujours attaqué en alternatif, la réactance (résistance au courant alternatif d'une inductance) va naturellement jouer un rôle. La résistance en continu et la réactance forment ensemble l'impédance du haut-parleur.



# l'impédance des haut-parleurs

8 ohms ne sont pas toujours 8 ohms

## les variations de l'impédance en fonction de la fréquence

Comme il ne tient pas compte de la réactance, l'ohmmètre mesure quelque chose de totalement différent de l'impédance donnée pour le haut-parleur. Il ne convient pas pour ce genre de mesure. Si nous voulons obtenir une mesure correcte, il nous faut utiliser un instrument qui injecte un courant alternatif dans la bobine, pour tenir compte aussi de la réactance. C'est plus vite dit que fait, car la réactance dépend aussi de la fréquence. La relation s'écrit :

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

(X est exprimé en ohms, f en hertz, L en henrys)

Cette formule montre que la réactance d'une bobine est plus grande à haute fréquence qu'à basse fréquence. C'est valable aussi pour l'impédance. La figure 1 montre cette corrélation entre la fréquence et l'impédance. Le relief de la courbe est nettement différent de ce que l'on se laisse espérer l'indication 8 Ω donnée par le fabricant.

Tous les haut-parleurs « normaux » présentent une courbe similaire. Seules changent la hauteur et la position des bosses : un *tweeter* à dôme est conçu pour une autre plage de

Figure 1 - Ce graphique montre la variation, en fonction de la fréquence, de l'impédance d'un haut-parleur de graves de 17 cm de diamètre. La courbe est obtenue avec un impédancemètre professionnel.

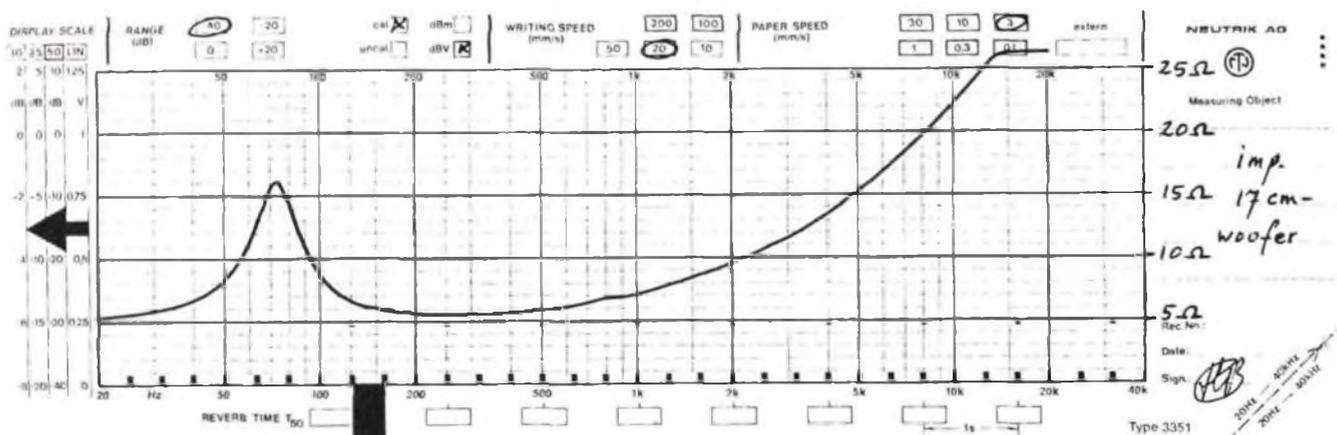
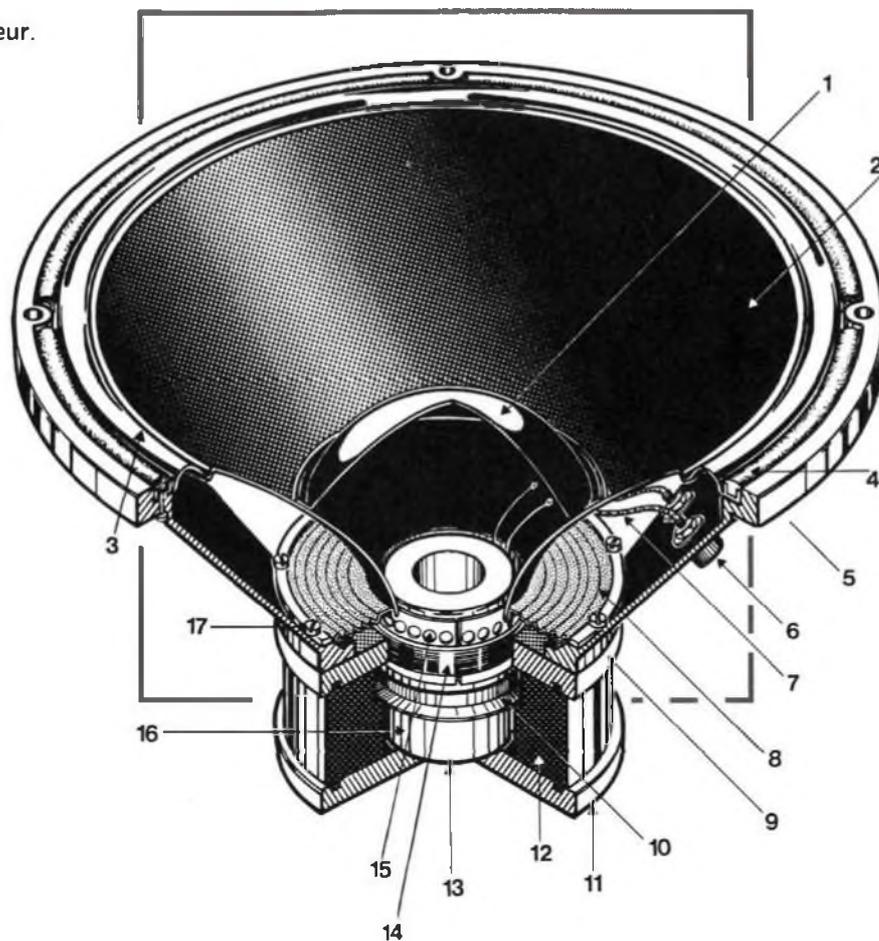


Figure 2 – Les composants d'un haut-parleur.

1. cache anti-poussière
2. membrane conique
3. suspension extérieure de la membrane
4. joint
5. châssis
6. bornes de connexion
7. fils de raccordement de la bobine
8. suspension intérieure de la membrane
9. pièce polaire avant
10. bague de court-circuit
11. pièce polaire arrière
12. aimant
13. orifice de ventilation
14. bobine mobile
15. mandrin de la bobine
16. noyau de la bobine
17. vis d'assemblage



fréquences qu'un *woofer*. En regardant la courbe de près, vous constatez que l'impédance n'est de  $8 \Omega$  que pour quelques fréquences bien précises. En fait,  $8 \Omega$  est une valeur moyenne pour la plage de fréquences à laquelle le haut-parleur est destiné.

### la résonance

La figure 1 montre que l'impédance augmente avec la fréquence, ce qui était prévisible. Ce qui est moins évident, c'est la raison de la bosse entre 70 Hz et 80 Hz. Ce pic correspond à la fréquence de résonance de l'ensemble. La masse de la membrane est fixée par des suspensions élastiques (3 et 8 de la figure 2). Les professeurs de physique (les bons, il y en a) enseignent que tout système **masse-ressort** possède une fréquence de résonance. Suivant que la membrane se meut à l'air libre ou dans une enceinte, l'air contribue différemment à la fonction de ressort du système. C'est ainsi que, par exemple, un haut-parleur qui aurait une fréquence de résonance de 25 Hz à l'air libre pourrait résonner à 40 Hz dans une enceinte close. Si le même haut-parleur est installé dans une enceinte *bass-reflex*, ce sont au contraire deux pics de résonance qui apparaissent, d'amplitude moindre, à des fréquences très proches. Ce deuxième pic est dû à la résonance propre de l'évent de l'enceinte. Nous ne nous étendrons pas plus sur ces phénomènes acoustiques qui font l'objet de gros traités et d'expériences compliquées.

### le schéma équivalent

Pour pouvoir effectuer des calculs sur les haut-parleurs, il faut leur substituer un schéma équivalent, ce qui permet de traiter des grandeurs électriques. Entendons-nous bien, ce schéma équivalent est le schéma **électrique**. Il est possible, mais nous ne le ferons pas, de simuler aussi les caractéristiques mécaniques par un schéma électrique. Le schéma équivalent est très compliqué, bien plus que celui de la figure 3, auquel nous allons nous limiter. Le schéma électrique équivalent du haut-parleur se limite à 6 composants : la résistance en continu (RCC) et l'inductance (LC) qui déterminent l'impédance pour la partie de la courbe au-delà de 200 Hz. Ce réseau est connecté en série avec un réseau de trois composants en parallèle, une bobine (LRES), un condensateur (CRES) et une résistance (RRES) ; ce réseau parallèle est responsable du pic au début de la courbe. La hauteur du pic dépend de la résistance RRES qui amortit l'oscillation du réseau LC.

La validité du schéma équivalent de la figure 1 est démontrée par la

simulation de la figure 4. Il s'agit du résultat du calcul, par ordinateur, du comportement du circuit pour une plage de fréquences donnée. La courbe en trait plein reproduit à très peu de chose près celle qu'a tracée l'impédancemètre (figure 1).

### la mesure sur les haut-parleurs

Comme nous l'avons déjà vu, un ohmmètre ne convient pas pour la mesure de l'impédance. Ces instruments travaillent en courant continu, alors que l'impédance n'a de sens qu'en courant alternatif. De plus, pour construire une courbe comme celle de la figure 1, il faut pouvoir faire varier la fréquence de mesure. Comme tout un chacun ne dispose pas d'un impédancemètre pour effectuer la mesure à des fréquences différentes, il faut mettre en œuvre le dispositif de mesure de la figure 5.

Le système comporte un générateur sinusoïdal utilisé comme source de tension alternative, que la résistance R transforme en source de cou-

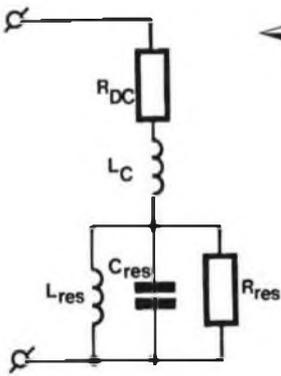


Figure 3 - Le haut-parleur se comporte comme un circuit complexe correspondant au schéma équivalent ci-dessus. Il s'agit de tout autre chose qu'une simple résistance.

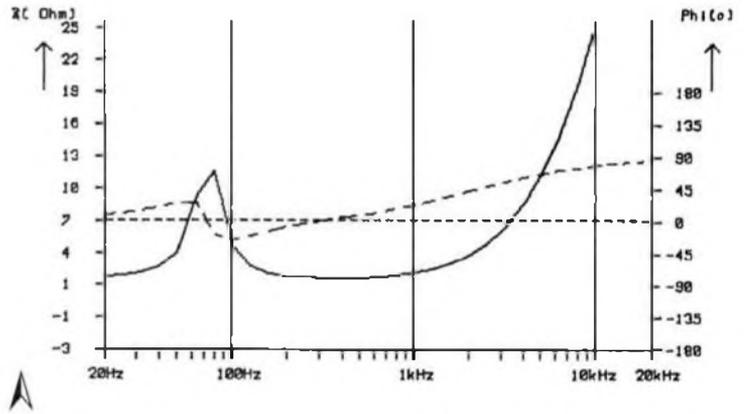


Figure 4 - L'ordinateur et les programmes de simulation de circuit permettent de calculer le comportement du circuit équivalent du haut-parleur. La ressemblance avec la figure 2 est frappante : le schéma équivalent de la figure 3 est assez proche du modèle réel. La ligne pointillée représente le déphasage, dont il faut tenir compte aussi lors du calcul d'un filtre.

rant. Si la résistance de R est assez grande par rapport à l'impédance du haut-parleur, le courant qui traversera l'ensemble sera quasiment constant (si R vaut 10 kΩ et que la tension de sortie du générateur est de 10 V, le courant variera de 1,000 mA à 0,990 mA pour une impédance de 0 Ω à 100 Ω. Comme le courant est presque constant, nous pouvons dire que la tension aux bornes du haut-parleur est proportionnelle à l'impédance ; dans notre exemple, chaque millivolt représente 1 Ω. Autrement dit, il faut que le voltmètre utilisé soit très sensible. Il faut aussi que ses indications soient fiables entre 0 Hz (continu) et au moins 20 kHz.

Il reste à construire, point par point, une courbe comme celle de la figure 1 en augmentant progressivement la fréquence du générateur. Pour des mesures simples, l'impédancemètre décrit plus loin convient parfaitement, sans l'aide d'aucun autre appareil.

### applications

Pourquoi chercher à connaître l'impédance d'un haut-parleur ? Tout d'abord il est important de ne pas connecter à un amplificateur un haut-parleur d'impédance inférieure à celle pour laquelle il est prévu. Ensuite l'impédance des haut-parleurs est de première importance lors du calcul des filtres de séparation des voies pour une enceinte acoustique. Un filtre est toujours calculé pour une charge donnée ; si la valeur de l'impédance de la charge est dif-

Figure 5 - Il est possible de tracer la courbe d'impédance d'un haut-parleur sans faire appel à un appareil de mesure professionnel spécialisé. Il suffit de réaliser le montage ci-dessus, qui ne comporte que des appareils courants, et de faire le relevé point par point.

férente de celle qui a servi pour le calcul, les caractéristiques du filtre changent aussi. En principe, il faut aussi compenser les variations d'impédance et de phase du haut-parleur (la courbe pointillée de la figure 4) en fonction de la fréquence. Cette compensation se fait par la connexion en parallèle sur le haut-parleur d'un réseau RC série comme celui de la figure 6. Pour ceux qui veulent mener des expérimentations personnelles, la formule du calcul est la suivante :

$$C = L/R^2$$

La résistance R prend la valeur de la résistance en continu de la bobine du haut-parleur, L est son inductance.

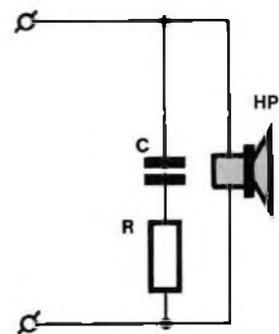


Figure 6 - Pour corriger les courbes d'impédance et de déphasage du haut-parleur, il est fréquent d'utiliser des réseaux de compensation en parallèle avec la bobine.



# impédancemètre pour haut-parleurs

gamme de mesure de 0 à 15 ohms

Pour la plupart des haut-parleurs il est assez facile de déterminer l'impédance. Elle est presque toujours indiquée sur le châssis ou bien dans la documentation qui l'accompagne. Si ce n'est pas le cas, ou si vous voulez vérifier la valeur annoncée, il vous faut un certain nombre d'appareils de mesure spécialisés, ou bien le petit instrument que nous vous proposons.

L'article *l'impédance des haut-parleurs* vous explique pourquoi il n'est pas possible de mesurer une impédance au moyen d'un simple ohmmètre ou d'un multimètre. Ces instruments ne mesurent que la résistance au courant continu, qui est toujours infé-

rieure de quelques ohms à l'impédance (la résistance au courant alternatif). Si nous voulons connaître exactement l'impédance, il faut que la mesure se fasse en courant alternatif, en principe au moyen d'appareils spéciaux précis et souvent coûteux. Si vous vous contentez d'une mesure raisonnablement imprécise, le circuit de la figure 1 peut suffire.

Cet impédancemètre comporte tous les composants nécessaires à une mesure précise ; pourtant l'appareil garde des dimensions réduites. Le compromis que nous avons trouvé entre la précision de la mesure et la complexité du circuit satisfera la plupart des amateurs constructeurs d'enceintes acoustiques.

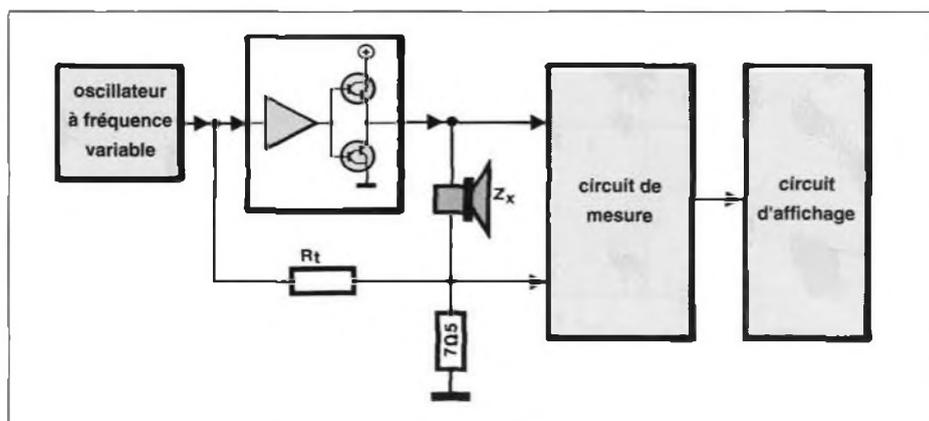


Figure 1 - La mesure d'impédance est en fait une mesure de tension. La tension (alternative) mesurée aux bornes du haut-parleur est affichée sur une échelle graduée en ohms.

les sous ensembles

Avant de nous pencher sur le schéma complet, examinons le schéma synoptique de la figure 1. Nous trouvons à l'extrême gauche un oscillateur dont la fréquence est réglable entre 300 Hz et 3 kHz. C'est nécessaire pour éviter que la fréquence de mesure tombe par hasard sur la fréquence de résonance du haut-parleur. C'est à cette fréquence qu'il présente une impédance maximale, et la mesure en serait faussée.

La tension alternative produite par l'oscillateur est amplifiée par un amplificateur opérationnel et un étage de sortie symétrique. La boucle de contre-réaction comprend, outre R1, le haut-parleur et une résistance de 7,5 Ω. Cette configuration donne une particularité au comportement de l'amplificateur : le courant qui traverse le haut-parleur est constant, donc la tension à ses bornes est proportionnelle à l'impédance. La mesure de cette tension et son affichage sur une échelle graduée en ohms nous indique directement l'impédance.

le schéma complet

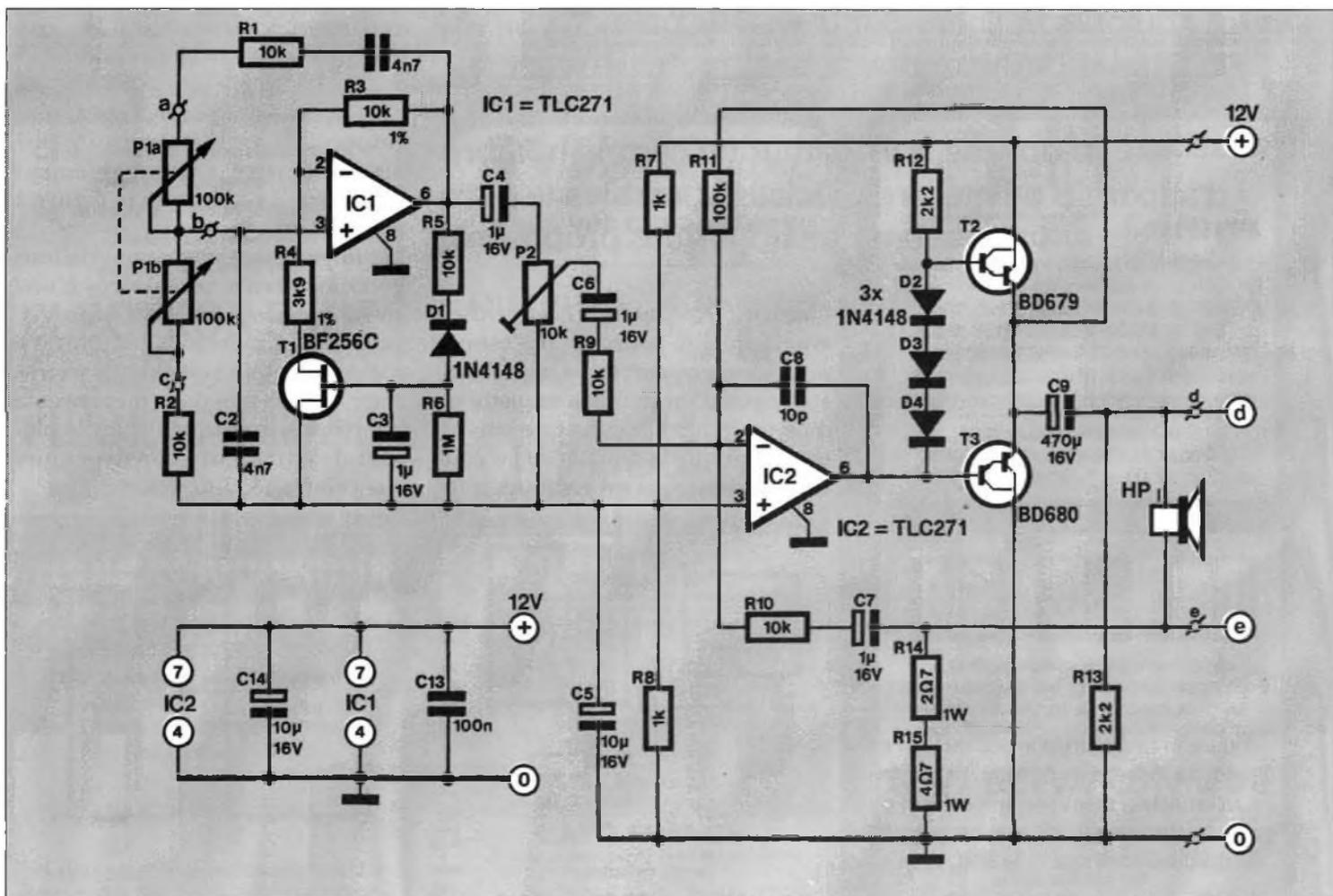
Le schéma complet est celui de la figure 2. Il est divisé en deux parties, en a l'oscillateur et l'amplificateur, en b la mesure et l'affichage. L'oscillateur construit autour de l'amplificateur IC1 est du type à pont de Wien avec une stabilisation de l'amplitude. C'est cette régulation d'amplitude qui rend le schéma plus difficile à comprendre.

L'oscillateur seul est repris sur le schéma simplifié de la figure 3. Il s'agit d'un amplificateur doté à la fois d'une réaction positive, et d'une contre-réaction. La contre-réaction par R1 et R2 lui donne le comportement d'un amplificateur normal, mais la réaction en phase par les réseaux RC le transforme en oscillateur. Le diviseur de tension RC dans la boucle de réaction positive est en fait un assemblage de filtres : passe-haut pour le réseau série, passe-bas pour le réseau parallèle. Les deux forment ensemble un filtre passe-bande. Comme les composants sont identiques dans les deux filtres, leur fréquence de coupure ( $1/2\pi RC$ ) est

la même, donc la bande qu'ils laissent passer se réduit à une seule fréquence. Le circuit oscille donc à une fréquence déterminée par la fréquence de coupure des deux filtres. Les filtres ne sont pas parfaits, ils laissent passer une fréquence déterminée, mais pas sans en changer l'amplitude, car les réseaux sont des diviseurs de tension.

L'atténuation des filtres peut se calculer à grand renfort de mathématiques, ou bien être déterminée par un programme de simulation sur ordinateur. Il suffit de dessiner le schéma à l'écran et de laisser faire la machine pour obtenir une représentation graphique du comportement du filtre. La figure 4 montre que l'atténuation minimale est de 9,5 dB pour une fréquence légèrement supérieure à 3 kHz. C'est à cette fréquence que le déphasage est nul, ou que la sortie et l'entrée sont en phase.

La réaction en phase entre l'entrée et la sortie est une des conditions nécessaires à l'oscillation, mais ce



n'est pas la seule. Le réseau de réaction atténue le signal de sortie de 9,5 dB, il faut donc que l'amplificateur apporte un gain de 9,5 dB pour que le système entretienne les oscillations. Ce gain est obtenu si les résistances de contre-réaction R1 et R2 sont dans le rapport de 3 à 1 ( $\text{dB} = 20 \log(1 + R2/R1)$ ). Autrement dit, R2 doit valoir deux fois R1. On peut en conclure, et vérifier par le calcul, que les deux réseaux du filtre ont, à la fréquence de résonance, une impédance dans le même rapport de 2 à 1 (celle du réseau série est le double de celle du réseau parallèle). À chaque instant, la tension sur l'entrée non-inverseuse (U+) est égale à celle de l'entrée inverseuse (U-), ce qui est vrai par définition pour un amplificateur opérationnel. Revenons à la figure 2a pour constater que l'oscillateur à pont de Wien est plus compliqué dans les faits que sur le schéma de principe de la figure 3. La première différence est la présence d'un potentiomètre double dans les deux branches du filtre. Son

utilité est évidente : il sert à faire varier la partie R des deux réseaux RC, par là la constante de temps, donc la fréquence de l'oscillateur. Le potentiomètre stéréophonique permet de faire varier de façon identique la constante de temps des deux réseaux. Au-delà de cette différence minime, vous remarquez la configuration de la boucle de contre-réaction. Au lieu des deux résistances toutes simples, elle met en œuvre un circuit à transistor à effet de champ. Excluons pour l'instant la partie du schéma qui est connectée à la grille pour considérer que l'espace drain-source est conducteur dans une certaine mesure. Dans ce cas, la résistance R4 et celle que forme le FET prennent la place de R1 de la figure 3. Pourquoi remplacer une résistance par un transistor ? La résistance du FET est variable, ce qui permet de modifier le gain de l'amplificateur opérationnel. C'est cette variation de gain qui permet d'adapter précisément le gain à l'atténuation des filtres. Nous avons

calculé que le filtre divise par 3 l'amplitude du signal de sortie, mais il n'en est jamais ainsi dans la pratique, d'abord à cause des tolérances des valeurs des composants, ensuite à cause de leur imperfections inévitables : le circuit lui-même est toujours inductif ; comme les résistances, les condensateurs sont affligés de pertes... Le plus gros défaut vient du potentiomètre stéréophonique ; le déplacement des deux curseurs n'est jamais parfaitement synchrone, les deux pistes ne sont pas parfaitement identiques, si bien que nous pouvons considérer que  $R1 + P1a$  n'est jamais égal à  $R2 + P1b$ . L'utilisation du FET et la commande de sa conduction par une tension dépendante de la tension de sortie permettent de compenser toutes les variations et de maintenir l'oscillateur exactement à son point de fonctionnement. Pourquoi tout ce travail alors qu'il serait si simple de donner à l'amplificateur un gain légèrement supérieur à celui qui est strictement nécessaire ? Parce que si le gain est

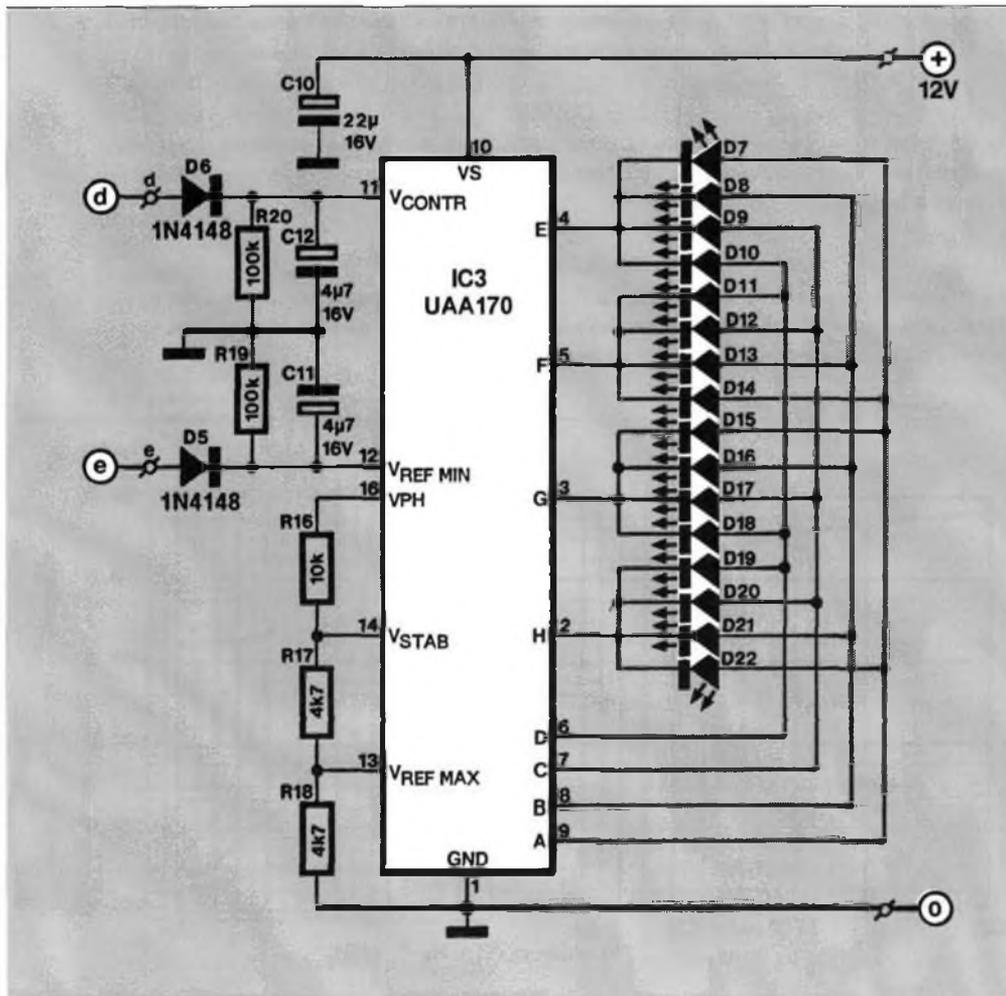


Figure 2 - Le schéma se divise en deux parties, pour la commodité de lecture. L'oscillateur et l'amplificateur d'une part, l'afficheur d'autre part.

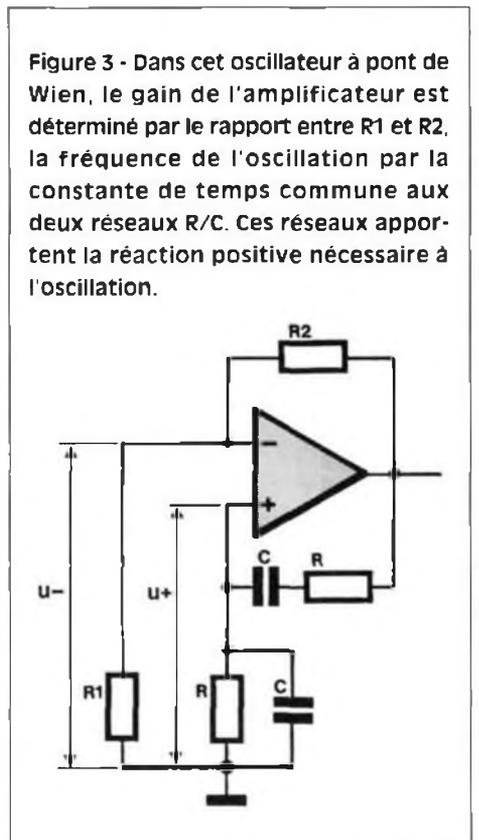


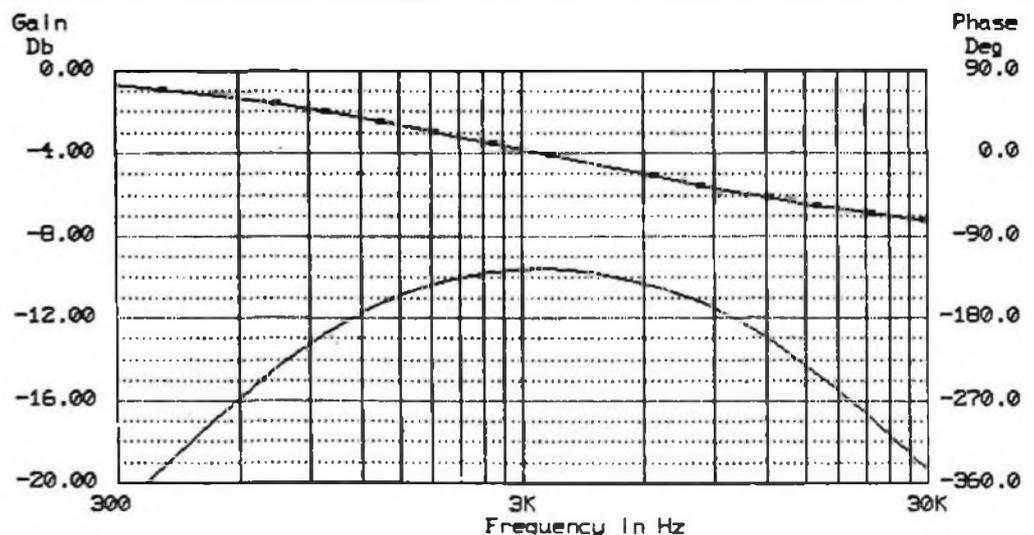
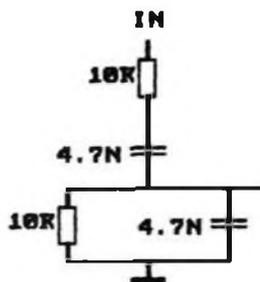
Figure 3 - Dans cet oscillateur à pont de Wien, le gain de l'amplificateur est déterminé par le rapport entre R1 et R2, la fréquence de l'oscillation par la constante de temps commune aux deux réseaux R/C. Ces réseaux apportent la réaction positive nécessaire à l'oscillation.

excessif, l'amplificateur opérationnel entrera en saturation et l'onde sinusoïdale se transformera en carré ou en trapèze, avec toutes les conséquences indésirables de la présence des harmoniques. La présence de T1 nous permet de compter sur une amplitude constante et une forme d'onde quasi-parfaite.

## l'étage de puissance

Une fraction de la tension d'amplitude constante disponible est appliquée au haut-parleur par IC2, T2 et T3. Comme nous l'avons vu sur le schéma synoptique, l'étage de puissance est construit de telle façon que la tension constante appliquée à l'entrée provoque un courant constant dans le haut-parleur. Ce résultat est obtenu grâce à la contre-réaction opérée par R10 et C7 : la tension d'entrée appliquée à l'entrée inverseuse est comparée à celle que produit aux bornes de R14/R15 le courant qui traverse le haut-parleur. La ligne de masse de l'oscillateur et de l'amplificateur mérite une remarque. Comme nous travaillons avec des tensions alternatives, il aurait fallu que l'alimentation soit

Figure 4 - La représentation graphique facilite la compréhension des phénomènes. Les programmes de simulation facilitent le travail des dessinateurs, même s'ils n'améliorent pas l'aspect des illustrations. Accessoirement, l'intervention de Sa Majesté l'ordinateur donne au document et au propos un caractère incontestable qui dispense de toute explication supplémentaire.



elex-abc

## réaction

La réaction consiste à réinjecter d'une façon ou d'une autre une fraction de la tension de sortie à l'entrée d'un circuit. Selon les cas, le signal réinjecté peut s'ajouter ou s'opposer au signal d'entrée ; on parle alors soit de contre-réaction soit de réaction positive.

## contre-réaction

Dans ce mode de réaction le signal de sortie, d'un étage amplificateur par exemple, est ramené à l'entrée en opposition de phase. La conséquence est une diminution du gain (par exemple le gain d'un amplificateur opérationnel, de 100000 en boucle ouverte, passe à 10 ou 100 du fait de la contre-réaction). La contre-réaction diminue le taux de distorsion, du fait que les déformations apportées par l'amplification sont ramenées à l'entrée pour y être corrigées.

## réaction positive

Dans la réaction positive, le signal de sortie est ramené à l'entrée en phase avec le signal d'entrée. C'est donc la somme du signal de sortie et du signal d'entrée qui est à nouveau amplifiée, ce qui rend le plus souvent le système instable. Les exemples les plus courants sont l'oscillateur et le comparateur à hystérésis. Dans ces deux types de montage, une fraction du signal de sortie est ramenée à l'entrée. L'oscillateur balance en permanence entre deux états, le comparateur passe rapidement d'un état à l'autre.

## filtre passe-bande

Le filtre passe-bande ne laisse passer sans atténuation que les fréquences comprises dans une bande déterminée. C'est une combinaison d'un filtre passe-haut et d'un filtre passe-bas.

## filtre passe-haut

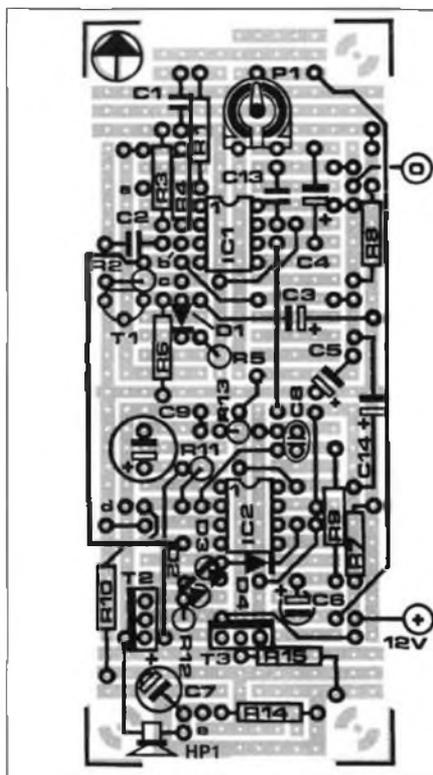
Le filtre passe-haut ne laisse passer sans atténuation que les fréquences supérieures à la fréquence de coupure. Les fréquences inférieures sont fortement atténuées. Le taux d'atténuation dépend d'abord de l'écart entre la fréquence considérée et la fréquence de coupure, ensuite de la pente du filtre. Un signal dont la fréquence est proche de la fréquence de coupure n'est que légèrement atténué, alors que des signaux de fréquence dix fois moindre, suivant le type de filtre, seront atténués 5 ou 10 fois.

## filtre passe-bas

Le filtre passe-bas est comparable au filtre passe-haut. Il suffit de remplacer supérieur par inférieur dans la description : il laisse passer sans atténuation les fréquences inférieures à la fréquence de coupure.

## fréquence de coupure

La fréquence de coupure d'un filtre, qu'il soit passe-bas ou passe-haut, est celle pour laquelle le signal est atténué de 3 décibels. L'atténuation de 3 dB correspond à une division par 2 de la puissance du signal, ou par  $\sqrt{2}$  de sa tension.



symétrique. En fait, pour éviter une alimentation double, nous avons divisé la tension d'alimentation unique par les résistances R7 et R8. C'est le point commun de ces résistances qui fait office de masse aussi bien pour l'oscillateur que pour l'amplificateur. Les tensions continues sont découplées par des condensateurs pour l'entrée, la contre-réaction et le circuit de puissance.

Figure 5 - L'oscillateur et l'amplificateur se logent sur une platine d'expérimentation de format 1.

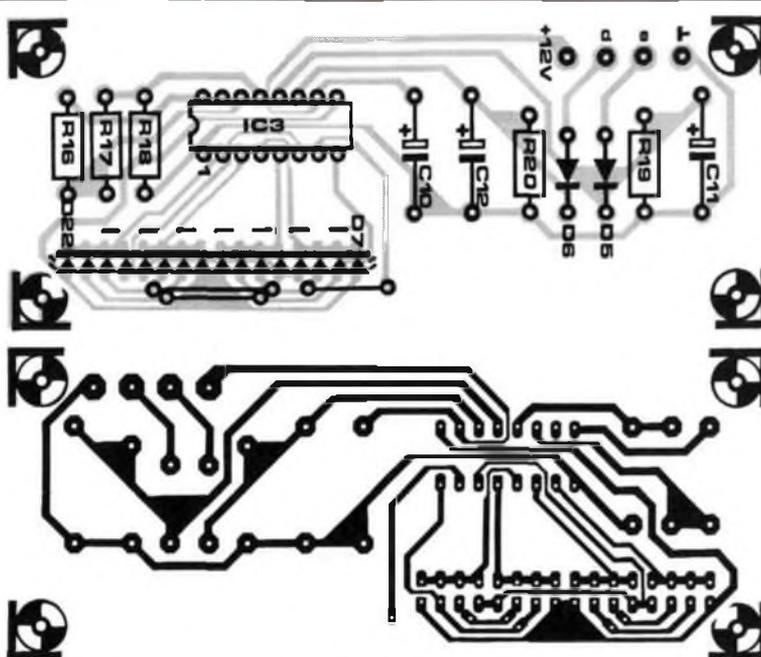
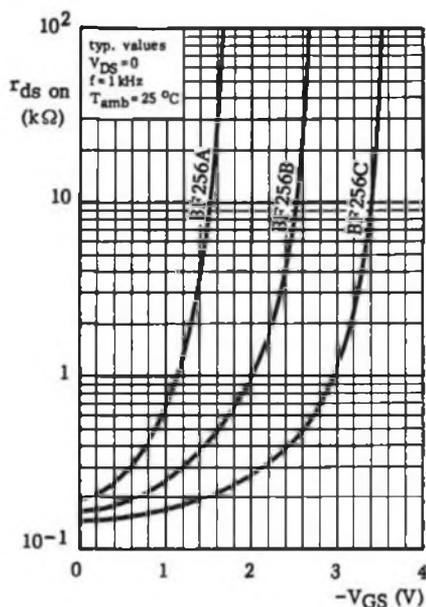


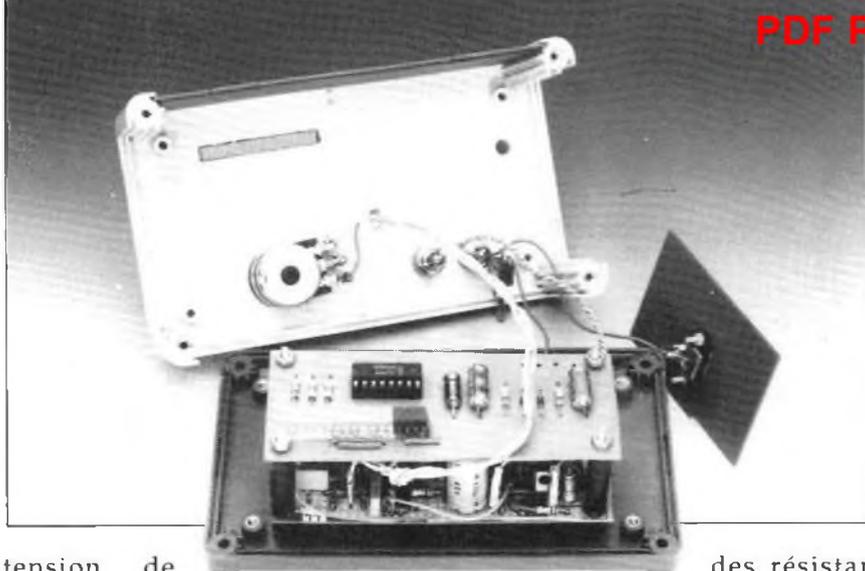
Figure 6 - La partie mesure et affichage est montée sur un circuit imprimé de même format que la platine d'expérimentation.

### mesure et interprétation

La tension entre les points d et e est une image de l'impédance puisque le courant de sortie, à travers le haut-parleur, est constant. Nous pouvons donc utiliser tout simplement un voltmètre dont l'échelle est graduée en ohms. N'importe quel multimètre connecté entre d et e convient en théorie, mais hélas pas en pratique. Les multimètres sont conçus pour des tensions sinusoïdales, comme celle que nous voulons mesurer, mais tous n'acceptent pas des fréquences de 3 kHz. Il nous faut donc utiliser un instrument de mesure adapté à la gamme audio. Comme ces appareils sont plutôt chers, nous avons préféré construire le nôtre, celui de la figure 2b : deux redresseurs et un voltmètre pour courant continu. Une fois les tensions redressées, il est vrai que n'importe quel voltmètre pourrait convenir, mais nous serions embarrassés par l'étalement. Avec le voltmètre que nous allons construire, la graduation de l'échelle ne pose aucun problème, comme nous allons le voir. La partie la plus importante du montage est le circuit intégré UAA170. Il contient un circuit qui mesure la tension de la borne 11 par rapport à la masse et commande l'allumage d'une LED dans une rangée de 16. Ce que l'affichage indique, c'est la

## liste des composants

- R1,R2,R5,R9, R10,R16 = 10 kΩ
- R3 = 10 kΩ 1 %
- R4 = 3,9 kΩ 1 %
- R6 = 1 MΩ
- R7,R8 = 1 kΩ
- R11,R19,R20 = 100 kΩ
- R12,R13 = 2,2 kΩ
- R14 = 2,7 Ω 1 W
- R15 = 4,7 Ω 1 W
- R17,R18 = 4,7 kΩ
- P1 = 100 kΩ pot. stéréo lin.
- P2 = 10 kΩ variable
- C1,C2 = 4,7 nF
- C3,C4,C6,C7 = 1 μF/16 V
- C5,C14 = 10 μF/16 V
- C8 = 10 pF
- C9 = 470 μF/16 V
- C10 = 22 μF/16 V
- C11,C12 = 4,7 μF/16 V
- C13 = 100 nF
- D1 à D6 = 1N4148
- D7 à D22 = LED rectangulaire
- T1 = BF256C
- T2 = BD679
- T3 = BD680
- IC1,IC2 = TLC271
- IC3 = UAA170



## la construction

Les deux parties du schéma ont été converties en deux platines : une platine d'expérimentation pour l'oscillateur et l'amplificateur, un circuit imprimé pour la partie mesure et affichage. Comme la platine d'expérimentation est relativement compliquée à câbler, du fait du nombre de ponts en fils, il est recommandé de coller, comme guide, une photocopie du plan d'implantation (figure 6).

tension de sortie de l'amplificateur par rapport à la masse, c'est-à-dire celle du haut-parleur augmentée de celle des résistances R14 et R15. Une astuce nous permet de soustraire cette tension du total. Les LED représentent une plage de tension déterminée par le potentiel de la broche 12 (limite inférieure) et celui de la broche 13 (limite supérieure). Dans ce circuit, la tension maximale est fixée à 2,5 V (la moitié d'une tension de référence interne disponible à la broche 14), alors que la tension de référence basse est fixée par la tension aux bornes

des résistances R14 et R15. Elle est constante puisque l'amplificateur maintient un courant constant, et égale à 0,833 V quand l'appareil est étalonné. Il nous reste à calculer la plage de tension pour que chaque LED représente 1 ohm, en commençant par zéro. Si la dernière LED (D22) est allumée, l'impédance du haut-parleur est de 15 Ω ou plus ; si c'est D15, l'impédance est de 8 Ω ; si c'est D7, il se passe quelque chose d'anormal, comme un court-circuit, car 0 Ω n'est pas une impédance normale pour un haut-parleur.

Le câblage de la partie mesure et affichage, sur le circuit imprimé de la figure 7, ne posera aucun problème, si vous faites attention au sens des condensateurs polarisés. Pour rendre l'affichage plus lisible, nous vous suggérons de monter pour D11 (4 Ω) et D15 (8 Ω) des LED jaunes, pour D7 à D10 des rouges (impédances trop faibles), enfin des vertes pour les autres.

Une fois les deux platines câblées, il reste à les monter dans un coffret et à les relier entre elles. Les photos du prototype sont un guide précieux pour ces opérations. Pour finir, il faut prévoir une source de tension, simple, de 12 V pour l'alimentation. Vous pouvez utiliser un régulateur 7812 et un bloc secteur de 0,5 A, ou une alimentation de laboratoire.

## réglage et utilisation

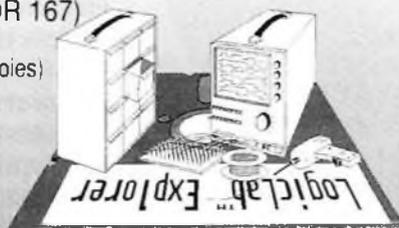
L'impédancemètre ne sera prêt à l'utilisation qu'une fois étalonné. L'échelle particulière va d'ailleurs nous faciliter l'opération. L'étalonnage consiste simplement à connecter aux bornes de mesure une résistance de 8 Ω précisément et à tourner le potentiomètre P2 jusqu'à ce que la LED D15 soit la seule allumée.

L'instrument est prêt à mesurer l'impédance de la plupart des haut-parleurs. Attention cependant aux nombreux facteurs qui peuvent influencer, ou fausser, la mesure. Le plus important est la résistance des raccordements. Si vous utilisez des douilles de mauvaise qualité ou si vous raccordez le haut-parleur au circuit par des *grippe-fil* douteux, vous risquez fort de lire quelques ohms de plus que la réalité. 896081

### LOGIC LAB EXPLORER

Logiciel de simulation logique à la portée de tous.  
(Décrit dans ELEKTOR 167)

- Puissant (Analyseur 16 voies)
  - Rapide
  - 100% graphique
  - Ultra convivial
- Et ce n'est pas tout...



LOGIC LAB EXPLORER..... 103.3500 **590,00F**  
seulement

FICHE TECHNIQUE DETAILLEE SUR SIMPLE DEMANDE

### NOUVEAU

**CARTE  
A MEMOIRE  
PHILIPS**  
PCF 8582 A/MC 100

Carte à puce programmable avec EEPROM 256x8  
et compatible I2C

LA CARTE..... 103.3230 **85,00F**

**DERNIERE  
MINUTE !**

**STYLO LASER**  
1mW  
Rouge - 670 nm  
Portée moy. : 100 m

LE STYLO-LASER..... 103.2221 **1193,00 F**

# Selectronic

BP 513 - 59022 LILLE - Tél. : 20.52.98.52  
FAX 20 52 12 04 - TELEX 820939

L'article du mois dernier, qui traitait surtout de théorie (sur le fonctionnement des transistors), n'a pas laissé assez de place pour la description d'applications pratiques. Nous allons donc continuer de parler du transistor en mode de commutation, apporter quelques éclaircissements, et vous proposer une nouvelle platine qui vous permettra de commander un relais avec des courants infimes, par l'intermédiaire d'un transistor. Nous parlerons aussi, ce que nous n'avons pas encore fait, de la deuxième ampoule de la platine du mois dernier. Il peut vous sembler curieux aussi que nous proposons une nouvelle platine à l'occasion de chaque article, pour des expériences somme toute assez simples. Avec un peu d'astuce, il aurait même été possible de câbler le montage à transistor du mois dernier sur la platine à résistances. En fait, toutes ces platines sont les éléments d'un jeu de construction qui vous permettra des expérimentations plus complexes. Vous les trouverez toutes prêtes au fur et à mesure des besoins.

### où en étions-nous avec ce commutateur ?

Il s'agissait, en connectant par un fil la résistance de base au pôle positif, d'allumer la lampe montée en série dans le circuit de collecteur. Nous avons disposé un interrupteur ou quelque chose de similaire entre la source de tension et la base du transistor. La première réflexion est que pour allumer la lampe manuellement, on peut aussi bien brancher un fil entre elle et le pôle négatif de l'alimentation. C'est vrai, mais grâce au transistor nous pouvons remplacer le fil qui commande la base par un montage électronique comme un système d'alarme, une télécommande, une barrière lumineuse ou un « interrupteur à claques ». Le courant de sortie de ces dispositifs est trop faible pour commander directement une lampe ou un relais. Nous en reparlerons quand nous examinerons de plus près les circuits intégrés logiques et analogiques. Si vous avez fait les expériences du mois dernier, il est évident pour vous que le courant de commande du tran-

sistor est beaucoup plus faible que celui qui traverse la lampe. Naturellement, on peut augmenter beaucoup le courant de base, pourvu que son intensité reste en-dessous de la limite de destruction ; le transistor pourra reprendre son service comme si de rien n'était. Ce n'est pas ce qui nous intéresse ici. Un courant de commande infime suffit pour provoquer un courant intense dans la charge (à travers l'espace collecteur-émetteur), on dit que le transistor amplifie le courant. Le gain du transistor est égal au rapport entre le courant de collecteur et le courant de base. Les expériences du mois dernier vous permettent de calculer le gain des transistors dont vous disposez.

La notion de gain est souvent trompeuse pour les débutants. En principe l'amplification ne s'applique qu'à un signal : le courant mis à disposition par la source d'alimentation circule à travers la charge au rythme du faible courant de commande.

## Les avatars du transistor : la commande de relais



### la lampe dans le circuit de l'émetteur

La platine proposée dans le dernier numéro est prévue pour une autre application, plus proche du domaine de l'amplification par les transistors (technique analogique), que nous aborderons dans un autre article. Si vous connectez la lampe dans la position L2 (barrée), que vous remplacez L1 par un pont en fil, vous obtenez le même effet que précédemment : la lampe s'allume quand la résistance de base est connectée au pôle positif. En fait les phénomènes qui entrent en jeu sont d'une nature différente. En passant, une idée d'expérience : imaginez que la base du transistor est reliée au curseur d'un potentiomètre connecté entre le pôle positif et la masse. Tournez le potentiomètre vers la masse et vous verrez l'intensité lumineuse diminuer graduellement. La tension aux bornes de l'ampoule est égale à la tension sur la base, à un petit décalage près : les 0,6 à 0,7 V de la tension de seuil base-émetteur. Dans ce cas, il n'y a aucun gain en tension, mais un gain en cou-

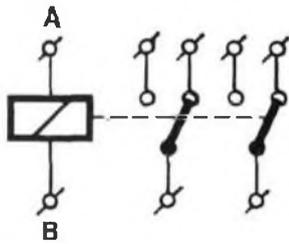
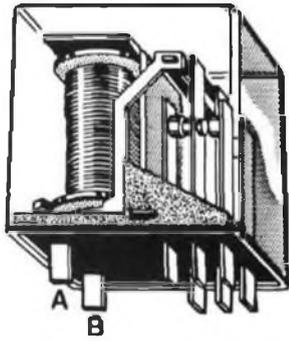


Figure 1 - Le principe de fonctionnement d'un relais : un électro-aimant attire une armature reliée par un isolant aux contacts. En b, le symbole correspondant. Le rectangle barré représente la bobine de l'électro-aimant. Les relais comportent souvent, comme celui-ci, plusieurs contacts. Dans cet exemple, il y a deux contacts supplémentaires, fermés quand la bobine n'est pas alimentée, quand le relais est au repos. On les appelle contacts « repos », le relais est dit à 2 RT (repos-travail).

rant. Donc si la tension est assez élevée, un courant minime dans la base permet aussi de commander la lampe. L'application principale de ce montage en émetteur suiveur est l'amplification en courant de signaux de forte tension mais de faible intensité, comme dans les étages de puissance d'amplificateurs BF, pour l'attaque de haut-parleurs. Encore un sujet pour les articles à venir.

### le relais

Il n'y a guère de lecteur qui ne connaisse ce composant électro-mécanique déjà ancien. Avant l'avènement du transistor et des circuits intégrés, il était utilisé chaque fois qu'il s'agissait de commander des courants forts par des courants faibles. Aussi bien les billards électriques que les juke-boxes ou les centraux téléphoniques étaient truffés de relais. Les premiers automates, qui ont précédé les ordinateurs, faisaient appel à des relais pour effectuer les différentes fonctions logiques. Il serait impossible de réaliser un ordinateur, aussi simple soit-il, au moyen de relais : il faudrait disposer d'un hangar pour installer le matériel et surtout attendre des heures le résultat de la moindre opération. Ne parlons pas non plus du prix de revient d'un tel monstre !

Pourquoi donc perdre son temps avec un composant fossile ? Ce bon vieux relais n'a pas perdu tout son intérêt. Si on compare sa fréquence de com-

mutation (quelques dizaines de hertz au maximum) à celle de transistors spéciaux ou de thyristors, il est nettement perdant. Comme nous le savons, il s'agit d'un électro-aimant qui ferme un contact dès qu'un courant suffisant traverse la bobine. Le courant qui traverse le contact n'a rien à voir avec celui de la bobine. On parle ici de séparation galvanique. C'est le premier avantage des relais sur les semi-conducteurs : le circuit de puissance est totalement séparé du circuit de commande. Supposons que nous voulons allumer une lampe en 220 V grâce à un système d'alarme. Même si un transistor de commutation peut supporter une tension aussi élevée, son émetteur est relié à la fois au circuit de commande et au circuit de puissance. L'utilisateur du montage devrait se garder de toucher un point quelconque du circuit de commande car une tension dangereuse règne entre lui et la terre.

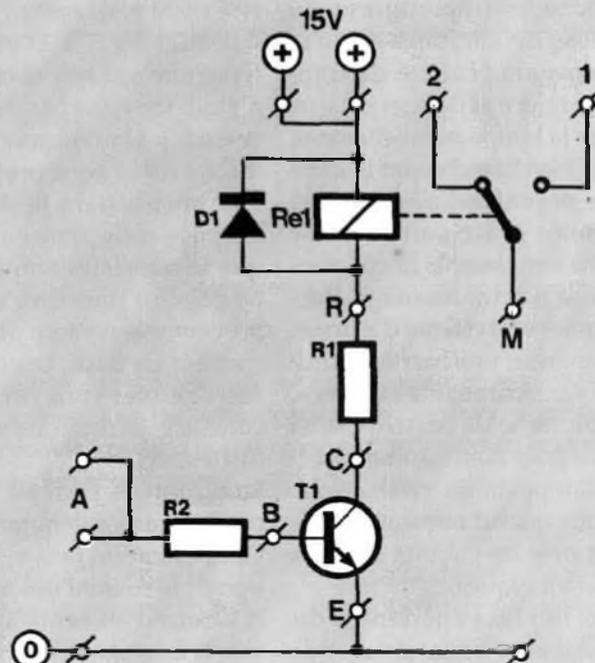
Pas de problème dans le cas du relais : les contacts sont enfermés dans un boîtier isolant, ce qui nous évite de risquer notre vie.

Le deuxième avantage du relais par rapport au semi-conducteur est que la nature du courant qui traverse le contact lui est indifférente, il peut être aussi bien continu qu'alternatif ; accessoirement, l'intensité doit être passablement élevée avant que le contact se mette à chauffer. L'intensité du courant conduit par le contact peut atteindre couramment une centaine

## composants

liste des

- R1 = 100 Ω
- R2 = 1 kΩ
- T1 = BC550B  
(BC546B, BC547B)
- D1 = 1N4148
- RE1 = par exemple V23027-A0002-A101

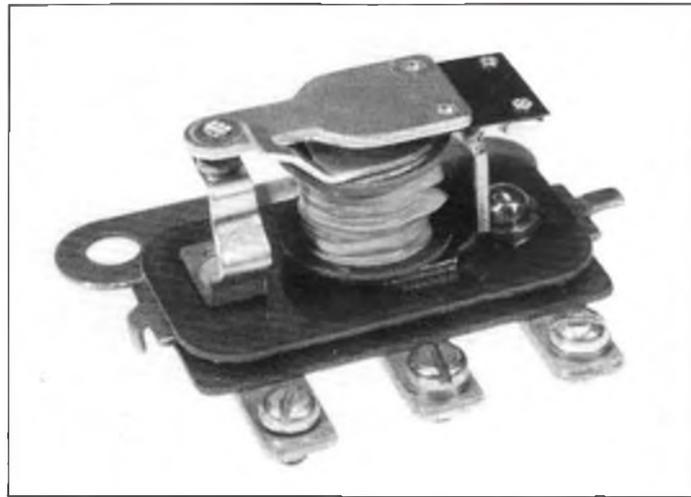


de fois celle du courant de collecteur du transistor. L'inconvénient de la lenteur peut être négligé quand il s'agit de commuter à intervalles de quelques secondes comme ce sera le cas ici. La lenteur des relais est d'origine mécanique : si on commande les contacts à une fréquence trop élevée, leur inertie les empêche de suivre les ordres instantanément ; ils commencent à vibrer et, si la fréquence augmente encore, ils ne bougent plus du tout.

La **figure 1** montre le principe de la construction d'un relais et son schéma. La **figure 2** montre le schéma de notre platine à relais. La charge du transistor (le relais) est insérée dans le circuit de collecteur, comme c'était le cas pour la lampe (montage en émetteur commun). Pour vos expériences, vous pouvez procéder aux mêmes mesures que sur le montage précédent. Au lieu de l'éclairement de la lampe, vous observerez l'ouverture et la fermeture du contact. Si le relais dont vous disposez est moulé dans du plastique opaque et que le contact n'est pas visible, utilisez-le comme interrupteur pour alimenter une lampe comme sur la **figure 3**.

Vous vous demandez peut-être ce que vient faire la diode D1, en parallèle sur la bobine du relais. L'explication suppose que nous connaissions l'auto-induction, ou *self-induction*.

Pour rester simples et ne pas trop nous étendre, nous n'en dirons que quelques mots : si on interrompt brusquement le courant qui traverse une bobine, elle présente pendant un certain temps à ses bornes une tension nettement supérieure à la tension d'alimentation, et de polarité opposée. Le courant qui traverse la bobine au moment de la rupture a tendance à continuer à circuler, dans le même sens. De récepteur, la bobine se change en source de tension ; comme le courant circule dans le même sens, la polarité change. Forcément. La tension induite peut atteindre des valeurs importantes, qui s'ajoutent à celle de l'alimentation, puisque les deux sources se trouvent en série. Le résultat peut être la destruction du transistor si sa limite de tension collecteur-émetteur est dépassée. La diode offre un chemin au courant et limite la surtension à sa tension de seuil, donc à une



valeur inoffensive pour le transistor. Du fait de son orientation, elle n'est conductrice que pour l'extra-courant de rupture (c'est comme ça qu'on l'appelle), et pas pour le courant normal qui alimente la bobine.

Voilà qui est intéressant, mais pourquoi faire précéder le relais par un transistor, puisque l'un et l'autre ont la même fonction : commander un courant fort par un courant faible ? Tout est une question de mesure. Le courant de la bobine du relais est faible si on le compare à celui des contacts, mais il peut représenter une charge excessive pour le montage qui commande le tout. C'est donc un courant

infime qui attaque la base du transistor, un courant faible qui traverse le collecteur et la bobine, enfin un courant fort qui traverse le contact du relais. Le courant infime est compatible avec les possibilités de n'importe quel montage électronique, à transistors ou à circuit intégrés. Le transistor se comporte comme un relais entre le montage et le relais lui-même.

Le prochain article traitera encore du transistor utilisé comme commutateur. Nous construirons un multivibrateur en utilisant les platines à transistors que nous avons déjà construites.

86687

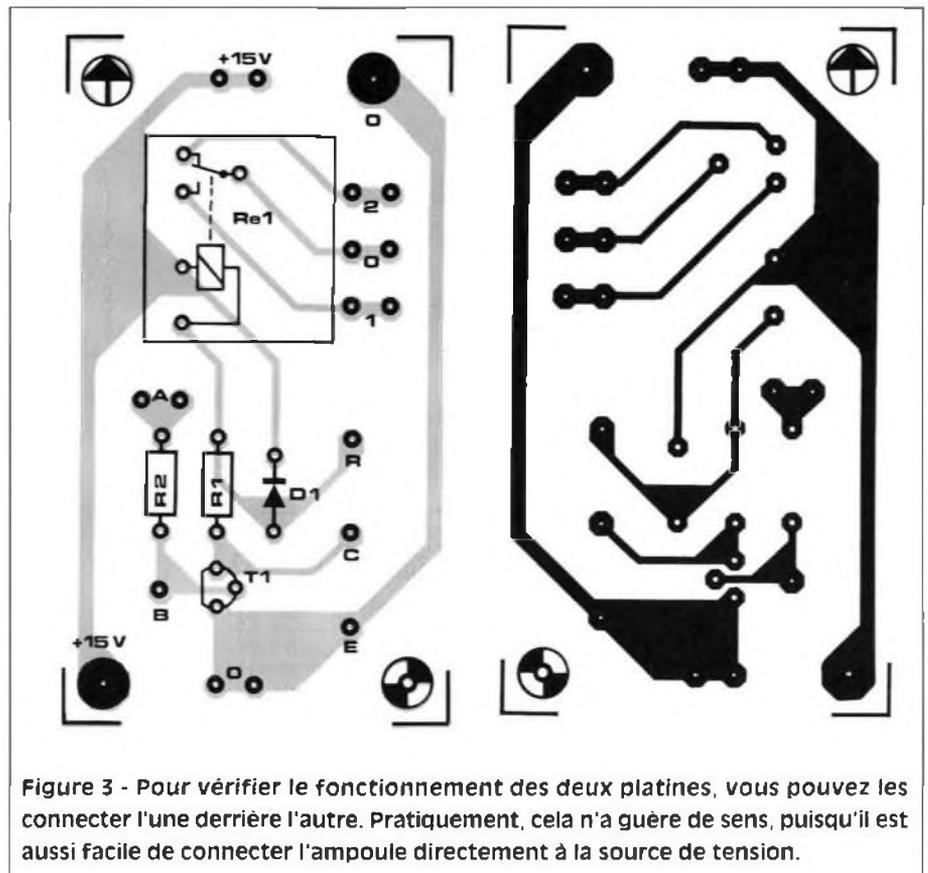
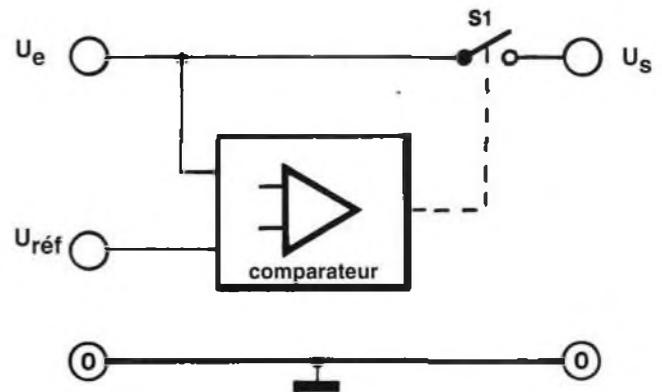


Figure 3 - Pour vérifier le fonctionnement des deux platines, vous pouvez les connecter l'une derrière l'autre. Pratiquement, cela n'a guère de sens, puisqu'il est aussi facile de connecter l'ampoule directement à la source de tension.

Bien sûr, vous avez pris la précaution de placer des fusibles aux endroits stratégiques. Si le courant dépasse leur intensité nominale, ils sautent. Il vous reste alors à chercher la cause du défaut et à les remplacer... Les fusibles ne protègent cependant pas contre les surtensions qui peuvent avoir, pour un circuit, d'aussi funestes conséquences.

Figure 1 - Le principe du circuit de surveillance est simple : la tension en provenance de l'alimentation ( $U_e$ ) est constamment comparée à une tension de référence ( $U_{réf}$ ). Suivant le résultat de la comparaison, l'interrupteur S1 est fermé, et la tension de sortie  $U_s$  est disponible, ou ouvert.



# protection contre

Vous venez de réaliser un projet brillant, supposons un circuit TTL, qui fonctionne sous 5 V. Vous le reliez à votre alimentation, réglée précisément à cette tension. Tout semble fonctionner à merveille, quand, pour une raison ou pour une autre, vous retouchez le réglage et la tension passe à 10 V ou plus. Le résultat ne se fait pas attendre, rien ne va plus, et vous êtes bon pour une poignée de circuits intégrés à remplacer. Il existe plusieurs méthodes de protection, nous en avons retenu deux : une solution rapide et économique (elle ne comporte que cinq composants) dite à **crowbar** (voyez l'*elexique* joint) ; une solution plus élaborée (plus coûteuse aussi) que nous abordons immédiatement.

## le schéma

Le synoptique de la figure 1 se laisse aisément commenter : la tension d'entrée  $U_e$  (en provenance directe de l'alimentation) est constamment comparée à une tension de référen-

ce  $U_{réf}$ . Suivant le résultat de la comparaison, un relais commande l'ouverture ou la fermeture de la ligne : si la tension reste dans les limites fixées, le relais colle et l'appareil est alimenté ; si la tension passe les bornes, le relais s'ouvre et le jus ne passe plus.

La figure 2 développe cette idée avec un luxe de composants dont nous allons voir le rôle en détail.

## version luxe

La résistance R1 et la diode D1 fabriquent une tension de référence stable de 2,7 V à partir de la tension d'alimentation. Ce qui importe ici est moins la tension que sa stabilité. La plus grande précision n'est donc pas indispensable. Un transistor T1, est câblé en parallèle à D1. Nous reviendrons plus loin sur sa fonction, pour l'instant, considérons-le comme bloqué. Ceci veut dire que la diode zener n'est pas court-circuitée et que la tension qu'elle stabilise est présente à l'entrée inverseuse (broche 3)

de l'amplificateur opérationnel IC1. Cette tension de référence est stable, dans le domaine où varie la tension d'alimentation (entre 5 V et 30 V). Il n'en est pas de même pour la tension présente à l'entrée non inverseuse, broche 2 du comparateur, fraction de la tension d'alimentation due au pont diviseur résistif R2/P1. Le condensateur électrochimique C1 évite au dispositif de répondre à de brèves impulsions parasites. La tension présente à l'entrée non inverseuse est une image de la tension d'alimentation, dont le potentiomètre P1 permet de régler la dimension.

Continuons avec IC1, LM 311, comparateur de tensions dont la sortie à collecteur ouvert nécessite une liaison avec le plus de l'alimentation par l'intermédiaire d'une résistance externe (R3, dite de *pull-up*). Les tensions présentes aux entrées (broche 2 et 3) sont donc comparées et si celle qui règne sur l'entrée non inverseuse est inférieure à la tension de référence (2,7 V), le transistor de sortie

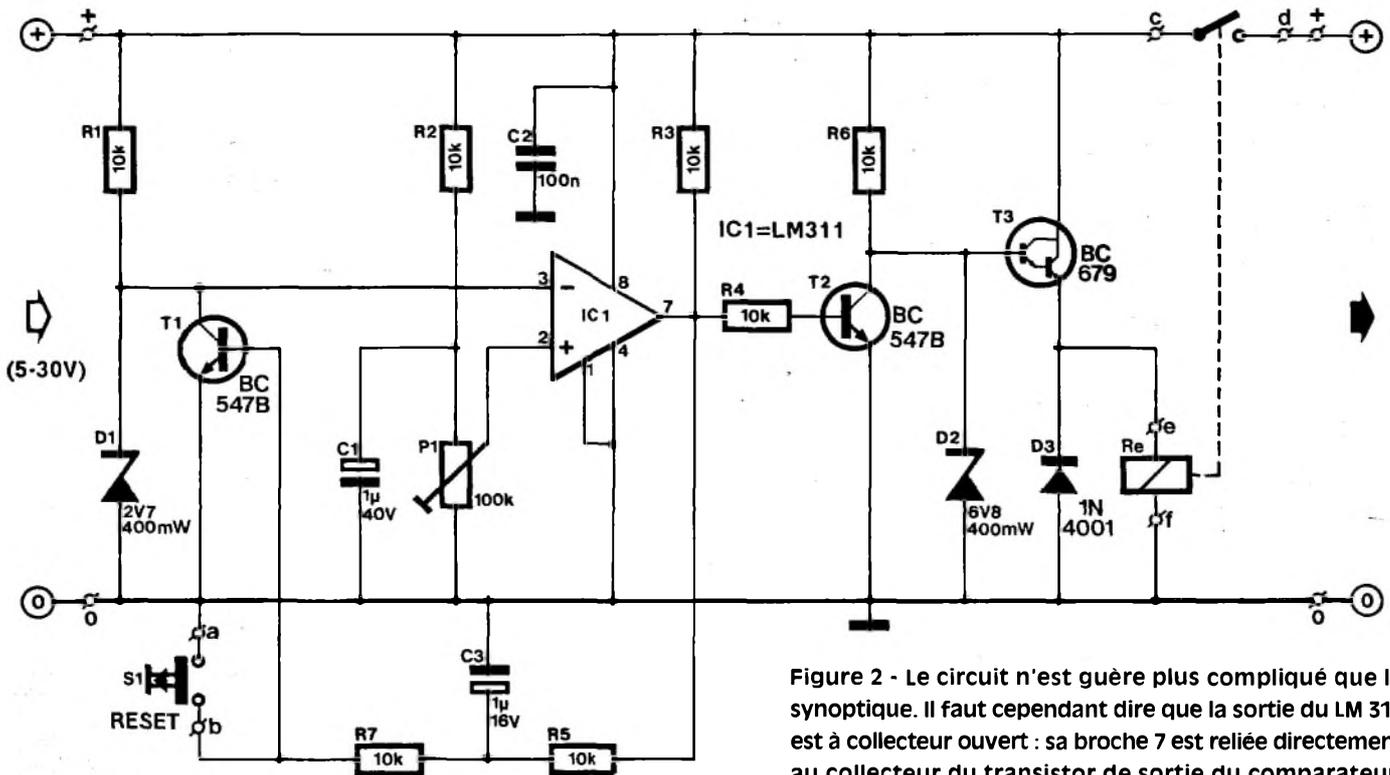


Figure 2 - Le circuit n'est guère plus compliqué que le synoptique. Il faut cependant dire que la sortie du LM 311 est à collecteur ouvert : sa broche 7 est reliée directement au collecteur du transistor de sortie du comparateur. L'entrée est à gauche et la sortie à droite : il n'y aurait cependant pas grand mal si vous les intervertissiez !

# les surtensions

d'IC1 conduit. Sur la broche 7, la tension tombe donc à 0 V (ou, plus précisément, 0,25 V) de telle sorte que les transistors T1 et T2 sont bloqués. Le blocage de T1, nous l'avons pris pour hypothèse ; celui de T2 permet à T3 (transistor de puissance) de conduire puisque la tension qui règne sur sa base est suffisante. De cette façon, le courant circule dans la bobine du relais qui ferme le contact cd et l'appareil situé en aval est alimenté. La diode zener D2 stabilise la tension qui règne sur la base de T3 entre 6 V et 7 V, desquels il faut déduire les deux "coudes de diode" du darlington, soit 1,2 V (la tension d'émetteur d'un NPN est de 0,6 V inférieure à la tension de la base, ici le NPN est double), pour obtenir la tension aux bornes du relais qui ne doit pas excéder 6 V. La diode de roue libre D3 protège le transistor, lorsqu'il se bloque, des effets qu'engendre ce blocage aux bornes du relais.

Pour une raison ou pour une autre, la tension fournie par l'alimentation

vient à monter soudainement, voire insidieusement. Son image, sur le curseur de P1, suit cette variation et dépasse la tension de référence maintenue stable grâce à la zener D1. Le transistor de sortie du comparateur s'en bloque et la tension sur son collecteur (au pied de R3) en profite pour prendre de la hauteur (à peine inférieure à la tension d'alimentation). Les transistors T1 et T2 conduisent alors et les effets de leur déblocage sont de deux ordres : puisque T1 est passant, la zener D1 est court-circuitée de telle sorte que la tension sur l'entrée non inverseuse est assurée ainsi d'être toujours supérieure à celle de référence, quasiment nulle maintenant. La fonction de T1 est en quelque sorte de mémoriser l'information "surtension" et de verrouiller la protection une fois qu'elle s'est enclenchée.

Le transistor T2 est lui aussi passant et la tension régnant sur son collecteur a chuté. Le transistor T3 ne conduit plus, le courant ne traverse plus le relais qui rouvre le contact cd, cou-

pant l'alimentation de l'appareil protégé. Une fois la cause de la surtension déterminée, il ne serait peut-être pas inutile de remettre les choses en ordre pour pouvoir continuer l'expérimentation. Le poussoir S1 est là pour ça. Il suffit de l'enfoncer pour mettre la base de T1 à la masse, ce qui a pour effet de bloquer ce transistor et de rétablir la tension de référence. Nous avons alors deux cas : ou cette tension est supérieure à celle fixée par le potentiomètre P1, ou elle est inférieure... Ce que nous avons vu plus haut. Le petit réseau formé par R5, C3 et R7 aide le circuit de protection à passer inaperçu à la mise sous tension puisque par sa présence, à ce moment-là, il porte la base de T2 au potentiel de la masse, condition nécessaire pour que la bobine du relais soit alimentée. Il faut bien sûr que l'alimentation ait un temps de réponse assez court. Si la tension est lente à s'établir, une pression sur S1 reste nécessaire pour fermer le relais.

### version tout terrain

Le schéma de cette version n'occupe pas grand place et son fonctionnement est très simple. Voyons la **figure 3**. La source est à gauche fournissant une tension  $U_e$  et l'utilisation à droite. La ligne plus du circuit comporte un fusible tout ce qu'il y a de plus ordinaire. Comment cela fonctionne-t-il ? Brutalement, sans artifices. Une diode zener, D4 est reliée par l'intermédiaire d'une résistance de limitation de courant, R8 de 100  $\Omega$ , à la gâchette d'un thyristor Th1. Le condensateur C4 n'est là que pour évacuer des impulsions parasites, il ne faut pas que la sécurité s'enclenche pour un oui ou pour un non. Dès que la tension d'alimentation dépasse la tension de zener de D4 de 0,6 V, cette diode permet au courant de gagner la gâchette du thyristor. Celui-ci, amorcé, conduit. Comme aucun composant ne limite le courant qui le traverse, il se comporte en court-circuit. Si le courant n'est pas autrement limité, il augmente rapidement et le fusible F1 rend l'âme : l'alimentation est ainsi déconnectée.

Un tel circuit porte le nom imagé de sécurité à **crowbar** et sa réaction est très rapide : quelques microsecondes suffisent pour l'amorçage du thyristor et le fusible fuse dans les millisecondes qui suivent. Inutile de dire que l'alimentation doit résister au court-circuit, sinon le remède risque

d'être pire que le mal. Il faut en outre avoir des fusibles en réserve puisque chaque fois que la protection fonctionne, il y en a un qui saute. Dans ce domaine, il ne faut pas faire de fausses économies : remplacer un fusible par du fil, ou du papier d'aluminium, peut coûter une alimentation. Mieux vaut dans ce cas ne pas utiliser ce circuit.

Pour la version de luxe, le réglage de la tension de protection s'effectue à l'aide du potentiomètre P1. Dans la version simplifiée, c'est la diode D4 qui la détermine, il faut donc la choisir correctement. On calcule sa tension de zener en déduisant de la tension de travail, 0,6 V (chute de tension gâchette-cathode du thyristor). Vous approcherez d'ailleurs beaucoup mieux de la tension de protection choisie en câblant plusieurs diodes zener en série.

### construction

Les deux versions peuvent trouver place sur une seule platine d'expérimentation de format 1 (**figure 4**). Si vous construisez les deux, coupez les pistes comme nous l'avons fait selon les pointillés. En suivant l'ordre connu : support de circuit intégré, ponts de fil, résistances, diodes, condensateurs et enfin transistors, un maximum d'erreurs sont évitées. Le fusible F1 de la version simple

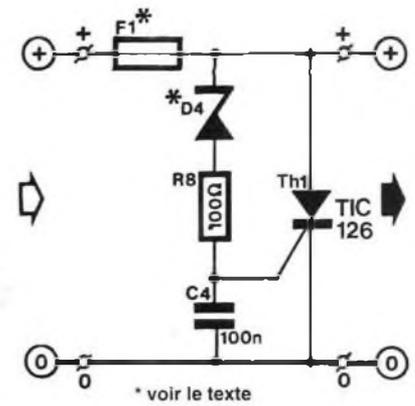


Figure 3 - L'entrée de ce circuit n'est pas loin de la sortie, ce n'est pas une raison pour vous tromper en le câblant : en reliant l'alimentation à la sortie, le fusible, de protecteur, devient protégé et le thyristor dégage à la première surtension, entraînant éventuellement l'alimentation avec lui.



**elex-abc**

**comparateur**

Un comparateur est un circuit, constitué le plus souvent d'un amplificateur opérationnel, qui fait connaître par la tension présente à sa sortie, laquelle des deux tensions présentes sur ses entrées est supérieure à l'autre. La tension en sortie est fonction de la tension d'alimentation dont elle prend, à peu de chose près, l'une ou l'autre valeur (plus ou moins, si l'alimentation est double, plus ou moins si elle est simple).

**thyristor**

On peut dire qu'un thyristor est une diode qui ne laisse normalement pas passer le courant. Cette diode est cependant pourvue d'une troisième broche, la gâchette, par laquelle son ouverture peut être commandée : il suffit que celle-ci soit elle-même parcourue par un courant suffisant, pendant une durée très brève. Une fois le thyristor amorcé par ce courant de gâchette, il reste conducteur tant que le courant qui le traverse ne tombe pas au-dessous d'un certain seuil, dit courant de maintien.

**crowbar**

Un crowbar est une barre. Cette barre doit aux corbeaux ce que le pied-de-biche doit aux cervidés. Le levier pour ce qui nous préoccupe est le thyristor et le clou qu'il arrache, le fusible. Si vous en savez plus en ornitho-électronique, que ce que nous disons ici, vous pouvez toujours nous en faire part.

## liste des composants

(version de compétition)

- R1 à R7 = 10 k $\Omega$
  - P1 = 100 k $\Omega$ , ajustable
  - C1 = 1  $\mu$ F/40 V
  - C2 = 100 nF
  - C3 = 1  $\mu$ F/16 V
  - D1 = diode zener, 2,7 V/400 mW
  - D2 = diode zener, 6,8 V/400 mW
  - D3 = 1 N 4001
  - T1, T2 = BC 547 B
  - T3 = BD 679
  - IC1 = LM 311  
(comparateur de tension, sortie à collecteur ouvert)
  - Re = relais (6 V)
  - S1 = bouton poussoir ouvert au repos
- 1 platine d'expérimentation de format 1

(version compétitive)

- R8 = 100  $\Omega$
  - C4 = 100 nF
  - D4 = diode zener, (voir le texte)/400 mW
  - Th1 = Tic 126
  - F1 = fusible rapide (voir le texte) et son support
- 1 platine d'expérimentation de format 1

nécessite un support pour circuit imprimé : vérifiez qu'à sa place, le diamètre des trous dans la platine est suffisant, au besoin, agrandissez-les. Un mot sur le transistor de puissance T3 et sur le thyristor Th1 : le trait gras dessiné sur la figure 4 correspond, dans les deux cas, à leur languette de refroidissement, il n'y a pas d'erreur possible lors de leur implantation.

La platine trouvera place dans une boîte, où viendra se loger le relais (version luxe). Pour fixer ce dernier, utilisez une bonne colle. Évitez de laisser sortir des fils n'importe comment : si vous utilisez un de ces circuits plus d'une fois, fixez des douilles de châssis à l'entrée et à la sortie et fabriquez-vous des cordons solides, pourvus à chaque extrémité d'une fiche banane mâle. Si votre alimentation d'expérimentation offre un espace suffisant, il est évidemment plus élégant d'y implanter l'un ou l'autre circuit à demeure. De cette façon vous ne risquez pas de l'oublier.

### réglage

Une fois le dernier contrôle achevé (vérification du câblage et des soudures, en particulier des entrées, des sorties, du relais, au besoin à la loupe) on peut procéder au réglage... Soit, c'est beaucoup dire : le mot ne s'applique guère à la version simple, où la tension de protection est déterminée une fois pour toutes par le choix de D4. Pour l'autre, le réglage

de P1 est simple comme bonjour. On commence par établir la tension, à laquelle la protection correspond, aux bornes de l'alimentation (la vérifier au besoin au voltmètre). On place ensuite le curseur de P1 en butée de façon que la tension sur la broche 2 d'IC1 soit maximale (figure 4, vers la droite), puis on raccorde l'appareil à alimenter. On ramène enfin le curseur de P1 jusqu'à ce que la sécurité ne se déclenche plus. Si vous avez repéré les entrées et les sorties, tout fonctionnera comme sur des roulettes. Il y a peu de chance que le circuit de protection à relais ait à souffrir si vous branchez l'alimentation à sa sortie ! Pour le circuit à thyristor, si vous intervertissez sor-

tie et entrée, tant qu'il n'y a pas de surtension, rien à craindre. En cas de pépin pourtant, le thyristor crée le court-circuit. Le fusible dans ce cas est protégé, soit, mais pas l'alimentation et encore moins le thyristor, ce qui n'est pas le but de la manœuvre.

Un dernier mot au sujet du fusible : choisissez-le avec le plus grand soin. Son intensité nominale doit être inférieure à celle du courant que peut délivrer l'alimentation et, si vous voulez éviter au thyristor une mort aussi prématurée qu'injuste, prenez un fusible rapide (F, comme *fast*).

87684

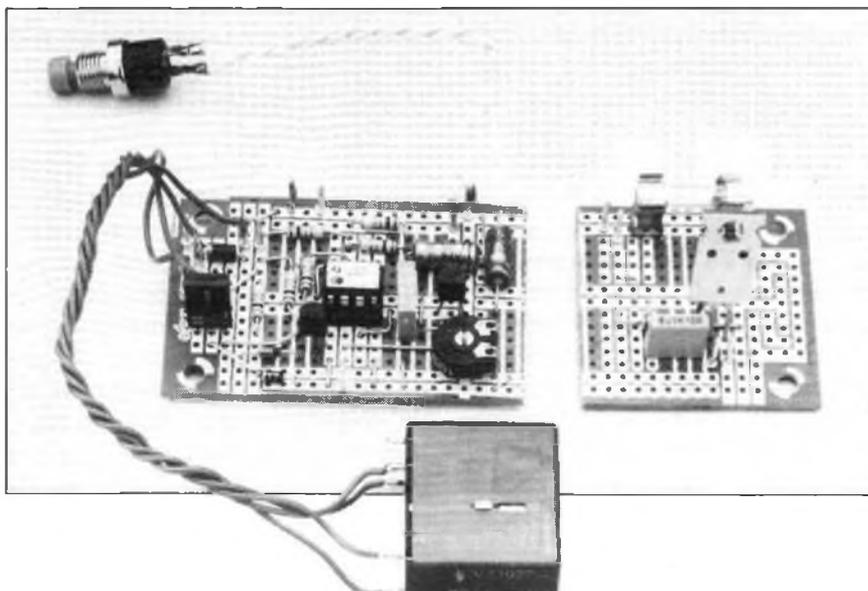
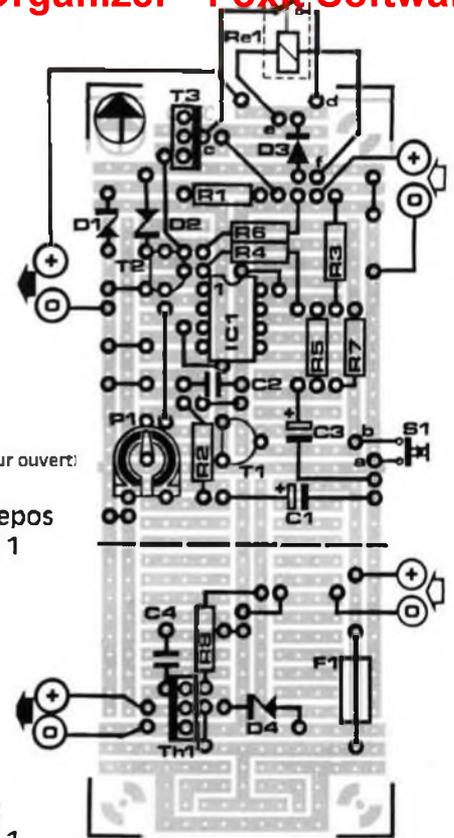


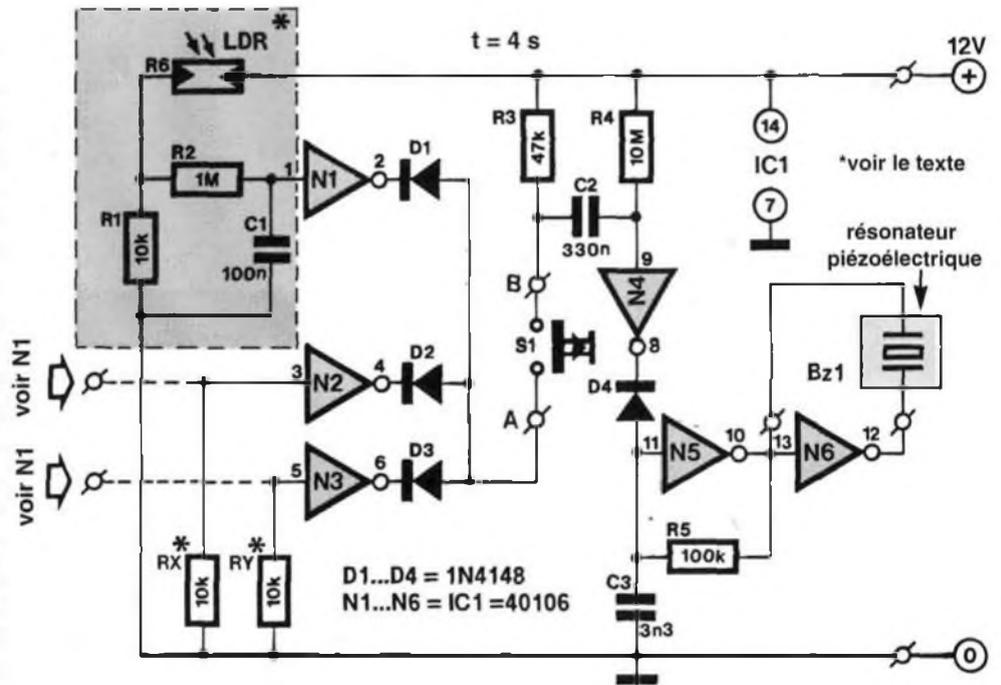
Figure 4 - Les deux circuits sont réunis sur une seule platine, à découper suivant le pointillé. L'entrée du circuit à relier à l'alimentation est désignée par une flèche blanche, la sortie par une flèche noire. Le trait gras dont sont pourvus T3 et Th1 correspond à la languette de refroidissement métallique de ces composants.

Le four ! L'ai-je éteint avant de partir ? Les gens distraits ont leurs problèmes : ils n'oublient pas qu'ils ont oublié de se souvenir de ce qu'ils ont fait, le plus souvent, ou de ce qu'ils n'ont pas fait, quelquefois. La partie d'eux-mêmes, qui enregistre leurs actions, dort, lorsqu'ils agissent. Nous leur proposons une assurance, un aide-mémoire. Lorsqu'ils arriveront à Barcelone, au lieu de faire immédiatement demi-tour, ils se tiendront les propos suivants : « Ai-je bien éteint le four ? Bien sûr, puisque si je ne l'avais pas éteint, le ronfleur que j'ai placé près de la porte d'entrée aurait réagi lorsque j'ai fermé celle-ci. » Ce ronfleur est inclus dans un montage pourvu de deux capteurs qui travaillent en étroite union : un "œil", rivé sur la lampe témoin de fonctionnement du four, et un "doigt", posé sur la serrure de la porte de l'appartement.

se consomme froid

La grande simplicité du circuit (figure 1) n'oblige pas à de longs commentaires mais nécessite une justification, pour commencer. L'interface four-circuit n'est pas un capteur de température, comme on pourrait s'y attendre, mais un composant photosensible. Le montage d'un dispositif réagissant à la chaleur pose quelques problèmes, et la gêne qu'il pouvait apporter aux gens qui s'affairent devant la cuisinière nous y a fait renoncer. Nous avons préféré utiliser la lumière d'un (ou de plusieurs) voyants qui s'allument lorsqu'elle fonctionne. Ceci permettra d'ailleurs d'autres applications au montage.

Le circuit dispose de trois entrées identiques, respectivement N1, N2 et N3, auxquelles trois capteurs peuvent être reliés. Il suffit alors de câbler N2 et N3 de la même façon que N1 (R1, R2, R6 et C1) en supprimant les résistances Rx et Ry (de 10 à 100 kΩ), indispensables pour les opérateurs inutilisés. Ceux-ci sont six inverseurs contenus dans le circuit intégré, un 40106, et ils font ce que font les inverseurs : l'état logique de leur sortie est chaque fois l'opposé de celui présent sur leur entrée, comme nous l'allons observer.



# indicateur de fonctionnement

manœuvres

Le premier capteur, la LDR (*Light Dependent Resistor*), comme son nom l'indique, est un composant photosensible qui voit sa résistance diminuer lorsque le voyant du four l'éclaire. Si la résistance de la LDR diminue, la tension à l'entrée de l'inverseur concerné (ici N1) croît. Celui-ci l'interprète comme un niveau logique haut et fait passer sa sortie à zéro.

Au deuxième capteur maintenant : l'interrupteur S1, fermé lorsque la

porte de l'appartement est fermée à clef. Il ne se passe rien pour l'instant. Pour qu'il se passe quelque chose, il faut que la sortie de N1 (ou N2, ou N3) soit à zéro au moment où la porte d'entrée est fermée à clef. C'est dans ce cas seulement, que pendant 4 s environ, le niveau logique de l'entrée de N4 est tiré vers le bas et sa sortie bien sûr passe au "un" logique. Au repos, lorsque cette sortie est à zéro, la diode D4 indique au courant le chemin qu'il doit prendre

Figure 2 - La photorésistance est placée de façon à n'être excitée que par le témoin de fonctionnement de l'appareil à surveiller, un four ici. Il faut l'isoler de la lumière du jour à l'aide d'un matériau opaque, sans pour autant recouvrir la loupette dont l'utilisateur de l'appareil a toujours besoin pour savoir si celui-ci est sous tension.

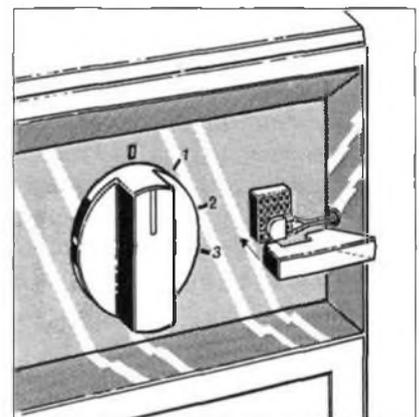


Figure 1 - Nous n'avons pas cette fois utilisé le 4093, mais le 40106, un circuit intégré qui contient six inverseurs. Le fait que nous n'en ayons dessiné que quatre en activité, pour clarifier la situation, ne doit pas vous dissuader d'utiliser les autres, pour surveiller les plaques de cuisson par exemple. Au cas où l'appareil surveillé est resté sous tension, l'avertisseur ne se déclenche que si, lorsqu'il quitte son logement, l'étourdi<sup>(1)</sup> n'oublie pas de fermer sa porte à clef.

(dans le sens broche 11 broche 8 d'IC1) : l'oscillateur construit autour de N5 est alors inhibé. Si la sortie de N4 passe à un, la diode D4 ne peut plus conduire et C3 en profite pour se charger et se décharger alternativement : l'oscillateur oscille et fait siffler le résonateur Bz1.

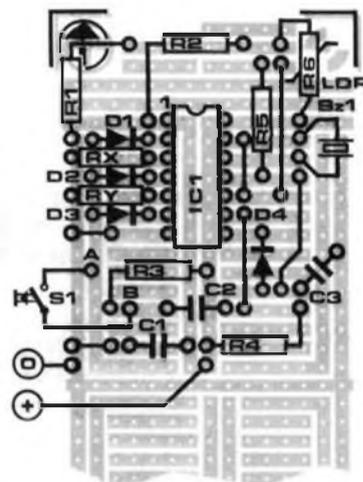
En un mot comme en cent, après la fermeture (à clef) de la porte, si le four est resté allumé, pendant 4 s Bz1 gazouille. La position de cet avertisseur est évidemment importante, s'il est enfermé, il y a peu de chance pour que vous l'entendiez : vous n'en vaudrez que moins<sup>(1)</sup>.

### installation

Les cuisinières sont rarement situées derrière les portes d'entrée, il y aura donc des fils à tirer : du four au circuit, monté de préférence dans le couloir, à proximité du transformateur de sonnette ; du circuit à la porte d'entrée ; du circuit au bruiteur. Il n'est pas nécessaire d'utiliser du câble blindé, non, s'il y avait des parasites (sifflements immotivés), quelques condensateurs de quelques nanofarads montés en parallèle sur les conducteurs y remédieraient dans la plupart des cas.

Le circuit fonctionne s'il est alimenté sous 5 V, minimum ou 18 V, maximum. Comme sa consommation au repos est dérisoire, une pile de 9 y fera face, sans problème, pendant longtemps. Les vraies difficultés sont ailleurs, du côté des capteurs. La photorésistance ne doit pas être excitée par d'autres photons que ceux provenant du voyant du four, il faut

Figure 3 - La platine laisse largement la place de câbler deux autres capteurs aux entrées de N2 et N3, de la même façon qu'à l'entrée de N1. Il est d'autre part possible d'utiliser un 4093, à la place du 40106, si vous n'avez besoin que de quatre inverseurs. Vous devrez cependant concevoir votre propre circuit, puisque ces circuits intégrés ne sont pas compatibles broche à broche.



donc que sa surface sensible soit bien isolée de la lumière ambiante (figure 2). L'interrupteur S1, de son côté, sera fermé lorsque la serrure de la porte qui le commande sera elle-même fermée à clef. C'est donc le pêne dormant (celui que la clef meut) et non le pêne en biseau qui est concerné, de façon que l'avertisseur ne se déclenche pas chaque fois que vous allumerez le four. Le contact peut être établi au moyen d'un bouton poussoir ou d'un microinterrupteur, à moins que vous ne bricoliez la serrure dont les parties métalliques établiraient le contact.

Les lecteurs qui craindraient de toucher à la serrure, pourront toujours installer un bouton poussoir à proximité de la porte d'entrée, à condition bien sûr de ne pas oublier de l'actionner au moment de leur départ en vacances...

86728

### liste des composants

- R1 = 10 kΩ
- R2 = 1 MΩ
- R3 = 47 kΩ
- R4 = 10 MΩ
- R5 = 100 kΩ
- R6 = LDR
- Rx, Ry = 10 kΩ (voir le texte)
- C1 = 100 nF
- C2 = 330 nF
- C3 = 3,3 nF
- D1 à D4 = 1 N 4148
- IC1 = 40106

(sextuple trigger inverseur)

- 1 bouton poussoir (ouvert au repos)
- 1 résonateur piézoélectrique

platine d'expérimentation de format 1



(1) Un homme averti en vaut deux. Un étourdi, même averti, ne vaut pas grand chose.

# circuit de limitation de courant individuel et portatif

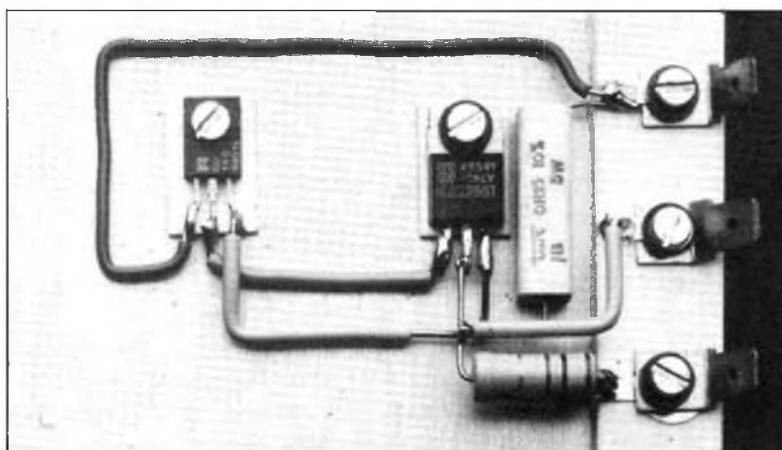
## limitation de courant : NPN ou PNP ?

Vous disposez d'une source de tension constante, d'une batterie de voiture ou de moto pour tout dire, dont vous tirez quelquefois de cuisantes étincelles. Une limitation d'intensité, simple, efficace et costeau<sup>(1)</sup>, vous serait bien utile.

Hé oui ! Vous venez d'installer un nouvel appareil sur votre voiture, vous mettez le contact pour l'essayer et vlaf ! Plus rien, un fusible de grillé... Le dommage n'est pas bien grand, un fusible, ça se remplace. Oui, mais vous hésitez, ça fait déjà le troisième et il ne vous en reste qu'un : simplement parce que vous ne savez pas comment brancher l'autoradio acheté d'occasion pour une bouchée de pain. Des situations avides de fusibles, il y en a d'autres, assez en tout cas pour justifier le présent circuit.

Un fusible de sécurité ne rend l'âme que lorsque le courant vient à dépasser son intensité nominale. Si, d'une manière ou d'une autre, on s'arrange pour que le courant reste un peu au-dessous de l'intensité qui fait griller le fusible et au-dessus de l'intensité qui permet à l'appareil alimenté de fonctionner, on finit avec le temps par s'économiser quelques thunes en fusibles. C'est précisément le rôle des circuits de limitation de courant présentés sur les figures 1 et 2. Intercalez un tel circuit entre le plus de l'alimentation et l'appareil à essayer (en amont de celui-ci donc), l'intensité du courant ne dépassera pas 4 A : à ce régime-là, le fusible de la voiture tient, et le courant suffit pour tester en fonctionnement la plupart des appareils qui y sont installés.

(1) « C'est "costeau" ou "costaud", rarement "costaude" », commenta le commandant.



en toute simplicité

Deux transistors, deux résistances et un interrupteur : c'est tout. Ce serait bien le comble si vous ne trouviez pas les composants dans vos archives de récupération. Nous avons même prévu deux versions du montage, car tous les lecteurs ne trouveront pas (chez eux) de NPN du type de ceux que nous utilisons : nous leur dédions la deuxième version, PNP, du circuit. Pour ce qui est du fonctionnement, il est absolument le même pour les deux versions. La seule différence entre elles tient à leur branchement. Le circuit représenté sur la figure 1 est mis en service par une liaison avec le plus de la batterie, alors que celui de la figure 2 doit être relié au moins. Voyons de plus près comment la version NPN limite et comment la version PNP l'imite.

### NPN

Nous l'avons dit en introduction, le circuit se branche en amont de l'utilisation, du côté de la source. La mise sous tension s'effectue à la fermeture

de l'interrupteur S1. Que se passe-t-il alors ? Le transistor T1 conduit, puisque sa base est alimentée par l'intermédiaire de R1. La charge reçoit donc le courant à travers la jonction collecteur-émetteur de T1 et la résistance R2. Tant que l'intensité du courant n'a pas atteint 4 A, vous pouvez faire abstraction du transistor T2 et le considérer comme un simple ornement. Tout le courant demandé par la charge, nous l'avons dit, traverse R2. Appliquons la loi d'Ohm à cette résistance : si l'intensité du courant qui la traverse est inférieure à 4 A, la chute de tension  $U$  qu'elle provoque est inférieure à 0,6 V ( $U < 4 \times 0,15$ ). Comme R2 est branchée entre la base et l'émetteur de T2, ce transistor ne conduit pas : un transistor ordinaire comme celui-là (silicium) ne conduit que si entre sa base et son émetteur la différence de tension est supérieure à 0,6 V. Si la tension aux bornes de R2 dépasse 0,6 V, c'est-à-dire si l'intensité du courant qui la traverse dépasse le seuil de 4 A ( $U = RI$ ,  $R = R2 = 0,15 \Omega$  et  $I > 4$  A), T2 se décide à entrer en

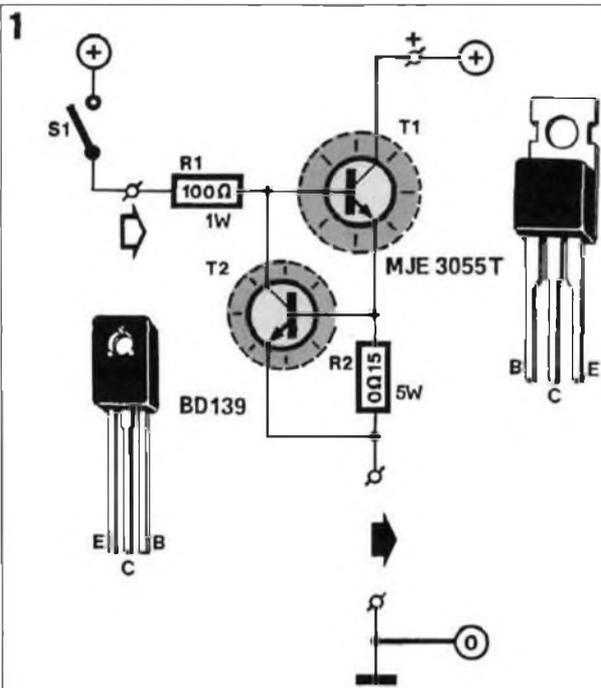


Figure 1 - Un circuit classique de limitation de courant composé d'un transistor ballast, T1, et d'un transistor limiteur T2, tous deux NPN. La résistance de mesure R2 fait tout : dès que la chute de tension à ses bornes dépasse 0,6 V, donc dès que le courant dépasse la limite choisie, le transistor T2 conduit, obligeant T1 à modérer ses ardeurs. Si le transistor dont vous disposez est un MJE 3055 sans T (merci), son brochage est inversé par rapport à celui que nous avons représenté (identique donc à celui du BD 139).

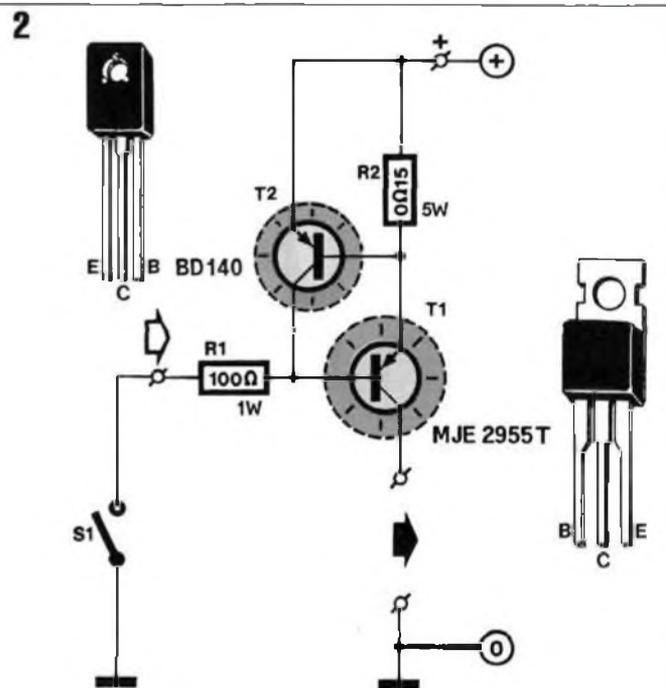


Figure 2 - Cette fois le circuit marche aux PNP. Par rapport au montage précédent, peu de choses changent, mais elles sont capitales. Ici aussi, un MJE 2955 a son brochage inversé par rapport au MJE 2955 T représenté. Prenez celui du BD 140 pour modèle.

action. C'est là que ça devient intéressant : si le transistor T2 ouvre ses vannes, vous pensez bien que la base de T1 va en souffrir et, progressivement, ne plus recevoir de courant. Si la base de T1 reçoit moins de courant, celui de son collecteur diminue (pour un MJE 3055 T, il est de vingt à soixante-dix fois le courant de base). Le transistor T1 menace de se bloquer. S'il se bloque, il n'alimente plus R2, aux bornes de laquelle la tension baisse. Conséquence : le transistor T2 se bloque à son tour. Ça peut durer longtemps comme ça, mais nous sentons que vous lassez et qu'un mot du circuit de la figure 2 ne vous ferait pas de mal. Comme dit un poète latin : « Si les NPN vous lassent, délassiez-vous aux PNP »

### PNP

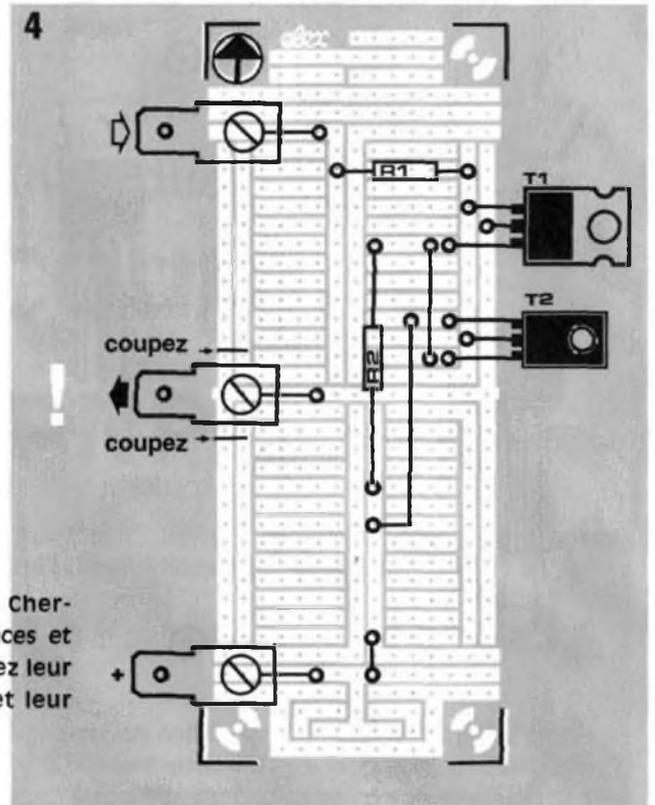
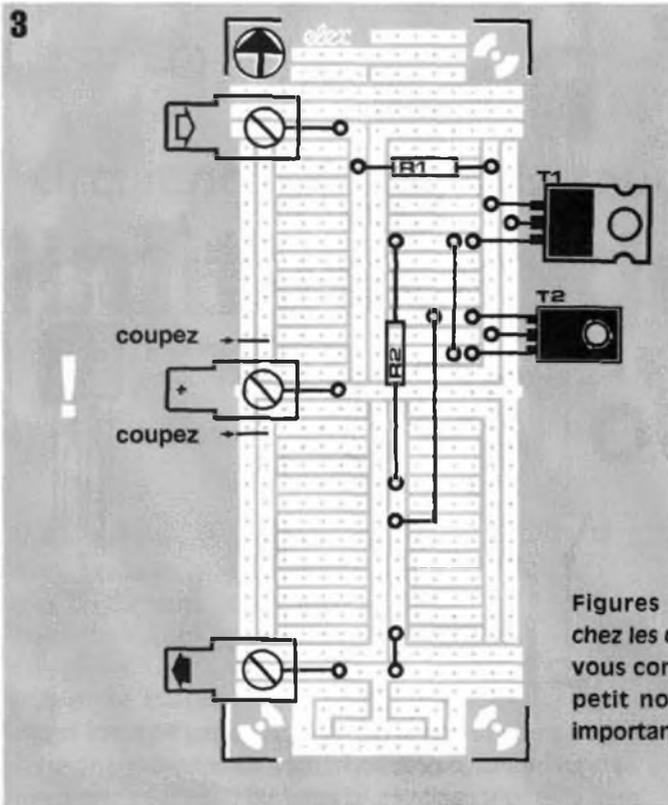
Vous croyez peut-être que nous allons recommencer ? Que nenni ! C'est à vous de répéter le raisonnement, sachant que : les transistors sont cette fois des PNP qui se débloquent si leur base est à un potentiel

inférieur de 0,6 V à celui de leur émetteur ; que le courant suit, comme pour les NPN, la flèche représentant l'émetteur, mais comme la flèche va dans l'autre sens, le courant suit ; que les courants rentrent au lieu de sortir, et sortent au lieu de rentrer. C'est la même chose, au signe près. Si cela vous pose des problèmes, c'est bon signe. Les choses ne sont simples qu'un fois qu'on les a comprises : encore un petit effort de notre part, et de la vôtre, et vous y serez. Si c'est la même chose au signe près, nul doute que S1 va relier l'entrée du circuit à la masse au lieu du plus de la batterie. Ensuite, les collecteurs étaient reliés au "plus" et le courant circulait du collecteur vers l'émetteur : ce sont donc les émetteurs, ici, qui seront reliés au pôle positif et les collecteurs à la charge. Où placer alors la résistance de limitation de courant ? Comme précédemment, dans le circuit d'émetteur de T1. Répétons, un peu différemment : dès que la tension aux bornes de R2 dépasse 0,6 V, le transistor de limitation de courant T2 devient passant. La jonction base-émetteur du tran-

sistor ballast T1 en est partiellement court-circuitée. Il conduit donc moins bien, de sorte qu'il limite l'intensité du courant qui traverse la charge. Le résultat est le même dans les deux versions, NPN et PNP, quoique la perte de tension due à la deuxième soit moindre.

### puissance et dissipation de chaleur

Dans notre exemple, l'intensité du courant est limitée à 4 A. Ce n'est pas forcément ce qui vous convient, vous envisagez peut-être même une limitation de courant variable. Qu'à cela ne tienne, donnez à R2 une plus grande résistance :  $R = U/I$ , ou remplacez la par un potentiomètre de 100 Ω, par exemple, pour obtenir une limitation de courant réglable. Attention cependant, si pour 100 Ω, la limitation de courant s'établit vers 6 mA et la puissance à dissiper est inférieure à 10 mW, pour 0,1 Ω l'intensité du courant qui traverse le potentiomètre est de 6 A et la puissance à dissiper de 3,6 W ( $RI^2$ ). Choisissez pour R2, ou pour le



Figures 3 et 4 - Cherchez les différences et vous constaterez leur petit nombre et leur importance.

potentiomètre, des modèles de 5 W et vous serez tranquille. Gardez-vous cependant de régler le potentiomètre à 0, si vous ne savez rien de la charge : que celle-ci soit en court-circuit et vous perdrez un fusible et peut-être T1.

### construction

Compte tenu des courants autorisés à circuler, le fil à utiliser pour les ponts (*straps*) doit être d'un bon diamètre : voyez les photos. Sur les figures 3 et 4 vous noterez qu'il y a deux pistes à couper. Notez aussi que la résistance R1 doit pouvoir dissiper 1 W et que si vous disposez pour T1 d'un transistor de puissance sur lequel, à la suite de l'indication du type, manque la lettre T, son bro-

chage est inversé par rapport à celui que nous indiquons (donc si vous avez à faire à un MJE 3055, au lieu d'un MJE 3055 T, sur le brochage indiqué figure 1, vous intervertissez base et émetteur).

Un autre point important concerne le refroidissement des transistors : vous le voyez sur les photos, leur languette de refroidissement (reliée au collecteur) est vissée sur une plaque de métal dont elle est isolée électriquement par une petite plaque de mica.

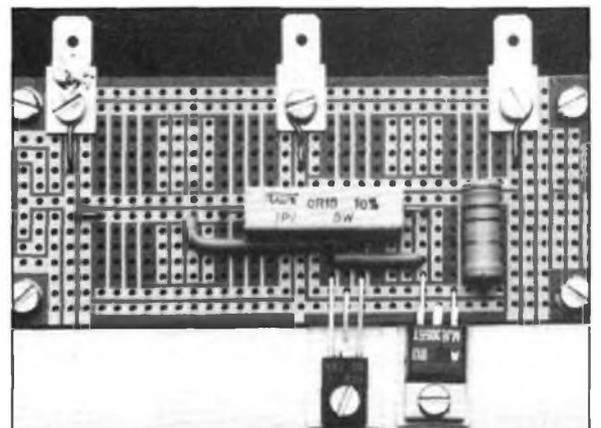
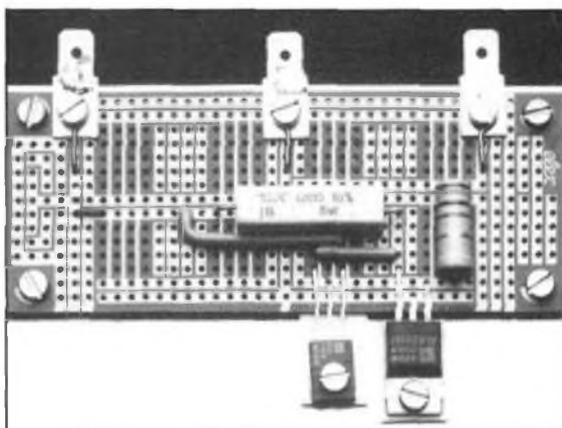
### cherchez les différences

Les figures 3 et 4 sont-elles (électroniquement) identiques ? Disons que la figure 3 correspond à la figure 1 (NPN) et la figure 4, à la figure 2 (PNP). Hé oui,

ce n'est qu'au moment de brancher l'un ou l'autre circuit entre la batterie et l'appareil à tester qu'il faudra être tout à fait sûr du type de transistor utilisé : dans les deux cas, S1 se branche sur la cosse du haut

qu'il relie, à la mise sous tension, au pôle plus de la batterie, si les transistors sont des NPN et au moins si ce sont des PNP. L'interrupteur, dans les deux cas, se branche sur la cosse du haut ; l'appareil alimenté, entre la cosse du bas et le moins de la batterie pour le circuit à NPN, la cosse du milieu et le moins de la batterie pour le circuit à PNP. Prenez le temps de réfléchir avant de mettre sous tension : en aucun cas vous ne relierez le moins de la batterie (directement) à la platine. Si vous avez une liaison directe (sans interrupteur), vous savez que vous avez déjà fait une horreur de branchement, à moins que vous ne vous soyez passé de S1 (cas PNP), ce que nous ne vous conseillons pas.

87650





12, rue Félix-Bablon (rue du théâtre)  
52000 CHAUMONT  
☎ 25 32 36 88

**TARIF DES KITS**

<b>ELEX N° 36</b>	
récepteur à conversion directe	298,00
dipmètre	259,00
détecteur de coupures	74,00
<b>ELEX N° 37</b>	
circuit de transmission I.r.	
émetteur et récepteur	172,00
microphone sans fil (l'émetteur)	130,00
interrupteur acoustique	116,00
<b>ELEX N° 38</b>	
alimentation de laboratoire	294,00 (le kit sans transfo le kit complet avec coffret, transfo, vu-mètre etc... 640,00)
microphone sans fil (le récepteur)	375,00
amplificateur complémentaire	80,00
<b>ELEX N° 39</b>	
temporisateur de ventilateur	86,00
microphone sans fil (le compresseur version stéréo)	275,00
<b>ELEX N° 40</b>	
amplificateur v-mos	82,00
voix de robot	149,00
interrupteur crépusculaire	83,00
<b>ELEX N° 41</b>	
Jeux de lumières	215,00
booster de walkman**	95,00
antivol hi-fi	106,00
<b>ELEX N° 42</b>	
amplificateur de répétition**	169,00
métronomie	138,00
<b>ELEX N° 43</b>	
wobulateur audio	286,00 (le kit complet avec coffret accessoires, etc... 415,00)

Les Kits sont livrés avec circuit imprimé, percé, étamé sauf \*\*kits livrés avec platine ELEX

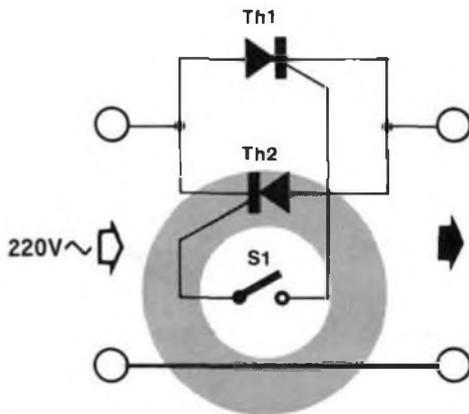
DIODES	TRANSISTORS	BS170	2,60	TBA820M	8,00
1N4004 0,45	2N1711 2,80	BS250 4,50		TDA1024 25,00	
1N4007 0,45	2N2219 2,50	BUZ41A 14,00		TDA1514A 50,00	
1N4148 0,20	2N2222 1,50	TIP2955 10,00		TDA2030 13,00	
AA119 2,50	2N2646 8,00	TIP3055 10,00		TDA7000 15,00	
BA102 2,50	2N2905 2,30	<b>OPTOIR</b>			
BB104 3,00	2N2907 1,50	LD271 2,80		TL071 4,00	
BB105 3,00	2N3055 6,50	BP104 9,00		TL072 4,00	
BB204 4,00	2N3820 7,20	<b>CI INTEGRES</b>			
BB212 20,00	BC109 1,60	CA3080 15,00		TL074 5,00	
BB405 3,00	BC237 0,80	CA3130 13,00		TL084 6,00	
<b>ZENERS</b>		BC238 0,80		TL071 4,00	
0,5W 0,50		BC327 0,80		TL072 4,00	
1,3W 0,80		BC328 0,80		TL074 5,00	
<b>REGULATEURS</b>		BC516 1,80		TL084 6,00	
78L.. T092		BC517 1,90		TLC271 7,00	
5V à 15V 4,30		BC547 0,70		TLC272 10,00	
78.. T0220		BC550 0,70		ULN2004 7,00	
5V à 24V 2,80		BC557 0,70		UM66 12,00	
79.. T0220		BC639 1,70		UM3561 12,00	
5V à 24V 3,50		BD135 1,80		XR2206 42,00	
<b>VARIABLES</b>		BD139 2,20		CD4060 2,90	
L200 11,00		BD239 5,00		CD40107 6,00	
LM317T 5,00		BD243 5,00		74159 25,00	
LM337T 9,50		BD244 5,00			
<b>DIACS TRIACS</b>		BD437 5,00			
<b>THYRISTORS</b>		BD679 3,80			
DIAC 32V 1,20		BF245 3,50			
BRY 55 4,50		BF256 5,00			
TIC106D 6,00		BF451 4,00			
TIC226D 6,00		BF494 1,50			
		BF981 10,00			
		BFG65 23,00			
		BFR91 5,50			
		BFR96 11,00			
		NE555 2,00			
		NE556 4,50			
		NE566 15,00			
		NE567 8,00			
		NE572 34,00			
		NE602 22,50			
		NE5534 9,00			
		TBA820 8,00			

**CONDITIONS DE VENTE :**

Envoi en recommandé urgent sous 24 h du matériel disponible  
Paiement à la commande par chèque, mandat ou CCP  
36 F de frais de port et d'emballage - port gratuit au dessus de 550 F  
Contre remboursement, joindre 10 % à la commande (taxe PTT en plus)  
• Catalogue gratuit contre 3 timbres •

Nous avons attiré votre attention sur le problème de la puissance des diodes zener, et nous vous avons proposé un circuit de substitution permettant d'utiliser une diode zener turbo dans des situations normalement interdites à des composants courants. Ici, nous attirons votre attention sur un autre composant familier, mais plus fragile que ce que l'on croit d'ordinaire : il s'agit de l'interrupteur dont les contacts voient circuler des courants d'une intensité souvent bien plus forte que ce que l'on imagine. Le problème se pose aussi pour les relais que l'on caractérise trop souvent en mentionnant la tension d'excitation et la résistance de leur bobine, mais dont on omet de prendre en compte l'intensité maximale du courant à travers les contacts.

Grâce au mini-circuit de cette demi-page, vous aurez désormais la possibilité de commuter des courants d'intensité bien plus forte que celle que tolèrent les contacts courants. Il s'agit de deux thyristors montés en parallèle,



mais tête-bêche et dont les gâchettes sont interconnectées par l'interrupteur S1 (ou le contact du relais, le cas échéant). Ils ne conduisent l'un que

durant l'alternance positive et l'autre que durant l'alternance négative de l'onde secteur. Les courants de gâchette sont d'une intensité relativement faible, ce qui atténue la nécessité d'un contact de puissance pour S1 : en pratique, il est recommandé de ne pas opter pour un modèle ne tolérant pas plus d'1 A de courant commuté, car si la fermeture de S1 coïncide par hasard avec l'apex de l'onde secteur, l'impulsion de courant à travers les contacts, pour brève qu'elle soit, est très forte. La tenue en tension de notre interrupteur devra atteindre ou dépasser 250 V.

L'intensité des courants commutables avec ce circuit dépend des caractéristiques des thyristors employés. S'il s'agit par exemple d'un type courant comme le TIC106D, il supporte jusqu'à 3 A sous 400 V. Compte tenu de la présence de la tension de 220 V sur ce circuit, nous vous rappelons que pour garantir la préservation de la race des électroniciens, les règles de sécurité doivent être respectées rigoureusement.

86772

# feu arrière à LED

## pour bicyclette

Il peut être bon parfois, de risquer sa vie : encore faut-il que ce soit pour quelque chose et non uniquement pour, par exemple, tester les réflexes des autres, vérifier le bien-fondé de la réglementation ou jouer au fantôme. Les lois n'existent pas (seulement) pour permettre aux gens de prouver leur courage ou leur habileté à les enfreindre ; elle ne sont pas (obligatoirement) là pour justifier le traitement de ceux qui doivent les faire respecter : ce sont des règles qui permettent aux humains de jouer à d'autres jeux que ceux qui ont cours dans la jungle.

Une d'entre elles concerne la signalisation des obstacles que peuvent représenter les véhicules lents pour les véhicules rapides : si vous êtes cycliste, elle vous oblige à signaler votre présence nocturne sur la route par un feu arrière en bon état. Si les lampes avaient une durée de vie comparable à celle des vélos, nous ne vous en parlerions pas. Ce n'est malheureusement pas le cas. Le filament de tungstène, qui en constitue l'essentiel, doit être chauffé pour émettre des photons. Plus il est chauffé, plus il s'évapore et plus il s'évapore, plus il devient fin(\*). Sa résistance augmente et lui procure une vieillesse un peu plus fraîche, mais moins éclairante. Jusqu'au soir où, pour tester le fonctionnement de vos quinquets, vous donnez un grand coup de pédale en soulevant la roue, la dynamo tourne presque immédiatement à pleine vitesse, et le filament s'éclate : son tungstène se volatilise et se dépose en très fines gouttelettes sur le verre de l'ampoule.

Les ampoules de bicyclettes sont certes avantagées par rapport à leurs congénères : elles ont (paradoxalement) une vie plus tranquille et

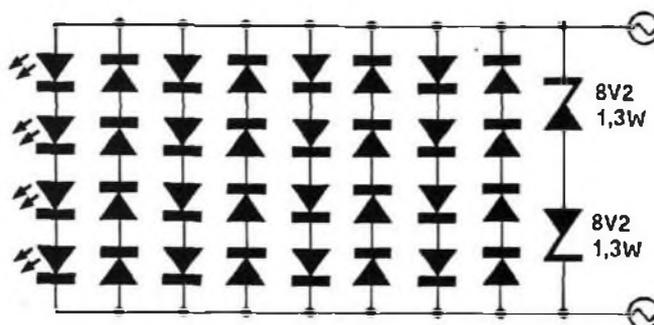


Figure 1 - Ce "circuit" de feu arrière de bicyclette est quelque peu monotone, ça ne l'empêche pas d'éclairer. Le nombre des LED en série dépend de la tension que peut fournir la dynamo. Pour profiter à plein de son énergie, les rangées orientées dans un sens éclairent pendant une demi-période, négative, par rapport à celle qui permet aux autres de jeter leurs feux. Pour augmenter la surface lumineuse, et compte tenu du courant dont on dispose, nous en avons câblé huit rangées (quatre paires de quatre). Nous vous donnons ici la liste des composants : 32 LED rouges de forme carrée et deux zener de 8,2 V (et 1,3 W). Les cyclistes plus lents se signaleront à l'attention du public en n'achetant que 24 LED et des zener de 6,8 V.

subissent beaucoup moins de brutalités. La façon dont une ampoule est mise sous tension a, en effet, une très grande influence sur sa durée de vie. La résistance du filament froid est notablement plus faible que celle qu'il a lorsqu'il est chaud, si bien que

le courant ne trouve pas d'obstacle à son élévation, aussi rapide qu'intense. Ceci explique pourquoi, le plus souvent, c'est à leur mise sous tension que les lampes grillent, sous l'effet du choc que subit leur filament. Une bicyclette limite au



\* Dans les lampes à iode, au lieu de se déposer n'importe où, les vapeurs de tungstène se combinent à l'iode. Cette combinaison se déstabilise au voisinage du filament qui retrouve ainsi une partie de ses atomes. Dans les lampes à incandescence ordinaires, la vaporisation du tungstène est seulement limitée par la présence d'un gaz inerte (argon, krypton) à faible pression.

démarrage la tension aux bornes de ses lampes. Elles éclairent d'abord faiblement, et ne brillent de tout leur éclat que lorsque le véhicule a atteint son régime de croisière. Il faut quelques coups de pédales avant que ça arrive : elles ont ainsi un réveil paisible qui leur garantit une vie plus longue(\*\*). Malgré tout, il existe une bien meilleure solution : la LED. Ce type de "projecteur" a un tout autre principe de fonctionnement et sa durée de vie est quasiment illimitée, sans filament chauffé à blanc, sans évaporation : il n'y a plus incandescence mais électroluminescence.

### le circuit ? Quel circuit ?

Vous ne trouverez pas tant un circuit qu'une méthode de câblage de 32 LED ensemble, à la place de l'antique feu arrière. Il faut en effet un certain nombre de LED pour remplacer une lampe à incandescence. D'une part parce que la surface rayonnante d'une LED est très petite et de l'autre, parce qu'une dynamo produit beaucoup plus d'énergie qu'une LED ne peut en dissiper. Vous ajoutez de vous-même qu'en plus, la dynamo fournit une tension alternative. Devions-nous laisser inemployées les demi-alternances

negatives (la moitié de l'énergie obtenue avec tant de peine à chaque coup de pédale) ? Non, bien sûr, c'est pourquoi les LED sont montées comme le montre la **figure 1** : quatre diodes dans un sens et quatre dans l'autre, en alternance. Le nombre total de rangées dépend de la puissance de la dynamo. Les quatre paires représentées sur la figure correspondent au courant que délivre une dynamo, en moyenne, compte tenu du fait que le phare fonctionne aussi.

Le nombre de diodes dans une rangée dépend à son tour de la tension délivrée par la génératrice. Comme vous ne l'ignorez pas, une LED rouge (ordinaire) exige, pour éclairer, un minimum de 1,5 V à 1,6 V de tension à ses bornes. Si les LED sont montées en série, la tension aux bornes de l'ensemble est de  $4 \times 1,5$ , soit 6 V, de sorte que la dynamo, à son allure de croisière, doit fournir 12 V<sub>CC</sub> (crête à crête : de -6 V à +6 V). À vive allure bien sûr, la tension dépasse ces limites moyennes. Il y a donc de fortes chances pour qu'au Tourmalet, voire avant (en descente, évidemment), les LED souffrent d'hypertension et en claquent. Vous comprenez maintenant le pourquoi des deux diodes zener en parallèle aux pieds de l'échelle : elles permet-

tent de limiter la tension entre + et -8,2 V.

Le montage a cependant un inconvénient : au-dessous de 6 V, rien ne luit. Les LED hypotendues n'émettent rien avant ce minimum. Il apparaît donc que le cycliste devra maintenir une allure soutenue s'il veut que ses arrières soient éclairés : entraînement intensif et proscription du tabac, s'il y a lieu, sont donc de rigueur... Vous protestez ? Il ne vous reste qu'à renoncer à une LED par rangée, auquel cas vous remplacez les zener de 8,2 V par des zener de 6,8 V. L'éclairage sera moins vif, évidemment, mais de deux maux, il faut choisir le moindre(\*\*\*).

### implantation

Il n'est pas si facile de câbler 32 LED ensembles et si vous tentez un montage "en l'air", bonjour patience ! Le salut vous viendra d'une plaquette pastillée, sur laquelle vous les implanterez bien serrées les unes contre les autres. Pour obtenir une surface lumineuse "sans couture", prenez des diodes parallélépipédiques ou, si vous êtes plus heureux que nous, des diodes hexagonales (nous n'en avons pas trouvé, même dans les magasins de fournitures pour apiculteurs).

86785

\*\* Sur les voitures, sécurité oblige, ce réchauffement progressif est réalisé électroniquement.

\*\*\* Il existe une troisième solution, même deux : dans le n° 9 d'EleX, p.33 et dans le n° 20, p.46.

## MAGNETIC-FRANCE

Circuits intégrés, Analogiques, Régulateurs intégrés, Interfaces, Micro-Processeurs, Mémoires RAM Dynamiques Statiques, EPROM et EEPROM, Quartz, Bobinage, Semi-Conducteurs Transforiques, Filtres, Ligne à retard, Leds, Supports de CI, Ponts, Opto-Electronique, etc.  
Et de nombreux KITS.

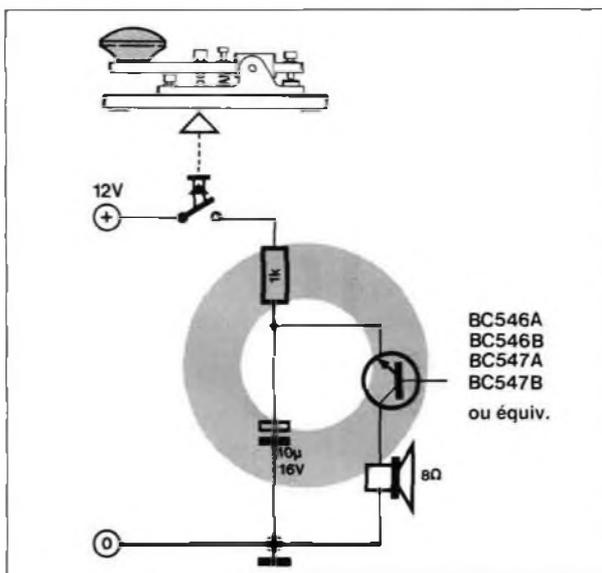
Bon à découper pour recevoir le catalogue général  
Nom .....  
Adresse .....  
Envoi : Franco 35 F - Vendu également au magasin

11, Place de la Nation, 75011 PARIS **43793988**  
Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h  
Fermé le Lundi.

**Q** u'est-ce que c'est encore que ce machin ? Un générateur à un seul transistor ? Bizarre... Un générateur ? C'est ce qu'en dit le titre, peut-être, mais le schéma ? Et ce truc-là doit marcher ? Mais... mais... mais, il n'y a qu'un seul transistor, et en plus il est à l'envers ; d'ailleurs il a la queue, enfin la base, en l'air ! Et à part lui, juste une résistance et un condensateur... Ça ne peut pas marcher ! Non, c'est impossible... Redites-le un peu, pour voir. Et regardez bien le schéma avant ! Vous y perdrez votre assurance. Vous pouvez essayer aussi, vite fait bien fait, le circuit sera monté en moins de temps qu'il ne faut pour le dire. Oh surprise, ça marche, et comment !

Où, comment ? A la mise sous tension, le transistor est bloqué, faute de courant de base pour le polariser. Le courant qui circule à travers la résistance d'1 kΩ charge le condensateur aux bornes duquel la tension augmente rapidement. Vient un seuil à partir duquel le transistor s'effondre. Cela n'est pas grave en soi, mais signifie simplement que la diode base-émetteur, laquelle n'est pas faite pour fonctionner dans ce sens et restait donc bloquée jusqu'alors, ne s'oppose plus au passage du courant. On constate en effet qu'à partir de quelque volts de tension sur la jonction base-émetteur, celle-ci adopte le comportement si particulier de la diode zener : elle devient conductrice, malgré l'inversion de polarité ! Ici, la tension aux bornes de la jonction n'est pas stable comme elle l'est sur une diode zener. À présent, il circule néanmoins un courant à travers la diode base-collecteur et le haut-parleur, et ce courant fait l'effet d'un courant de commande pour la jonction base-émetteur (les fonctions des deux jonctions du transistor sont, dans une certaine mesure, interchangeables). Maintenant que le courant de commande a provoqué le déblocage complet de la jonction base-émetteur, la tension à ses bornes s'effondre. Le

mini-circuits  
**générateur à un seul transistor**

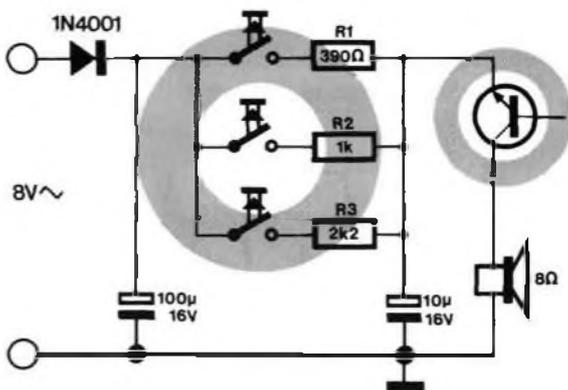


Ce sont les impulsions résultant de la décharge du condensateur qui provoquent le déplacement de la membrane du haut-parleur. L'amplitude de ce déplacement est forte car les impulsions, même brèves, sont vigoureuses. Leur fréquence dépend bien entendu de la durée de la charge du condensateur, c'est-à-dire de la valeur de la résistance de limitation (ici 1 kΩ) et de la capacité du condensateur. Plus leur valeur est forte, plus la fréquence sera basse. Avec les valeurs indiquées, à savoir 1 kΩ et 10 µF, on aura 100 Hz environ. En fait, ce ne sont pas ces 100 Hz que vous entendez le plus distinctement, mais les nombreuses harmoniques de cette fondamentale. En remplaçant le bouton poussoir du circuit par une clé morse, vous ferez de ce circuit un générateur de signaux morse avec lequel vous pourrez vous entraîner.

La fréquence dépend aussi, vous y avez pensé, de la tension d'alimentation : c'est logique, puisque la charge du condensateur atteindra le seuil d'avalanche du transistor d'autant plus tôt que la tension d'alimentation est élevée. Le circuit ne fonctionne malheureusement pas bien avec des tensions d'alimentation faibles. Selon le transistor, il faudra 8 à 11 V, de sorte que nous avons indiqué 12 V pour garantir une marge de sécurité.

Prenez un transformateur de sonnette, un redresseur simple alternance et un gros condensateur de lissage et vous obtiendrez la tension requise (faites des essais avec différents transistors). Le circuit ne consomme que quelques milliampères. Voici encore une autre application pratique de ce curieux petit circuit. Vous n'avez que deux fils de sonnette, mais vous aimeriez distinguer deux ou trois boutons de sonnette.

Rien de plus facile : avec le circuit ci-contre, vous obtiendrez un signal sonore différent selon le bouton sur lequel vous appuyerez. Étonnant, non ?



transistor est devenu passant, le condensateur s'est donc déchargé brutalement. Après cela, le transistor se bloque à nouveau, le condensateur se recharge et le cycle reprend.

66721



Pour pratiques que soient les résonateurs piézo-électriques, il est des cas où ils sont trop timides pour se faire entendre. Les remplacer par un haut-parleur est souvent la seule solution, mais il faut alors trouver une source de signal et un amplificateur. Essayez de brancher une source de courant continu, comme une pile de 4,5 V, sur un haut-parleur : vous obtenez un « cloc » et c'est tout. Et si nous essayions de faire suivre le cloc par un autre, puis par un autre... ça pourrait faire du bruit ?

# haut-parleur pour courant continu

## du bruit avec du courant continu : la construction

Il est fréquent de trouver trop faible pour une application particulière le bruit d'un résonateur piézo. Il existe d'autres solutions, mais toutes sont plus compliquées et plus onéreuses à mettre en œuvre que le résonateur seul. Un haut-parleur demande une source de signaux avec une puissance non négligeable, c'est-à-dire un oscillateur et un amplificateur ; plusieurs résonateurs commencent à devenir onéreux, et puis il faut retourner chez Trukelectronic, et d'ailleurs c'est dimanche... Il y a une solution, qui ne fait appel qu'à vos fonds de tiroirs. Vous avez un vieux haut-parleur, de qualité juste moyenne, récupéré sur un poste de radio. Vous ne la saviez pas, mais c'est pour cette application que vous l'aviez gardé. Vous n'êtes pas trop maladroit et vous avez envie de bricoler un peu. Allons-y, ça va faire du bruit !

Pour construire notre avertisseur, il nous faut : un haut-parleur d'assez grand diamètre (vous en avez dans votre bric-à-brac), une planchette, une vis à métaux, un chute de cuivre et un peu de fil. L'idée est représentée en détail sur la figure 1. Il faut

d'abord coller la chute de cuivre, soudée d'avance à un fil, sur la membrane du haut-parleur. Fixez ensuite la planchette, taraudée ou munie d'un écrou collé, en travers du saladier. La fixation est représentée par deux barrettes sur le des-



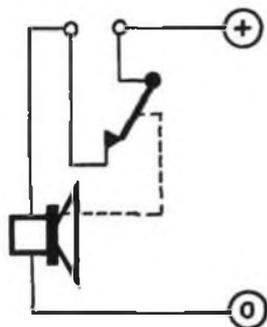


Figure 1 - Ce dessin montre clairement comment un haut-parleur ordinaire devient un haut-parleur à courant continu.

*des oscillations...  
sans oscillateur !*

### du bruit avec du courant continu : le fonctionnement

Comme nous le disions au début, un haut-parleur réagit par un simple « cloc » à l'application d'une tension continue. Ce cloc résulte du champ magnétique créé par le passage du courant dans la bobine. Le champ magnétique de l'aimant permanent se combine à celui de la bobine pour provoquer le déplacement de la membrane. Le sens du déplacement dépend de l'orientation relative des champs magnétiques, donc du sens du courant. Par convention, si la tension est appliquée suivant les repères de la bobine, positif à la borne positive, la membrane avance. Pour notre application, il faut au contraire que la membrane recule. Donc, si les bornes sont repérées, il faut appliquer le pôle négatif de la source d'alimentation à la borne positive ; sinon, il faut vérifier que la membrane s'enfonce dans le saladier quand vous appliquez la tension. Faites simplement l'essai avec une pile de 1,5 V.

Une fois les connexions repérées, appliquez une tension comprise entre 3,5 V et 12 V. Attention aux oreilles, le volume sonore est important. Si vous n'entendez rien, il se peut que vous ayez interverti les connexions, et que la membrane se trouve repoussée en permanence contre la vis. C'est une raison suffisante pour que le système ne fonctionne

pas. Vous avez compris, en effet, que notre avertisseur fonctionne comme ne sonnette : le passage du courant fait « rentrer » la membrane, ce qui interrompt le passage du courant, la suspension élastique de la membrane la ramène en avant, à sa position de repos au contact de la vis, ce qui rétablit le courant, puis la membrane se déplace à nouveau vers l'arrière, et ainsi de suite. C'est ce mouvement alternatif de la membrane qui est la source du bruit.

### où et comment l'utiliser ?

Vous pouvez utiliser le haut-parleur à courant continu partout où un vacarme est nécessaire et où la place n'est pas trop comptée. C'est un inconvénient par rapport au résonateur piézo, qui prend très peu de place. Il ne faut pas non plus que l'énergie soit comptée : un haut-parleur de 4 Ω consomme jusqu'à 200 mA. N'utilisez des piles que si l'alarme ne doit pas se déclencher trop souvent, ou bien recourez à une alimentation par le secteur. La commande de l'avertisseur ne sera pas trop difficile. Vu l'intensité qui circule, le plus simple est de la confier à un relais commandé lui-même par un circuit électronique étudié pour.

87667

**liste des composants**

**Désolé, Messieurs les revendeurs, ceci est un bricolage pour dimanches pluvieux, pas de composants à acheter !**

sin, mais vous pouvez faire appel, comme sur la photo, à du ruban adhésif. Le trou taraudé doit se trouver juste en face de la pastille de cuivre. La dernière opération rejoint un peu le domaine de l'électronique : il s'agit du câblage, selon le schéma de la **figure 2**. D'abord les fils d'alimentation ; raccordez un fil à l'une des cosse du haut-parleur (n'importe laquelle), l'autre à la tête de la vis. Le troisième et dernier morceau de fil reliera la deuxième cosse du haut-parleur à la pastille de cuivre collée sur la membrane. C'est tout, nous pouvons passer au fonctionnement.

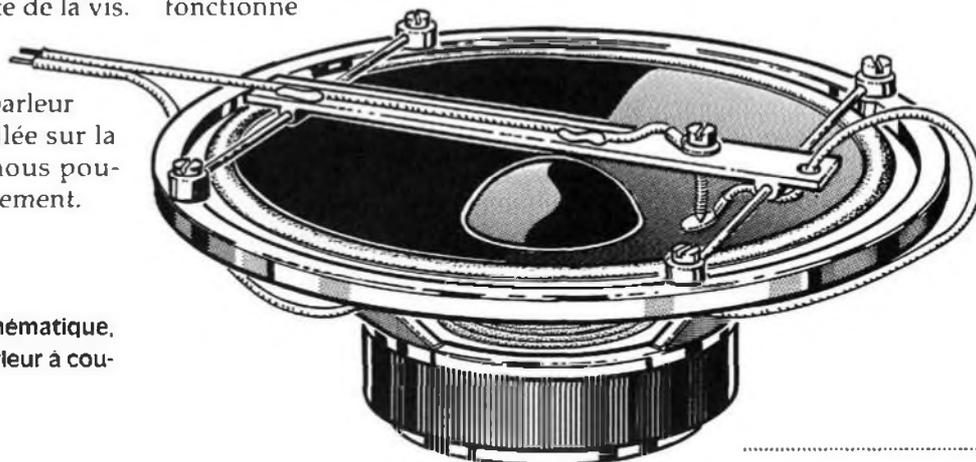


Figure 2 - Représentation schématique, s'il en fallait une, du haut-parleur à courant continu.

