

électronique

n° 44

mai 1992

22 F/160 FB/7,80 FS

mensuel

elet

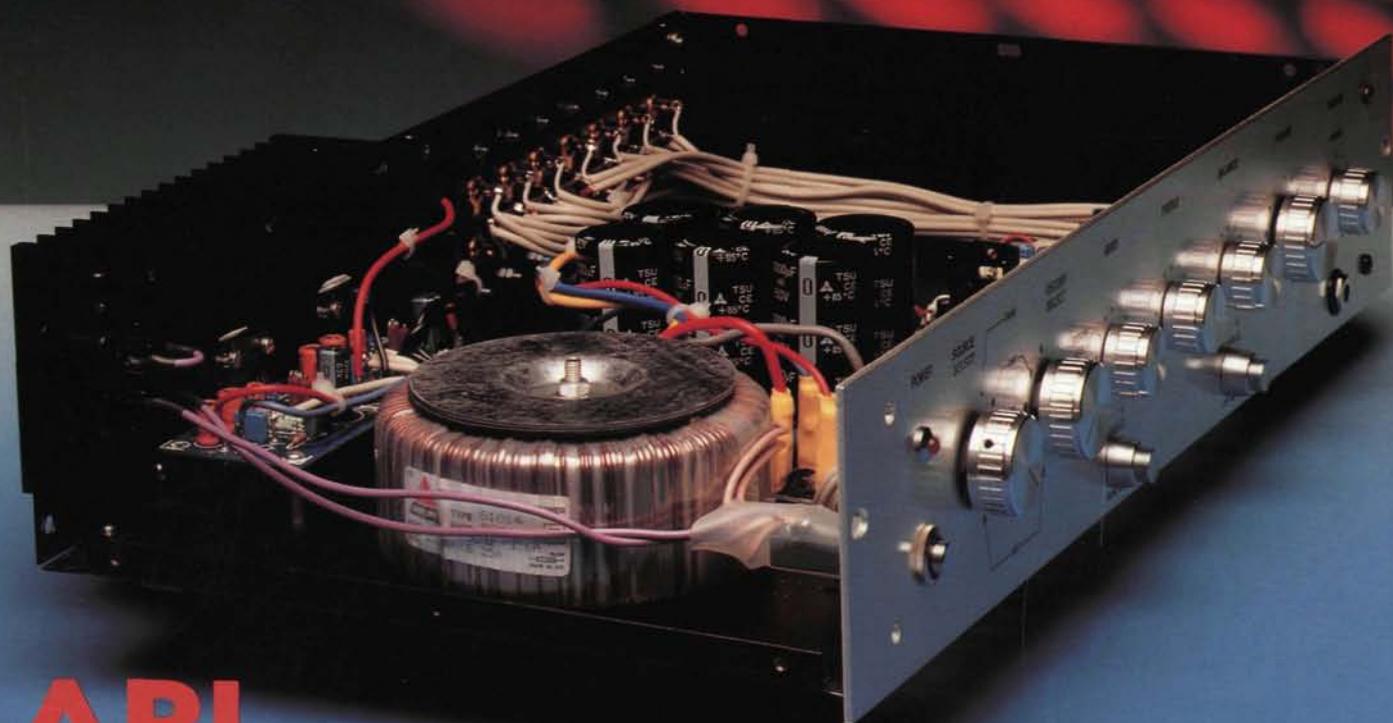
onduleur 12 V → 220 V
p. 15

testeur de thyristors
p. 58

régulateur de vitesse
pour petits moteurs
p. 43

les ondes électro-magnétiques
p. 12

explorez l'électronique



API
ampli-préampli stéréo intégré
2x40W avec circuits imprimés
p. 49

M2510 - 44 - 22,00 F



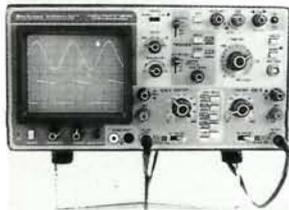
UN SIMPLE COUP DE FIL ET
VOTRE BECKMAN LIVRE
DEMAIN CHEZ VOUS*
* Frais de CHRONOPOST ou
supplément EXPRESS en sus.

Selectronic

la passion de l'électronique!

Beckman Industrial™

LES OSCILLOSCOPES



9020 E
2 x 20 MHz avec ligne à retard. Livré avec 2 sondes combinées. Garanti 1 an.
... 103.8417 **3889,00 F**

9012 E
2 x 20 MHz Version économique du 9020 E. Livré avec 2 sondes combinées. Garanti 1 an.
... 103.0914 **3449,00 F**



9202 : 2 x 20 MHz. Double base de temps. Affichage digital (V, t, F) Curseurs.
... 103.8909 **6449,00 F**

9204 : 2 x 40 MHz. Double base de temps. Affichage digital (V, t, F). Curseurs.
... 103.8912 **7989,00 F**



9102 E : 2 x 20 MHz. Double base de temps
... 103.8907 **4689,00 F**
9104 E : 2 x 40 MHz. Double base de temps. Ligne à retard. ... 103.8908 **6689,00 F**
9106 E : 3 x 60 MHz. Double base de temps. Ligne à retard ... 103.8913 **8289,00 F**

LES MULTIMETRES



DM 27 XL : LE BEST SELLER A TOUT FAIRE : Multimètre, capacimètre, fréquencemètre, etc... Livré avec étui.
... 103.8409 **799,00 F**

DM 25 XL : Comme DM 27 XL sans la fonction Fréquencemètre.
... 103.8393 **719,00 F**

DM 93 :
... 103.9242 **878,00 F**

DM 95 :
... 103.9243 **1094,00 F**

DM 97 : TOUJOURS PLUS !
Multimètre à changement de gamme automatique et bargraphe analogique, capacimètre, fréquencemètre.
... 103.9244 **1279,00 F**



20.000 POINTS :
DM 850 :
Multimètre "RMS vrai" + fréquencemètre. Data Hold. Précision de base : 0,05%.
... 103.8395 **1695,00 F**

La série "DE POCHE" :
DM 20 L : 103.8392 **539,00 F**
DM 2 : 103.0908 **289,00 F**
DM 71 : Multimètre - sonde automatique à un super prix.
... 103.8390 **419,00 F**
DM 78 : Multimètre automatique type "calculatrice" 103.8391 **249,00 F**

MULTIMETRE DE TABLE :
360 B : 2000 points - RMS vrai.
... 103.0911 **3775,00 F**

GENERATEURS :
FG 2 AE : Générateur de fonctions 2 MHz 103.8397 **1775,00 F**
FG 3 AE : Générateur de fonctions wobulé. 2 MHz avec fréquencemètre.
... 103.9256 **2700,00 F**

COMPTEURS :
UC 10 AE : Universel 100 MHz.
... 103.8492 **3195,00 F**
FC 130 AE : Universel à microprocesseur 1,3 GHz.
... 103.0905 **4898,00 F**



NEW !

LES NOUVEAUX BECKMAN DM 5 / 10 / 15 XL SONT ARRIVES CHEZ SELECTRONIC!

DM 5 XL ... 103.4315 **349,00 F**
DM 10 XL ... 103.4317 **399,00 F**
DM 15 XL ... 103.4319 **479,00 F**

9302 E
2 x 20 MHz à mémoire numérique. Livré avec 2 sondes combinées. Garanti 3 ans.

L'oscilloscope ... 103.0936 **6990,00 F**



Chez Sélectronic, les oscilloscopes Beckman sont fournis avec 2 sondes combinées, livrés chez vous Franco de port et emballage, et sont garantis 3 ans...

INSTRUMENTATION



PINCES AMPEROMETRIQUES NUMERIQUES 2000 PTS : (Livrées avec étui cuir)

AC 30 : 300 A AC. 500 V AC ... 103.8416 **989,00 F**

CDM 600 : 600 A AC et DC. 1000 V DC. 750 V AC. Data Hold ... 103.0902 **1815,00 F**



CAPACIMETRE :
CM 20 A : 0,1 pF à 20.000 µF . 103.8406 **829,00 F**

PONT RLC DE PRECISION
LM 22 A : 0,01 Ω à 20 MΩ
0,1 pF à 2000 µF
0,1 µH à 200 H ... 103.0906 **1922,00 F**



SONDES LOGIQUES :

LP 25 ... 103.7964 **445,00 F**

PR 41 : Générateur d'impulsion 400 Hz 103.8422 **510,00 F**

TESTEUR DE LIAISON : B.O.B. 725 :
RS 232/V24 ... 103.8468 **673,00 F**



BECKMAN, C'EST AUSSI LES COMPOSANTS PROFESSIONNELS :
- Trimmers multitours. Réseaux de résistances et de diodes. Potentiomètres bobinés multitours. Etc...
A DECOUVRIR DANS LE CATALOGUE GENERAL SELECTRONIC



MULTIMETRE ANALOGIQUE AM 12.
Tout confort.
... 103.0899 **499,00 F**



PINCE CT 200.
Accessoire pince ampéremétrique adaptable sur tout multimètre. Astucieuse. 200 A AC. Sortie : 1 V = 100 A.
... 103.0913 **450,00 F**

CONDITIONS GENERALES DE VENTE :

* Règlement à la commande : port et emballage : 28,00 F.
FRANCO à partir de 700 F. * Contre-remboursement : frais en sus selon taxe en vigueur.

Pour faciliter le traitement de vos commandes, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés.



CATALOGUE COMPLET BECKMAN INDUSTRIAL (en français) : ENVOI FRANCO CONTRE 11,50 F EN TIMBRE POSTE.

VENTE PAR CORRESPONDANCE BP 513 - 59022 LILLE CEDEX

TEL : 20 52 98 52 - FAX : 20 52 12 04

Selectronic

la passion de l'électronique!

SOMMAIRE ELEX N°44

- 8 ➤ Elexprime
- 27 ➤ mots croisés
- 56 ➤ petites annonces gratuites

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

- 4 ➤ Rési & Transi : bande dessinée
- 37 ➤ système K : le transistor commutateur
- 12 ➤ les ondes électro-magnétiques
- 31 ➤ piles au menu
- 46 ➤ la doc ad hoc : fiche de caractéristiques du L165
- 55 ➤ mini-circuit : générateur à un seul transistor

R.É.A.L.I.S.A.T.I.O.N.S

- 12 ➤ antenne active pour les PO
- 15 ➤ onduleur de puissance
- 19 ➤ posemètre
- 28 ➤ sonnerie auxiliaire pour le téléphone
- 34 ➤ indicateur optique de surcharge pour enceintes Hi-Fi
- 43 ➤ régulateur de vitesse

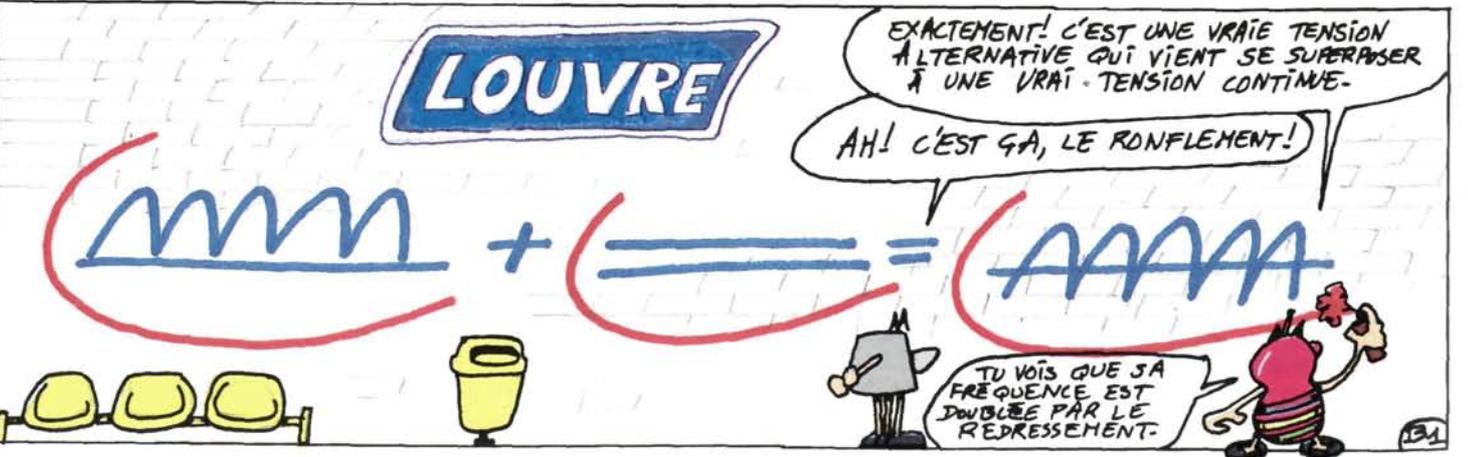
49 ➤ **api** ampli-préampli intégré stéréo
2 x 40 W avec dessins de circuits imprimés

- 58 ➤ testeur de thyristors



LES BIDOUILLES DE

DIS DONC...



RESI

&

TRANSI



DESSINS : YVON DOFFAGNE - COULEURS : COOKY F.

IL SUFFIT DE PIÉGER LE RONFLE AVEC UN GROS CONDENSATEUR.

OUPS!

220V

PONT

CONTINU

ALTERNATIVE

CONDU

LE CONDO NE LAISSE PAS PASSER LA TENSION CONTINUE, MAIS IL COURT-CIRCUITE LA TENSION ALTERNATIVE À LA MASSE!

SORTIE

ALORS, ADIEU LE RONFLE?

OUI, MAIS SACHE QU'UNE ONDULATION RÉSIDUELLE APPARAÎT SUR LA TENSION REDRESSÉE EN GROS, LE CONDO "DONNE DU NOU".

POUR TON WALKMAN IL FAUT BIEN 1000 MF.

... GAFFE À LA POLARITÉ!

IL FAUT AUSSI TENIR COMPTE DU FAIT QUE LA TENSION REDRESSÉE ATTEINT MAINTENANT LA VALEUR DE CRÊTE DE LA TENSION ALTERNATIVE!

HE, MEC, T'AS PAS 10 VOLTS?...

C'EST À DIRE 1,4 FOIS LA TENSION... EFFECTIVE?

ON DIT: "EFFICACE"!

OUI. SI LE SECONDAIRE DÉLIVRE 8V... GA TE FAIT PLUS DE 11,2V. FALLAIT QUE JE TE PRÉVIENNE.

PUB

?! WOU! WOU!

À TOUTES LES VOITURES... Y'A DE NOUVEAU EU DES TAGGERS À STATION LOUVRE...

... CRR... LES MÊMES?

NON! CETTE FOIS, ILS ONT SIGNÉ "ELEX"... PAS CONNUS AUX SOMMIERS... "CRR..."

OFFRE SPÉCIALE PRINTEMPS 92

(Valable dans la limite des stocks disponibles)

Photos non contractuelles

Génération

V.P.C.

PRIX TTC

PRIX TTC



LT 92066 **40,00 F**

100 LED Ø 5 ROUGE



Ø3, Ø5, plates, rect., triang. etc. LT 92067 **40,00 F**

100 LED ASSORTIES



A.C. panachés avec schéma LT 92068 **60,00 F**

25 AFFICHEURS 8 mm

C.C. panachés avec schéma LT 92069 **60,00 F**



A.C. panachés avec schéma LT 92070 **60,00 F**

25 AFFICHEURS 13 mm

C.C. panachés avec schéma LT 92071 **60,00 F**



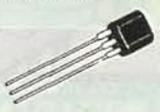
6 V, 12 V, 220 V R, V, J panachés LT 92072 **40,00 F**

20 VOYANTS



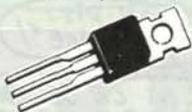
Tensions et culots panachés LT 92073 **30,00 F**

50 AMPOULES DIVERSES



Boîtiers TO92, TO5, TO39 panachés LT 92074 **30,00 F**

100 TRANSISTORS BC



Boîtiers TO202, TO220, panachés LT 92075 **30,00 F**

100 TRANSISTORS BD



Tous types confondus LT 92076 **50,00 F**

100 C. INT 74 LS



Tous types confondus LT 92077 **50,00 F**

100 C. INT CD 4000



simple lyre panachés 8 à 40 br LT 92078 **30,00 F**

100 SUPPORTS 1 LYRE



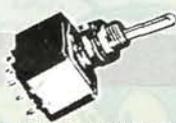
double lyre panachés 8 à 40 br LT 92079 **50,00 F**

100 SUPPORTS 2 LYRES



panachés de 8 à 40 br LT 92080 **100,00 F**

100 SUPPORTS TULIPES



Inter et Inv. UNIP, BIP panachés LT 92081 **40,00 F**

20 INTER, INV.



Différents modèles panachés LT 92082 **30,00 F**

10 MICROSWITCH



5 x 20 et 6 x 32. Rap et Ret panachés LT 92083 **30,00 F**

50 FUSIBLES



de petite tailles panachés LT 92084 **40,00 F**

20 RADIATEURS



JACK, DIN, RCA, BNC etc. LT 92085 **30,00 F**

10 ADAPTATEURS



Ronds, ovales, 5 à 17 cm LT 92086 **50,00 F**

10 HAUT-PARLEURS



Assortiment de 10 courroies panachées LT 92087 **30,00 F**

10 COURROIES



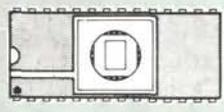
Télescopiques assorties LT 92088 **40,00 F**

10 ANTENNES



Lot de 3 (105 x 42 mm) LT 92089 **30,00 F**

47 000 MF / 16 V



Assortiment de 8 mémoires de 27,16 à 1024 LT 92090 **90,00 F**

MÉMOIRES REPR0M



5 petits transfo 3 KV 23 x 23 x 15 mm LT 92091 **50,00 F**

TRANSFO ISOLEMENT

A CES PRIX-LÀ FAITES DES STOCKS !!!

NOTRE DEVISE : SATISFAIT ou REMBOURSÉ

GÉNÉRATION V.P.C.
Tél. 20.24.22.27

225, rue de la Mackellerie

59100 ROUBAIX
FAX 20.24.21.74

Je vous écris pour vous signaler une petite erreur parue dans ELEX n°41, page 34. Vous indiquez que la formule permettant de calculer la capacité équivalente de deux condensateurs en série est

$$C_{\text{équi}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

En réalité il faut écrire :

$$\frac{1}{C_{\text{équi}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

En réduisant au même dénominateur, on obtient

$$\frac{1}{C_{\text{équi}}} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \times C_2}$$

et d'après les propriétés des proportions, en inversant les rapports, on a finalement

$$C_{\text{équi}} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Avec plusieurs condensateurs en série, la formule est donc

$$\frac{1}{C_{\text{équi}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \text{ etc}$$

Didier DRUGMANNE
27000 EVREUX



Mais oui, bien sûr, le groupement de condensateurs en série se traite exactement de la même manière que celui de résistances (ou d'inductances) en parallèle. Cette mise en série est intéressante surtout quand vous n'avez pas sous la main le composant de la valeur requise pour finir ou tester un montage. On a recours au groupement également pour répartir une tension trop élevée par rapport à la tension de service nominale des condensateurs. Ainsi, de deux condensateurs de même capacité, donnés pour une tension de service maximale de 30 V, et connectés en série sous une tension de 50 V, chacun ne verra-t-il régner entre ses armatures qu'une tension de 25 V.

Nous vous remercions de votre vigilance et de la peine que vous prenez de nous écrire pour nous signaler ces coquilles enquinantes que notre propre vigilance peine à éliminer.

Rien à dire sur la présentation. Pour le contenu, j'aurais deux remarques. Sans négliger les montages classiques assez sophistiqués, mais pas trop, ayez de nombreux articles et montages pour débutants, comme vous l'annoncez pour "l'année prochaine". C'est ce qui fait votre originalité par rapport à des revues concurrentes, très bien faites, mais destinées presque à des professionnels ou à de très bons amateurs. La deuxième remarque concerne la présentation aux plaisanteries laborieuses de certains articles (un paragraphe ou parfois même une colonne). Alors que l'on accepte avec plaisir un mot d'esprit à l'occasion, comme le font quelques uns de vos rédacteurs, d'autres se veulent drôles et sont seulement pénibles. "Les plaisanteries les plus courtes sont les meilleures". On préférerait des conseils supplémentaires de montage. En vous assurant que ces remarques sont faites dans un esprit constructif, je vous prie d'agréer mes sincères salutations.

R. GOGUELET
37270 ATHÉE SUR CHER



Planifier l'astuce ? Allons !
Rire est le propre de l'ohm !
Comment résisterions-nous ?

Nous sommes des élèves de 4^e et en cours de technologie nous avons pour projet la fabrication d'un spot puis d'un gradateur. Nous vous serions très reconnaissants de bien vouloir nous faire parvenir la liste des publications traitant

- de la norme à appliquer sur les luminaires
- des consignes de sécurité à respecter lors de la

réalisation de montages électriques alimentés par la tension du réseau 220 V.

Mme NIBOUREL
pour les élèves de 4^e
Collège Bienvenu Martin
89015 AUXERRE



Un périodique comme ELEX est une des sources possibles pour obtenir l'information que vous recherchez, mais pas la meilleure. Il convient de s'adresser en priorité aux organisations professionnelles comme par exemple la Fédération des Industries Électriques et Électroniques - 11, rue Hamelin 75016 PARIS ou le Centre Technique des Industries Mécaniques - 52, Av. Félix Louat - BP67 - 60304 SENLIS Cedex (bibliothèque et documentation : 44.58.31.35). Ou encore, pour les normes, l'Union Technique de l'Électricité - 4, place des Vosges - 92400 COURBEVOIE - 46.91.11.21. Nous pouvons néanmoins vous recommander l'ouvrage Mémotech - électrotechnique de R. Bourgeois et D. Cogniel et même l'ouvrage Mémotech - équipements et installations électriques de R. Bourgeois, D. Cogniel et B. Lehalle, publiés l'une et l'autre par les éditions Casteilla. Et donnez-nous des nouvelles de votre projet de spot !

Animateur bénévole du club météo, je suis toujours à la recherche d'activités liées à ce sujet : utilisation d'appareils de mesure, sondage d'opinion (sic !), confection de panneaux relatifs aux phénomènes, réalisations d'exposition etc. Il me semblait opportun ces derniers temps de pratiquer des montages électroniques (très) simples relatifs aux capteurs utiles : températures, humidité, direction d'une girouette, force du vent etc. Les problèmes qui se posent à moi sont les suivants : quoi ? comment ? combien ? où ? Il faut noter que les jeunes qui participent à ces activités sont trop souvent de secteur tertiaire, il faut comprendre

sans cours de sciences, et fort peu de culture scientifique ; pour ma part, et c'est aussi le cas de mes deux collègues qui participent à cette animation, l'électronique est un étrange animal. Si vous pensez pouvoir faire quelque chose pour nous, ce sera avec grand plaisir que je recevrai votre réponse.

A. LABEADAYS
Club Météo du Foyer
socio-éducatif du Lycée
polyvalent A. Bourdelle
3, place Herriot Cedex
82017 MONTAUBAN



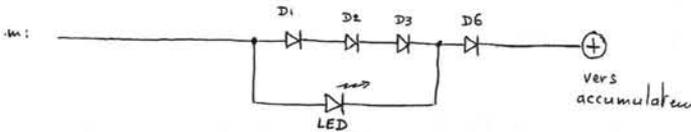
Pour commencer, nous relayons ici votre demande en incitant nos lecteurs intéressés à prendre contact avec vous afin de partager expérience, idées et projets. Par ailleurs, nous allons mettre en route l'un ou l'autre projet de publication, d'applications de l'électronique à la météorologie. Ce sera dans Elex d'ici quelques numéros... Quant à l'électronique, tertiaires ou pas, nous la domptons ensemble.

PS : Que viennent faire les sondages d'opinion au club météo ?

Je viens de découvrir votre revue, et en tant que débutant, je dois vous dire que si j'arrive un jour à comprendre un peu d'électronique, vous n'y serez pas étrangers : Donc je m'abonne. Je voudrais aussi revenir sur l'un de vos montages que j'ai réalisé, et si un jour vous avez prévu de reparler de la diode électroluminescente, vous pourrez peut-être y inclure le complément d'information qui me manque. Il s'agit du chargeur d'accumulateurs au cadmium-nickel paru dans votre n° 2. Après l'avoir réalisé, j'ai souhaité y apporter une petite amélioration qui m'a posé de gros problèmes. Je voulais pouvoir visualiser le bon passage du courant dans les accus (en cas de mauvais contact par exemple). Comme la LED du montage ne signale que le fonctionnement de ce qui se trouve en amont (alimentation, redressement, filtrage) il ne me restait que la solution d'inclure en série un milli-ampèremètre sur la sortie du circuit. Or c'est un élé-



ment relativement cher, alors que je n'avais besoin que d'un signal de bon fonctionnement. C'est là qu'un ami m'a apporté la solution car j'ai eu beau triturer la loi d'Ohm dans tous les sens, rien n'y fait. Voici ce qu'il m'a proposé :



Voici donc ce que je n'arrive pas à m'expliquer : Il m'a fallu trois diodes pour obtenir la chute de tension nécessaire à l'illumination de la LED (jusqu'à je comprends, et tout fonctionne à merveille, alors que j'aurais pensé que la LED, une fois amorcée, dériverait le courant, qui en la traversant, la détruirait, car il n'y a pas de résistance en série pour limiter ce courant. En un mot qu'est-ce qui empêche la LED de se comporter comme un court-circuit et d'être détruite, si le chargeur laisse circuler 400 mA par exemple ? C'est beaucoup d'explications pour une question qui vous paraîtra sans doute naïve, mais à l'occasion, glissez un petit mot d'explication, j'en serai ravi.

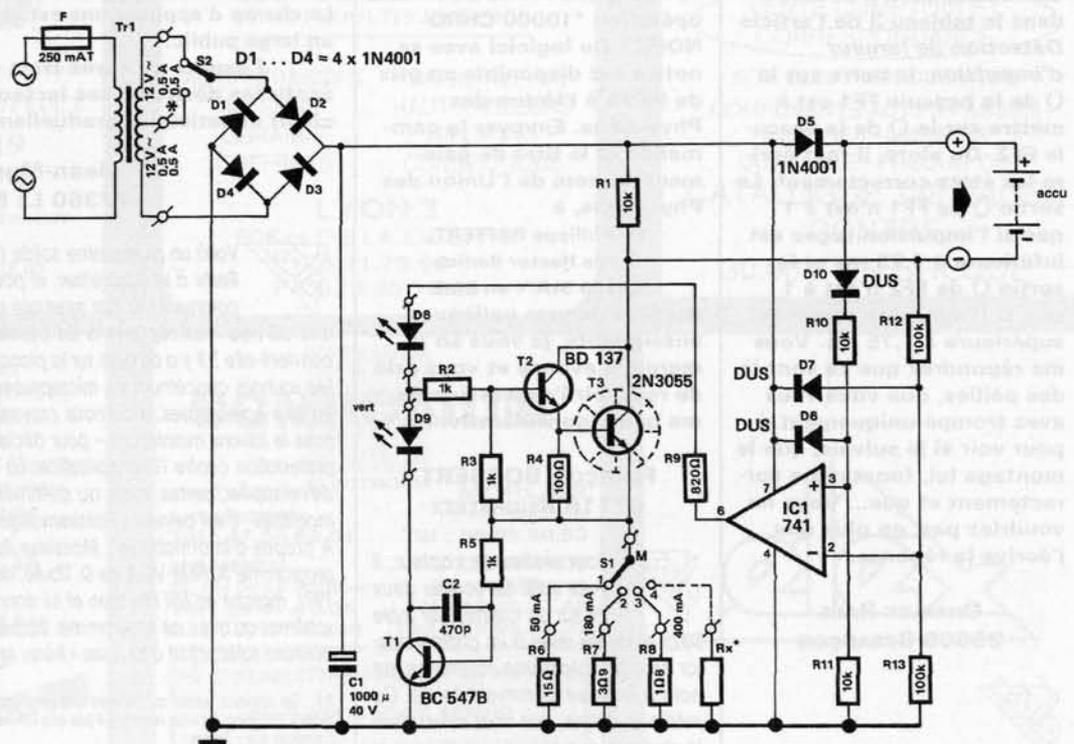
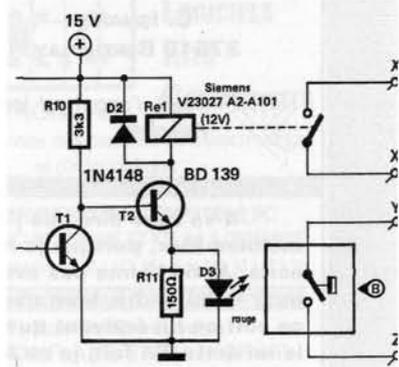
JACQUES MAZILIÉ
16120 CHATEAUNEUF SUR
CHARENTE

Il est vrai que notre chargeur date un peu. Il serait temps d'en publier un nouveau, avec un plus grand confort d'utilisation (connaissez-vous d'ailleurs celui du n°20 d'Elex ? Et celui du n°24, du n°25, du n°34 ?). Nous allons nous y mettre pour un prochain numéro. En attendant, vous soulevez un problème classique de la signalisation du courant de service réel. Sur les chargeurs bon marché de fabrication industrielle, on trouve, en série avec l'accumulateur à charger, une diode montée en parallèle sur une des résistances de limitation du courant ; celle-ci a une valeur calculée de telle sorte qu'avec le courant de charge maximal, la chute de tension corresponde en gros à la tension de service de la LED ; mais ces circuits-là n'ont pas de source de courant constant, or nous répugnons à maltraiter ces pauvres accumulateurs. Vous retrouvez ce principe appliqué à D2 et D3 du chargeur du n°24 d'ELEX. Passons. On rencontre assez souvent des témoins de fonctionnement comme le vôtre, montés en série avec la charge, mais pas tellement dans les revues d'électronique. Vous trouverez ci-dessus à droite un exemple que nous avons déniché pour vous dans un circuit de comman-

de de chauffage central. En matière de chargeurs, la meilleure solution est en fait d'incorporer la LED à la source de courant constant. Nous vous donnons ci-dessous l'exemple d'un schéma convenable, avec en prime un circuit de détection d'inversion de polarité des accus (la source de courant constant T1-T2-T3 est bloquée par l'amplificateur opérationnel primo quand il n'y a pas d'accu, secundo quand la tension de service de l'accu est tombée à moins de 1 V (ce qui est néfaste pour la longévité de l'accu) et enfin tertio quand l'accu est monté à l'envers (nota bene : les accus se chargent toujours en série et jamais en parallèle). Pour revenir à votre question (pas du tout naïve, mais vous pouviez y répondre vous-même, en partie au moins) sur la dérivation du courant par la LED, vous êtes-vous donné la peine d'étudier le circuit, multimètre à la main ? Les travaux pratiques, rien de tel... Quel est l'effet de l'adjonction de la LED sur l'intensité du courant global dans votre circuit ? Celle-ci augmente-t-elle ou pas ? Et la tension sur les trois diodes change-t-elle quand vous ajoutez la LED ? Essayez donc avec un multimètre, ou deux si

possible (l'un en voltmètre et l'autre en ampèremètre) : vous verrez qu'un semi-conducteur, quand il conduit, n'est pas assimilable à un court-circuit, tout comme — nous l'avons déjà montré dans Elex n°14 — un transistor n'est pas assimilable à un potentiomètre. Insérez donc votre multimètre en mode ampèremètre dans le circuit de la LED, puis entre deux des trois diodes et vous vérifierez que si le courant à travers la LED vient se soustraire du courant global, son intensité ne dépassera néanmoins pas la trentaine ou la quarantaine de milliampères tandis que la tension sur la LED reste stable (3 x 0,7 V). Même quand le courant de charge des accus est de 400 mA. C'est là une caractéristique de la LED : à tension stable courant stable. Vous constaterez aussi que lorsque le courant de charge vient à passer sous le seuil des 20 mA, il se répartit équitablement entre les trois diodes d'une part et la LED d'autre part. Inutile de triturer la loi d'Ohm avant de l'appliquer : nous sommes en présence ici d'un semi-conducteur qui ne se comporte pas comme une résistance ! Il reste alors à comprendre pourquoi l'intensité du courant reste stable sur la LED quand la tension y est stable, alors que dans les diodes ordinaires, aux bornes desquelles règne pourtant une tension tout aussi stable, le courant augmente allègrement... Ouvrez brièvement le circuit des trois diodes tout en mesurant la tension aux bornes de votre LED. L'intensité du courant (disons 400 mA) est commandée par la source de courant, elle ne change pas : et alors que fait la tension ? Vite, refermez le circuit des trois diodes sinon la LED va y rester !

Regardez page 38 de ce numéro, vous y trouverez la caractéristique d'une diode comme celle de D1 à D3 de votre circuit : à partir du seuil de conduction le courant augmente rapidement mais la tension reste quasiment invariable : même quand l'intensité est d'1 A, la tension est encore de 0,6 V. Avec les LED, il en va de même, à ceci près que l'intensité maximale est limitée à une cinquantaine de milliampères, et leur seuil de conduction est plus élevé. Cette fameuse caractéristique des diodes est mise à profit dans les sources de courant constant comme il y en a déjà eu bon nombre dans ELEX (c'est par exemple le rôle de D8 dans le circuit de l'alimentation du n°38). On y reviendra... forcément.



Lecteur inconditionnel depuis le n°1, je désespère de trouver où acheter par correspondance des condensateurs variables de 500 pF ainsi que des réducteurs 1/5 ou 1/6. Ils semblent tous les deux absents de tous les et tarifs que j'ai pu recevoir des annonceurs d'ELEX. Pouvez-vous leur passer un appel ou donner des adresses ? D'autre part, pourriez-vous (comme le bas page 9 n°20 mars 90) publier un quadrillage au pas de 2,54 mm (1/10" de pouce) que nous pourrions photocopier pour établir nos propres CI ? Pour le reste c'est bien, continuez.

C. ISNARD
37510 BERTHENAY



Voilà, l'appel est lancé.
Patientons.

Il va sans dire que j'aime bien Elex, puisque je lui écris. Je ne l'aime pas assez pour le lui écrire, bien que ce soit en lui écrivant que je le lui écris. En fait, je ne lui écris pas pour lui dire que je l'aime, je ne lui écris pas non plus pour lui dire que je ne l'aime pas, je lui écris pour lui dire qu'il s'est fichu le doigt dans l'œil. Dans le numéro d'avril, en plus des aneries habituelles, qui m'ont amusé (elles étaient sûrement là pour ça) j'en ai trouvé une que vous n'avez pas remarquée, sinon vous l'auriez effacée. Une énigme et pas drôle, voire même un nombre pair d'erreurs : dans le **tableau 3** de l'article *Détection de largeur d'impulsion*, la barre sur le Q de la bascule FF1 est à mettre sur le Q de la bascule FF2. Ou alors, il faut écrire les états correctement. La sortie Q de FF1 n'est à 1 que si l'impulsion reçue est inférieure à 1,25 ms et la sortie Q de FF2 n'est à 1 que si l'impulsion reçue est supérieure à 1,75 ms. Vous me répondez que ce sont là des pailles, que vous vous avez trompé uniquement pour voir si je suivais, que le montage lui, fonctionne correctement et que... Vous ne voudriez pas, en plus que j'écrive la réponse.

CHARLES RARE
25000 BESANÇON



Monsieur le Rédacteur en Chef,

L'Union des Physiciens lance une opération nationale intitulée : "10000 CHRONOPC" destinée à promouvoir l'utilisation de l'outil informatique auprès de nos collègues de Sciences Physiques et de Mécanique. Pour cela quatre collègues ont mis au point un petit montage et un logiciel très performant, le tout pour moins de 200 FF :

- MESURES DE TEMPS AU 10000^{ème} DE SECONDE SUR COMPATIBLES IBM® PC ET PS.
- CHUTE LIBRE : PROGRAMME PRET À L'EMPLOI AFFICHANT TEMPS, ESPACE, VITESSE ET GRAPHES X(T) Y(T), SAUVEGARDE DES MESURES ET CONVERSION AU FORMAT REGRESSI. FOURNI AVEC SA NOTICE DE 12 PAGES (50 FF).
- Le capteur optique CHRONO PC (disponible tout monté pour 100 FF qui se branche sur la prise imprimante parallèle d'un compatible IBM® PC ou PS).
- Également pour les collègues spécialistes de Turbo Pascal®, l'unité CHRONOPC pour développer soi-même des applications de chronométrage (fournie sur la même disquette, avec des exemples).

J'ai le plaisir de vous envoyer un spécimen de notre logiciel "CHRONOPC CHUTE LIBRE" et sa notice. Je souhaiterais que votre revue se fasse l'écho de notre opération "10000 CHRONOPC". Ce logiciel avec sa notice est disponible au prix de 50 FF à l'Union des Physiciens. Envoyer la commande et le titre de paiement au nom de l'Union des Physiciens, à

M. Philippe BAFFERT,
3, rue Hector Berlioz
94370 SUCY en BRIE

Au nom de mes collègues enseignants, je vous en remercie d'avance et vous prie de recevoir l'expression de ma haute considération.

FRANÇOIS BOSSERT
67116 REICHSTETT



Pour réaliser le capteur, il vous suffit de souder deux fils sur un connecteur mâle DB25 et de les relier à un phototransistor en intercalant une résistance (la notice indique comment faire). Ça mérite le détour, que vous soyez dans la physique ou pas !



A l'occasion de mon réabonnement, je vous écris quelques mots pour vous dire ce que je trouve de bien dans la revue et aussi ce que j'aimerais voir y figurer à l'avenir (opinion personnelle). Les points forts et intéressants de la revue : la BD Rési&Transi, capable en deux ou trois pages de donner une explication qualitative satisfaisante des phénomènes électriques. Analogique anti-choc, système K, les réalisations permettant de mettre en œuvre des composants d'approvisionnement facile, de coût abordable et remplissant des fonctions assez universelles (555, 741, 567 etc). Ce que j'aimerais voir dans la revue à l'avenir : le développement de la rubrique analogique anti-choc - un peu plus de théorie pour quantifier les phénomènes observés. Pour les circuits intégrés utilisés, une mini-fiche descriptive (alimentation, brochage, caractéristiques, utilisations typiques, valeurs des éléments à ajouter pour obtenir un fonctionnement particulier). Commencer à envisager l'utilisation d'appareils de mesure pour visualiser les signaux en différents points d'un montage. Expliquer comment utiliser les appareils. Dans le domaine de la micro-informatique ne serait-il pas possible de commencer une initiation en créant des réalisations utilisant des mémoires (EPROM), des réalisations permettant de lire (en les visualisant) le contenu d'une mémoire préalablement écrite, d'expliquer comment programmer une EPROM de mettre au point un petit automate programmable ? Ne serait-il pas possible de commencer à développer une console pour apprendre à utiliser un microprocesseur 8 bits dans des applications diverses (système de développement d'applications) ? Les revues traitant de ces domaines ne sont pas nombreuses et quand elles existent, le niveau est tel que le débutant est dépassé. Alors pourquoi ne pas essayer de combler ce fossé pour permettre au débutant d'accéder à la connaissance des microprocesseurs (fonctionnement interne). Le champ d'applications est si vaste que cela peut concerner un large public.

J'espère qu'après trois ans d'existence ELEX saura sentir les désirs de ses lecteurs et deviner ce qu'ils recherchent et satisfaire graduellement leur curiosité.

Jean-Marie APATOLIE
77350 LE MEE SUR SEINE



Voilà un programme solide (vous feriez un bon directeur de rédaction) ! Reste à le concrétiser, et pour ça il nous faut plutôt de bons rédacteurs, comme ceux par exemple qui ont déjà mis en chantier la rubrique « la doc ad hoc » en réponse à un besoin souvent exprimé par nos lecteurs. Vous convient-elle ? Il y a du pain sur la planche.

Les souhaits concernant les microprocesseurs apparaissent dans des lettres de plus en plus nombreuses, mais nous croyons savoir qu'il suffit d'en parler ici - comme nous le faisons maintenant - pour déclencher aussitôt un déferlement de lettres de protestation contre l'informatisation. La consommation de micro-informatique s'est développée, certes, mais au détriment de la curiosité pour l'anatomie de ces machines ; c'est devenu « l'infoématique ».

A propos d'informatique : Monsieur ROGER RITOUET d'Angers nous signale que le programme SCHEM-VGA de D. Tibule, dont il avait été question dans le n°34 de juin 1991, marche en fait très bien et lui donne entière satisfaction : il ne dessine plus ses schémas qu'avec ce programme. D'après lui, c'est un produit simple, pas cher et qui donnera satisfaction à tous ses « frères en électronique ». Pourquoi pas vous ?

P.S. : Les opinions, surtout quand elles sont personnelles, doivent être partagées. ELEXPRIME est là pour cela. A propos d'opinion, ne vous semble-t-il pas que l'on écrit « ce que j'aimerais y voir figurer » plutôt que « ce que j'aimerais voir y figurer » ?

arquie composants

SAINT-SARDOS

82600 VERDUN SUR GARONNE

Tél : 63 64 46 91 Fax: 63 64 38 39

Spécialisé vente par correspondance
Qualité + Prix+Rapidité

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Liste de tous nos prix et promotions contre une
enveloppe timbrée à 4 FR, avec votre adresse



Composants électroniques
Dépositaire de grandes marques
Professionnel et grand public
RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE

B.H. ELECTRONIQUE

164 à 166 av. Ar. Briand - 92220 BAGNEUX

Tél. (1) 46 64 21 59 • Fax (1) 45 36 07 08

SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS

Composants Electroniques -
Kits - Appareils
de mesure - Haut-Parleur -
Sonorisation -
Jeux De Lumière

ELECTRON SHOP

20-23 Avenue De La République

CLERMONT-FERRAND

Tél : 73.92.73.11

We did it again
SCHÉMA III

pour les utilisateurs de Layo 1, voici notre dernier-né :
Le célèbre logiciel américain de saisie de schémas
(120 000 utilisateurs professionnels aux USA...)
Version limitée 2 000 lignes de données et 2 600 des 30 000
symboles disponibles pour 271,50 F Ht (Manuel/tutorial en
français : 189,71 F Ht). Netliste au format LAYO.

Et ça continue

En raison de vos réactions massivement enthousiastes,
nous maintenons notre offre

Fête 80 %

Information sur cette offre
Minitel : 3617 LAYO Rubrique LOGI

LAYO FRANCE

Château de Garamache - Vallée de Saubebonne
83400 HYÈRES

Tél. : 94.28.22.59 - Fax : 94.48.22.16
Minitel 3614 Layo France

à **BESANÇON**

16, rue de
Pontarlier
Tél 81 83 25 52
Fax 81 82 08 97

µP microprocessor

Composants
CI - kits
Aérosols
HP etc

Venez graver vos CI en 15 mn !
Un LABOTEC est à votre disposition !



LOGICIELS
KITS
COMPOSANTS
ELECTRONIQUE

Le point service des passionnés d'électronique
et d'informatique :

COMPOSANTS ACTIF - PASSIF - SPECIFIQUE
DTK - PERIPHERIQUES - COMPATIBLE PC
TIRAGE CIRCUIT IMPRIME ET KIT A LA DEMANDE
du Mardi au Samedi de 9 h 30 à 12 h 30 à et de 14 h 30 à 18 h 30

10% DE REDUCTION CONTRE CETTE PUBLICITE

17, Rue du Renouveau
78700 CONFLANS-STE-HONORINE
Tél. (1) 39 72 40 09 - Fax (1) 39 72 43 95

LES CARRÉS D'ADRESSES

COMPOSANTS ▲ OUTILLAGE ▲ CATALOGUES ▲ KITS ▲ MATÉRIEL

Composants électroniques/Micro-Informatique



PLACE DU MARCHÉ (29 RUE DE BOUCHERIES)
25000 BESANÇON/FRANCE

TÉL : 81.81.02.19

FAX : 81.82.16.79

MAGASIN INDUSTRIE : 72, RUE TRÉPILLOT
BP 1525 BESANÇON
TÉL : 81.50.14.85 FAX : 81.53.28.00

SVE ELECTRONIC
LE SERVICE N°1

TOUS VOS COMPOSANTS
11000 PRODUITS EN STOCK

ACTIFS, PASSIFS PRODUITS FINIS
MESURE HAUT-PARLEURS
LIBRAIRIE HIFI SONO
COFFRETS CONNECTIQUE

LYON 3

60Crs DE LA LIBERTE
78.71.75.66
FAX 78.95.12.18

T.S.M.E. Z.A. DES GROSSINES
17320 MARENNES
TÉL. : 46 85 37 60
FAX : 46 85 20 02

VENTE COMPTOIR ET
CORRESPONDANCE

KITS ELECTRONIQUES TSM
COMPOSANTS ACTIFS/PASSIFS
MESURES - LIBRAIRIE
OUTILLAGE - PRODUIT CIF
CATALOGUE 148 PAGES
CONTRE
30,00 F EN CHÈQUE

PRINTS ELEKTOR EPS - LIVRES
SOFTWARE ESS - REVUES - CASSETTES DE
RANGEMENT - JEUX DE COMPOSANTS

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES - HP VISATON
KITS VELLEMAN OUTILLAGE - MESURE -
LITTÉRATURE - CB - RÉCEPTEURS

URS MEYER ELECTRONIC SA

Avenue Robert 12

CH - 2052 FONTAINEMELON

Tél : 038 / 53 43 43

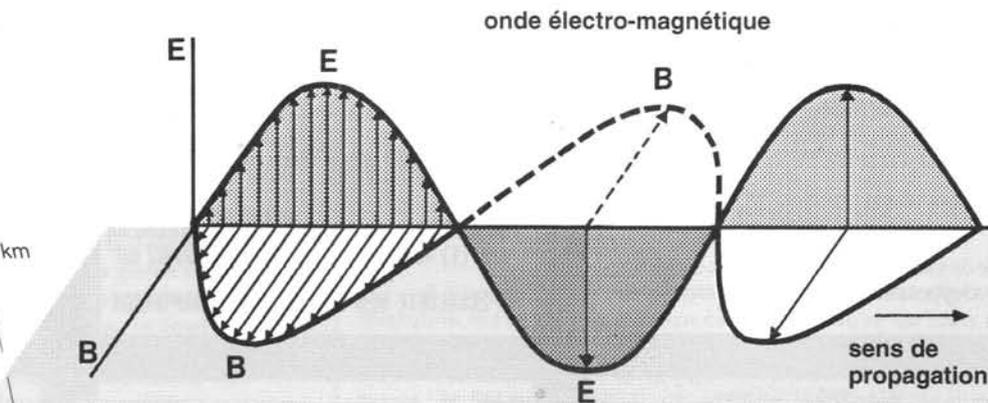
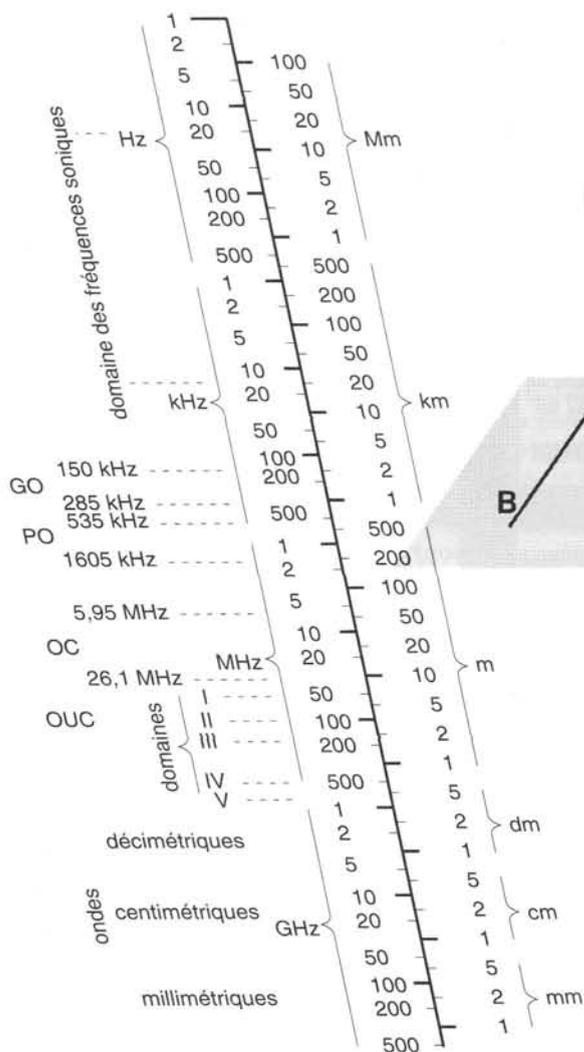
**URS MEYER
ELECTRONIC**

COMPOSIUM

CHOLET ELECTRONIC MORLAIX
6, rue Nantaise 16, rue Gambetta
Tél : 41.58.63.64 Tél : 98.88.60.53
VANNES QUIMPER
35, rue De La Fontaine 33, rue Réguaire
Tél : 97.47.46.35 Tél : 98.95.23.48
Fax : 97.47.55.46 Fax : 98.95.91.29

4 SPÉCIALISTES PRETS À SE METTRE
EN 4 POUR VOUS SERVIR
GRAND PUBLIC AU PROFESSIONNEL.





ondes

électro magnétiques

Cette dénomination recouvre un phénomène naturel auquel nous avons affaire quotidiennement.

Le mot onde, tout d'abord, nous fait penser à de l'eau, mais le mot électro-magnétique nous ramène au sujet de notre revue. Les ondes électro-magnétiques ont quelque chose à voir avec les tensions alternatives, qui font partie des quelques grandeurs de l'électrotechnique capables de produire des champs magnétiques et électriques.

Nous commencerons par résumer la façon dont les champs apparaissent. Quand un courant circule dans un fil, un champ magnétique s'établit autour de lui. L'électro-aimant est un exemple typique. L'intensité du champ et sa direction dépendent de ceux du courant. Si le courant est sinusoïdal, le champ évoluera selon une courbe identique et changera de sens quand la tension changera de polarité. Le champ magnétique qui résulte d'une tension alternative est alternatif, lui aussi.

En plus des champs magnétiques, il existe des champs électriques. Ces champs s'établissent entre deux objets chargés. Par exemple entre les deux armatures d'un condensateur. Si la charge n'est pas constan-

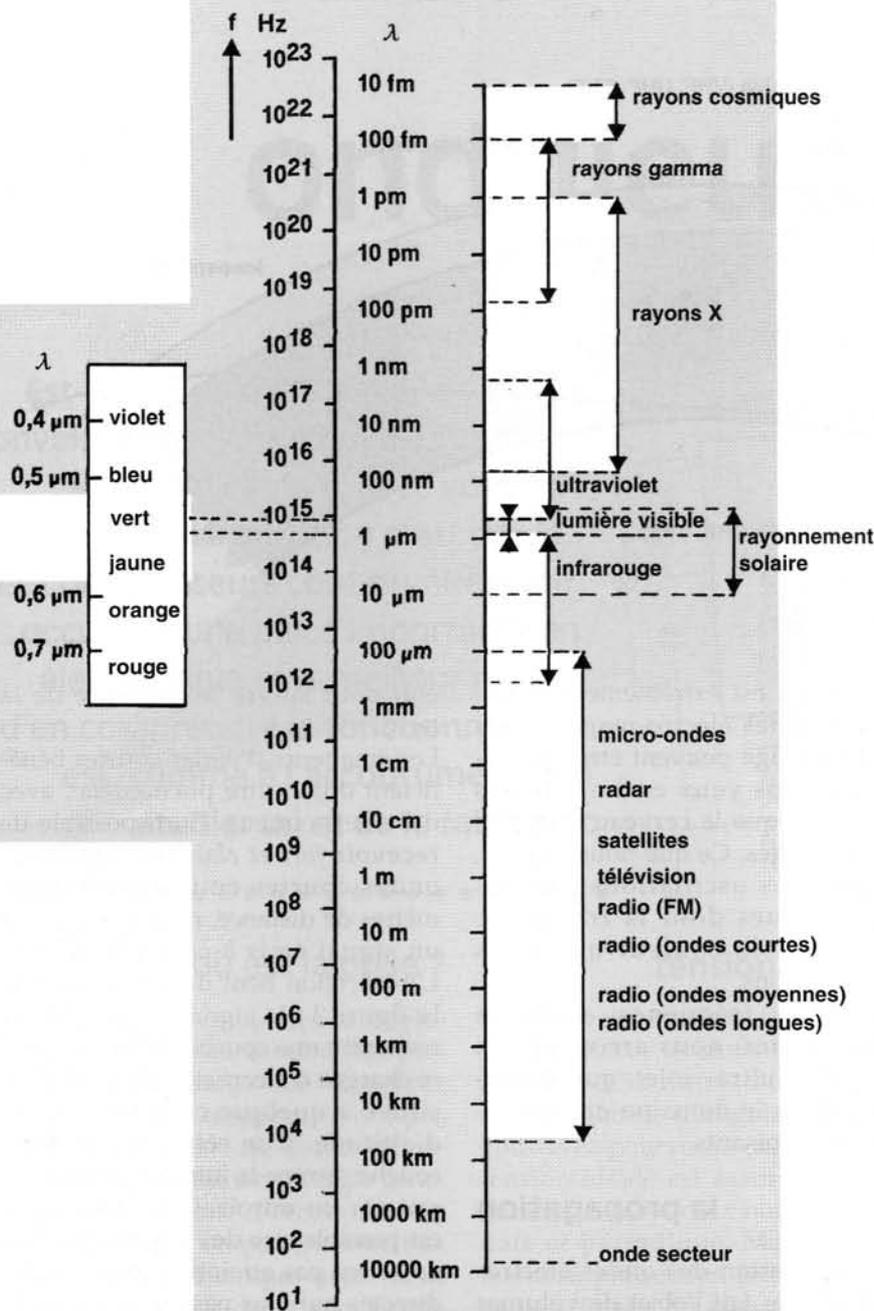
te, nous avons affaire, comme pour les champs magnétiques, à un champ électrique variable.

deux champs combinés

Jusqu'ici, tout reste assez simple à comprendre. Ce qui suit est peut-être plus compliqué à concevoir. Si vous ne vous représentez pas bien les phénomènes décrits, commencez par lire tout l'article de bout en bout, quitte à revenir en arrière plus tard ; il se peut que les choses s'éclaircissent au fur et à mesure.

Supposons que nous raccordons à une pile deux fils longs, dans le prolongement l'un de l'autre, sans contact entre eux (l'un au pôle *plus*, l'autre au pôle *moins*). Avant que les

fils ne soient chargés, un certain nombre d'électrons va quitter le pôle négatif pour venir habiter le conducteur. En effet, le pôle négatif possède des électrons supplémentaires et le conducteur dispose de la place nécessaire pour en accueillir un certain nombre. Au pôle positif, c'est le contraire qui se passe : les charges mobiles du conducteur viennent combler une partie du déficit en électrons de la source. En prenant un peu de recul pour voir les deux fils simultanément, on peut dire que la pile a débité un courant infime ; des électrons ont quitté le pôle positif, d'autres sont entrés par le pôle négatif. Ce courant, si minuscule qu'il soit, a produit un champ magnétique, minuscule lui



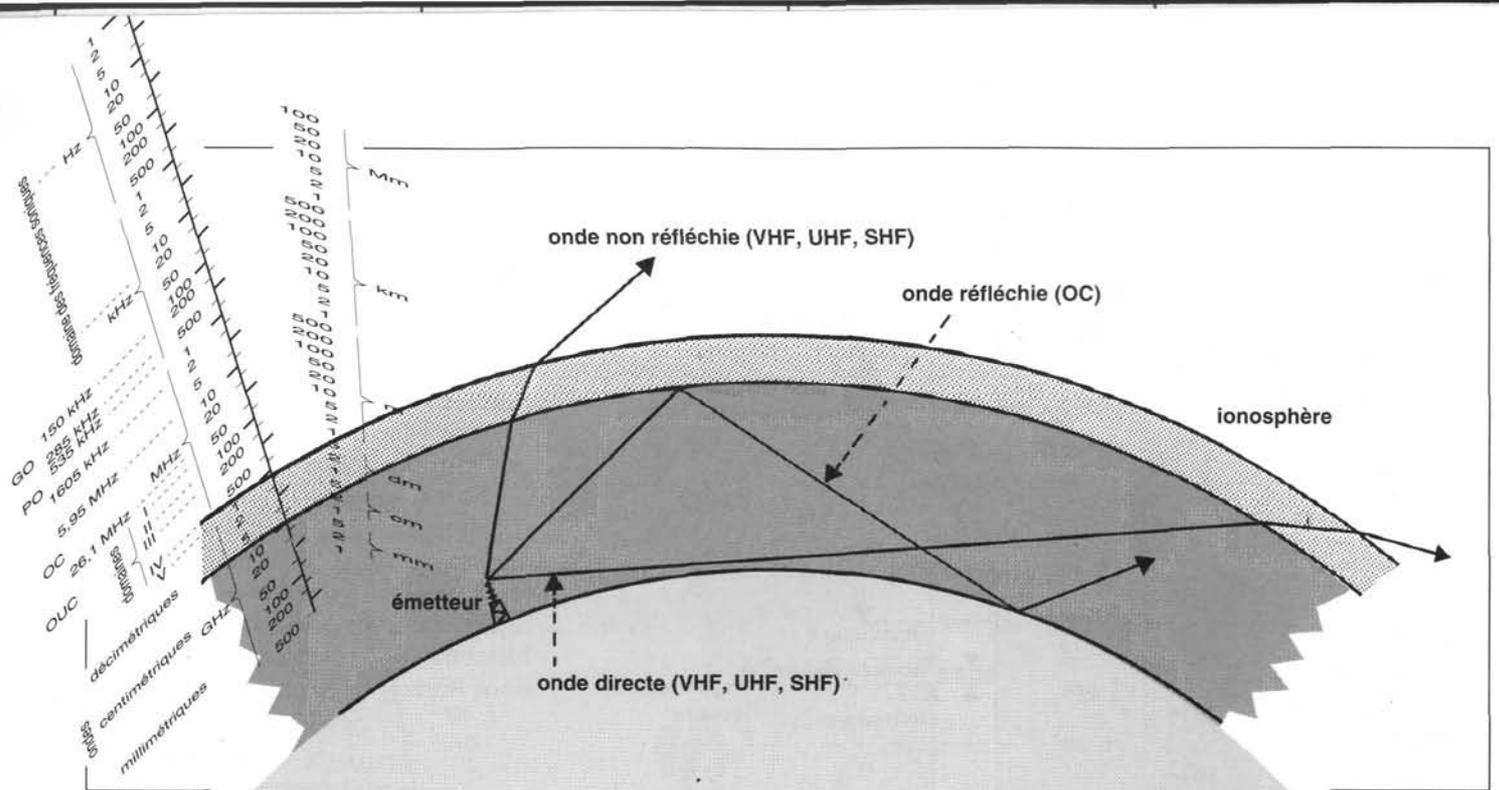
une onde électro-magnétique. La figure 1 est une tentative de représentation d'une telle onde. La première évidence est qu'il s'agit d'un phénomène alternatif. Nous constatons ensuite que le champ magnétique B se propage dans le plan horizontal et le champ électrique E dans le plan vertical. C'est vrai si nous supposons que les fils sont placés l'un au-dessus de l'autre, dans le même plan vertical. Les lignes du champ électrique vont alors de bout en bout, donc verticalement ; les lignes du champ magnétique s'établissent en cercles autour des fils, donc horizontalement.

le spectre

Les lecteurs les plus perspicaces voient où nous voulons en venir. Supposons que la fréquence de la tension alternative est située dans la gamme des mégahertz, appelons l'antenne notre assemblage de deux fils : c'est d'émissions radio que nous sommes en train de parler. Les ondes radio sont, ni plus ni moins, des ondes électro-magnétiques. Dans ce cas l'émetteur est la source qui fournit la tension alternative à une fréquence donnée. Cette tension est transformée par l'antenne en un champ électro-magnétique alternatif de même fréquence. Ce champ se déplace, à travers l'espace, de l'antenne d'émission jusqu'à l'antenne de réception. Là, le champ est re-transformé en une tension qui est exploitée par le poste de radio. Comme l'espace est rempli d'ondes (de fréquence différente) par différents émetteurs, le récepteur capte une foule de tensions alternatives de fréquences différentes. On peut considérer un récepteur comme un filtre accordable qui ne laisse passer que les ondes dont la fréquence correspond à celle de l'émetteur que nous voulons recevoir. En d'autres termes, le récepteur ne capte qu'une petite partie de la bande radio (le spectre des fréquences). Le spectre des fréquences est extrêmement étendu, puisque toute tension alternative, quelle que soit sa fréquence, peut engendrer des ondes électro-magnétiques. La figure 2 est une représentation graphique du spectre des ondes électro-magnétiques. Il apparaît

aussi. Une fois les émigrants installés, les fils sont chargés, celui du pôle négatif négativement, celui du pôle positif positivement. Cette différence entre les charges produit un champ électrique. Nous pouvons donc dire qu'il s'est produit d'abord un champ magnétique, remplacé ensuite par un champ électrique. Connectons maintenant les deux fils, toujours dans le prolongement l'un de l'autre, toujours isolés, à une source de tension alternative. Les doigts ne courent plus assez vite sur le clavier pour décrire, une centaine de fois par seconde, les phénomènes décrits ci-dessus. Ces phénomènes, circulation d'un courant avec naissance d'un champ magnétique, puis installation d'un

champ électrique, se produisent en effet à chaque changement de polarité de la tension alternative. Chaque changement de sens du courant s'accompagne d'un changement de sens des champs magnétique et électrique : ces champs deviennent alternatifs. Les changements rapides des champs électrique et magnétique autour du fil produisent un nouveau champ électrique et un nouveau champ magnétique, tous les deux alternatifs, qui se propagent dans l'espace à la vitesse de la lumière. Tout se passe comme si le champ qui s'installe « poussait » plus loin le champ installé précédemment. Cet ensemble de deux champs qui se déplacent constitue ce qu'on appelle



qu'il ne s'agit pas seulement des ondes de la bande radio, mais aussi de la lumière, des rayons X, des rayons gamma, des rayons cosmiques (ondes à très haute fréquence provenant de l'espace). Cette similitude de nature a été mise en évidence au siècle dernier par des scientifiques qui ont comparé le comportement de la lumière à celui d'ondes qui se déplacent dans l'eau. C'est peu après que l'identité de nature a été reconnue.

Voyons de plus près ce spectre de fréquences. Commençons par les fréquences inférieures à 10 kHz : ce sont celles qu'on peut entendre pour peu qu'elles soient transformées en vibrations de l'air par un haut-parleur ou autre transducteur acoustique. Il ne faut pas en déduire que le son est aussi une onde électro-magnétique : une onde sonore est une vibration de l'air et non un champ.

En remontant l'échelle, nous arrivons aux ondes radio. Il faut distinguer dans cette bande relativement étendue plusieurs parties aux caractéristiques et aux utilisations différentes. Quelques-unes de ces utilisations sont citées sur le graphique. La plage des ondes radio se confond, vers le haut, avec le bas de la plage des ondes lumineuses. Le bas de cette plage est constitué par les rayonnements infrarouges. Cette lumière n'est pas visible, mais nous pouvons la percevoir sous forme de chaleur. La partie visible du spectre de la lumière, si important

pour nous, est extrêmement réduite. Les ondes électro-magnétiques de cette plage peuvent être converties par nos yeux en impulsions nerveuses que le cerveau transforme en images. Ce que nous voyons, ce sont des oscillations électro-magnétiques dont la fréquence détermine la couleur que nous reconnaissons.

Quand la fréquence continue d'augmenter, nous arrivons à la plage de l'ultra-violet, qui se prolonge dans le domaine des rayonnements ionisants.

la propagation

La propagation des ondes électro-magnétiques fait l'objet de volumes entiers. Nous allons essayer d'être brefs, car il faut encore aller nourrir les bêtes. Vous savez déjà que la lumière progresse en ligne droite, puisque nous ne pouvons pas voir plus loin que l'horizon. Il en va autrement pour les ondes radio-électriques. Leur mode de propagation dépend d'abord de leur fréquence. Essayons d'éclaircir ces propos par quelques exemples.

Si nous supposons que les ondes électro-magnétiques se propagent en ligne droite comme la lumière, il est impossible de recevoir un émetteur de radio situé au-delà de l'horizon. Il existe pourtant des émetteurs, en grandes ondes et en petites ondes, que l'on peut capter à des centaines de kilomètres. La seule explication ici est que le trajet des ondes s'inflé-

chit pour suivre la courbure de la terre.

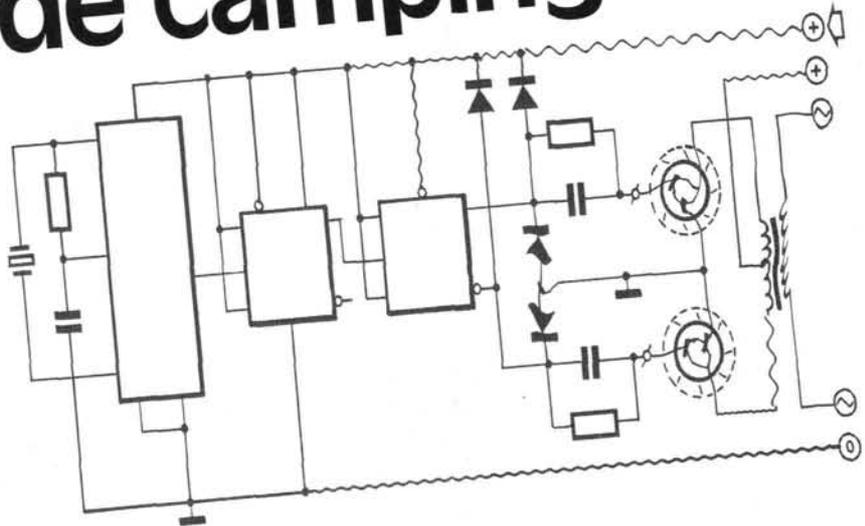
Les émetteurs d'ondes courtes bénéficient d'un autre phénomène, avec des effets curieux. Il est possible de recevoir *fort et clair* un signal sur ondes courtes émis à mille kilomètres de distance, mais pas du tout un signal émis à cent kilomètres. L'explication tient dans le dessin de la figure 3 : le signal de l'émetteur rencontre une couche de l'atmosphère chargée d'électricité (l'ionosphère) située à quelque cent kilomètres d'altitude. Il se réfléchit sur cette couche comme la lumière se réfléchirait sur un miroir. C'est ainsi qu'il est possible que des régions proches ne soient pas atteintes par les ondes directes qui leur passent par-dessus les antennes, alors que d'autres, beaucoup plus éloignées, profitent des ondes réfléchies.

Les ondes de fréquences beaucoup plus élevées retrouvent un comportement similaire à celui de la lumière. Elles se propagent en ligne droite et ne sont pas réfléchies par l'ionosphère, pas plus qu'elle ne subissent de courbure. C'est pourquoi les émetteurs de télévision ou de radio en modulation de fréquence ne couvrent qu'une petite zone. En principe, ils ne portent pas plus loin que l'horizon, mais on peut augmenter la portée en surélevant les antennes, à l'émission comme à la réception.

87629

onduleur de camping

Est-il bien utile d'essayer de vous convaincre de l'(in)utilité d'emporter le 220 V alternatif avec vous en vacances ? La question n'est pas là. Les convertisseurs continu-alternatif occupent une place importante en électronique et le meilleur moyen d'en comprendre le fonctionnement est, comme à l'accoutumée, d'en étudier un et de le fabriquer.



où est la prise ?

tension alternative et diviseur de fréquence

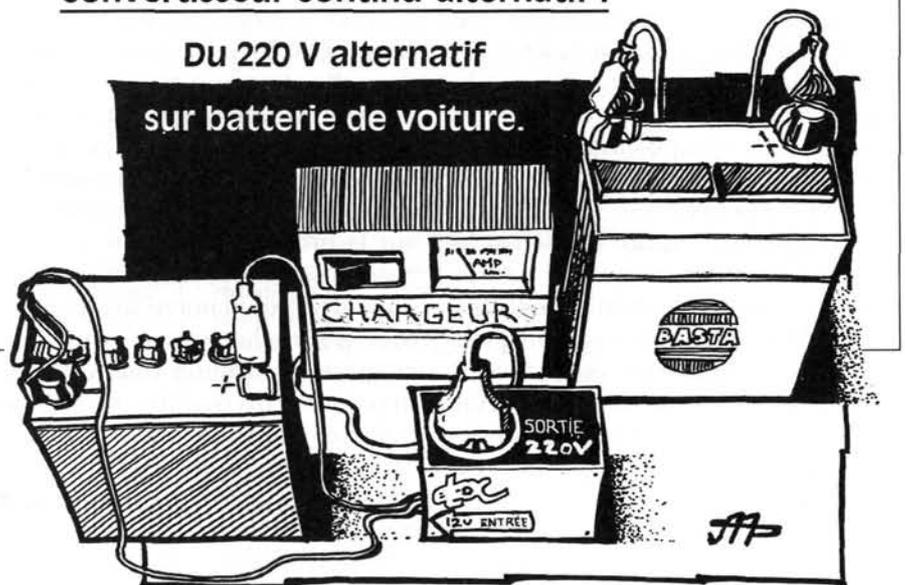
La plupart des campeurs se déplacent en voiture ou à moto (les piétons courageux, de l'espèce randonneur ou trappeur, n'ont pas grand chose à faire du circuit proposé). Ils disposent donc, en règle générale, d'une batterie d'accumulateurs (les piétons qui emportent avec eux une cuisinière électrique aussi : nous ne les excluons donc pas tous). Doivent-ils se passer de leurs appareils ménagers ? En principe oui, puisque ceux-ci fonctionnent sur le 220 V. « Et si on élevait la tension de la batterie, à l'aide d'un transformateur par exemple ? – L'ennui est que le transformateur auquel vous pensez nécessite une tension alternative : en continu, il fournira juste une impulsion à la mise sous tension et se transformera rapidement en résistance de grille-pain à durée de vie très limitée. – Et si nous transformons la tension continue en tension alternative, ce n'est jamais que ce que fait un oscillateur ? – Cela s'appelle une conversion, dans ce cas l'utilisation d'un transformateur est possible et nous appellerons l'ensemble "convertisseur continu alternatif" pour éviter les confusions. »

Au rayon des tensions alternatives, il y a du choix : tensions sinusoïdales (comme celle du secteur), carrées, rectangulaires, triangulaires, c'que-vous-avez-pourvu-qu'ça-marche... La tension idéale est assurément celle qui est "comme chez nous", sinusoïdale et périodique. Malheureusement, sa production électronique ne va pas de soi. En plus de ça, "chez

nous", il n'y a pas que de la tension, il y a aussi du courant : ça débite, et le compteur en sait quelque chose. Voilà quelques problèmes à résoudre. Le mieux est de les traiter un par un. Commençons par produire une tension alternative, même carrée, puisque nous savons le faire, même si elle est de faible énergie : les amplificateurs n'existent pas pour rien.

Convertisseur continu-alternatif :

Du 220 V alternatif
sur batterie de voiture.



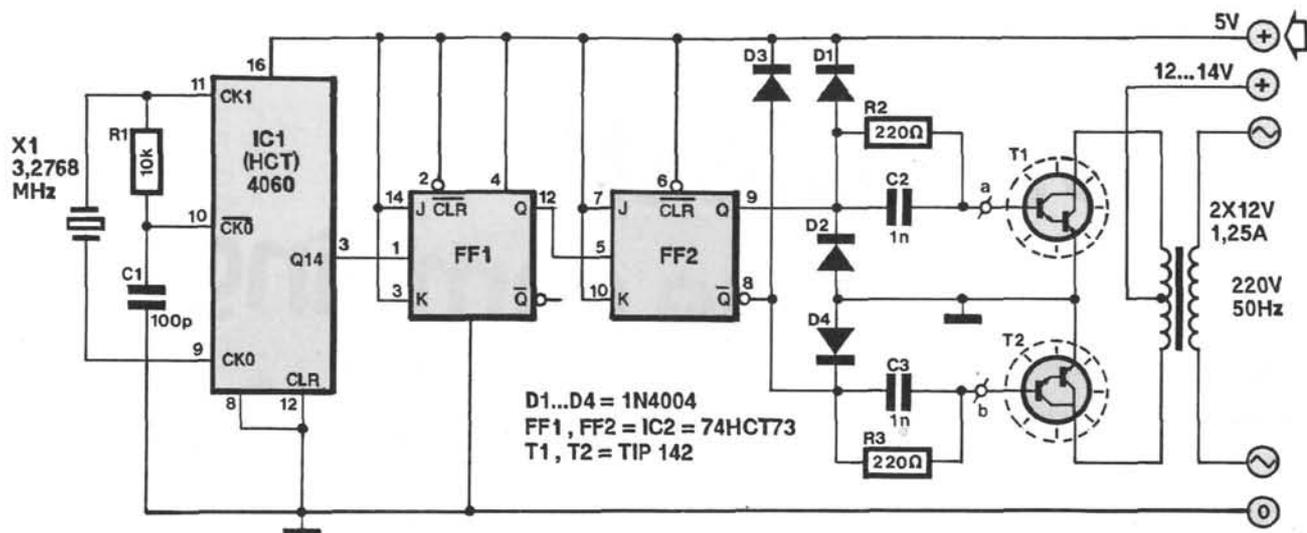


Figure 1 - Les circuits intégrés se contentent de 5 V, encore faut-il pouvoir les leur fournir. Vous trouvez donc, en complément sur la figure, un "convertisseur continu-continu" qui délivre régulièrement ses 5 V à partir des 12 à 14 V de la batterie. Les bascules J-K, FF1 et FF2 sont câblées en bascules T (J et K, même combat !) : leurs sorties changent d'état à chaque front montant appliqué sur leur entrée (J-K). Elles divisent donc par deux, deux fois.

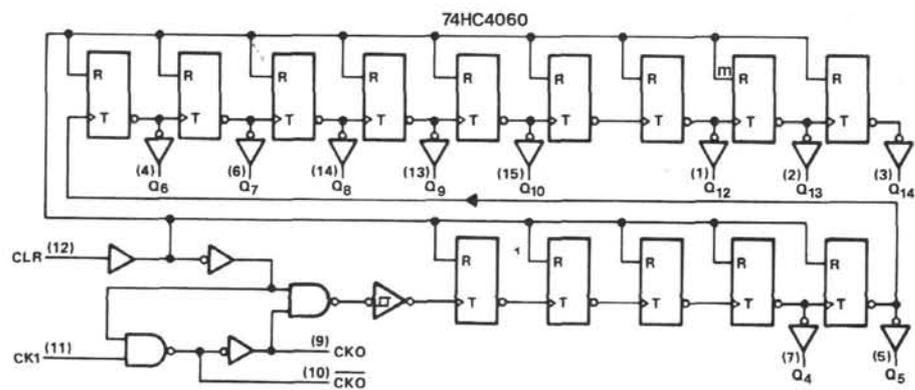
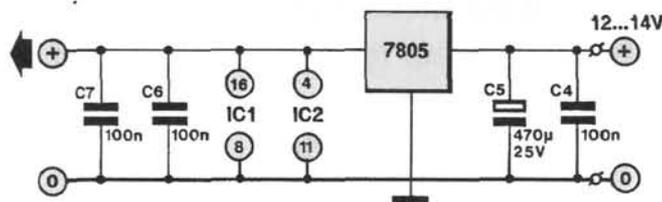


Figure 2 - Les entrailles du 4060 permettent d'en mieux comprendre le fonctionnement. Il est constitué de bascules T câblées en cascade, dont les sorties changent d'état lorsque leurs entrées voient un front montant.

De quels composants disposons-nous pour produire cette tension carrée alternative et périodique de 50 Hz, puisque c'est la fréquence en usage dans nos régions. Prenez la figure 1 et coupez-la en deux par le milieu. Les composants en cause sont sur sa moitié gauche : X1, R1, C1, IC1, FF1 et FF2.

Le composant chargé de battre la mesure, c'est X1, un quartz. Sa fréquence de résonance est de 3,2768 MHz, et pas moins. Il ne peut pas entrer tout seul en résonance, il nous faut l'introduire dans un circuit : IC1 le contient si nous lui adjoignons un condensateur et une résistance.

Voyons IC1, le diviseur par deux à 14 étages, un 4060, plus en détail

(figure 2). Les opérateurs ET-NON et l'inverseur accessibles sur les broches 9, 10 et 11 constituent, avec X1, R1 et C1, l'oscillateur. Sa tension de sortie attaque, à travers un trigger de Schmitt, une cascade de diviseurs par deux (simple remarque en passant, toutes les sorties ne sont pas accessibles). À la quatorzième sortie, sur la broche 3 d'IC1, nous récupérons l'oscillation, mais sa fréquence a été divisée quatorze fois par deux (que les matheux nous pardonnent ce qui suit) : diviser quatre fois par deux, c'est diviser par 16 ; diviser huit fois par deux, c'est diviser par 256 ; diviser 14 fois par deux, c'est diviser par 16384. La fréquence du signal sur Q14 est donc de $3276800 / 16384 = 200$ Hz. Sur les

autres sorties : elle est divisée par 2^4 (= 16) sur Q4, ou par 2^{10} (= 1024) sur Q10. Nous n'en avons rien à faire aujourd'hui, pas plus que des 200 Hz de Q14. C'est 50 Hz qu'il nous faut et les deux bascules FF1 et FF2 vont compléter le travail d'IC1 en divisant encore deux fois par deux la fréquence du signal de 200 Hz. Divisons par deux pour commencer : la sortie Q de la bascule FF1 change d'état chaque fois que le niveau sur son entrée d'horloge passe de 0 à 1, donc deux fois moins souvent que celui-ci ; la bascule FF2 fonctionne de la même façon, et nous avons divisé par quatre. Le signal présent sur la sortie Q de FF2 est de 50 Hz, de même d'ailleurs que celui de la sortie Q-bar, qui lui est direc-

Un cristal de quartz convenablement taillé est piézoélectrique c'est-à-dire que soumis à un champ électrique, il se déforme mécaniquement. Si le champ électrique est variable, les déformations du cristal sont périodiques et, dans certains cas, il se met à osciller à sa fréquence de résonance qui devient celle du circuit dans lequel il est placé. La stabilité en fréquence des oscillations obtenues est très grande.

tement opposé : lorsque Q est à + 5 V, \bar{Q} est à 0 V et réciproquement. On dit des signaux présents aux sorties Q et \bar{Q} qu'ils sont en opposition de phase. La première partie du problème est ainsi résolue, carrément résolue pourrions-nous dire, vu la forme de notre signal alternatif. Ajoutons que les diodes D1 à D4 protègent IC2 (et indirectement IC1) du claquage possible des transistors de sortie (T1 et T2).

Le second problème est, comme nous l'avons dit, d'amplification. La dernière bascule, FF2 n'est pas en mesure de délivrer plus de 0,1 mA,

pour amplifier, à deux c'est mieux !

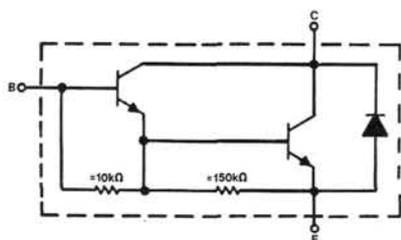
alors qu'une charge de 10 à 15 W nécessite un courant de l'ordre de 1 A. Il faut donc amplifier 10000 fois. Le gain d'un transistor ordinaire oscille entre 200 et 500 et celui d'un transistor de puissance n'excède pas 100. La solution vous vient immédiatement : si nous amplifions deux fois d'un facteur 100 par exemple, nous obtiendrons le gain désiré de 10000 (nous multiplions deux fois par cent, ce qui n'est pas la même chose que multiplier par deux fois cent). Un premier transistor, commandé par un petit courant, tient les rênes (on l'appelle *driver*, que nous traduirons librement par "cocher") d'un second, qui est un transistor de puissance (on ne l'appelle pas pour autant "le cheval"). On peut appeler l'ensemble *Darlington* ("tout le monde peut pas s'appeler Cornes d'Aurochs"). Les transistors que

nous utilisons permettent cette multiplication des gains sous un seul emballage, puisque chacun contient deux transistors câblés en Darlington. La **figure 3** vous en présente l'architecture. La diode et les résistances incluses (sans supplément) sont destinées à les protéger contre toutes sortes d'ennuis⁽¹⁾. Le fonctionnement de l'ensemble est très simple : le courant attaque en B le premier transistor, qui l'amplifie et le passe au second qui l'amplifie à son tour. Le gain de nos transistors Darlington NPN monolithiques (d'une seule pièce ; on dit aussi "composites") est compris entre 1000 et 10000, variable en fonction de l'intensité du courant de collecteur. C'est tout à fait satisfaisant pour résoudre notre problème de courant. Il nous reste à élever la tension, à la transformer.

de 12 V/50 Hz à
220 V/50 Hz

Le transformateur utilisé est bobiné sur un tore⁽²⁾, moins volumineux qu'un transformateur conventionnel et de meilleur rendement. C'est intéressant, ici plus qu'ailleurs, puisque, rappelons-le, c'est une batterie qui fournit la sauce : il faut éviter le gaspillage. C'est aussi la raison qui nous a fait choisir une ondulation rectangulaire. Elle ne fait connaître aux transistors T1 et T2 que deux états : saturé (la tension à leurs bornes est alors minimale et le courant qui les traverse maximal) ; bloqué (courant très faible et tension maximale). Dans les deux cas, la puissance consommée en pure perte est minimale. Comme elle est malheureusement loin d'être nulle, des radiateurs permettront aux transistors de la dissiper sans dommage pour leurs jonctions (qui craignent le chaud : les jonctions au silicium ne doivent pas dépasser 150°C).

N'allez pas croire maintenant que T1 et T2 conduisent les deux en même temps (les quatre, si vous préférez) : ils auraient de la peine, puisque, comme nous l'avons vu plus haut, ils sont commandés à tour de rôle. Les deux transistors conduisent donc alternativement de sorte que le courant constamment variable qui circule dans le primaire du transformateur engendre dans le secondaire, par suite du phénomène d'induction électromagnétique, une force électromotrice alternative de même période. Il n'y a plus qu'à brancher une

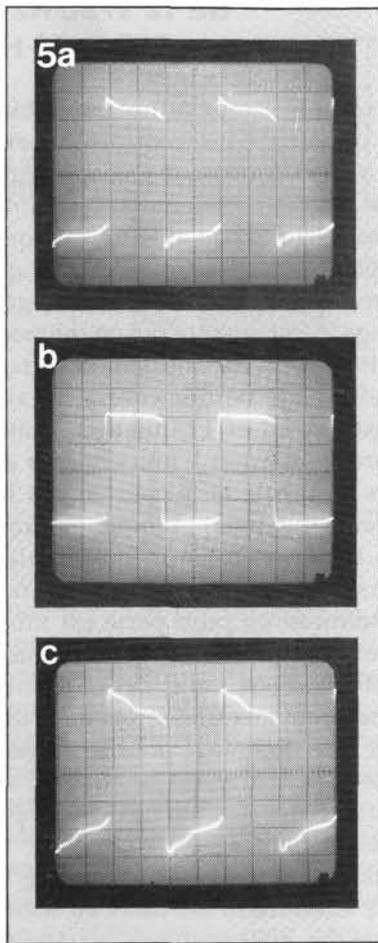


⁽¹⁾ La diode de roue libre permet de travailler sur charge inductive et les résistances évacuent les charges stockées (aux jonctions) pour que le fonctionnement en commutation s'effectue correctement.

⁽²⁾ Sans aucune parenté avec Transi, ce tore. Il doit son nom à sa forme annulaire, que les géomètres disent "torique", en leur langage.

Tableau 1 - Les quelques valeurs rassemblées ici permettent une comparaison (objective, comme disent les vendeurs) entre un transformateur ordinaire et un transformateur torique. Le transformateur torique en sort à son avantage et la différence de prix se justifie.

	charge	tension de sortie (V _{eff})	courant de sortie au secondaire (mA _{eff})	courant au primaire (mA _{eff})
transformateur "ordinaire" 2 × 12 V/1,25 A tension d'alim. 13,33 Vcc	-	220	0	272
	résistive 5 kΩ	197,5	37,8	840
	résistive 5 kΩ + rasoir (10 W)	193,5	70,5	1215
	rasoir (10 W)	224	56,2	850
transformateur torique 2 × 12 V/1,25 A tension d'alim. 14,59 Vcc	-	220	0	58,4
	résistive 5 kΩ	202,5	38,8	647
	résistive 5 kΩ + rasoir (10 W)	195,5	72	1000
	rasoir (10 W)	224	56,2	520



liste des composants

- R1 = 10 kΩ
- R2, R3 = 220 Ω
- C1 = 100 pF
- C2, C3 = 1 nF
- C4, C6, C7 = 100 nF
- C5 = 470 μF/25 V
- D1 à D4 = 1 N 4004
- T1, T2 = TIP 142
- IC1 = 74 HC(T)4060
(compteur binaire à 14 étages et oscillateur)
- IC2 = 74 HC(T) 73
(double bascule J-K avec entrée de remise à zéro)
- IC3 = 7805
(régulateur de tension positive)
- X1 = quartz 3,2768 MHz
- transformateur torique
2 × 12 V/ 30 VA (par ex. ILP 11012)
- platine d'expérimentation de format 1

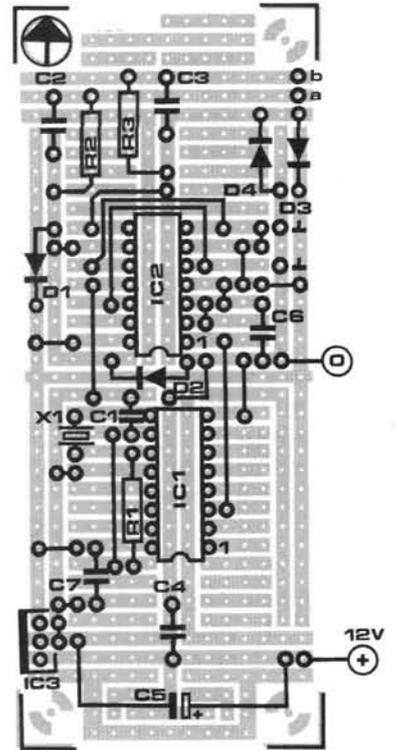


Figure 4 - Les transistors de sortie ne sont pas montés sur la platine : leurs radiateurs ne le permettent pas.

Figure 5 - Les oscillogrammes donnent l'image de la tension de sortie pour diverses charges : a - à vide (blaireau et coupe-choux !); b - lampe à incandescence ; c - rasoir électrique.

charge et à observer le comportement du générateur.

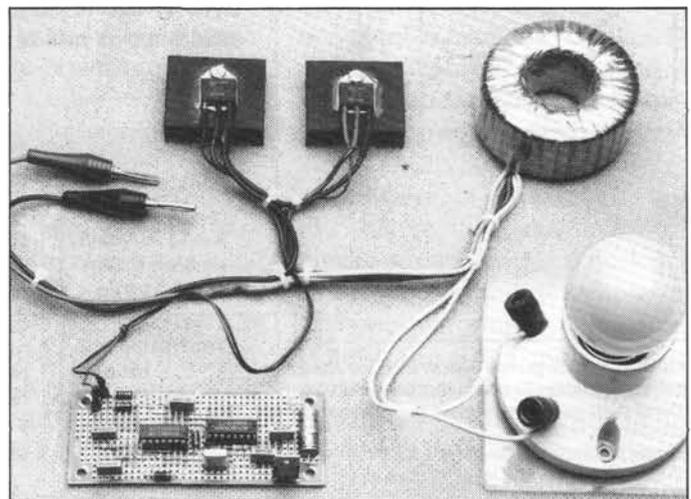
la bête à l'œuvre

Pour tester notre générateur nous l'avons fait débiter sur différentes charges et en utilisant deux types de transformateur. Les résultats de ces quelques mesures sont rassemblés dans le tableau 1. Elles permettent de constater que le transformateur torique est moins gourmand que son homologue classique : le courant qui circule à vide dans le circuit primaire donne une idée des pertes. Les tensions d'alimentation annoncées sont celles qui permettent au prototype de fournir, en l'absence de charge, les 220 V précisément pour lesquels nous l'avons fabriqué. En utilisation courante, il en va évidemment différemment : une batterie de 12 V suffit, même si, fraîchement chargée, elle affiche 14 V. Si vous procédez vous-même aux mesures, méfiez-vous des indications de vos multimètres, analogiques en particulier. Ces appareils sont étalonnés pour donner la valeur efficace de tensions alterna-

tives sinusoïdales. En divisant votre lecture par 1,11, vous aurez une idée plus juste de la réalité.

Les photos de la figure 5 démontrent une autre propriété du générateur : la charge influence non seulement l'amplitude de la tension mais aussi sa forme. Le cliché 5b illustre, si cela était nécessaire, que la charge qui déforme le moins le signal de sortie est une charge purement résistive, celle d'une lampe à incandescence par exemple.

La nature carrée du signal alternatif produit par notre générateur en limite les usages. La plupart des appareils électroniques ne se sentiront pas très bien à ses bornes. Si, en revanche, vous ne pouvez pas vous passer de mixer, rasoir électrique ou brosse à dents du même poil, aucun problème. Il faut seulement veiller à ce que les appareils ne consomment pas plus de 10 à 15 W. La perceuse à percussion et le peigne soufflant, par exemple, vous attendront sagement à la maison : n'ont-ils pas eux aussi droit à des vacances ? 87657

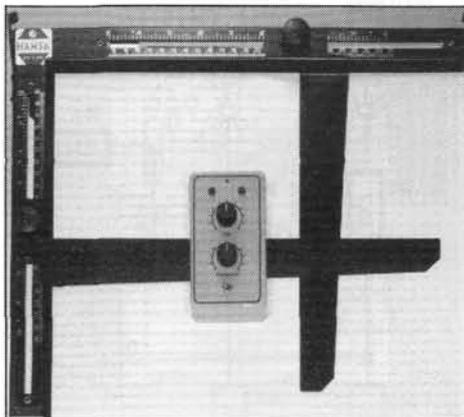


le temps d'exposition

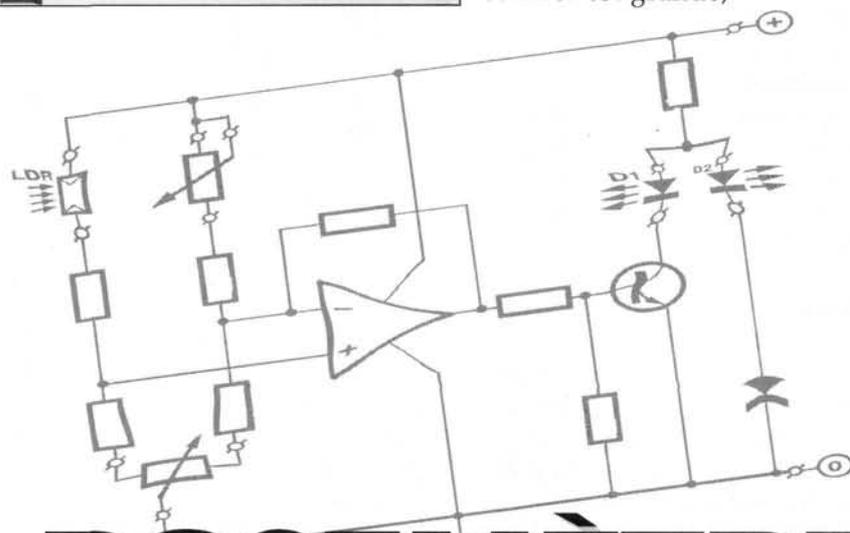
Le travail de laboratoire photo est une activité passionnante. Voir l'image apparaître est un vrai plaisir pour certains. Même si le résultat n'est pas toujours parfait, l'amateur est satisfait en sortant de la chambre noire au bout de quelques heures.

Le tirage des photos noir et blanc semble très simple, pour quelqu'un qui domine la technique, mais avant d'en arriver à ce point, que de papier gâché et que de temps passé ! Il y a tant de facteurs qui interviennent dans le résultat final qu'on a vite fait d'en négliger un, à supposer d'abord qu'on connaisse leur existence. Il n'est pas difficile de se placer dans les conditions de travail adéquates. Préparer les bains, les porter et les maintenir à la bonne température, tout cela est une simple affaire de cuisine : appliquez la recette mot à mot. Le développement et le fixage sont aussi simples : conformez-vous strictement aux indications du fabricant. Les vrais problèmes commencent avec le choix de la gradation du papier et la détermination du temps de pose exact. Sans appareil de mesure, il n'y a qu'une solution : évaluer à l'œil le contraste du négatif, choisir le papier de gradation correspondante, puis exposer des bandes d'essai et les développer. Tout cela demande un œil exercé et une bonne expérience. Il peut en être autrement avec un appareil de mesure qui permet de déterminer à la fois la gradation de papier et le temps de pose qui conviennent à chaque négatif.

Si nous sommes capables de mesurer la quantité de lumière qui frappe le papier, et de la transformer en un temps d'exposition, nous évitons pour commencer les bandes d'essai insolées avec des temps croissants. Il existe de ces posemètres d'agrandissement dans le commerce spécialisé, mais leur prix est souvent dissuasif. La solution économique que nous vous proposons ne comporte pas le temporisateur souvent intégré aux modèles du commerce : vous vous en tirerez très bien avec un chronomètre, une montre à trotteuse, voire un métronome, comme



Le temps de pose optimum dépend de plusieurs facteurs, au premier rang desquels il faut citer le contraste du négatif. Suivant qu'il est dur (contrasté) ou doux (plat), il doit être tiré sur un papier de gradation différente, et le plus souvent de rapidité différente. Nous reviendrons plus loin sur le choix de la gradation. Le deuxième facteur qui joue sur le temps d'exposition est le rapport d'agrandissement. Plus la surface à éclairer est grande,



POSEMÈTRE

pour labo photo

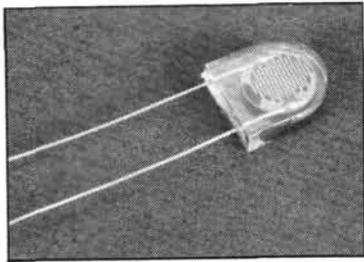
on en trouvait encore couramment dans les laboratoires professionnels il y a quelques années*.

Le temps d'exposition est aussi important lors du tirage que lors de la prise de vue. C'est même par un tirage adroit qu'on peut corriger certaines imperfections du négatif. Quelle que soit la qualité du négatif, il faut, pour en tirer le meilleur parti lors du tirage, un temps de pose bien précis. Vous avez certainement déjà constaté l'influence du temps de pose sur le résultat, et éprouvé la difficulté de le déterminer précisément.

moins la quantité de lumière par unité de surface est importante : l'éclairement diminue en fonction du carré de la distance entre le papier et la tête de l'agrandisseur. Il est possible de calculer le rapport entre les temps de pose à deux rapports d'agrandissement différents, mais il faudrait dans ce cas une référence de temps pour un rapport donné. D'autre part, ce serait très long, plus long que la méthode des bandes d'essai.

Pour finir, il est évident que la puissance de la lampe et l'ouverture du diaphragme contribuent aussi à

*Tu veux peut-être dire quelques dizaines d'années, Papy !



diaphragme contribuent aussi à déterminer le temps de pose. C'est la conjonction de tous ces facteurs qui rend le calcul difficile, pour ne pas dire impossible. Le plus simple n'est-il pas de mesurer la quantité de lumière qui frappe le papier, puisqu'en définitive tous les facteurs y sont intégrés ? Alors mesurons. Nous avons opté pour le type de mesure « ponctuelle ». Nous ne mesurerons pas la quantité de lumière qui atteint toute la surface du négatif, mais celle qui atteint une plage limitée, que nous assimilerons à un point. La question que vous vous posez, à juste titre, est : sur quelle plage va porter la mesure ? Précisément sur plusieurs zones du négatif, successivement, pour trouver la plus dense. C'est la zone la plus dense d'un négatif qui détermine le temps de pose : il doit être réglé pour que cette

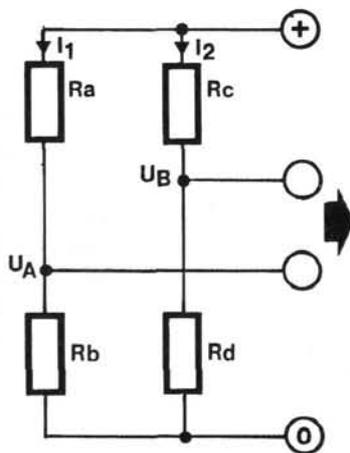


Figure 2 - Le pont de Wheatstone est une partie importante du schéma. Le montage en pont nous permet de nous affranchir des variations de la tension d'alimentation.

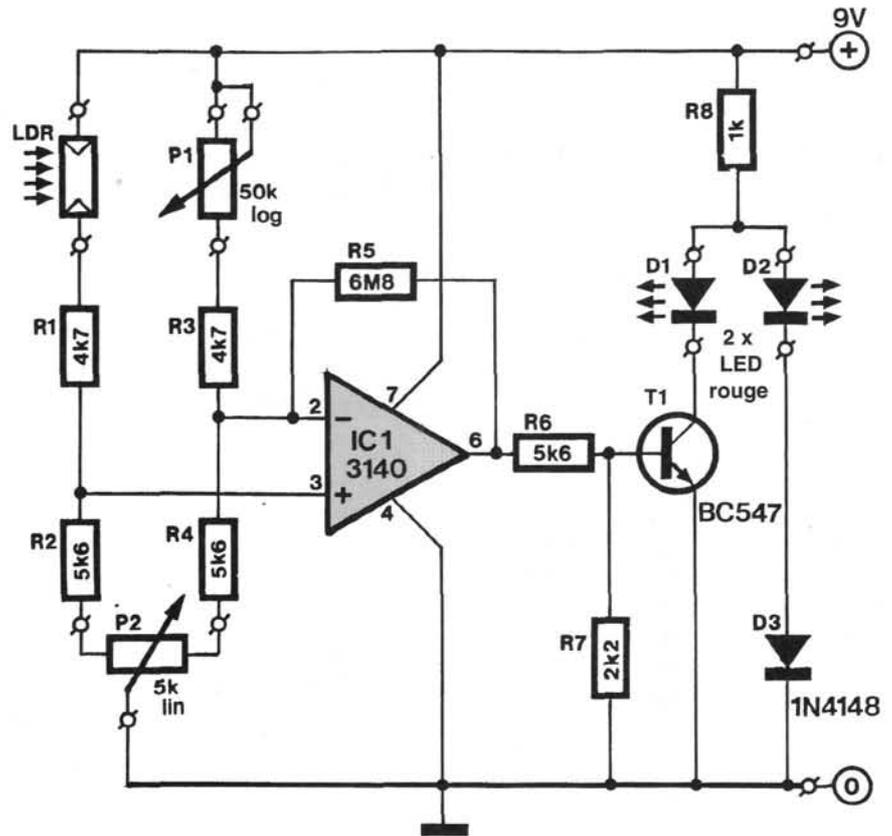


Figure 1 - Le posemètre de laboratoire est constitué par un pont de résistances et un amplificateur différentiel. L'amplificateur indique par les LED si le pont est en équilibre ou non.

zone produise sur le papier le gris le plus clair qu'on puisse distinguer du blanc. L'étendue de cette zone varie d'une photo à l'autre ; aussi faut-il que la surface du capteur soit de petites dimensions. Nous n'exposons donc à la lumière qu'une partie du capteur (la cellule qui transforme la lumière en une grandeur électrique) placée derrière une petite fenêtre. Le signal électrique produit par une fraction de la cellule sera minuscule. Il faudra l'amplifier pour obtenir une sensibilité suffisante.

le schéma

Le schéma du posemètre (figure 1) est simple grâce à l'utilisation d'une LDR comme capteur. La LDR, comme l'indique son nom (*light dependent resistor*), est une résistance sensible à la lumière. Sa valeur dépend de l'éclairement à laquelle elle est soumise. Dans le noir complet, pour un éclairement nul, sa résistance est énorme, de l'ordre de 10 MΩ. Pour un éclairement intense, elle descend jusqu'à 300 Ω environ. La LDR est

montée dans un pont de résistances constitué de R1, R2, R3, R4, P1 et P2. Le montage en pont n'est pas évident sur le schéma complet, c'est pourquoi nous le représentons sous sa forme habituelle dans la figure 2. Les quatre résistances R_a à R_b représentent chacune deux composants du schéma de principe. La LDR et R1 sont remplacées par R_a . La branche R_b est constituée de R2 et de la partie gauche du potentiomètre P2 (nous pouvons considérer le potentiomètre comme deux résistances en série, délimitées par le curseur). La branche R_c est formée par P1 et R3 ; quant à R_d , elle représente R4 et la partie droite de P2. Si nous appliquons une tension au pont, un courant va circuler dans chaque branche. Nous pouvons calculer ces courants comme suit :

$$I_1 = U_{a\text{lim}} / (R_a + R_b)$$

$$I_2 = U_{a\text{lim}} / (R_c + R_d)$$

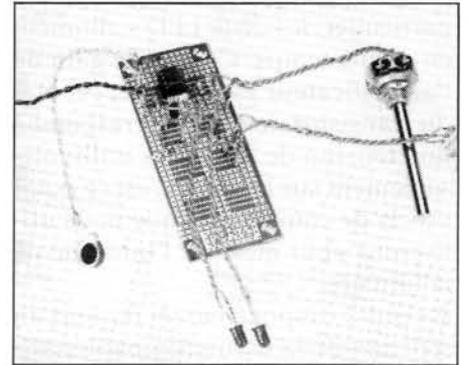
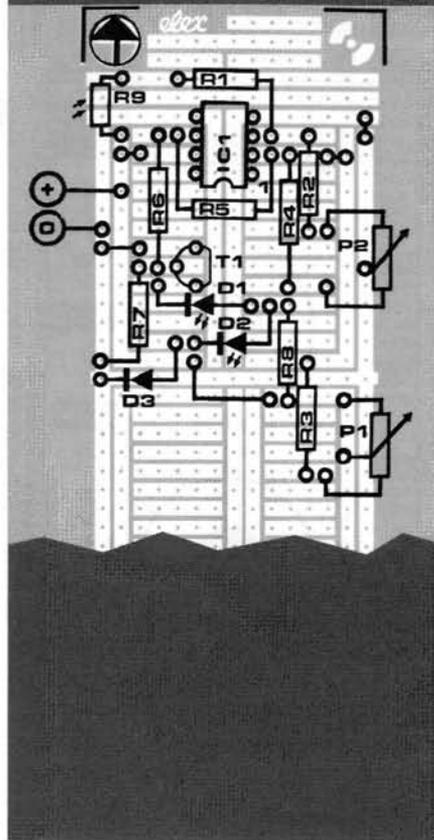
L'intensité et la résistance permettent de calculer les tensions aux points A et B.

liste des composants

- R1, R3 = 4,7 kΩ
- R2, R4, R6 = 5,6 kΩ
- R5 = 6,8 MΩ
- R7 = 2,2 kΩ
- R8 = 1 kΩ
- P1 = 50 kΩ pot. log.
- P2 = 5 kΩ pot. linéaire

- T1 = BC547B
- D1, D2 = LED rouge
- D3 = 1N4148
- IC1 = CA3140 + support
- LDR = LDR03 ou autre

coffret plastique
 platine d'expérimentation
 de format 1
 pile de 9 V



$$U_A = U_{alim} - R_a \times I_1$$

$$U_A = U_{alim} - \frac{R_a \times U_{alim}}{R_a + R_b}$$

$$U_B = U_{alim} - R_c \times I_2$$

$$U_B = U_{alim} - \frac{R_c \times U_{alim}}{R_c + R_d}$$

La tension de la sortie, U_{sortie} , est égale à la différence de tension entre les points A et B. Elle peut se calculer ainsi :

$$U_{sortie} = U_A - U_B$$

$$= U_{alim} - \frac{R_a \times U_{alim}}{R_a + R_b} - U_{alim} + \frac{R_c \times U_{alim}}{R_c + R_d}$$

$$= \frac{R_c \times U_{alim}}{R_c + R_d} - \frac{R_a \times U_{alim}}{R_a + R_b}$$

$$= U_{alim} \left(\frac{R_c}{R_c + R_d} - \frac{R_a}{R_a + R_b} \right)$$

Comme le montre le résultat de ces calculs, la tension de sortie dépend de la différence entre deux rapports. Si une des résistances change de valeur, le rapport correspondant varie, et avec lui la différence de tension entre les deux branches. Comme la résistance de la branche R_a est déterminée en grande partie par celle de la LDR, nous voyons que la ten-

sion de sortie est déterminée par l'éclairement de la LDR. Un pont de Wheatstone peut présenter une configuration particulière : celle où le terme entre parenthèses est nul ; dans ce cas la tension de sortie est nulle, on dit que le pont est en équilibre. C'est en utilisant cet état particulier qu'on peut s'affranchir des variations de tension de l'alimentation : quelle que soit la tension totale aux bornes du pont, la tension U_{sortie} reste nulle quand il est en équilibre. Pour toutes les autres valeurs de tension, la tension de sortie varie avec celle de l'alimentation. Revenons au schéma de la figure 1 ; nous constatons que l'équilibre du pont dépend de l'éclairement de la

LDR et de la position des potentiomètres P1 et P2. Si nous utilisons P2 pour adapter le montage à la rapidité du papier, la position de P1 qui donne l'équilibre du pont est une mesure de l'éclairement, mesure qui peut servir à déterminer le temps d'exposition. Naturellement il faut que les potentiomètres soient pourvus d'une échelle graduée, sur laquelle nous reviendrons au

moment de l'étalonnage de l'appareil.

La tension de sortie est amplifiée par IC1. Ce circuit intégré est utilisé en amplificateur différentiel : sa tension de sortie est proportionnelle à la différence de tension entre ses entrées, les broches 2 et 3. Cette tension d'entrée est la différence de tension entre les deux branches du pont. Le signal de sortie pilote le transistor à travers un diviseur de tension constitué par R6 et R7. Si la tension du pont est nulle ou négative, la tension de sortie est nulle. Le transistor ne conduira donc pas, avec comme conséquence que seule la LED D2 s'allume. Si la tension du pont prend une valeur supérieure à 0 V, la sortie de l'amplificateur prendra sa valeur maximale, $U_{alim} - 2V = 7V$. Le gain de l'amplificateur opérationnel est tel qu'une tension d'entrée minime porte la sortie à son maximum. Le diviseur de sortie est tel que le transistor est saturé pour une tension de sortie de 7 V, ce qui fait que la LED D1 s'allume.

Comme la tension émetteur-collecteur d'un transistor saturé est très faible (0,2 V), nous pouvons en déduire que la tension au point commun de D1 et D2 est de 1,6 V par rapport à la masse, approximative-

ment la tension de seuil de la LED. La diode D2 voit, elle, une tension proche de 1 V, puisque nous devons soustraire de la tension de 1,6 V la tension de seuil de D3 (0,6 à 0,7 V). La LED D2 reste éteinte puisque la tension de 1 V n'est pas suffisante. Il existe un état particulier du pont pour lequel la tension collecteur-émetteur du transistor est égale au seuil de tension de D3. Dans ce cas particulier, les deux LED s'allument en même temps. Comme le gain de l'amplificateur est énorme, cet état du transistor de sortie correspond à une tension de quelques millivolts seulement sur le pont. C'est ce point précis de coïncidence que nous utiliserons pour mesurer l'intensité de la lumière.

Avec P2 disposé correctement en fonction de la nature du papier utilisé, nous réglerons P1 dans une position telle que les deux LED s'allument en même temps. Après l'étalonnage, le temps d'exposition se déduira de la position de P1.

Les considérations de sécurité nous ont fait alimenter le posemètre par pile. Il y a toujours des pièces métalliques reliées à la terre dans un laboratoire, au moins les robinets et l'agrandisseur. Si l'alimentation se faisait à partir du secteur, le risque d'électrocution ne serait pas négligeable, du fait des éclaboussures. Il est inutile de prendre ce risque pour un montage qui ne consomme que 10 mA, et peut fonctionner longtemps sur une pile compacte de 9 V.

construction et réglage

L'implantation des composants, à l'aide de la **figure 3**, n'est pas difficile. La platine est installée dans un coffret en matière plastique aussi étanche que possible, parce que l'électronique et l'humidité ne font pas bon ménage. Vous percerez dans le coffret deux trous de 5 mm pour les LED, deux autres au diamètre des potentiomètres, et enfin un trou de 2 mm environ, comme fenêtre d'exposition de la LDR. La **figure 4** donne un exemple de face avant, que vous pouvez photocopier et coller sur votre coffret. Ce dernier devra

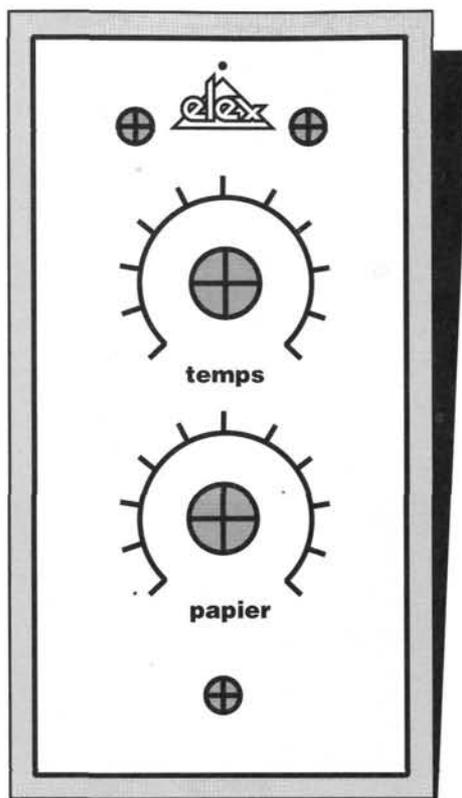


Figure 4 - La face avant du posemètre peut prendre cet aspect. Les graduations seront faites au moment de l'étalonnage.

être aussi plat que possible, pour que la mesure se fasse pratiquement au niveau du papier.

Pour commencer, vous fixerez la LDR par un morceau de ruban adhésif. Ce montage provisoire est nécessaire jusqu'à ce que nous connaissions le diamètre définitif de la fenêtre d'exposition. L'étalonnage risque d'être un peu long, mais c'est de lui que dépendent les résultats. Il faut choisir un négatif de référence, exposé normalement, et que vous avez tiré avec succès sur du papier de gradation normale. Réglez l'agrandisseur pour un format de 9 x 12 cm, puis placez la fenêtre du posemètre sous la zone la plus dense du négatif. Il s'agit de la zone **significative** la plus dense, évitez les reflets sur des surfaces métalliques, les bords voilés et autres zones qui ne seront rendues, de toute façons, que par un éclat blanc sur le papier. Si la fenêtre d'exposition a une dimension correcte, il est possible par P1 d'obtenir l'allumage simultané des deux LED aussi bien quand le

diaphragme est complètement ouvert que quand il est complètement fermé. Si ce n'est pas possible quand le diaphragme est complètement fermé, il faut agrandir la fenêtre. Si, au contraire, vous n'y arrivez pas quand le diaphragme est complètement ouvert, il faut réduire le diamètre de la fenêtre (à la lime à épaisir**, tout simplement).

Une fois la dimension de la fenêtre fixée, vous pouvez passer à l'étalonnage proprement dit. Ouvrez le diaphragme au maximum et déterminez, avec des bandes d'essai, le temps d'exposition optimal. Mesurez l'éclairement de la zone la plus dense, avec P2 au milieu de sa course, et reportez, à la position de P1 sur l'échelle graduée, le temps qui a donné la meilleure bande d'essai. Fermez le diaphragme d'un cran, répétez la mesure et notez à la nouvelle position de P1 un temps double du temps précédent. Quand vous aurez répété l'opération pour toutes les ouvertures de diaphragme, vous aurez une graduation presque linéaire de l'échelle.

Le posemètre est maintenant étalonné pour une sorte de papier, de gradation « normale », avec P2 à mi-course. La rapidité de l'émulsion change avec la gradation ; il va donc falloir étalonner P2 pour les différentes gradations. L'étalonnage se fera de la même façon : déterminez le temps de pose par des bandes d'essai à partir du **même négatif**. La gradation n'étant pas adaptée au contraste du négatif, les zones sombres de l'image seront soit grises, soit bouchées, mais peu importe. Ce qui compte, c'est que la zone la plus dense soit rendue par le gris le plus

**Si vous allez à la quincaillerie pour acheter une lime à épaisir, prenez aussi un marteau à bomber le verre et quelques bulles de rechange pour le niveau.



12, rue Félix-Bablon (rue du théâtre)
52000 CHAUMONT
☎ 25 32 38 88

TARIF DES KITS

ELEX N 36	récepteur à conversion directe	298,00
	dipmètre	259,00
	détecteur de coupures	74,00
ELEX N 37	Circuit de transmission i.r. émetteur et récepteur	
	microphone sans fil (l'émetteur)	172,00
	interrupteur acoustique	130,00
		116,00
ELEX N 38	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
ELEX N 39	temporisateur de ventilateur	86,00
	microphone sans fil (le compresseur version stéréo)	275,00
ELEX N 40	amplificateur v-mos	82,00
	voix de robot	149,00
	interrupteur crépusculaire	83,00
ELEX N 41	jeux de lumières	215,00
	booster de walkman**	95,00
	antivol hi-fi	106,00
ELEX N 42	amplificateur de répétition**	169,00
	métronomie	138,00
ELEX N 43	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

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 •

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	OPTOIR		TL071 4,00	
BB104 3,00	2N2907 1,50	LD271 2,80		TL072 4,00	
BB105 3,00	2N3055 6,50	BP104 9,00		TL074 5,00	
BB204 4,00	2N3820 7,20	CI INTEGRES		TL084 6,00	
BB212 20,00	BC109 1,60	CA3080 15,00		TLC272 10,00	
BB405 3,00	BC237 0,80	CA3130 13,00		ULN2004 7,00	
ZENERS		CA3140 10,00		UM66 12,00	
0,5W 0,50		CA3140 10,00		UM3561 12,00	
1,3W 0,80		CA3161 16,00		XR2206 42,00	
REGULATEURS		CA3162 53,00		CD4060 2,90	
78L.. T092		KTY10 16,50		CD40107 6,00	
5V à 15V 4,30		LF356 6,80		74159 25,00	
78.. T0220		LF357 6,80			
5V à 24V 2,80		LM35 96,00			
79.. T0220		LM324 2,20			
5V à 24V 3,50		LM358 3,80			
VARIABLES		LM386 12,50			
L200 11,00		LM393 3,50			
LM317T 5,00		LM723 4,50			
LM337T 9,50		LM741 2,50			
DIACS TRIACS		LM1895N 25,00			
THYRISTORS		LM3914 36,50			
DIAC 32V 1,20		NE555 2,00			
BRY 55 4,50		NE556 4,50			
TIC106D 6,00		NE566 15,00			
TIC226D 6,00		NE567 8,00			
		NE572 34,00			
		NE602 22,50			
		NE5534 9,00			
		TBA820 8,00			

clair qu'on peut distinguer du blanc. Affichez sur P1 le temps qui donne le meilleur résultat, puis manœuvrez P2 pour obtenir de nouveau l'allumage des deux LED (la fenêtre est toujours placée sous la même zone du négatif). Sur l'échelle graduée de P2 repérez la position du bouton de ce potentiomètre par la désignation du papier utilisé. Répétez l'opération pour les trois ou quatre gradations que vous utilisez couramment. Le posemètre est étalonné et prêt à l'emploi. La qualité des résultats dépend principalement du soin que vous aurez apporté à l'étalonnage.

détermination de la gradation

Nous venons de parler, au moment de l'étalonnage, de différentes sortes de papier. Elles sont nécessaires pour rendre correctement les différentes sortes de négatifs. Un tirage correct donne le noir maximum du papier pour les zones les plus claires du négatif, et le gris le plus clair du

papier pour les zones les plus denses du négatif. C'est la zone la plus dense du négatif qui détermine la durée de l'exposition. C'est la gradation du papier, sa courbe de densité en fonction de l'exposition, qui détermine la densité que prendra le papier pour la zone la plus claire du négatif. Si la courbe est adaptée au contraste du négatif, le papier présentera son noir maximum, avec des détails dans les ombres. Si la pente est trop faible, si le papier est trop doux, aucun détail des ombres ne sera perdu, mais le noir maximal ne sera pas atteint. Si, au contraire, le papier est trop dur (courbe trop raide), le noir maximal sera obtenu, mais les ombres seront bouchées, sans détail.

Les conditions d'éclairage à la prise de vue, comme la nature du sujet, et ensuite le développement du film, déterminent le contraste du négatif. Une fois le négatif développé, son contraste est fixé et il faut choisir la gradation de papier la plus à même de reproduire tous les détails sans « éclat » dans les blancs et sans boucher les ombres. Le posemètre sera

d'un grand secours pour ce choix aussi. La mesure se fera comme suit : tournez P2 à fond vers la droite et recherchez la zone la plus dense du négatif. Pour ce faire, comme pour la mesure du temps de pose, il faut régler P1 pour équilibrer le pont, puis chercher si une zone de densité supérieure demande un décalage du réglage. Cherchez ensuite la zone la plus claire, mais cette fois en équilibrant le pont par le réglage de P2. L'angle de rotation de P2 entre les deux mesures est une mesure du contraste du négatif, autrement dit une indication de la gradation de papier à utiliser. Si l'angle est important, le négatif est fort contrasté et son tirage demande un papier doux. Si l'angle est minime, il s'agit d'un négatif plat, tirable sur un papier dur. Vous prendrez les repères nécessaires, de l'extra-doux à l'extradur, en fonction des papiers que vous utilisez habituellement. Ici aussi, la fiabilité des mesures est déterminée par le soin que vous aurez apporté à l'étalonnage.

87605

La bande des petites ondes est devenue peu à peu le parent pauvre de la radio-diffusion. On l'écoute de moins en moins, peut-être parce qu'elle n'est pas diffusée par le câble et qu'il faut s'en remettre à une antenne individuelle.

Les récepteurs de chaînes HiFi sont dotés le plus souvent, pour la réception des petites ondes, d'un « cadre » ferrite situé dans le coffret ou à l'arrière. Cette antenne permet habituellement la réception de stations locales assez puissantes, à condition que le récepteur ne soit pas installé dans un bâtiment où les ondes ne peuvent pas pénétrer. Elles sont incapables, notamment, de traverser les murs de béton. Dans un bâtiment en béton, même les stations locales risquent de ne pas être reçues. Qu'est-ce qui empêche la réception ? Pour répondre à cette question, il faut se demander quels sont les matériaux utilisés dans la construction : du sable, des graviers et du ciment, mais aussi, et surtout, une armature de fer. C'est ce fer, en grande quantité, qui s'oppose presque complètement au passage des ondes radio-électriques et rend la réception difficile ou impossible. Une bonne réception n'est possible que si l'antenne est installée de telle façon que les ondes puissent l'atteindre.

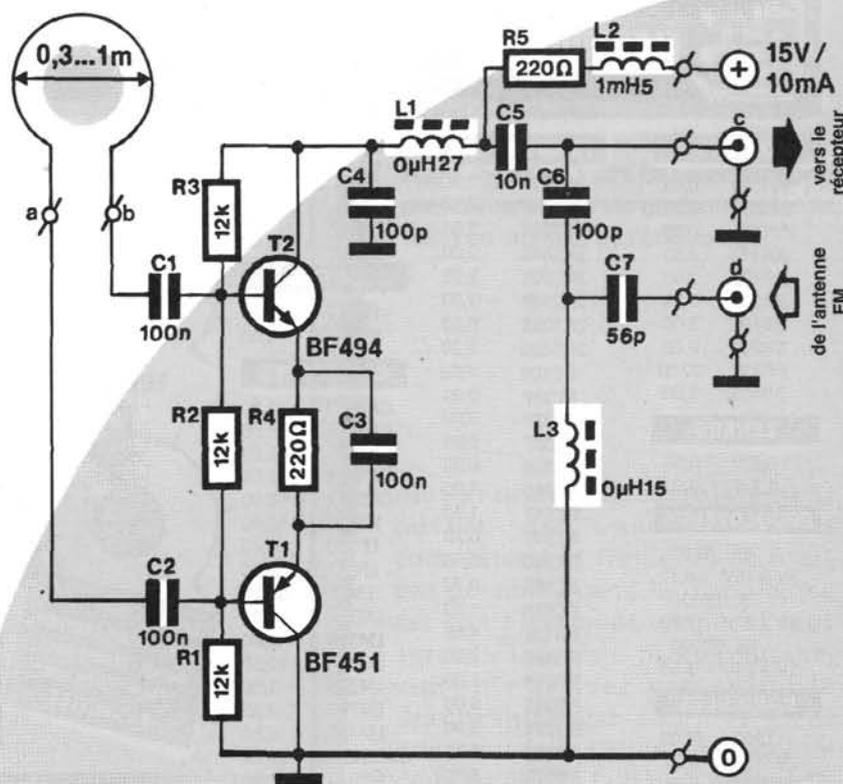
L'antenne doit être dégagée, c'est-à-dire que les ondes radio doivent pouvoir l'atteindre librement ; c'est valable pour toutes les antennes. Il ne doit pas y avoir d'obstacle sur le trajet entre l'antenne d'émission et l'antenne de réception. De plus, l'antenne doit être placée aussi haut que possible. C'est indispensable pour les antennes VHF et UHF (radio en modulation de fréquence ou télévision), mais c'est important aussi pour la réception des petites ondes. Un dernier point à considé-

rer : les dimensions de l'antenne. La longueur idéale dépend de la fréquence des signaux à recevoir. Plus la fréquence est élevée, plus l'antenne doit être courte. Dans le cas des petites ondes, une antenne devrait mesurer entre 100 et 300 mètres. Quand on habite en ville, il est impossible de tendre des fils de cette longueur. Il existe des solutions pour exploiter une antenne courte, mais que faire quand on habite un appartement et qu'il est impossible de tendre une antenne extérieure ? La solution s'appelle antenne active : elle est de dimensions relativement réduites et permet cependant une réception acceptable grâce à un amplificateur incorporé. Du fait des dimensions beaucoup plus faibles que l'idéal, le signal capté reste faible ; le rôle de l'amplificateur est de hausser le niveau du signal jusqu'à celui d'une antenne de dimensions idéales. Il s'agit d'un amplificateur à gain important ; si l'amplificateur était utilisé après une

antenne longue, le signal de sortie serait trop puissant et les étages d'entrée du récepteur saturés.

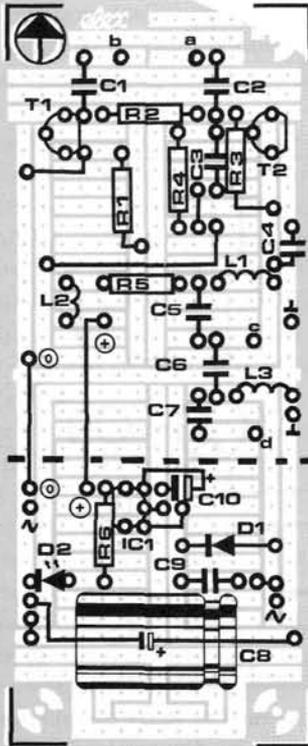
l'amplificateur

Les ondes radio font partie des ondes électro-magnétiques. Ces ondes sont constituées d'un champ électrique et d'un champ magnétique, alternatifs tous les deux, créés par l'antenne d'émission. Quand une antenne est soumise à ces champs, ils y produisent une tension, qui est traitée par le récepteur pour en extraire les informations audibles. L'amplitude de la tension créée par les ondes dans l'antenne dépend d'un certain nombre de facteurs. Le premier à citer est la quantité d'énergie (la puissance) rayonnée par l'émetteur. La réception d'un émetteur de forte puissance est meilleure que celle d'un émetteur de faible puissance. En supposant, bien sûr, que la distance entre l'émetteur et l'antenne de réception soit la même



antenne active simple boucle et amplificateur

liste des composants



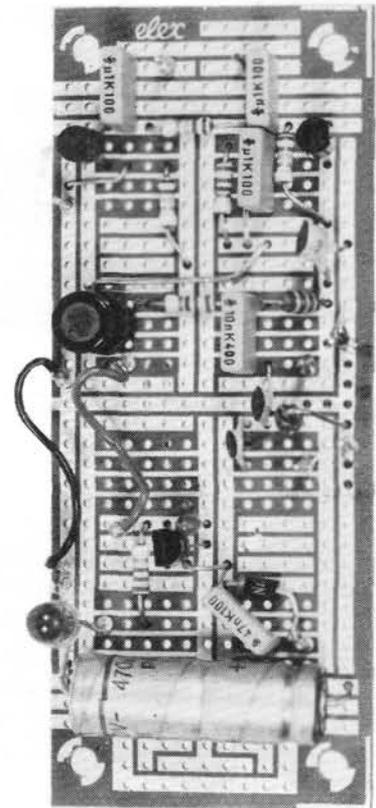
- R1, R2, R3 = 12 kΩ
- R4, R5 = 220 Ω
- R6 = 2,2 kΩ

- C1, C2, C3 = 100 nF
- C4, C6 = 100 pF
- C5 = 10 nF
- C7 = 56 pF
- C8 = 470 μF/40 V
- C9 = 47 nF
- C10 = 1 μF/25 V

- L1 = 0,27 μH
- L2 = 1,5 mH
- L3 = 0,15 μH

- D1 = 1N4001
- D2 = LED rouge
- T1 = BF451
- T2 = BF494
- IC1 = 78L15

- F1 = fusible rapide 50 mA
- transformateur 15 V/50 mA
- platine d'expérimentation format 1
- 1 prise coaxiale mâle
- 1 prise coaxiale femelle



pour les petites ondes

dans les deux cas, parce que la distance aussi joue un rôle : plus l'émetteur est loin, moins bonne est la réception. Pour finir, rappelons que la dimension de l'antenne joue aussi un rôle important.

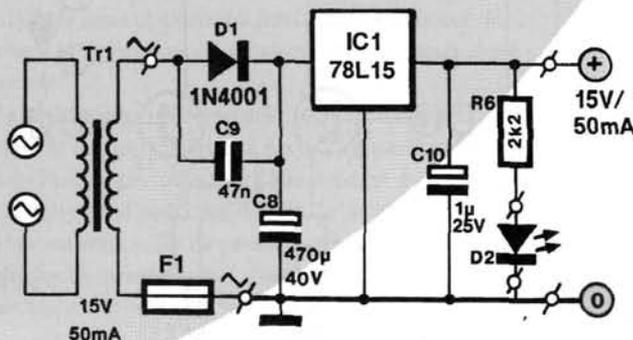
Dans un système d'antenne active, l'antenne est toujours trop courte, et son signal est amplifié pour permettre une réception correcte. Le schéma de la figure 1 représente l'amplificateur. Il montre que l'antenne est un bobinage d'une seule spire. La composante magnétique du champ électro-magnétique pro-

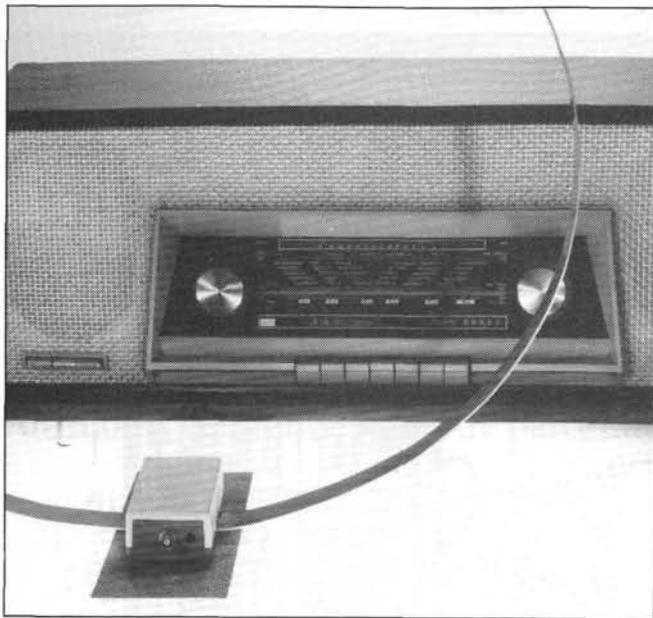
duit une tension aux bornes de la spire, comme dans un transformateur. Cette tension, encore faible, est amplifiée par T1 et T2, montés en amplificateur différentiel. Le détail de l'amplificateur est donné un peu plus loin. Les fréquences trop élevées sont rejetées par le filtre passe-bas L1/C4, les fréquences utiles sont dirigées vers le récepteur par le condensateur C5. Le filtre passe-bas rejette toutes les fréquences supérieures à 30 MHz, c'est-à-dire que l'antenne convient aussi pour la réception des ondes courtes.

Il se peut que votre récepteur soit équipé d'une prise d'antenne unique pour la modulation d'amplitude et la modulation de fréquence (VHF). Il faut alors monter un filtre pour coupler les deux antennes et amener leurs signaux au récepteur par le même câble coaxial. Si votre récepteur présente des prises d'antenne séparées, il est inutile de monter C6, C7 et L3. Il reste à alimenter l'amplificateur, ce qui n'est pas un problème avec les régulateurs intégrés.

construction et utilisation

La construction du circuit n'est pas compliquée, et si vous y apportez le minimum de soin, il fonctionnera sans problème. L'antenne est un fil de cuivre de forte section, de 1 à 3 mètres de longueur, courbé en cercle. L'idéal est de raccorder l'antenne directement au circuit. Si ce n'est pas possible, utilisez du fil méplat à deux conducteurs (dit *scindex*) sur une longueur maximale de 2 mètres. N'utilisez pas de câble sous gaine ronde, car les fils à l'intérieur sont enroulés et non parallèles, ce qui nuit au fonctionnement. Si la distance entre l'antenne et le récepteur doit excéder 2 mètres, il faut assurer la liaison par un câble coaxial. Cet allongement comporte un inconvénient : l'alimen-





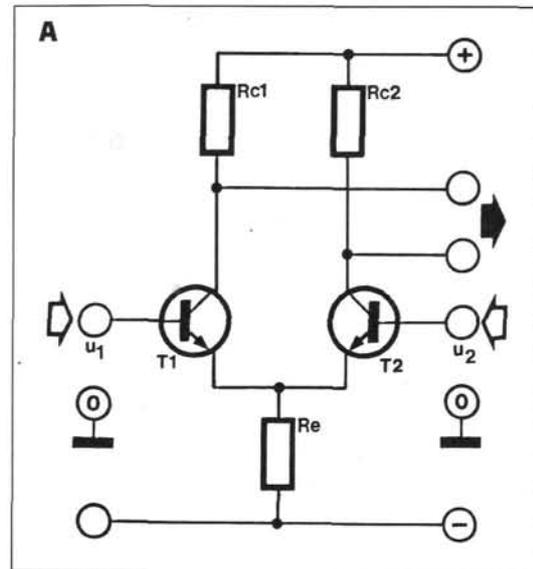
tation ne peut plus être placée près du récepteur et il faut tirer un câble de plus jusqu'à l'antenne. Il existe une solution plus simple, qui consiste à transporter la tension d'alimentation par le câble coaxial lui-même. Pour cela il faut couper la platine en deux : d'une part la section alimentation-coupleur d'antenne MF, d'autre part la section amplificateur. Sur le schéma de la figure 1, la coupure se fait entre L1 et le point commun de R5 et C5 ; la liaison physique est rétablie par l'âme du câble coaxial. Les masses des deux demi-platines sont reliées par le blindage du câble. Pratiquement, il faut déplacer L1 et C4 vers T2, puis couper la platine entre R5 et le pont en fil. Ensuite, relier la piste de l'extrême gauche à celle de l'extrême droite (C4 doit avoir un point relié à la masse).

Le circuit est installé dans un coffret métallique, ou deux s'il est monté sur deux platines. Les coffrets peuvent être en aluminium ou en plaques à circuits imprimés. Les prises d'entrée et de sortie seront du même modèle que pour les antennes de télévision, mâle ou femelle, pour s'adapter aux prises existantes, et permettre l'utilisation de câbles tout faits.

L'emplacement idéal de l'antenne est à l'extérieur, mais vous devrez tenir compte de l'effet directif de la boucle : soit vous installez l'antenne de façon à recevoir certaines stations, soit vous la rendez orientable par quelque moteur télécommandé. L'ensemble est prévu pour les petites ondes, mais il peut rendre service aussi pour les ondes courtes. Si vous voulez l'adapter aux grandes ondes, la « bobine » doit passer à 6 ou 8 spires, d'un diamètre d'environ 1 mètre.

L'amplificateur différentiel

L'amplificateur de l'antenne active est du type différentiel. Ceux qui connaissent l'aspect habituel d'un amplificateur différentiel peuvent d'étonner de cette affirmation. En effet, le schéma s'écarte beaucoup du schéma habituel, représenté par la figure A.



Voici, en bref, comment il fonctionne. Les deux transistors sont exactement identiques, de même que les deux résistances de collecteur. Les deux tensions d'entrées sont appliquées sur les bases des transistors, ce qui a pour conséquence qu'un courant proportionnel au courant de base circule dans les collecteurs. La loi d'Ohm nous permet de calculer la chute de tension aux bornes des résistances de collecteur :

$$U_{\text{collecteur}} = U_{\text{alim}} - I_{\text{collecteur}} \cdot R_{\text{collecteur}}$$

La même relation est valable pour T1 et T2. La tension de sortie est égale à la différence de tension entre les deux collecteurs :

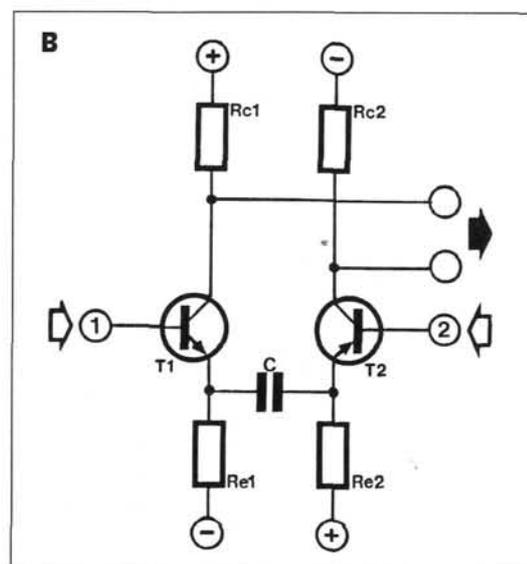
$$U_{\text{sortie}} = U_{C1} - U_{C2} \\ = (U_{\text{alim}} - I_{C1} \cdot R_{C1}) - (U_{\text{alim}} - I_{C2} \cdot R_{C2})$$

$$U_{\text{sortie}} = I_{C2} \cdot R_{C2} - I_{C1} \cdot R_{C1}$$

Comme $R_{C1} = R_{C2}$, on déduit que : $U_{\text{sortie}} = R_C (I_{C2} - I_{C1})$

Le courant de collecteur est proportionnel au courant de base, donc :

$$U_{\text{sortie}} = A \cdot R_C (I_{B1} - I_{B2})$$

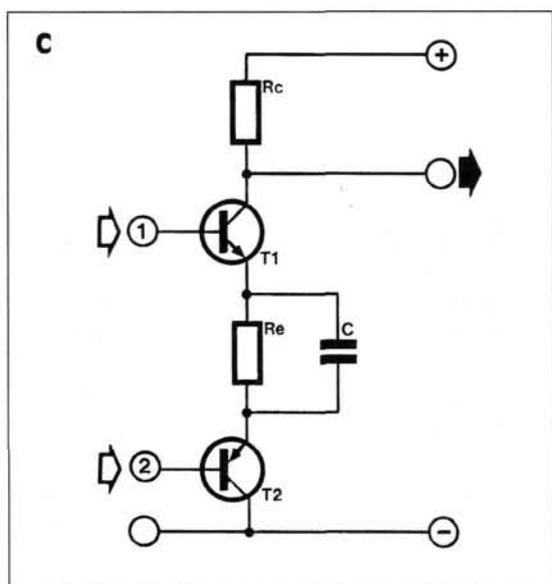


Dans cette expression, A représente le gain du circuit. Nous voyons que la tension de sortie dépend de la différence entre les courants d'entrée (donc entre les tensions d'entrée). Si la différence est nulle, les deux courants de collecteur sont égaux, et la tension de sortie nulle.

La figure B représente un autre amplificateur différentiel. Comparons-le à celui de la figure A : la différence principale tient à la présence d'un transistor PNP dans la branche de droite, et un NPN dans la branche de gauche. La valeur du condensateur C est telle que sa réactance est minime pour les tensions alternatives à amplifier, nous pouvons le considérer comme un court-circuit à ces fréquences. Dans cet amplificateur aussi, la tension de sortie dépend de la différence entre les deux courants d'entrée.

Un courant circule dans les deux transistors, du pôle positif vers le pôle négatif ; de haut en bas pour T1, de bas en haut pour T2.

Si nous combinons les deux résistances d'émetteur en une seule, le sens du courant est conservé. Remplaçons la résistance de collecteur de T2 par une résistance de zéro ohm (un court-circuit), nous obtenons le circuit de la figure C. Il s'agit toujours d'un amplificateur différentiel puisque le courant dans la résis-



tance de collecteur R_C est déterminé par la conduction de T1 et T2. Le transistor T1 est mis en conduction par un courant base-émetteur positif, T2 par un courant base-émetteur négatif, autrement dit un courant émetteur-base.

L'antenne est connectée entre les deux bases de l'amplificateur : le courant qui entre dans le circuit par l'entrée 1 ne peut ressortir que par l'entrée 2. Le courant de base de T1 est égal à celui de T2, mais de sens opposé. La tension de sortie est donc proportionnelle à la différence de tension entre les deux extrémités de la boucle.

L'intérêt de l'amplificateur différentiel est qu'il nous affranchit d'une bonne partie des perturbations produites par les réseaux électriques : les champs perturbateurs affectent en même temps toute la boucle qui sert d'antenne, on dit qu'ils agissent sur la tension de mode commun. Ils ne produisent pas de différence de tension entre les deux extrémités, donc pas de signal parasite, puisque seules les différences de tension sont amplifiées. 87604

**pour conserver
et classer
votre collection
d'ELEX
la solution idéale**

**la
cas
set
te
de
ran
ge
ment**



PRIX UNITAIRE: 48 F Forfait port et emballage:
1 cassette : 15 F
Utilisez le bon en encart 2 cassettes ou plus: 30 F

MOTS CROISÉS

GRILLE n° 5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			■							
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Horizontalement

- Ils toisent les potentiels - 2. Oui au Sud - Perceptible - 3. Entre lion et panthère - Avant nous - 4. Défauts - Initiales d'une fée - 5. Chébran - Les spécialistes apprécient leur loupe - 6. Silo renversé - 7. Éclaircirais - 8. Poison végétal - Coup de baguette - Société anonyme - 9. Distribués au théâtre - Bovidé bossu - 10. Relief - Zinc.

Verticalement

- Cigares - B. Entre New-York et Brest - Tache lumineuse - C. Métal et conjonction - Nom d'une côte - D. Cogne - Procédé d'amplification de la lumière - E. Changeas - Circuit intégré US - Dans la rose - F. Bout d'éredron - Se lancer - G. Surnommé (à l'envers) - Violent courant marin - H. Rubidium - Madame Bovary (prénom) - Madame Bovary (initiales) - I. Omet - Petite maison russe - J. Inductrices - Séché à la fumée.

solution de la grille n° 4
parue dans ELEX n°43 p. 21

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	M	O	D	U	L	A	T	E	U	R
2	A	S	Y	N	C	H	R	O	N	E
3	G	I	N	■	D	U	O	S	■	S
4	N	E	E	S	■	R	U	I	N	E
5	E	R	■	E	G	I	S	N	■	A
6	T	■	O	C	R	E	■	E	L	U
7	I	L	■	T	E	S	T	■	O	■
8	O	U	A	I	S	■	A	L	U	N
9	U	■	C	O	E	U	R	■	P	O
10	E	D	E	N	■	S	I	L	E	X

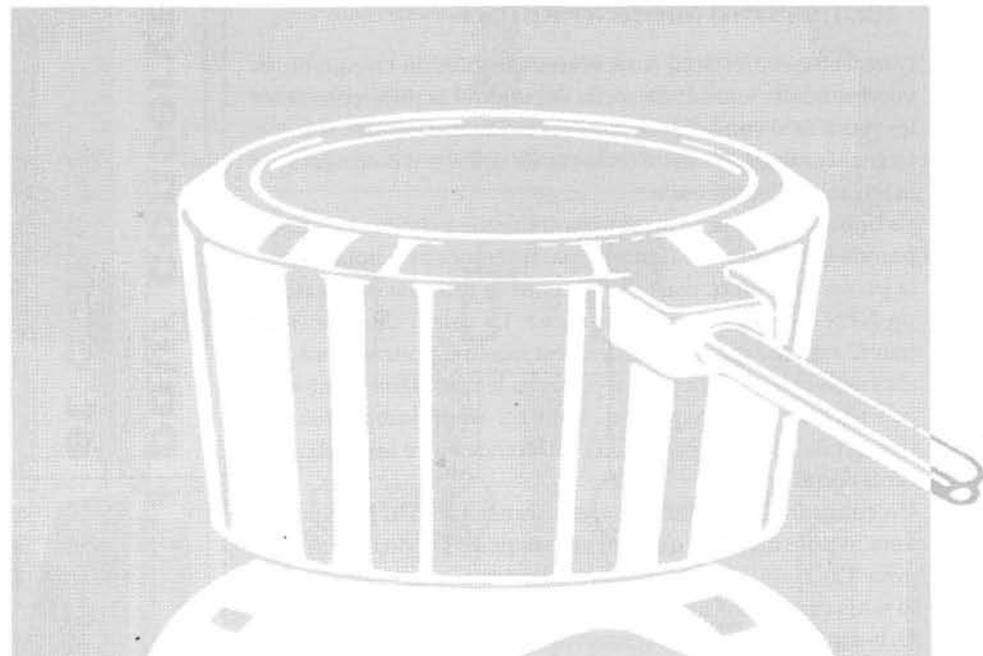
Cruclverbistes, vos propres grilles (pas Forcément 10 x 10) sont les bienvenues, avec vos définitions. merci Caro...

« Nous vous avons appelé plusieurs fois, mais ça ne répondait pas. » Pourtant, le jour dit, vous étiez là, mais tellement occupé au fond du jardin (voir l'illustration) que le téléphone avait bien pu carillonner : rien à faire. Seul un poisson rouge, incommodé sans doute par le bruit, avait quitté son bocal, mais il était arrivé trop tard pour décrocher. Vous étiez certes présent, mais hors de portée. Que faire ? Les appels importants profitent toujours d'un éloignement momentané pour se manifester. Qu'attendez-vous pour demander aux Télécom l'installation, à vos frais, d'une sonnette supplémentaire ? Vous n'y pensez pas ?.. Et vous aviez raison puisque ce montage va vous permettre, en toute légalité, d'alimenter un klaxon de voiture, une sirène, une "gègène" ou tout dispositif qui, à coup sûr, vous fera bondir de votre (longue) chaise de travail au jardin lorsque l'on vous sonnera.

intervention hors ligne

Le capteur téléphonique qui traîne dans votre caisse à bidouilles, est-il toujours en état ? Si oui, c'est parti, nous pouvons commencer. Ce capteur est une self qu'une ventouse permet de fixer sur un récepteur. Un tel adaptateur est utilisé d'ordinaire pour capter les conversations téléphoniques à la source, à des fins d'amplification. Dans le cas présent, nous lui donnons une autre occasion d'exercer ses talents de détecteur de champ magnétique. Lorsque le téléphone sonne, en effet, l'électroaimant de la sonnette engendre un champ magnétique alternatif dont les battements correspondent à ceux de son battant. Ce champ magnétique s'étend dans toute les directions de l'espace et le boîtier du téléphone ne lui est pas imperméable. Si une bobine se trouve dans le champ, une tension électrique y est induite, que vous pouvez éventuellement mesurer à ses bornes... Pour la mesurer ou l'utiliser il semblerait (vous venez peut-être d'en faire l'expérience) qu'il faille auparavant l'amplifier.

Sur la **figure 1**, vous constatez que l'amplification est prévue. Le bon vieux 741, câblé en déclencheur (*trigger*), ou en comparateur "toutou-



commande de tout dispositif par la sonnerie du téléphone présent à l'appel

rien", si vous préférez, est, là encore, à la tâche. Rien ne limite ses prouesses d'amplificateur opérationnel : il fonctionne en boucle ouverte, si bien que son gain en tension en mode différentiel correspond à celui qui figure sur les feuilles de données du constructeur : il est compris entre 90 dB et 100 dB, compte tenu de la faible tension qui l'alimente ici. Si nous appliquons sur son entrée le signal alternatif de quelques millivolts en provenance de la bobine, sa sortie se sature et délivre un signal rectangulaire de même fréquence⁽¹⁾, dont l'amplitude crête à crête est limitée par la tension d'alimentation à (un peu moins de) 6 V ou 12 V. Au premier front descendant de ce signal, le multivibrateur monostable construit autour d'IC2 (un 555) entre en action : il fait passer sa sortie (broche 3) à une tension voisine de la tension d'alimentation, pendant une durée que fixent R4 et C4. Le courant de sortie du 555 est suffisant pour commander le relais, et son temps de maintien peut être diminué ou augmenté comme le produit $1,1 \times R4 \times C4$. Avec les valeurs choisies sur la **figure 1**, nous obten-

nons 5 s : si vous attribuez à R4 une valeur de 100 k Ω , la durée sera ramenée à 1 s. Tout dépend du circuit que ferme le relais, nous en parlons plus loin.

Nous avons déjà gagné la sortie du circuit, sans vous expliquer le rôle de quelques composants en amont d'IC2. La résistance R3 maintient la broche de déclenchement (broche 2) du monostable au repos à un niveau positif. Il est d'autre part utile de découpler la sortie d'IC1 de l'entrée d'IC2 : le condensateur C3 empêche donc la composante continue issue d'IC1 d'exercer ses effets sur IC2. Seule la composante alternative du signal en provenance du téléphone, amplifiée par IC1, viendra se superposer à la tension qui règne sur la broche 2 du 555.

le relais et la charge

Un relais permet de mettre sous tension une grande variété de dispositifs susceptibles d'éveiller l'attention : une lampe, ou la sonnette de la por-

⁽¹⁾ Les sonneries durent effectivement 1,7 s séparées par des pauses de 3,3 s. La fréquence du signal est donc de 1/5 de Hz.

données complémentaires

les gains du 741

À la fréquence de 0,2 Hz, le 741 a un gain en boucle ouverte de 10^5 , si sa tension d'alimentation symétrique est de ± 12 V. S'il est alimenté entre 0 et 6 V, le gain n'est plus que de 30.000. Le gain du 741 en boucle ouverte, à des fréquences inférieures à 10 Hz, sa fréquence de coupure (fréquence au-delà de laquelle le gain commence à diminuer, toutes choses restant égales par ailleurs) peut, en fonction de son alimentation, varier entre 85 dB et 105 dB, soit entre 20.000 et 200.000. Ceci vous permet de comprendre les chiffres que donnent quelques fois les auteurs : si l'un d'eux vous annonce un gain de 2×10^5 , il n'a pas forcément tort.

le 555 en monostable

Vous avez d'abord noté une contradiction : nous répétons souvent que, sur un schéma, l'entrée d'un circuit active sur un front descendant, ou une entrée active à l'état bas, doivent être écrites surmontées d'une barre. Comme vous le voyez sur la figure 1, ce n'est pas toujours le cas : l'entrée 4 de forçage, ou de remise à 0, est mise au potentiel de l'alimentation pour rester inopérante, et l'entrée 2, de commande ou de déclenchement (*trigger*) est active sur un front descendant. Si nous avons relié l'entrée 2 à l'entrée 4, le monostable aurait été déclenchable et même redéclenchable sur un front montant.

En deux mots maintenant, comment fonctionne le 555 en monostable non redéclenchable : un front descendant sur son entrée TRG bloque le transistor (contenu dans le circuit) dont le collecteur est accessible sur la broche 7, et fait passer la sortie 3 à 1. Ce transistor, lorsqu'il était saturé (sortie 3 à 0), court-circuitait C4 à la masse : le condensateur se vidait. Il peut maintenant se charger aussi rapidement que le lui permet R4. Lorsque sa charge atteint les 2/3 de la tension d'alimentation, le transistor susdit se sature à nouveau et

permet de ce fait la décharge rapide de C4, cependant que la sortie 3 retombe à 0.

86718

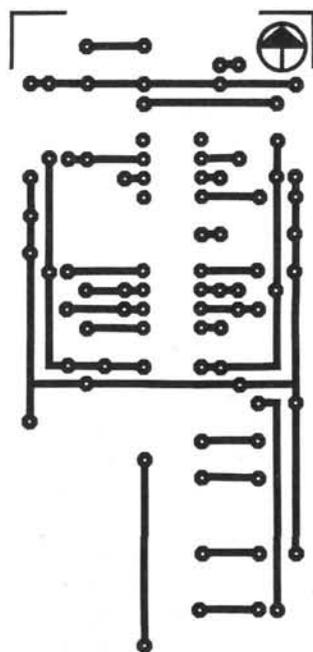


Figure 2 - L'implantation de tous les composants est possible sur une platine d'expérimentation de format 1, à condition que les tensions mises en service par le relais ne dépassent pas 42 V. Si le relais doit commander des tensions supérieures, il est impératif de le monter sur un platine séparée. Cicontre, l'ébauche de dessin de circuit imprimé obtenue à partir de l'implantation des composants sur une platine d'expérimentation pourra servir de point de départ pour la conception d'une platine adaptée.

SERVICE DES PLATINES

Les platines sont gravées, percées, étamées et sérigraphiées.

Platines d'expérimentation ELEX

Format 1 : 40 mm X 100 mm	23,00 FF
Format 2 : 80 mm X 100 mm	38,00 FF
Format 3 : 160 mm X 100 mm	60,00 FF
DIGILEX	88,00 FF

EPS 83601

EPS 886087
EPS 34207

ELEX n° 5 novembre 1988

Traceur de courbes de transistors	47,60 FF
Testeur de thyristors et de triacs	28,60 FF

EPS 50389

ELEX n° 7 janvier 1989

Interphone à 2, 3 ou 4 postes	16,00 FF
-------------------------------	----------

EPS 86799
EPS 886077

ELEX n° 17 décembre 1989

Testeur d'amplis op	30,45 FF
Mini-clavier	120,60 FF

EPS 86765

ELEX n° 22 mai 1990

Modules de mesure : l'afficheur	43,00 FF
---------------------------------	----------

EPS 86766

ELEX n° 23 juin 1990

Modules de mesure : l'atténuateur	34,00 FF
-----------------------------------	----------

EPS 86767

ELEX n° 24 juillet 1990

Modules de mesure : le redresseur	55,60 FF
-----------------------------------	----------

EPS 86768

ELEX n° 25 septembre 1990

Modules de mesure : A et O-mètre	47,00 FF
----------------------------------	----------

EPS 886126

ELEX n° 26 octobre 1990

Modules de mesure : spécial auto	49,00 FF
----------------------------------	----------

EPS 87636

ELEX n° 28 décembre 1990

Commande de train électrique	51,00 FF
------------------------------	----------

EPS 87653

ELEX n° 30 février 91

Bandit manchot	71,20 FF
----------------	----------

EPS 87022

ELEX n° 31 mars 1991

Vumètre stéréo universel	20,85 FF
--------------------------	----------

EPS 886034
EPS 886071

ELEX n° 36 septembre 1991

Récepteur DC	83,00 FF
Dipmètre	46,00 FF

EPS 87640

ELEX n° 37 octobre 1991

Transmission BF dans l'infrarouge	52,55 FF
-----------------------------------	----------

EPS 916073-1
EPS 916073-2

ELEX n° 44 Mai 1992

API préampli	72,00 FF
API ampli de puissance	55,00 FF

disponibles chez

PUBLITRONIC - BP 60 - 59850 NIEPPE

ou s'adresser chez les revendeurs agréés.

Quoi de plus simple qu'une pile et pourtant, depuis 1800, des hommes de laboratoire les étudient et les perfectionnent. Nous vous proposons de vous pencher un très bref instant (compte tenu du sujet) sur leur fonctionnement. Après quoi vous pourrez en fabriquer une, sans risquer de vous salir et avec des moyens dont on disposait aux âges du bronze et du fer réunis : vous nous en direz des nouvelles !

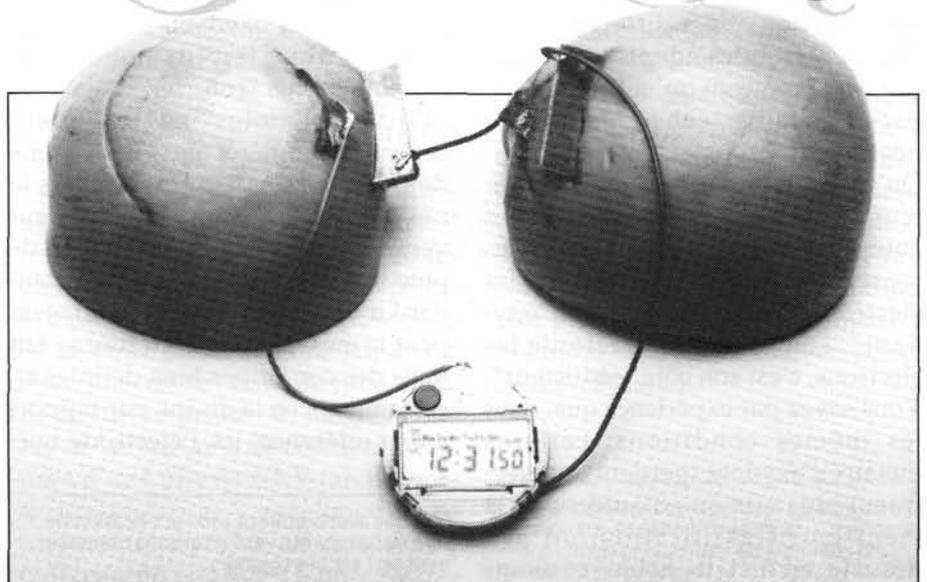
*En entrée, piles parthes et sassanides
(au vinaigre), puis pile de Volta et
Galvani (spécialité italienne)
accompagnant la noblesse des métaux et,
pour finir, pile montée façon Tatin*

Des fouilles, aux environs de Bagdad, ont mis à jour un curieux pot de terre. Celui-ci contient un cylindre de cuivre qui entoure (sans la toucher) une tige de fer fixée sur son couvercle. Des objets semblables, mais beaucoup moins bien conservés, ne sont pas rares dans les fouilles concernant l'ancienne civilisation parthe (deux siècles avant notre ère) et plus tard, la dynastie Sassanide (226-641 après Jésus-Christ) aux environs de Ctésiphon. Le pot découvert à Bagdad, encore en bon état, permet de conclure : il ne peut s'agir que d'un élément de pile électrique. La tension mesurée à ses bornes, si on le remplit de vinaigre (acide acétique), électrolyte connu à l'époque, est de 0,5 V. Des spécialistes laissent penser que cette source de courant électrique était utilisée pour le dorage ou l'argentage des bijoux dont cette région, actuelle Irak, était grande exportatrice au temps de Jules César. Nous ne sommes pas en mesure, aujourd'hui à ELEX, de discuter cette information dont font état, non sans précautions, des spécialistes reconnus du revêtement électrolytique des métaux.

Plus près de nous, à la fin du dix-huitième siècle, des grenouilles (sans doute pour le remercier de ses soins attentifs) permettaient à Galvani, médecin de son état, d'étudier ce qu'il croyait être l'électricité animale⁽¹⁾. Son grand mérite est d'avoir voulu comprendre et expliquer un phénomène dont Volta lui fournit la bonne interprétation. En renouvelant l'expérience de Galvani, à la lumière de connaissances précédemment acquises, Volta ébaucha sa classification électrique des métaux. Ses recherches aboutirent à l'invention de la pile qui porte son nom⁽²⁾.

La pile de Volta est un empilement, d'où son nom, d'éléments galvaniques. Les éléments sont câblés en série et/ou en parallèle. Ainsi, la pile de 9 V que vous achetez dans le commerce est composée de six éléments galvaniques de 1,5 V et la pile de 1,5 V, d'un seul élément. L'élément de Volta était constitué de deux disques de métal, l'un de cuivre et l'autre de zinc, séparés par une rondelle de drap ou de carton imbibé d'une solution d'acide sulfurique, l'électrolyte (figure 1). Les éléments, empilés les uns sur les autres, étaient donc en série et permettaient d'obte-

Piles au Menu



⁽¹⁾ Il ne sera à nouveau question d'électricité animale qu'au siècle suivant, dans les recherches du physiologiste allemand Du Bois-Reymond.

⁽²⁾ L'étude de Volta dura de 1792 (date à laquelle il prend connaissance des travaux de Galvani) à 1800 (date de "sortie" de la pile) : les choses se font moins vite qu'elles ne se disent.

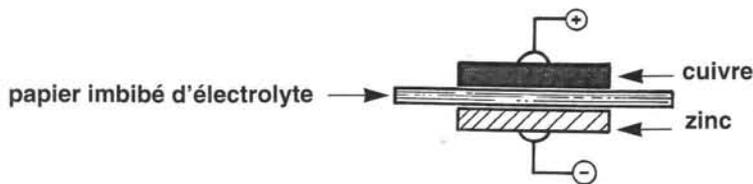


Figure 1 - « L'organe électrique artificiel » (à l'époque, l'électricité était surtout naturelle et produite par le poisson torpille) de Volta était composé d'éléments de ce genre. Deux métaux différents, séparés par une rondelle de drap ou de papier imbibé d'acide, suffisent à engendrer une tension.

nir une tension plus élevée, mais diminuant rapidement par suite de la polarisation des électrodes dont nous parlons plus loin.

la noblesse des métaux

D'où vient la différence de tension entre les deux électrodes ? Elle est due à un phénomène d'oxydo-réduction, c'est-à-dire à un échange d'électrons. D'une façon un peu "réductrice", on peut dire : un réducteur (métal, par exemple) cède des électrons à un oxydant (un acide, par exemple) qui devient de ce fait réducteur pour un autre oxydant, auquel il cède des électrons. Autrement dit : un oxydant capte des électrons à un réducteur, l'oxydant prend alors une forme réduite, il devient réducteur pour un autre oxydant qui lui prend, s'il le peut, ses électrons. C'est dire qu'un oxydant, ou une forme oxydée, est une molécule ou un ion susceptible de capter un ou plusieurs électrons, et qu'un réducteur, ou une forme réduite, est une molécule ou un ion susceptible de céder un ou plusieurs électrons. On peut essayer de dire les choses plus simplement : un métal (anode) est oxydé par un acide, qui lui-même subit une oxydation d'un autre métal (cathode). Les choses peuvent se passer dans deux bacs différents avec deux électrolytes adaptés à chaque électrode, pourvu qu'entre les deux bacs certains échanges soient possibles.

Qu'est-ce maintenant qu'un générateur ? Une "pompe" qui cède d'un côté des électrons et de l'autre les reprend. Son pôle plus absorbe les électrons, c'est donc son côté "oxydant", son pôle moins refoule les électrons, c'est son côté "réducteur". Vous savez par expérience que, dans les mêmes conditions, certains métaux s'oxydent (perdent des électrons) plus vite que d'autres : de là vient leur classification, un peu désuète, en métaux nobles et moins

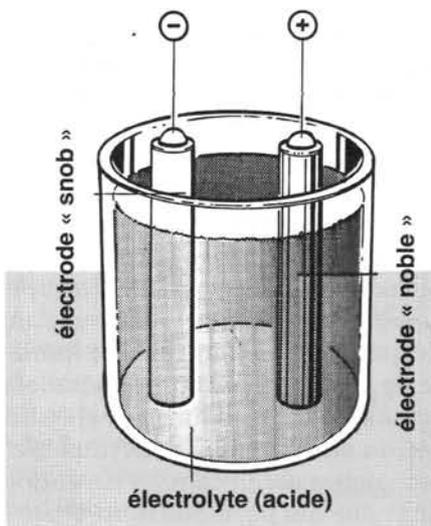


Figure 2 - Vous avez peut-être plus l'habitude de vous représenter une pile de cette façon ?

nobles. Ils sont classés, plus scientifiquement, du moins réducteur (le plus oxydant et le moins oxydable), l'or, au plus réducteur (le moins oxydant et le plus oxydable), le lithium. L'or est donc le plus noble et le lithium le plus "roturier"⁽³⁾.

"Plus" ou "moins" ne présentent cependant d'intérêt que s'il n'y a que deux valeurs à distinguer. Dans le cas présent, "plus" ou "moins" peuvent se ramener à des différences de potentiel : on parle du potentiel standard d'un corps (métal ou non) et on peut le mesurer. Cette mesure se fait dans des conditions bien définies et, ça va mieux en le disant, par rapport à une référence, ici, l'électrode nor-

⁽³⁾ Nous avons préféré *snob* abréviation de *sine nobilitate* qui veut dire "sans noblesse", mais ne l'est pas toujours.

Tableau 1 - Potentiels standards d'électrode (référence : électrode normale à hydrogène) du plus « snob » au plus « noble ».

électrode	potentiel normal
potassium	-2,92
baryum	-2,90
calcium	-2,87
sodium	-2,72
magnésium	-2,34
aluminium	-1,65
manganèse	-1,18
zinc	-0,76
chrome	-0,74
fer	-0,44
étain	-0,14
plomb	-0,13
référence	0,00
cuivre	+0,34
argent	+0,80
mercure	+0,86
or	+1,50

réducteur/snob
oxydant/noble

elex-abc

tension à vide

La tension à vide est la tension mesurée aux bornes d'un générateur qui ne débite pas de courant, un générateur sans charge.

male à hydrogène (il n'y a pas que des métaux dans cette classification !). Le résultat de la mesure du potentiel standard de quelques métaux est donné dans le **tableau 1**. À partir de là, il semble que rien ne soit plus simple que de fabriquer un élément de pile de tension connue. C'est aller un peu vite en besogne : qu'en est-il de l'électrolyte ? Nous vous en dirons peu, non pas que nous voulions conserver le secret de nos sauces, mais parce que le sujet réclame plus de place que nous ne pouvons lui consacrer. Sachez seulement qu'un électrolyte contient des ions, c'est-à-dire des charges électriques. Les métaux de leur côté ne sont pas toujours dans l'état souhaitable. L'aluminium, par exemple, se protège dès son premier contact avec l'oxygène de l'air, par une

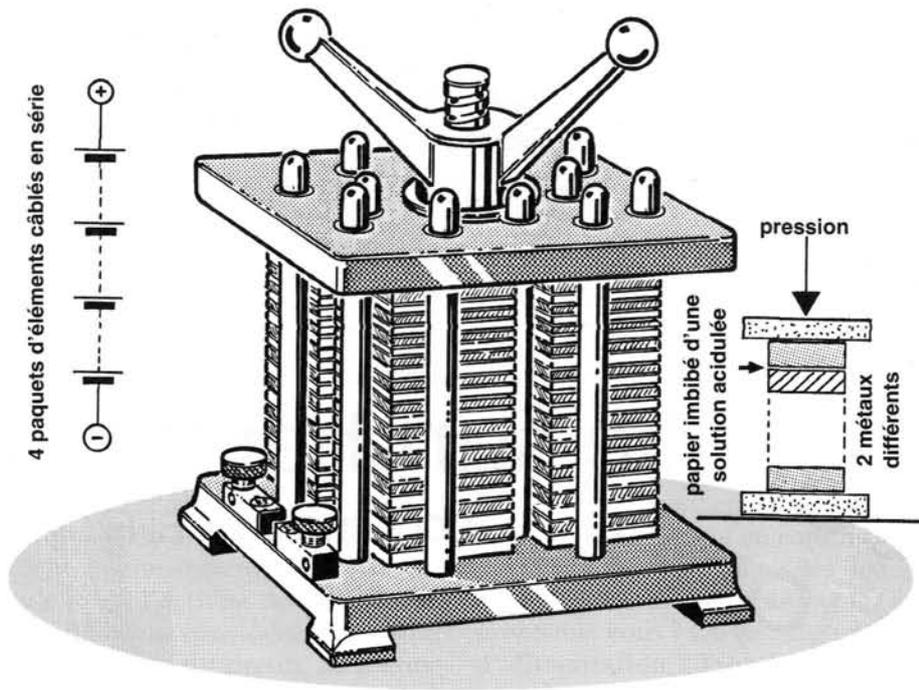


Figure 3 - Voilà une pile que n'aurait pas reniée Volta, faite d'un grand nombre d'éléments galvaniques en série.

couche d'oxyde (alumine) qui en modifie considérablement les qualités d'électrode. Le potassium n'a pas cette chance, son oxyde ne fait pas barrage à l'oxydation qui est foudroyante. Prenons plutôt le plomb, et un métal moins noble que lui dans cette classification, le zinc. Nous devrions obtenir, avec un électrolyte adéquat, une pile (son pôle plus est le plomb) aux bornes de laquelle nous pourrions mesurer une tension de $0,76 - 0,13 = 0,63$ V. Nous mesurerons éventuellement cette tension si la pile ne débite pas. Si nous lui laissons débiter du courant dans un circuit, la chute de tension provoquée par sa résistance intérieure risque d'être grande. Cette résistance intérieure est due en (faible) partie à la forme des électrodes, leur surface et leur éloignement l'une de l'autre sont tout aussi déterminants. Nous ne vous parlons pas des réactions chimiques, dont les vitesses sont limitées, et qui ne se développent pas toutes dans le sens désiré par l'utilisateur : elles augmentent d'autant plus la chute de tension que la demande en courant est importante et cette chute de tension augmente avec l'âge de la pile dont les électrodes se polarisent. Cette polarisation, nous l'expliquerons simplement en disant que le fonctionnement de la pile modifie les

électrodes de telle façon qu'une seconde pile est créée à l'intérieur de la première, en opposition avec elle : on parle alors de force contre-électromotrice. Pour une fois, on ne mettra pas tout sur le compte d'Ohm. Enfin, les réactions chimiques se poursuivent lorsque la pile ne débite pas. Un peu de repos lui profite parfois et vous avez sans doute déjà constaté qu'une pile retrouvait un second (quoique bref) souffle après un abandon temporaire. À l'opposé, un abandon prolongé lui est rarement bénéfique : une vieille pile, neuve ou considérée comme morte, peut exploser et laisser échapper un liquide plus ou moins corrosif : en reprendrez-vous ou pouvons-nous passer au dessert ?

pile montée

La préparation de ce dessert ne nécessite que peu d'ingrédients. Il faut, pour commencer, en choisir les électrodes. La combinaison éprouvée par Volta s'impose. Le pôle positif de votre pile sera donc fait d'une chute de cuivre : bout de tube, reste de circuit imprimé ou, même si elle est en laiton, lame de contact provenant d'une pile de 4,5 V (archi-morte de préférence). L'enveloppe d'une pile (cuite) de 1,5 V en zinc, ou un morceau de gouttière bien galvani-

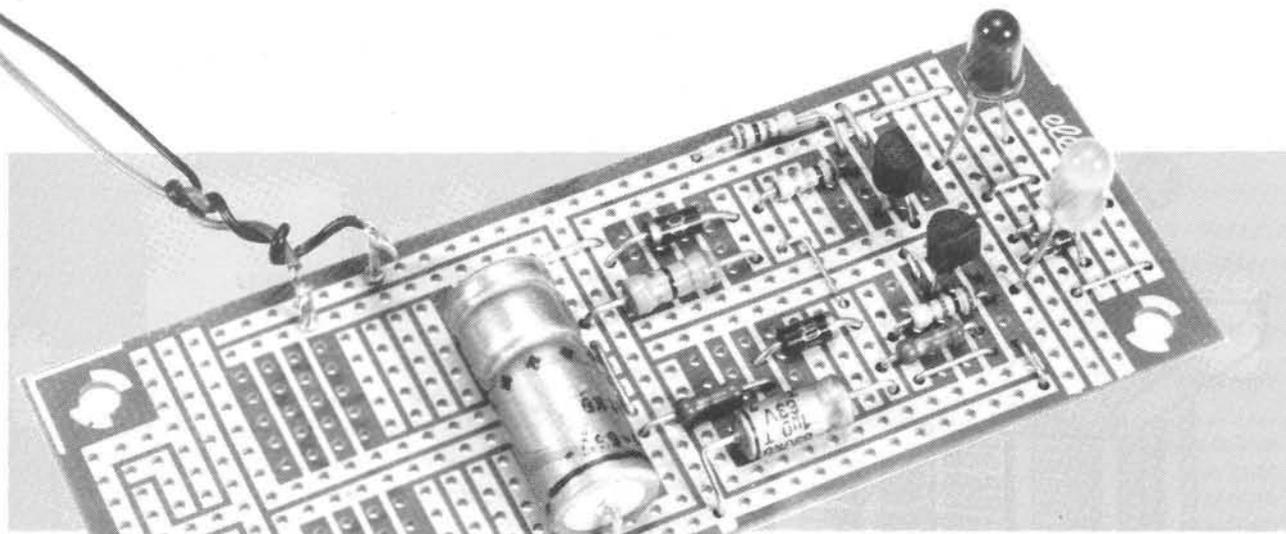
sée (tôle recouverte de zinc fondu) si elle n'est pas de zinc pur, prendra la place du pôle négatif. L'électrolyte, ensuite : il sera solide ou liquide et, selon la saison, pomme, poire, orange, citron ou jus (non sucré) de ces fruits. Si vous préférez le vinaigre, libre à vous, c'est aussi un électrolyte qui a fait ses preuves. Ensuite, tout n'est plus qu'une question de présentation. Compte tenu de ce que nous avons dit, la distance entre les électrodes et leur surface en contact avec l'électrolyte permet, dans certains cas, de diminuer (peu) la résistance intérieure de la pile. Avec les électrodes que nous avons prises (cuivre/zinc) la **tension à vide** avoisinait 1 V mais le débit n'excédait pas quelques milliampères.

l'heure aux pommes

Il est possible que nos lecteurs normands appliquent les connaissances rapportées ici à la protection de leurs vergers⁽⁴⁾... Plus proches de la Suisse, nous en sommes restés à l'horlogerie. Notre pile à la Tatin nous a permis d'alimenter une montre à quartz à affichage à cristaux liquides, vous savez, du genre de celles qu'on gagne dans les loteries et dont les piles de rechange sont introuvables. Nous avons câblé deux pommes en série, chacune munie d'une électrode de cuivre et d'une électrode de zinc. Nous avons ainsi eu l'heure exacte (celle de l'observatoire chronométrique de Neuchâtel) pendant près d'un mois. L'heure d'hiver, parce que pour l'heure d'été, à moins de conserver le plat au frais, il faut compter avec les bactéries qui dévorent plus d'énergie que les montres (même si elles produisent en échange du méthane).

87656

⁽⁴⁾Pour diminuer la résistance intérieure d'un générateur à l'échelle du verger, il est fortement conseillé de câbler les pommes en parallèle !



indicateur de surcharge optique

pour enceintes Hi-Fi

Un "instrument de musique" comme une chaîne Hi-Fi ne sonne vraiment bien que si le volume en est raisonnablement élevé : si elle joue en sourdine, adieu les graves et les aigus ! Ils sortent, mais nous ne les sentons pas. Ce phénomène est une conséquence du fait que nos oreilles sont, de nature, beaucoup moins sensibles aux sons de fréquences élevées ou basses. Lorsque le volume global diminue, elles entendent mal les sons qui avoisinent les limites du spectre audible. Le son semble perdre en couleurs lorsqu'il perd en volume : il pâlit autant qu'il s'amaigrit — seules les fréquences médianes ont assez d'énergie pour être perçues nettement. Pour élargir le spectre perçu, et compenser cette surdité sélective, il faut mettre la sauce. Malheureusement, la musique à volume élevé provoque des surdités précoces, détériore les rapports avec le voisinage et, ce qui est pire encore, les enceintes. Les deux premiers points ne sont pas de notre ressort, mais un magazine d'électronique comme ELEX, se doit d'aborder le troisième. Sans cachet, sans injection, un exercice de tout repos.

What is watt (Watt ? Qu'est-ce ?)

La question des watts, à propos des enceintes acoustiques, est une source d'embrouilles. La croyance répandue qu'une enceinte de 50 W donne plus qu'une enceinte de 25 W n'est pas des plus exactes. Cette quantité de watts gravée sur les enceintes, ou indiquée par leur notice, ne concerne qu'une de leurs caractéristiques : ce qu'elles peuvent encaisser sans dommage. Il est facile d'en déduire que le meilleur moyen de les bousiller(*)

est de les raccorder à un amplificateur susceptible de leur fournir une puissance supérieure à celle pour laquelle elles ont été prévues. Les détériorations sont alors d'ordre électrique ou mécanique, ou les deux à la fois. Électriquement, un courant d'intensité trop élevée risque de transformer le bobinage du haut-parleur en résistance de grille-pain ; mécaniquement, la membrane agitée trop énergiquement d'avant en arrière, finit par se déformer définitivement, et de telle façon que la bobine reste coincée. Pour éviter qu'un haut-parleur ne rende l'âme des suites d'un tel surmenage, une surveillance attentive de la puissance que lui délivre l'amplificateur est donc nécessaire. Un circuit nous informant des surcharges dont les enceintes ont à souffrir, nous permettra de l'exercer.

La puissance délivrée est, ici comme ailleurs, proportionnelle au carré de la tension (efficace) et inversement proportionnelle à l'impédance de la charge. Connaissant la charge, le haut-parleur, nous pouvons accéder à la puissance en mesurant la tension à ses bornes. Notre "wattmètre" (c'est à proprement parler un VU-mètre à LED) opère selon ce principe.

(*)Le verbe "bousiller" s'écrivait déjà comme ça en 1554, sous Henri II, vous savez, celui auquel Montgomery tapa dans l'œil.

(**)Et non l'Édit de Villers-Cotterêts (1539), puisque ce n'est pas un édit mais une ordonnance qui obligea Elex, au lieu du latin, d'utiliser le français.

Tableau 1 - Quand la tension aux bornes des haut-parleurs et leur impédance sont connues, ces quelques formules permettent de calculer la puissance de l'amplificateur à un moment donné. Comme les utilisateurs d'oscilloscope préfèrent les valeurs de tension crête à crête, qui leur sont plus accessibles, nous leur rappelons à quoi elles correspondent (la tension crête à crête d'un signal sinusoïdal est $\sqrt{2}$ fois la tension efficace). Les plus paresseux sont évidemment restés au rez-de-chaussée de ce tableau destiné à leur éviter de fastidieux calculs : le "cc" en indice est là pour crête à crête (tt pour *top-top* chez Philips où l'on ne distingue plus vraiment le néerlandais de l'anglais ; ss pour *Spitze-Spitze* chez Siemens où l'on a les abréviations que l'on mérite).

indicateur à LED passif

Non seulement la tension prise en sortie d'amplificateur commande l'indicateur, mais en plus, elle l'alimente : voilà pourquoi nous qualifions celui-ci de passif, bien que ses composants, diodes et transistors, soient, heureusement, actifs (fig.1). Qu'elle est l'activité de ces composants ? Si nous considérons ceux qui sont à l'entrée du circuit, ils redressent les alternances de la tension fournie généreusement par l'amplificateur. La diode D1 redresse les

demi-alternances négatives, puis injecte à la base des transistors de mesure (nous avons ainsi (presque) tout dit de l'action des autres composants) le courant continu obtenu ; la diode D2 alimente en continu les dits(**) transistors à partir des demi-alternances positives. Vous voyez un problème, vous ? Où ça ? La tension d'alimentation ? Trop faible ? Les transistors s'en soucient comme d'une guigne. Soit : son amplitude affectera la clarté de l'indication,

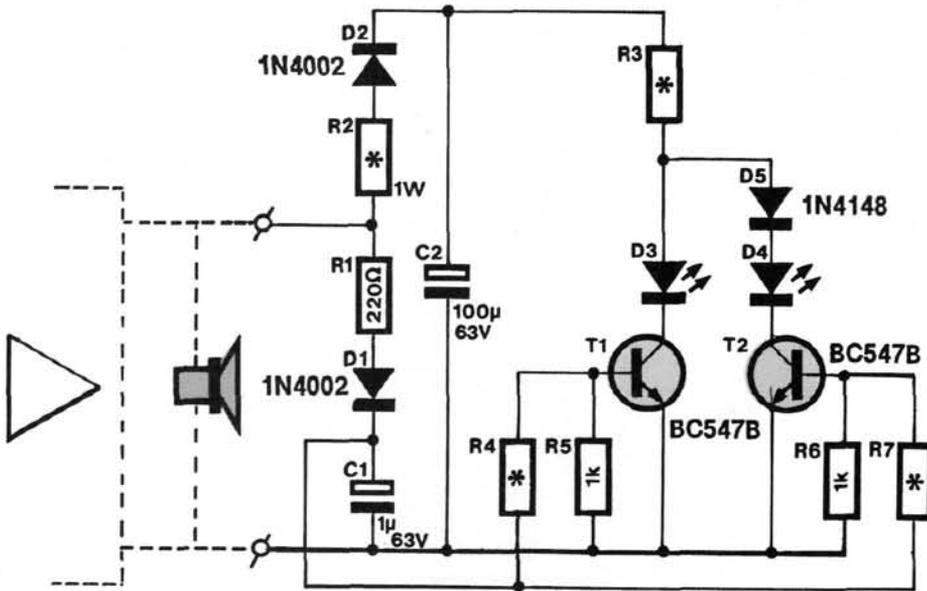


Figure 1 - Le signal fourni aux haut-parleurs commande ce circuit et en plus l'alimente : ce qui lui vaut le qualificatif de "passif". La composition des diviseurs résistifs, alimentant les bases des deux transistors, détermine la tension (et donc la puissance), en sortie d'amplificateur, à partir de laquelle le seuil de conduction de leur jonction base/émetteur est franchi. Lorsque la LED D4 commence à briller, la moitié de la puissance maximale est atteinte.

mais non exactitude. La sensibilité du circuit dépend uniquement de la valeur de la tension disponible à la base des transistors. Dès que celle-ci dépasse de 0,6 V la tension régnant sur l'émetteur, le transistor conduit, indépendamment de la tension qui règne sur son collecteur (évidemment, il n'est pas à la mas-

se). Le fonctionnement du circuit n'est pas pour autant élucidé, puisque nous ne savons pas encore pourquoi un dépassement du seuil de 0,6 V est obtenu à partir d'une certaine puissance. Combien de watts ? À partir de la tension mesurée aux bornes du haut-parleur, connaissant son impédance

Tableau 1.

$$P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{Z}$$

d'où il découle :

$$P_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}^2}{Z} \quad \text{où } Z \text{ est l'impédance des HP (} Z = 8 \Omega \text{ ou } 4 \Omega \text{)}$$

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{4 \cdot P} \quad (Z = 4 \Omega)$$

ou

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{8 \cdot P} \quad (Z = 8 \Omega)$$

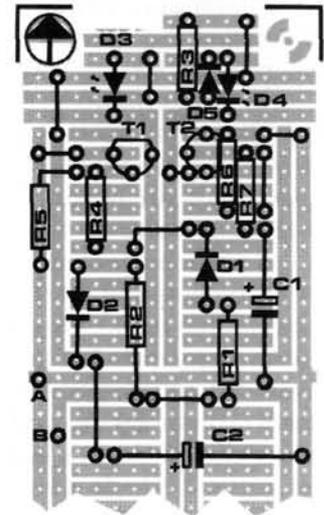
Conversion en valeurs crête-à-crête :

$$U_{\text{cc}} = 2\sqrt{2} \cdot \sqrt{4 \cdot P} \quad (Z = 4 \Omega)$$

ou

$$U_{\text{cc}} = 2\sqrt{2} \cdot \sqrt{8 \cdot P} \quad (Z = 8 \Omega)$$

P [W]	U _{cc} 4 Ω [V]	U _{cc} 8 Ω [V]
1	4	5,7
2	5,7	8
4	8	11,3
10	12,5	17,9
20	17,9	25,3
40	25,3	35,8



liste des composants

- R1 = 220 Ω
- R2, R3, R4, R7 : cf. tableau 2
- R5, R6 = 1 kΩ

- C1 = 1 μF/63 V
- C2 = 100 μF/63 V

- T1, T2 = BC 547B
- D1, D2 = 1N4002
- D3 = LED (rouge)
- D4 = LED (jaune)
- D5 = 1N4148

platine d'expérimentation de format 1

dance, ça n'est pas difficile à calculer. Nous n'avons pas reculé devant la facilité : voici le mode de calcul et les résultats en deux tableaux. Le rapport entre les résistance R4 et R5 (respectivement R6 et R7) détermine à quelle tension (et donc à quelle puissance) l'indicateur correspond. La limite à fixer dépend essentiellement des enceintes. Grâce aux deux tableaux, vous ne devriez avoir aucune difficulté à déterminer vous-même les seuils correspondants.

Il va de soi qu'une seule LED et un seul transistor auraient suffi. En utiliser deux n'est cependant pas un luxe inutile puisque la seconde LED avertit de l'approche du seuil. Elle s'éclaire pour une puissance inférieure à la puissance critique et s'éteint lorsque la LED d'avertissement à *proprement parler* (D3) entre en action. Pratiquement, il suffisait de donner à la résistance R7 une valeur inférieure à celle de R4, de sorte que le seuil de conduction de T2 soit atteint plus tôt que celui de T1. Ceci n'explique cependant pas pourquoi D4 (la LED jaune) s'éteint au moment où D3 s'éclaire. Un simple coup d'œil sur la **figure 1** vous le fait comprendre. Vous y remarquez bien sûr la diode D5. Lorsque les deux transistors conduisent, D3 est pratiquement en parallèle avec la combinaison D4/D5. La tension aux bornes de D3, lorsqu'elle éclaire (en rouge ordinaire) est de 1,5 V. Cette tension ne permettrait même pas à la diode D4 de conduire (son seuil est de 2,3 V vu qu'elle est jaune) et comme elle doit en plus partager avec D5 : il faudrait, aux bornes de l'ensemble une tension supérieure à 3 V. La jaune s'éteint donc, quand la rouge s'allume, ce qui est excellent pour la circulation, comme n'eut pas manqué de le faire remarquer le major Mauve(***).

où placer le circuit ?

Si vous avez fabriqué vous-même vos enceintes ou si vous voulez les fabriquer, vous n'aurez pas à chercher très loin : le montage y trouvera parfaitement de quoi se loger. Si les enceintes vous ont été livrées

toutes tricotées, ne vous fatiguez pas à essayer de les ouvrir : c'est souvent impossible et lorsque c'est possible, ça ne va pas sans peine. Dans ce cas, montez la platine dans un coffret séparé, son fonctionnement n'aura pas à en souffrir. Si de plus ce cof-

fret est pourvu d'une élégante face avant, en aluminium anodisé par exemple, vous pourrez le disposer sur un baffle ou à proximité de l'amplificateur : ça ne détonnera pas plus que ça ne détonera, même si ça en jette et si ça étonne.

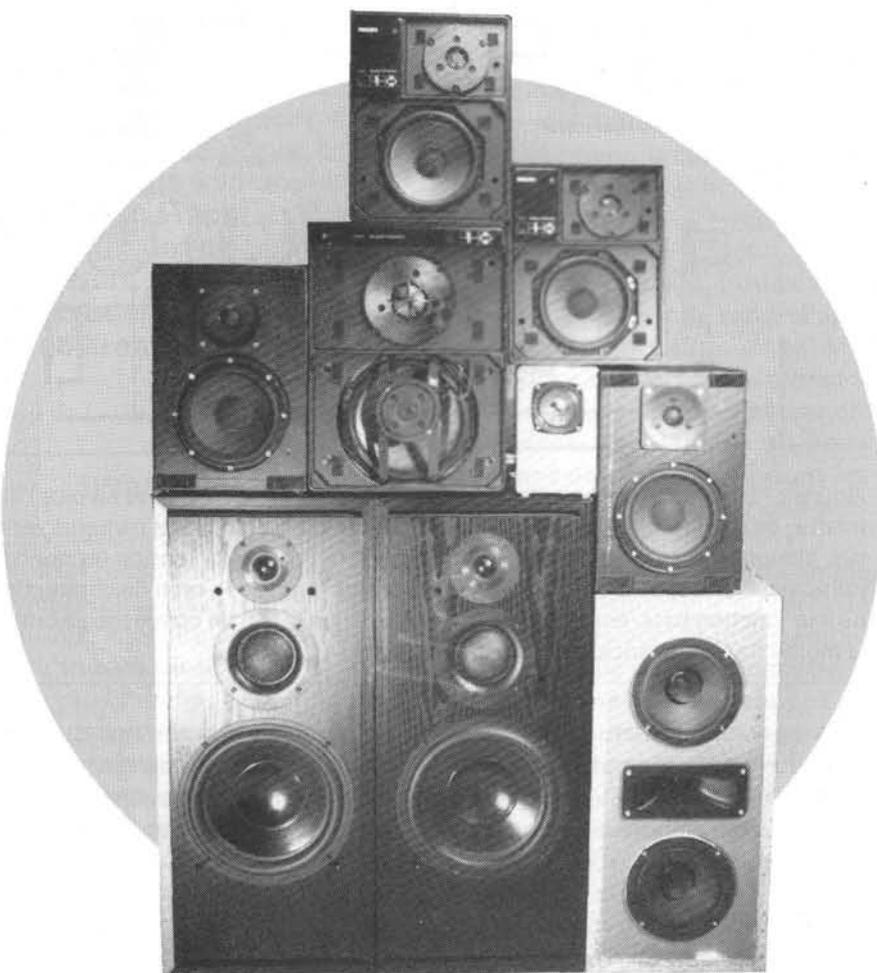
86796

Tableau 2

	rouge	jaune	R2 *	R3	R4	R7
4 Ω	2 W	1 W	39 Ω	180 Ω	5,6 kΩ	3,9 kΩ
8 Ω			56 Ω	330 Ω	10 kΩ	5,6 kΩ
4 Ω	4 W	2 W	56 Ω	330 Ω	10 kΩ	5,6 kΩ
8 Ω			82 Ω	560 Ω	15 kΩ	10 kΩ
4 Ω	10 W	5 W	82 Ω	560 Ω	15 kΩ	10 kΩ
8 Ω			120 Ω	1 kΩ	22 kΩ	15 kΩ
4 Ω	20 W	10 W	120 Ω	1 kΩ	22 kΩ	15 kΩ
8 Ω			180 Ω	1,5 kΩ	33 kΩ	22 kΩ
4 Ω	40 W	20 W	180 Ω	1,5 kΩ	33 kΩ	22 kΩ
8 Ω			220 Ω	2,2 kΩ	47 kΩ	33 kΩ

* R2 = 1 W

Tableau 2 - Il ne vous reste plus qu'à choisir vos résistances de mesure (R2, R3, R4 et R7). Dans la colonne "rouge" (correspondant à la LED rouge) sont affichées diverses puissances maximales d'enceintes (ce qu'elles peuvent encaisser sans dommage et qui vous est indiqué par le fabricant) et à droite les valeurs des résistances : les valeurs du haut correspondent à des haut-parleurs de 4 Ω, celles du bas, à des haut-parleurs de 8 Ω. La résistance R2 devra dans tous les cas (?) pouvoir dissiper une puissance de 1 W.



*** Exerçait ses talents à Saint-Rémy-sur-Deule à la fin du siècle dernier. Serait-il devenu général si ses parents l'avaient prénommé Cuy ?



Après les résistances, les condensateurs et les diviseurs de tension, nous abordons un domaine propre à l'électronique : les semi-conducteurs. Ce sont les composants les plus intéressants, peut-être les plus compliqués. Les plus répandus sont les diodes et les transistors.

des trous baladeurs et autres curiosités

Les diodes et les transistors sont constitués de silicium, un métal dit **semi-conducteur**. Du silicium pur ne conduit pas, parce qu'il n'existe pas d'électrons libres entre les atomes. Cette présence d'électrons libres est une condition indispensable pour qu'un courant puisse circuler. Le mot important est **libre**, car il est évident que les atomes de silicium, comme les autres, comportent un certain nombre d'électrons, sur des orbites fixes. Il existe cependant un artifice, et même deux, pour rendre le silicium conducteur. L'une ou l'autre de ces deux méthodes permet de fabriquer des diodes ou des transistors. Toutes les deux consistent à introduire des atomes étrangers dans la structure du cristal de silicium. Ces atomes étrangers, dits *impuretés*, possèdent soit un électron de plus, soit un électron de moins que le silicium. Ils

ont tendance à s'intégrer à la structure des atomes de silicium ; comme les « mailles » qui leur restent sont trop étroites, l'électron surnuméraire se trouve lié encore plus fortement à son noyau. Les électrons portent une charge négative, on dira donc du matériau qu'il est de type **N**. Si on applique une tension au silicium ainsi « dopé », un courant circule puisqu'il y a des électrons prêts à quitter leur orbite.

Si les atomes étrangers ont un électron de moins que le silicium, ils essaient de se « camoufler » entre les atomes de silicium. Pour ce faire, ils « chipent » volontiers un électron à l'atome de silicium voisin. L'atome de silicium dépouillé reste, sans dommage, près de son voisin devenu presque silicium. Si on applique une tension à un cristal de silicium dopé de cette façon, là aussi un courant circule. Le manque d'électrons se propage dans tout le

cristal, comme si le trou se « promenait ». Prenons un exemple concret pour rendre la chose évidente. Un professeur généreux distribue des pommes à ses élèves pour le cours de *biologie végétale*. Malheureusement, il n'a pu cueillir dans son verger que 19 pommes, alors qu'il a 20 élèves. L'élève qui n'en a pas prend la pomme de son voisin de table. Ce dernier ne veut pas laisser les choses dans l'état et pique celle de son voisin de derrière, pendant qu'il regarde ailleurs. Comme ce dernier craint les coups de son voisin de devant, il trouve plus simple de prendre la pomme de son voisin de table. C'est ainsi que le « trou », le manque de pomme, se promène dans toute la classe. Le trou ne peut se promener que si les pommes se promènent, cela signifie qu'un courant de pommes circule à travers la classe, comme un courant électrique à travers le silicium. Le cristal de silicium appauvri est dit de type **P**.

la jonction P-N

Pour comprendre ce qui se passe à la jonction P-N entre deux cristaux, reportons-nous d'abord à la **figure 1**, qui représente une diode. La zone de contact entre le cristal P et le cristal N, telle qu'elle est schématisée, joue un rôle particulier. C'est là que les électrons surnuméraires de la partie N remplissent les trous de la partie P, si bien que la zone ne comporte plus ni trous ni électrons libres, qu'elle est isolante.

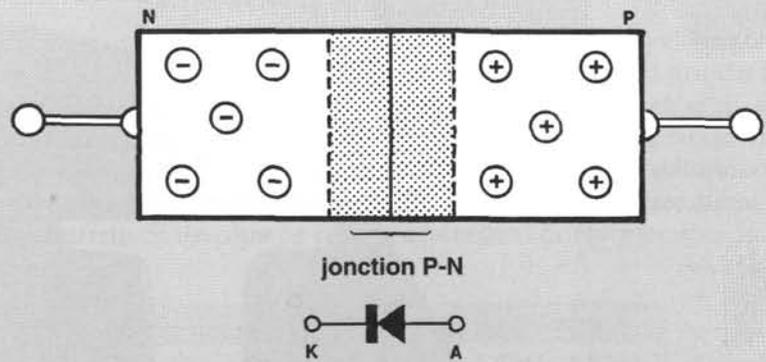


Figure 1 - Une diode semi-conductrice est constituée de deux cristaux de silicium ou de germanium dopés différemment, possédant une surface commune. À proximité de cette frontière, il se crée une zone isolante (la jonction P-N) dans laquelle les électrons supplémentaires du cristal N comblent les trous du cristal P. Le symbole de la diode est représenté en dessous.

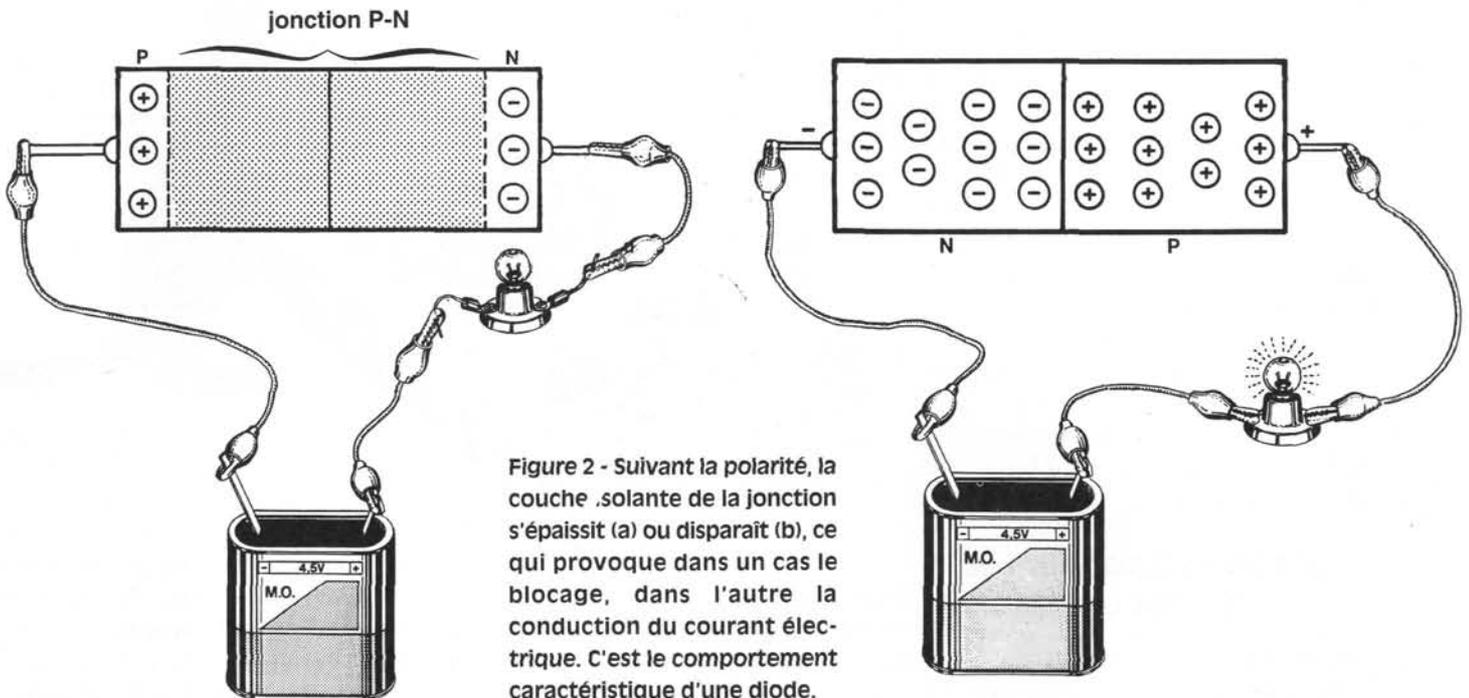
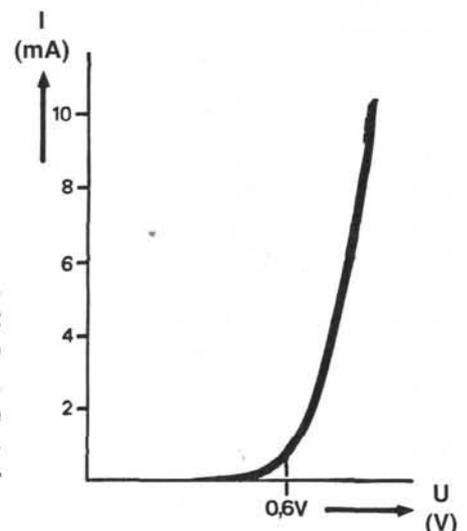


Figure 2 - Suivant la polarité, la couche isolante de la jonction s'épaissit (a) ou disparaît (b), ce qui provoque dans un cas le blocage, dans l'autre la conduction du courant électrique. C'est le comportement caractéristique d'une diode.

Que se passe-t-il maintenant si nous appliquons une tension à la diode ? Nous savons par la pratique que la diode se bloque quand elle voit une tension inverse, mais comment cela se produit-il en fait ? Simplement parce que la couche isolante s'épaissit quand le pôle négatif de la source de tension est relié à la couche P de la diode. Les trous sont remplis par les électrons de la source, ce qui rend le cristal neutre électriquement (**figure 2a**). Si on inverse la polarité, la couche isolante est approvisionnée en électrons supplémentaires, ce qui la rend conductrice (**figure 2b**).

Figure 3 - La caractéristique de la diode. Elle montre la relation entre le courant à travers la diode (dans le sens passant) et la valeur de la tension à ses bornes. Ce n'est qu'à partir de 0,6 V qu'un faible courant commence à circuler ; ce courant augmente ensuite rapidement pour un faible accroissement de la tension.



le seuil de tension

Une diode peut être comparée à un clapet qui ne laisserait passer l'air ou l'eau, ou un autre fluide, que dans un sens. S'il est arrivé à quelqu'un d'entre vous de gonfler un pneu de vélo, il a pu se rendre compte qu'il faut exercer une certaine force pour que la valve s'ouvre et laisse passer de l'air. Il en va de même avec une diode, qui demande une tension minimale avant

de commencer à conduire dans le sens passant. La valeur de cette tension minimale est de 0,6 V. Ce n'est qu'à partir de 0,6 V que le courant circule. Le rapport entre la tension aux bornes d'une diode et le courant qui la traverse est représenté sur la **figure 3** par une courbe dite *caractéristique de la diode*.

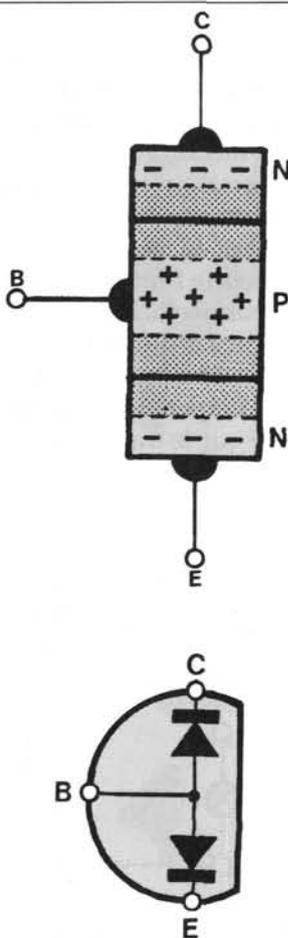
la construction d'un transistor

La **figure 4** montre schématiquement la construction d'un transistor. Au lieu de deux cristaux dopés différemment, il comporte trois zones. Elles peuvent se présenter indifféremment dans l'ordre P-N-P ou N-P-N. Nous nous en tiendrons, pour la suite, à cette dernière race de transistors, la plus répandue. Les trois zones déterminent deux jonctions, ce qui permettrait de représenter le transistor comme un assemblage de deux diodes (**figure 5**). Cette assimilation est toute théorique, et il

est impossible de fabriquer un transistor avec deux diodes.

Chacune des trois zones du cristal est reliée au monde extérieur par une broche repérée sur le symbole par un dessin particulier (**figure 6**) ; chacune porte aussi un nom particulier : BASE, ÉMETTEUR, COLLECTEUR. Le symbole permet de deviner qu'un courant circule à travers la jonction base-émetteur, quand la tension atteint le seuil de 0,6 V (la jonction base-émetteur se comporte comme une diode, telle que nous l'avons décrite plus haut). Si aucun courant ne circule dans la jonction base-émetteur, l'espace collecteur-émetteur se comporte comme un isolant.

Un courant de base supprime l'effet isolant de l'espace collecteur-émetteur : un courant circule du collecteur vers l'émetteur. Par construction, le transistor garantit que le courant de collecteur est un certain nombre de fois plus intense que le courant de base qui lui a donné naissance. Le courant



Figures 4 et 5 - Un transistor comporte deux jonctions P-N. Chaque jonction, prise individuellement, se comporte comme une diode. Toutefois, on ne peut pas considérer le transistor comme une diode double : dès qu'un courant circule dans la jonction base-émetteur, et à condition qu'une tension soit appliquée entre collecteur et émetteur, un courant circule à travers l'autre jonction, normalement bloquée. Ce courant collecteur-émetteur est beaucoup plus important que le courant base-émetteur.

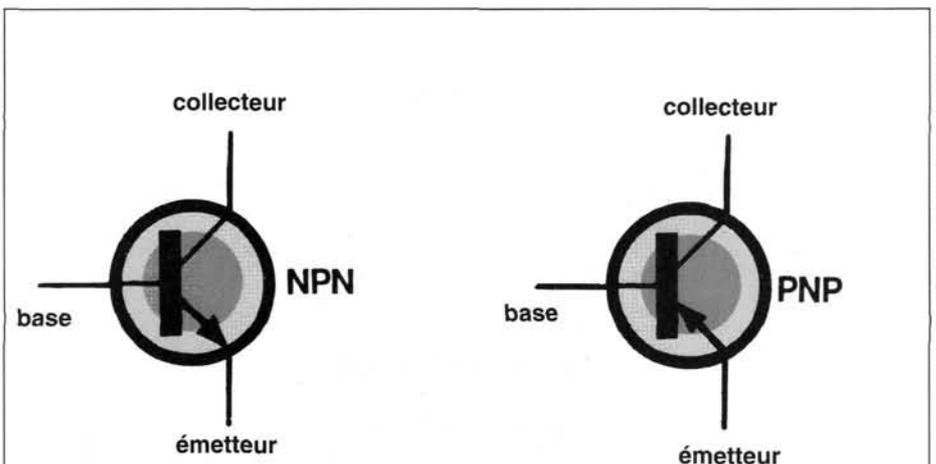


Figure 6 - Le symbole du transistor. La flèche repère l'émetteur et indique s'il s'agit d'un type PNP ou NPN : elle est orientée dans le sens du courant (du + vers le -).

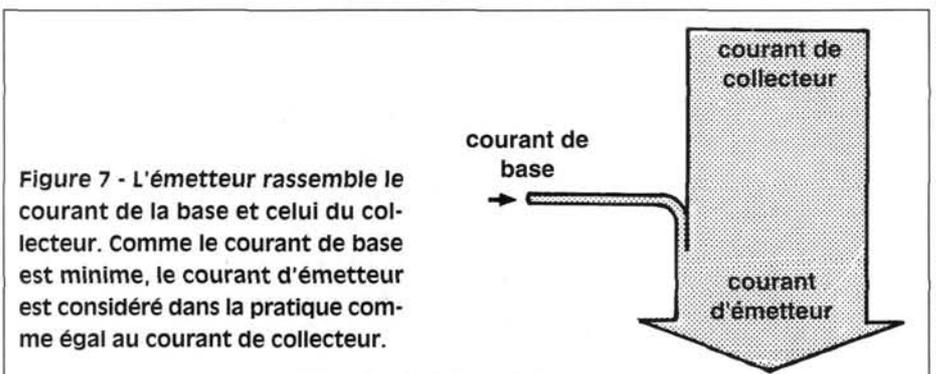


Figure 7 - L'émetteur rassemble le courant de la base et celui du collecteur. Comme le courant de base est minime, le courant d'émetteur est considéré dans la pratique comme égal au courant de collecteur.

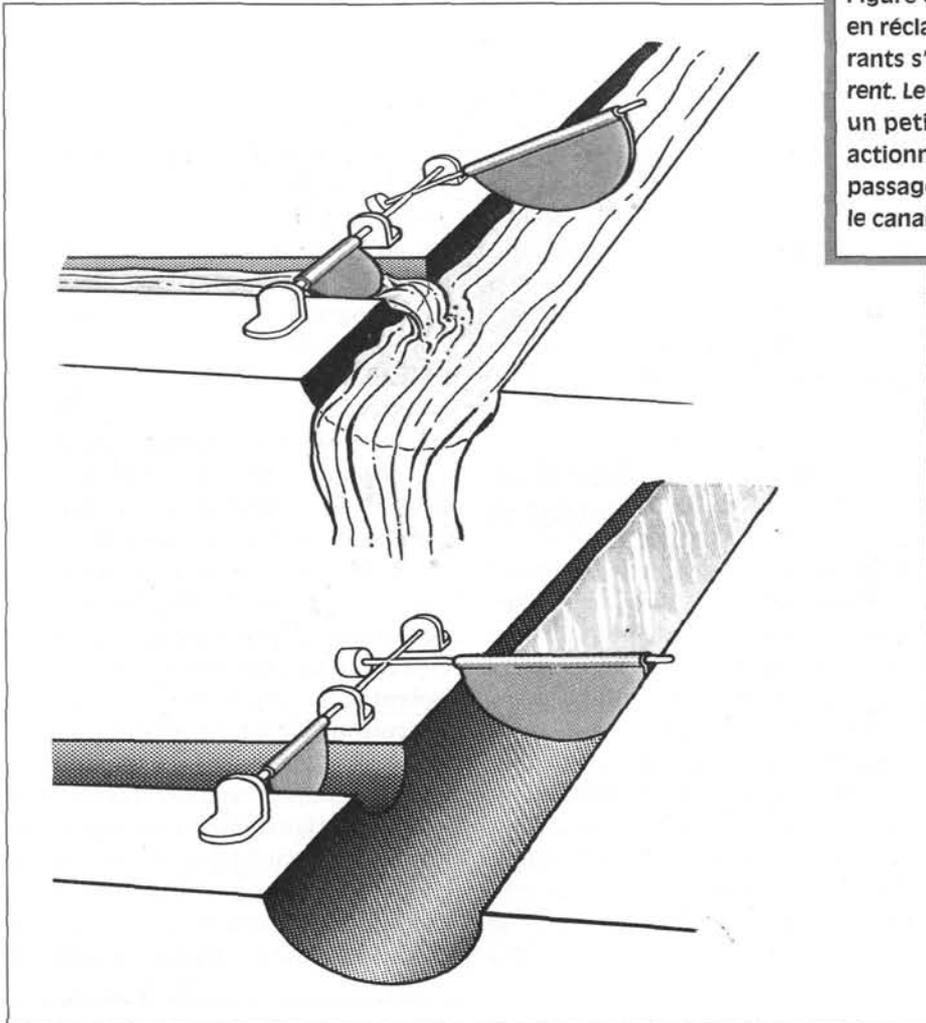


Figure 8 - Le transistor hydraulique, comme nous en réclamons certains nostalgiques. Les deux courants s'écoulent par des canaux de gabarit différent. Le faible flux qui arrive du petit canal actionne un petit clapet qui, par son axe et un levier, en actionne un plus grand. Ce grand clapet ouvre le passage à un flux de liquide plus important dans le canal à grand gabarit.

d'émetteur est égal à la somme du courant de base et du courant de collecteur. Comme le courant de base est minime, en comparaison du courant de collecteur, il ne représente qu'une petite fraction du courant d'émetteur et il peut donc être négligé (figure 7). Avant de mettre en pratique ces connaissances toutes neuves, nous allons encore décrire un modèle hydraulico-mécanique du transistor, comme on en trouve un peu partout dans la littérature spécialisée. Il s'agit le plus souvent de transistors « à eau », dans lesquels le flux d'électrons est remplacé par un flux d'eau ou d'un autre liquide. La figure 8 montre un exemple facile à comprendre, tiré d'une boîte d'expérimentation presque aussi vieille que le transistor.

composants

liste des

R1 = 1 kΩ
R2* = 10 kΩ

T1 = BC547B
(ou BC550B ou BC546B)

L1, L2* = ampoule 15 V 200 mA

2 douilles à souder

4 fiches banane

1 platine

17 picots à souder

3 ponts en fil

alimentation K ± 15 V

*voir texte

Nota : Les ampoules de 15, 16 ou 18 V ne se trouvent pas au rayon bricolage de votre super-marché, mais elles sont courantes dans l'industrie pour équiper des voyants alimentés en 12 V et leur assurent une durée de vie raisonnable.

Figure 9 - Le câblage de la platine « transistor en commutation ». Les quelques ponts en fil permettent de la configurer pour différentes expériences et mesures.

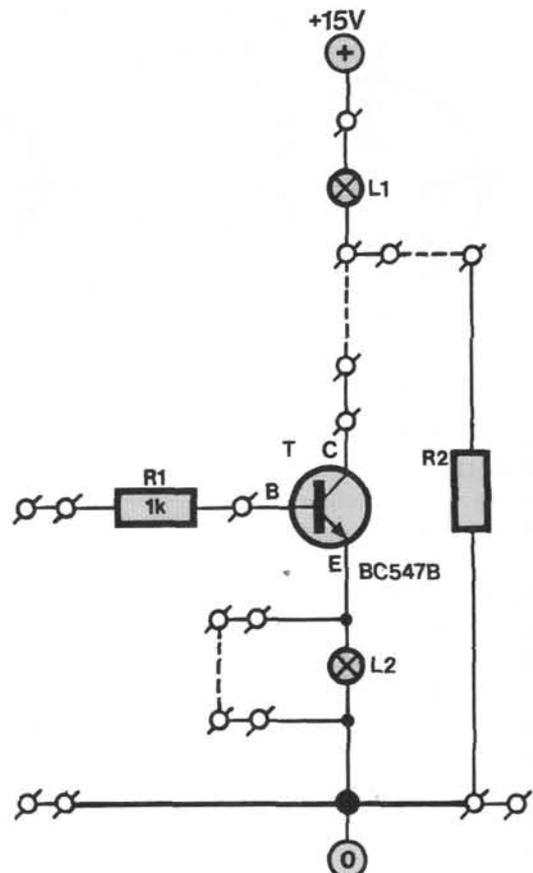
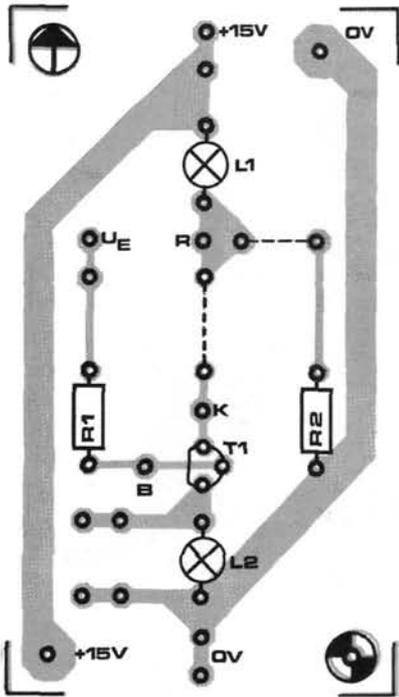


Figure 9 - Le câblage de la platine « transistor en commutation ». Les quelques ponts en fil permettent de la configurer pour différentes expériences et mesures.



expérimentons, enfin

Après toute cette théorie, nous allons examiner un transistor, au moyen de la platine « transistor en commutation » du système K. (Vous pouvez vous la procurer toute faite ou en faire le prétexte à un exercice de dessin et de gravure de circuit imprimé.) Elle comporte trois ponts en fil qui permettent de la configurer pour différents essais et mesures. La figure 12 montre la première version d'expérimentation. Elle ne comporte qu'une seule ampoule, la douille du bas est court-circuitée. Si vous ne trouvez pas d'ampoule de 15 V, vous pouvez en utiliser une de 12 V, à condition de ne pas faire durer les essais trop longtemps, ou d'insérer une résistance de 15 Ω en série à la place du pont dans la ligne de collecteur. Placez la platine dans la platine de base, avec l'alimentation ± 15 V : il ne se passe rien. Le transistor n'a aucune raison de

conduire, puisque les deux diodes qui le constituent sont orientées en sens opposé et qu'il y en a au moins une de bloquée. Rien ne change si on relie l'entrée au point 0 V par un pont en fil (a). La jonction base-collecteur est certes sous tension, mais dans le sens bloqué : le moins au P de la base, le plus au N du collecteur. La tension de collecteur, mesurée au multimètre par rapport à la masse, est de 15 V. Comme aucun courant ne circule, l'ampoule reste éteinte, et la tension à ses deux bornes est de 15 V par rapport à la masse.

Passons le pont de l'entrée du côté de la tension + 15 V (b) : l'ampoule s'allume. Rien de miraculeux : un courant circule (du pôle positif) par la résistance d'entrée et la jonction base-émetteur (vers la masse). Cette jonction laisse passer le courant puisqu'elle est polarisée dans le sens passant. Le cou-

Figure 12 - Un transistor, une résistance, une ampoule, c'est à cela que se résume le circuit d'essai.

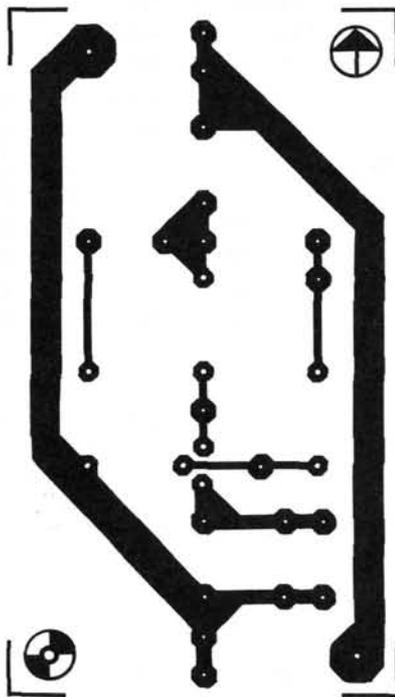


Figure 11 - Le dessin des pistes de la platine. Les accros du perchlorure peuvent la graver eux-mêmes, les autres l'acheter toute prête.

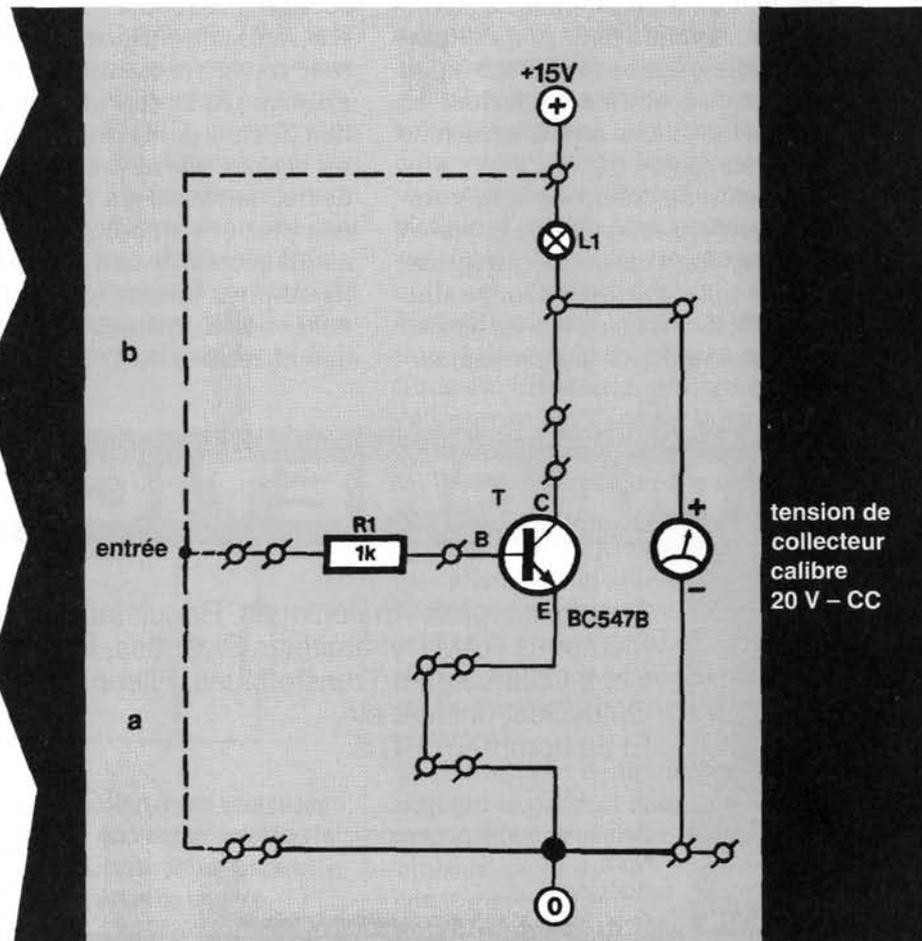
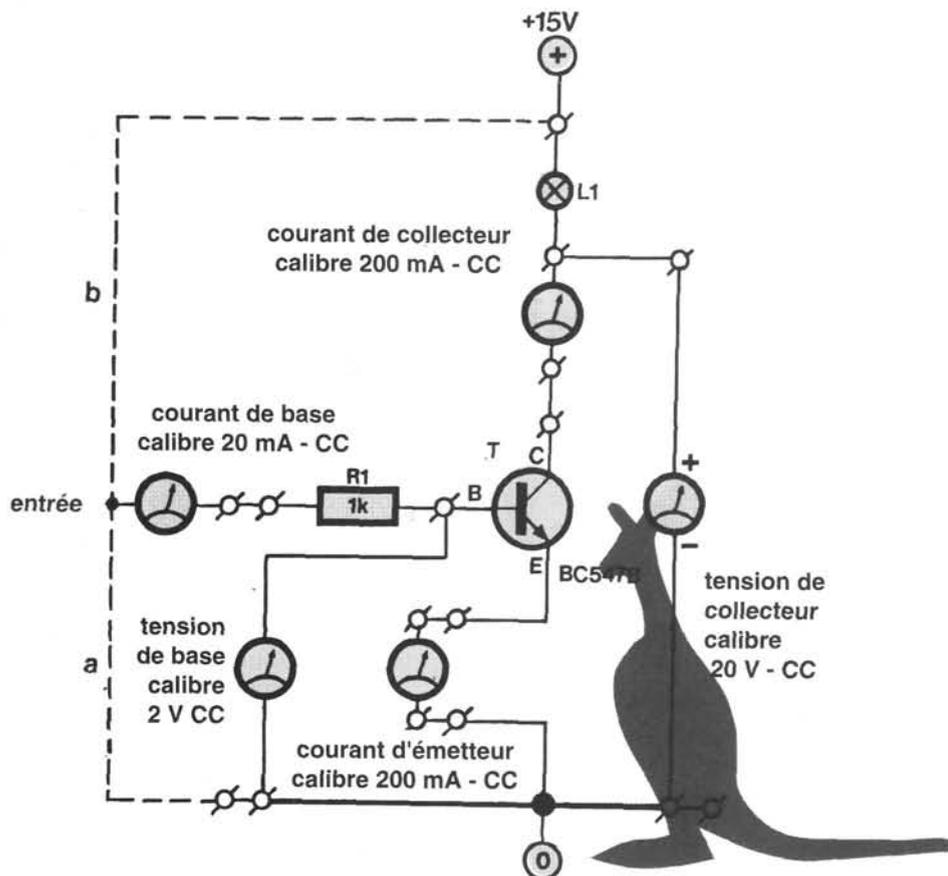


Figure 13 - Ce schéma résume toutes les mesures à effectuer. Les indications entre parenthèses sont celles des calibres à utiliser (au minimum) pour les différents appareils de mesure ou pour le multimètre qui les remplacera successivement.

rant de base provoque le passage d'un courant collecteur-émetteur, comme expliqué plus haut. C'est ce courant de collecteur qui allume l'ampoule. La tension de collecteur est quasiment nulle, si bien que l'ampoule voit la totalité de la tension d'alimentation. Avant : sans courant à travers le transistor, la tension à ses bornes est égale à la tension d'alimentation. Après : courant maximal et tension minimale. Tout se passe exactement comme si le transistor était un interrupteur, ouvert dans un cas, fermé dans l'autre. D'où le titre de cet article. Comme le transistor fonctionne en commutation, il n'est plus question de la multiplication de l'intensité du courant de base, du gain du transistor. Le transistor est soit saturé, courant maximal et tension nulle, soit bloqué, tension maximale et courant nul. Pour ce faire, on injecte dans la base un courant tel que le courant de collecteur soit maximal. La tension minimale du collecteur s'appelle tension de saturation ; elle peut tomber à 0,3 V, ou moins si le courant de collecteur est faible, alors même que la tension de base reste égale à 0,7 V. La tension de collecteur a un comportement opposé à celui de la tension d'entrée : forte tension d'entrée, tension de collecteur basse (lampe allumée) ; faible tension d'entrée, tension de collecteur élevée (lampe éteinte).



Encore un mot sur R1 : il faut tenir compte du fait que la jonction base-émetteur est passante et que sa tension ne peut pas dépasser 0,7 V. Si on lui applique la tension de 15 V, le courant sera suffisamment intense pour détruire le transistor immédiatement. La résistance R1 limite l'intensité du courant de base, par la chute de tension à ses bornes ; elle ne doit donc pas être de trop faible valeur. Elle ne doit pas non plus être trop importante, sans quoi le courant de base ne sera pas suffisant pour saturer le transistor. Si vous voulez expérimenter, connectez une résistance de 470 k Ω à la place

d'un pont entre le + 15 V et l'entrée du montage. Dans ce cas, la lampe s'allume faiblement et le transistor chauffe. La figure 13 montre comment mesurer les courants et les tensions du circuit expérimental. Tous les appareils ne doivent pas forcément être montés en même temps, les mesures peuvent être faites l'une après l'autre. Les ampèremètres absents doivent être remplacés par des ponts en fil (figure 12) pour que le montage fonctionne. Les résultats des mesures correspondent aux indications de la figure 7, à un chenal près.

86734

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.

vitesse constante à charge variable



régulateur de vitesse malin

La régulation de vitesse d'un moteur à courant continu est particulièrement simple : il suffit de faire varier la tension pour que la vitesse de rotation change elle aussi. En principe une source de tension variable devrait donc être suffisante ; en pratique, cela se passe différemment...

N'importe quelle source de tension réglable convient pour alimenter un moteur à courant continu. Tant que la charge reste inférieure au couple maximal du moteur, tout se passe bien : la vitesse de rotation reste à peu près constante. Malheureusement, si la charge augmente, la vitesse diminue, ce qui peut être fort gênant. Vous êtes en train de percer avec une de ces perceuses miniatures. Tant que vous percez de l'air, autrement dit tant que la perceuse tourne à vide, la vitesse de rotation est constante, mais aussitôt que la foret attaque l'époxy ou la bakélite, elle diminue notablement, parfois même au point de ralentir fortement le perçage. Avec notre régulateur de vitesse, vous ne constaterez plus aucune différence entre la vitesse à vide et la vitesse en charge.

la technique

La plupart des petits moteurs à courant continu ont un aimant permanent qui crée le champ magnétique nécessaire. Le stator, l'organe qui crée le champ magnétique, peut être constitué par un aimant permanent, comme dans les petits moteurs qui nous intéressent ici, ou bien par un électro-aimant, comme dans les moteurs de forte puissance, où le

champ nécessaire ne peut plus être créé par des aimants permanents. L'enroulement du stator peut être connecté en série ou en parallèle avec le rotor (l'organe mobile qui entraîne l'arbre) ; il peut aussi être alimenté par une source séparée, indépendante de celle qui alimente le rotor. On parle alors de moteurs à excitation séparée. C'est à ce genre de moteur qu'on peut comparer les petits moteurs à aimant permanent. Si on suppose que ces moteurs sont parfaits, avec une résistance infiniment petite, la vitesse de rotation est exactement proportionnelle à la tension appliquée et indépendante de la charge.

Toujours en supposant que la résistance interne est nulle, on peut supposer que l'intensité consommée est infiniment grande. Heureusement, ce n'est pas le cas. Le rotor est une bobine qui se déplace dans un champ magnétique quand le moteur tourne. Nous avons vu à plusieurs reprises qu'une tension naît aux bornes d'une bobine soumise à un champ magnétique variable. Cette tension, de polarité opposée à celle qui alimente le moteur, s'appelle *force contre-électromotrice* (*fcém*) ; elle est proportionnelle à l'intensité du champ magnétique et à la vitesse de rotation. L'intensité du champ magnétique est constante, puisqu'elle est déterminée par l'aimant permanent, de ce fait, la force contre-électromotrice augmente avec la vitesse de rotation, jusqu'au moment où elle est égale à la force électromotrice (*fém*) qui alimente le moteur. Lorsque l'équilibre entre les deux tensions est atteint, la vitesse est stable. Une tension d'alimentation constante détermine donc en théorie une vitesse constante.

La diminution de la vitesse de rotation qui se produit dans la réalité est imputable à la résistance interne du moteur, celle du rotor. L'intensité consommée augmente avec la charge, d'où une chute de tension qui

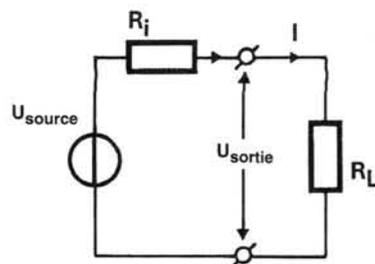


Figure 1 - La tension d'une source normale diminue quand l'intensité débitée augmente. Cette chute de tension est due à la résistance interne.

$$U_{\text{sortie}} = U_{\text{source}} - R_i \cdot I$$

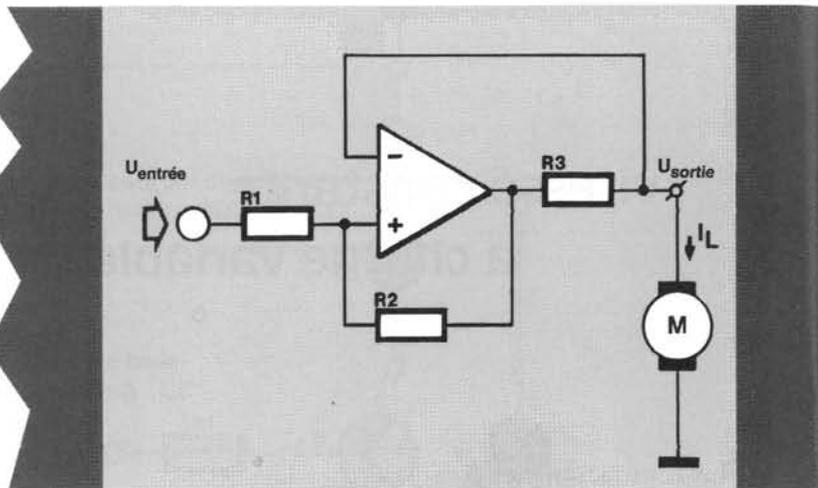


Figure 2 - La régulation proprement dite. L'essentiel est un amplificateur opérationnel dont la tension de sortie augmente quand l'intensité augmente. C'est cette caractéristique qui la rend comparable à une source de tension à résistance interne négative.

diminue la tension d'alimentation effective du moteur. Il est possible d'annuler les effets de cette chute de tension par la technique dite de *compensation de la résistance interne*. Elle consiste à mesurer en permanence le courant consommé par le moteur et à en déduire, pour un type de moteur donné, la valeur de la chute de tension dans la résistance interne. Nous savons que si l'intensité augmente, la chute de tension dans R_i augmente ; si nous pouvons faire augmenter d'autant la tension d'alimentation, la tension effective restera constante, comme la vitesse de rotation. En pratique, on construit une alimentation dont la résistance interne est négative. Intéressons-nous d'abord à la résistance interne. Une source de tension ordinaire, une pile par exemple, voit sa tension de sortie diminuer lorsque la charge

augmente. Cette chute de tension, ici aussi, est due à la résistance interne (voir la **figure 1**). La tension disponible se calcule suivant la formule :

$$U_{\text{sortie}} = U_{\text{source}} - R_i \times I$$

Si la résistance interne est négative, le signe *moins* de la formule se transforme en signe *plus*, avec pour conséquence l'augmentation de la tension de sortie quand l'intensité débitée augmente elle-même.

La **figure 2** montre le schéma d'une source de tension à résistance interne négative. La résistance R_3 permet de mesurer l'intensité du courant de sortie. La fonction de transfert de ce montage s'écrit :

$$U_{\text{sortie}} = U_{\text{entrée}} + I_L \cdot \frac{R_3 \cdot R_2}{R_1}$$

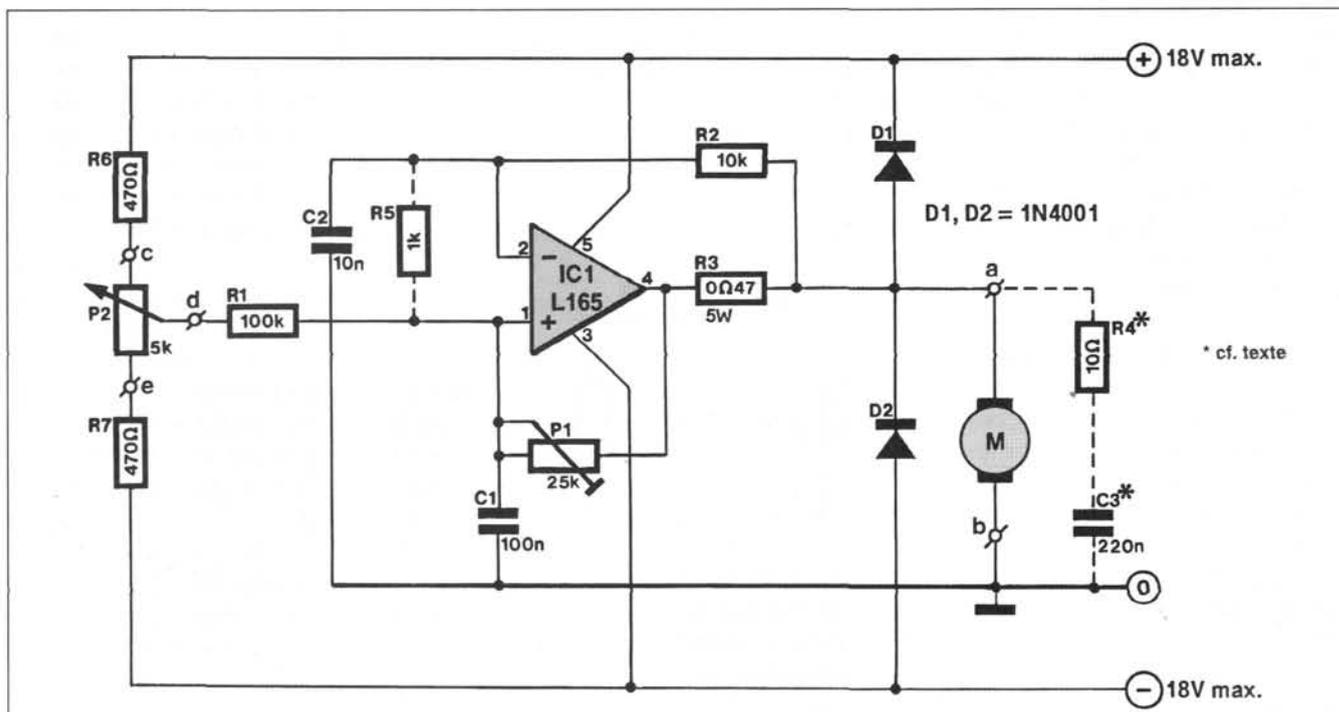
De cette formule et de la précédente

il résulte que l'impédance de sortie de la source est égale à :

$$Z_{\text{sortie}} = - \frac{R_3 \cdot R_2}{R_1}$$

Si nous choisissons pour la résistance interne une valeur absolue égale à celle du moteur, l'augmentation de la tension de sortie de la source compensera exactement la chute de tension due à la résistance interne du moteur. Ne nous soucions pas, pour l'instant, de la mesure de la résistance interne, elle se fera automatiquement au moment du réglage du circuit.

La **figure 3** montre la réalisation pratique, qui fait appel à un amplificateur opérationnel de puissance, monté en comparateur. Ce composant, le L165 de SGS-THOMSON, supporte 3 ampères (et mère) en fonctionnement normal, sous une



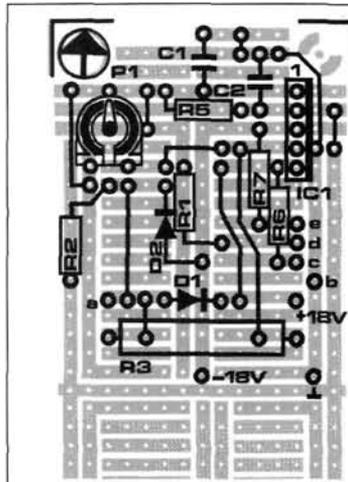
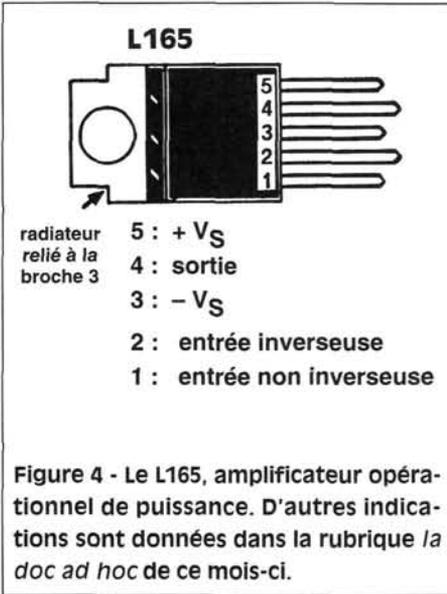


Figure 5 - Une demi platine de format 1 suffit pour le montage du régulateur malin.

- R1 = 100 k Ω
- R2 = 10 k Ω
- R3 = 0,47 Ω /5 W
- R4 = 10 Ω (voir texte)
- R5 = 1 k Ω
- R6, R7 = 470 Ω
- P1 = 25 k Ω variable
- P2 = 5 k Ω pot. linéaire
- C1 = 100 nF
- C2 = 10 nF
- C3 = 220 nF (voir texte)
- D1, D2 = 1N4001
- IC1 = L165 ou L465

refroidisseur pour IC1

platine d'expérimentation de format 1

un amplificateur opérationnel de puissance utilisé comme régulateur

tension totale de 36 V. C'était le candidat idéal pour le poste de régulateur de vitesse de moteur : il ne demande pas beaucoup de composants extérieurs puisque même les transistors de puissance sont intégrés. Le problème qui mérite quelque attention est celui du collecteur et des balais du moteur : cet ensemble permet à la polarité de la tension appliquée au rotor de s'inverser au fur et à mesure que les enroulements changent de position par rapport aux pôles du stator. La liaison par les balais, ou charbons, n'est pas idéale, car elle engendre des étincelles à chaque commutation, ce qui superpose des tensions parasites à la force contre-électromotrice. Ces impulsions risquent de perturber la régulation et de faire varier la tension de sortie de façon anarchique. C'est la raison de la présence de C1 et C2. Le réseau C3/R4 a une fonction similaire, mais il est facultatif car il risque de nuire à la stabilité du circuit. Le moteur lui-même représente une charge complexe : le rotor est une inductance alors que la rotation du moteur lui confère l'équivalent d'une forte capacité. Le réseau R4/C3 constitue une deuxième charge complexe en parallèle avec la première, sans parler de la résistance ohmique du rotor. Si la régulation est instable, le moteur manifeste des tendances à accélérer puis à ralentir, des changements rapides de la charge sont compensés lentement ou pas compensés du tout, enfin le circuit inté-

gré, ou R4, ou les deux, s'échauffent du fait d'oscillations à haute fréquence. Il faut procéder à des essais suivant le type de moteur utilisé. La perceuse essayée avec le prototype donnait de bons résultats sans C3/R4, mais avec C2. Si le réseau C3/R4 est utilisé, il faut supprimer C2 et ajouter la résistance R5 pour limiter la tension différentielle d'entrée. Les diodes D1 et D2 limitent les surtensions de la sortie à la valeur de la tension d'alimentation, à la manière de diodes de roue-libre. L'adaptation du montage à la résistance interne d'un type de moteur donné se fait grâce au potentiomètre P1. C'est lui qui détermine la fraction de la tension aux bornes du *shunt* (R3) qui sera ajoutée à la tension de consigne. Si cette fraction est excessive, on dit que le montage est *surcompensé* : le moteur accélère et

ralentit brutalement. Il faut régler P1 jusqu'au moment où la vitesse est juste stable, quitte à tolérer un léger ralentissement sous de fortes charges. Le réglage n'a de sens que sur un moteur encore froid : si sa vitesse est stable à chaud, avec une résistance interne plus élevée que la normale, elle ne le sera plus à froid. Une alimentation symétrique (maximum ± 18 V) permet de faire tourner le moteur dans les deux sens, comme pour un modèle réduit de train. Si P2 est exactement au milieu de sa course, le moteur s'arrête. Pour une perceuse miniature, un seul sens de rotation est nécessaire ; dans ce cas, le pôle négatif de l'alimentation et la masse peuvent être un seul et même point, sous une tension maximale de 36 V. La tension disponible pour le moteur est supérieure et il devient possible de commander des moteurs

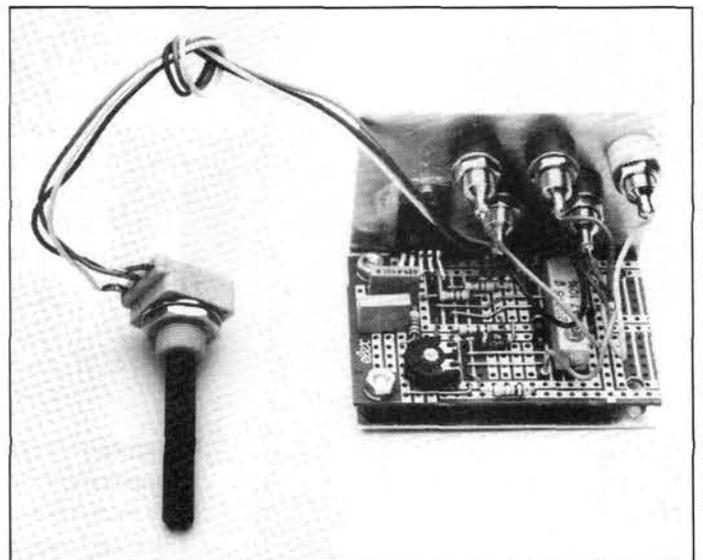


Figure 6 - Le régulateur prêt à l'emploi. La photo montre clairement la position du circuit intégré.

de 24 V par exemple, mais pas depuis l'arrêt.

la construction

L'amplificateur opérationnel utilisé n'est pas logé dans un boîtier habituel à deux rangées de broches. Si c'était le cas, il ne pourrait pas dissiper la puissance correspondant aux 3 ampères de courant de sortie. Le boîtier utilisé ressemble à un TO220, comme ceux des régulateurs des séries 78 ou 79, mais avec cinq broches au lieu de trois, à un pas inférieur aux 2,54 mm habituels. Il porte le nom de *pentawatt* ; faute d'indication dans la documentation du constructeur, nous ne saurons pas si c'est parce qu'il a cinq broches ou parce qu'il peut dissiper 5 W. Quoi qu'il en soit, la disposition des 5 broches est représentée sur la **figure 4**. Notez que la languette de refroidissement est reliée à la broche d'alimentation négative.

La construction du régulateur se fera conformément à la **figure 5**. Le pont en fil entre la broche 4 du circuit intégré et R3 sera d'assez forte section, du fait de l'importance des courants mis en oeuvre. De même pour le pont entre R3 et le point *a*. Tous ces fils véhiculent le courant de sortie, ils doivent donc être calibrés pour supporter 3 ampères (pépère). La résistance R3 comme le circuit intégré peuvent s'échauffer assez fortement, il faut en tenir compte au moment de les installer sur la platine. Pour la résistance R3, cela signi-

fie qu'il ne faut pas la placer au contact de la platine, mais qu'il convient de ménager entre elles un espace par où l'air pourra circuler. Pour le circuit intégré, il faut tordre délicatement les broches jusqu'à les ramener sur une même ligne, et amener la languette de refroidissement au bord de la platine. Il est possible alors de visser la languette contre le radiateur que vous aurez choisi. Le radiateur peut être une plaque d'aluminium de 6 cm par 10 cm ou la paroi du coffret. Vous prendrez soin, comme la languette est reliée à la tension d'alimentation négative, de l'isoler par une plaquette de mica et un canon isolant. Le mica rend moins facile le transfert de chaleur du circuit intégré vers le radiateur, il faudra compenser cette perte par une couche de graisse thermconductrice entre la languette et le mica, et entre le mica et le radiateur. L'alimentation peut être double, au maximum ± 18 V, ou simple, au maximum 36 V. Si le moteur à alimenter est prévu pour 12 V, une alimentation de 14 V suffit, double si le moteur doit tourner dans les deux sens, simple s'il ne tourne que dans un sens. Ainsi la tension de sortie ne risque pas de devenir trop importante, ni le moteur d'en faire les frais. L'intensité que devra délivrer l'alimentation est fonction du moteur connecté au régulateur, mais elle ne dépassera en aucun cas 3 A. C'est l'intensité maximale que peut fournir le circuit intégré. L'idéal est que l'alimentation soit stabilisée, pour

éviter les perturbations de la régulation. Un dispositif simplifié, avec un pont redresseur et un gros condensateur, peut convenir aussi, à condition de connecter un condensateur de 100 μ F entre le curseur de P2 et la masse (qui sera aussi le pôle négatif). Vérifiez que dans ce cas la tension à vide ne dépasse pas les 36 V fatidiques pour le circuit intégré.

87632

Figure 7 - Le régulateur trouve une application idéale avec une perceuse miniaturée, mais il existe une foule d'autres applications possibles.

la doc ad hoc

L'amplificateur opérationnel de puissance, s'il n'est pas une nouveauté, est un nouveau venu dans nos colonnes. C'est pourquoi il fera l'objet de la doc ad hoc de ce mois. Pour savoir de quoi il s'agit, rien ne vaut la documentation du fabricant. Comme de juste elle est en anglais. Rassurez-vous, il n'est pas nécessaire de lire Shakespeare dans le texte pour s'y retrouver : les documentations techniques sont rédigées dans une langue qui se veut compréhensible par le maximum de clients potentiels. Les auteurs des documentations sont soit américains, soit chinois variété Taiwan, soit encore français (si, si, chez Thomson aussi, on écrit les docs en anglais), rarement anglais. Dans tous les cas, cela signifie que l'anglais n'est pas leur langue maternelle et que l'anglais technique, comme l'anglais d'aéroport, est compréhensible pour quiconque connaît environ deux cents mots, approximativement les ressources d'un enfant de deux ans dans sa langue maternelle.

ce que dit la notice

- Courant de sortie jusqu'à 3 A
- Gamme de tension étendue en mode commun et en différentiel
- SOA protection
- Protection contre les échauffements excessifs
- Alimentation ± 18 V

"Le L165 est un circuit intégré monolithique en boîtier Pentawatt, conçu pour être utilisé comme un amplificateur de puissance dans une grande variété d'applications, dont les amplificateurs d'asservissement et les alimentations. Son gain élevé et ses grandes possibilités en matière de puissance de sortie lui permettent des prestations exceptionnelles chaque fois que l'application réclame un amplificateur opérationnel suivi par un étage de puissance."

L'amplificateur opérationnel de puissance L165

Tableau 1

V_S	Tension d'alimentation	± 18 V
V_5V_4	V_{CE} du transistor supérieur	36 V
V_4V_3	V_{CE} du transistor inférieur	36 V
V_I	tension d'entrée	VS
V_I	tension différentielle d'entrée	± 15 V
I_O	intensité maximale de sortie (limitation interne)	3,5 A
P_{tot}	dissipation de puissance ($T_{boîtier} = 90^\circ\text{C}$)	20 W
T_j	température de jonction	40 à 150 °C

Ce tableau se passe de commentaires, il confirme simplement que le L165 est un circuit intégré de puissance. Dans l'énoncé des caractéristiques, vous aurez noté la ligne "SOA protection", et vous vous demandez de quoi il peut s'agir. Si l'expression n'est pas traduite, c'est parce qu'elle justifie un paragraphe à elle seule ; le voici : limitation permanente du produit courant-tension des transistors de sortie à une valeur compatible avec leurs possibilités de dissipation instantanée (SOA protection)

Un transistor qui fonctionne en régime linéaire dissipe, comme une résistance, une puissance égale au produit de la ten-

sion collecteur-émetteur par l'intensité de collecteur. Tout comme une résistance peut brunir ou brûler si la puissance dissipée est excessive, le transistor peut souffrir d'une intensité ou d'une tension excessive. La figure ci-dessous présente en abscisse la tension collecteur-émetteur, en ordonnée l'intensité de collecteur des transistors de sortie. La plage comprise entre les axes et le trait gras représente la zone (area) de sécurité (safe). Tant que le fonctionnement de l'étage de sortie se situe dans cette zone, la « puce » est capable de dissiper la chaleur produite. Au-delà, c'est la mort assurée pour un transistor au moins, pour les

deux le plus souvent. La particularité la plus intéressante du L165 est la présence d'un dispositif intégré pour la surveillance de ces conditions de fonctionnement. Il est assez simple de faire suivre un amplificateur opérationnel par une paire de transistors de puissance, nous le faisons couramment. Il est moins simple de calculer ses conditions de fonctionnement en régime linéaire, moins encore d'équiper l'étage d'un circuit de protection. Celui du L165 est combiné avec une limitation de l'intensité en cas d'échauffement excessif. Toutes ces fonctions, qui demanderaient une platine relativement peuplée, sont incorporées dans le boîtier Pentawatt.

les applications suggérées par le fabricant

La régulation de vitesse de moteur à courant continu présenté ici même est une application caractéristique du L165. Vous noterez que le circuit ne comporte aucun organe de protection ou de limitation d'intensité : ils sont inutiles puisque le circuit intégré se protège lui-même. Il s'agit là d'un fonctionnement en régime linéaire, avec une tension d'alimentation symétrique. D'autres applications sont possibles, comme celle-ci, qui permet une commande de moteur dans les deux sens avec une alimentation simple. L'inversion de polarité est obtenue par les signaux de commande des entrées non-inverseuses. Chaque amplificateur est monté en comparateur, avec son entrée inverseuse maintenue à un potentiel égal à la moitié de la tension d'alimentation des circuits logiques de commande. La logique se charge de donner aux entrées E1 et E2 des valeurs complémentaires ; si les entrées sont toutes les deux à 0 ou toutes les deux à 1, le moteur est arrêté. Ce montage est comparable aux amplificateurs en « H » utilisés en basse fréquence quand la tension d'alimentation disponible est trop faible (boosters d'autoradio par exemple). La différence ici est que le fonctionnement se fait en tout ou rien : les transistors de sortie sont conducteurs ou bloqués, la dissipation de puissance est minimale. Le fabricant suggère des applications particulières, comme cette alimentation symétrique (split) à partir d'une alimentation simple. C'est la version de puissance de la « masse artificielle » que nous utilisons souvent.

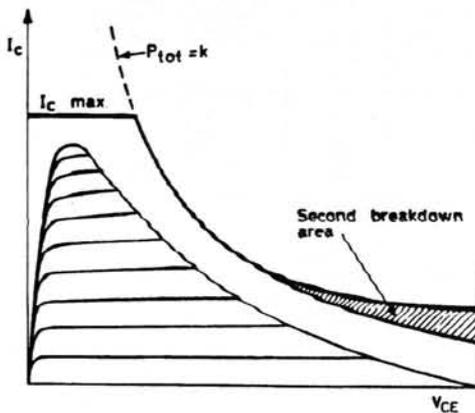
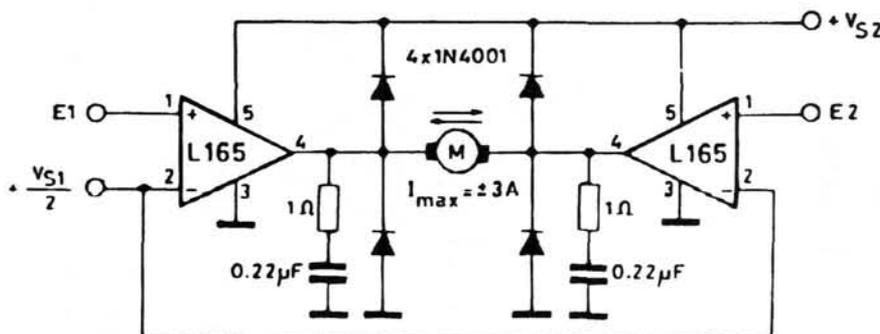


Figure 7 : Safe operating area and collector characteristics of the protected power transistor.

Figure 9 : Bidirectional DC motor control with TTL/CMOS/ μP compatible inputs



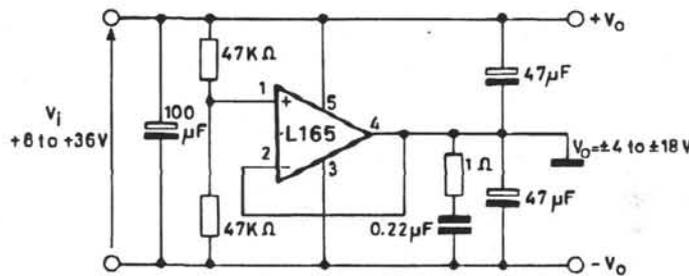
Must be $V_{S2} \geq V_{S1}$ E1, E2 = logic inputs
 V_{S1} = logic supply voltage

ce que la notice ne dit pas

Les applications classiques sont celles de tout amplificateur opérationnel, excepté l'intensité de sortie. Les montages peuvent être inverseurs ou non-inverseurs, le gain peut être égal ou supérieur à 1. La figure 1 est banale, vous remarquerez les deux diodes de roue-libre, utiles surtout si la charge est inductive, comme c'est le cas pour les moteurs en général. La figure 2 peut sembler curieuse : pourquoi cette résistance de 1 kΩ entre deux entrées qui sont en principe au potentiel de la masse ? Parce que le circuit est particulièrement instable dans les montages à gain unitaire, surtout si la charge est capacitive. Malheureusement, les moteurs, par leur inertie, se comportent comme des charges capacitatives. C'est pourquoi le régulateur de vitesse déjà cité,

dont le gain est unitaire, comporte des bizarreries : le condensateur C2, monté entre l'entrée inverseuse et la masse, transformerait n'importe quel autre amplificateur en oscillateur ; ici il peut être nécessaire à la stabilité du montage. Le tableau de caractéristiques donné au début pourrait laisser espérer que le circuit travaille correctement avec des tensions d'entrée qui atteignent la tension d'alimentation. Il n'en est rien : si le circuit supporte ces tensions d'entrées, il ne fonctionne normalement qu'avec un écart de 2 V environ entre la tension d'entrée et la tension d'alimentation.

Un dernier point important à extraire du tableau des caractéristiques électriques : l'amplitude de la tension de sortie, ou swing. Vous constatez que la tension de saturation des transistors de sortie est de 3 V pour le courant de sortie maximal à 1 kHz, de 3,5 V à 10 kHz. Ce renseignement est très utile pour calculer la tension d'alimentation en fonction de la tension nécessaire à la charge. D'autre part, il permet de calculer la dissipation de puissance et de dimensionner le radiateur en conséquence. Si le radiateur est insuffisant, le circuit intégré ne risque pas la destruction, mais le montage ne fonctionnera pas dans les conditions prévues.



vocabulaire	
input	entrée
output	sortie
SOA	zone de sécurité
split	symétrique
supply	alimentation
swing	excursion
transistor	transistor

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_s = \pm 15 V$, $T_j = 25^\circ C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply Voltage		± 6		± 18	V
I_d	Quiescent Drain Current	$V_s = \pm 18 V$		40	60	mA
I_b	Input Bias Current			0.2	1	μA
V_{os}	Input Offset Voltage			± 2	± 10	mV
I_{os}	Input Offset Current			± 20	± 200	nA
SR	Slew-rate		$G_v = 10$		8	
		$G_v = 1$ ($^\circ$)		6		
V_o	Output Voltage Swing	$f = 1 \text{ kHz}$ $I_p = 0.3 \text{ A}$		27		V_{pp}
		$I_p = 3 \text{ A}$		24		
		$f = 10 \text{ kHz}$ $I_p = 0.3 \text{ A}$		27		V_{pp}
		$I_p = 3 \text{ A}$		23		
R	Input Resistance (pin 1)		100	500		k Ω

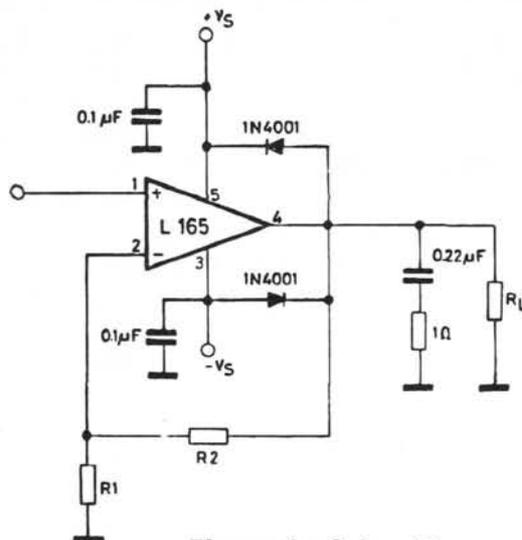


Figure 1 : Gain > 10

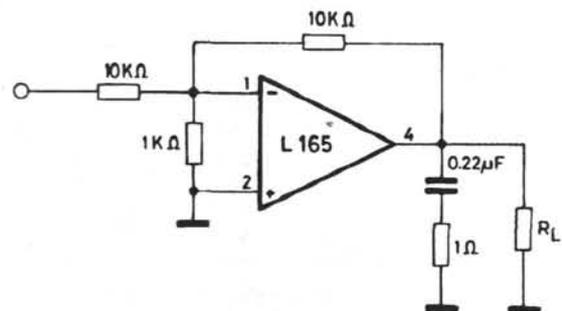


Figure 2 : Unity gain configuration

AMPLIFICATEUR PRÉAMPLIFICATEUR INTÉGRÉ

1^e partie

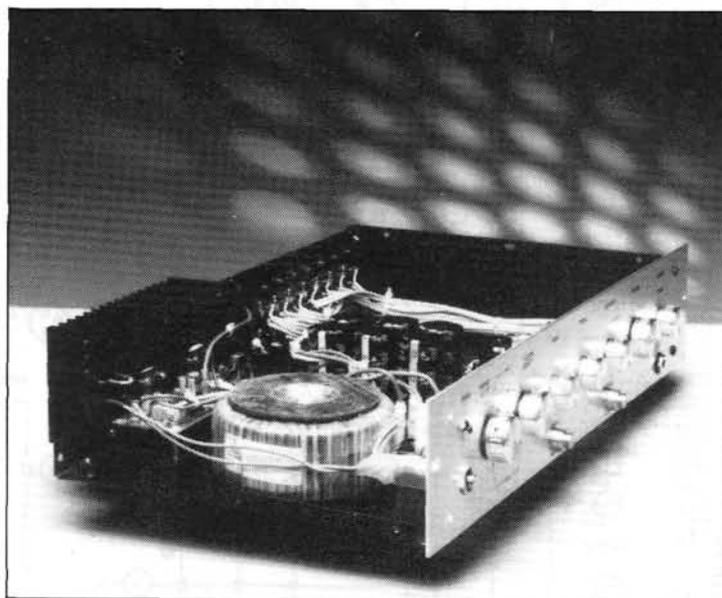
Construire soi-même un amplificateur ? Est-ce encore intéressant aujourd'hui ? La réponse est oui si vous recherchez un équipement de haut de gamme, avec des performances exceptionnelles, pour un prix à la hauteur des caractéristiques électriques ; il y a de belles économies à réaliser.

Mais qu'en est-il pour la classe « moyenne » ?

Un amplificateur de fabrication *maison* peut-il, même en négligeant le temps de travail, concurrencer en prix et en qualité un appareil extrême-oriental ? Notre réponse est oui.

D'abord il est possible de lui donner de nombreuses possibilités intéressantes en laissant de côté le clinquant et la poudre aux yeux. En limitant les fonctions à l'essentiel, on peut y mettre le prix et obtenir un appareil de haute qualité. Ensuite, à qualité égale, on attache plus de valeur à un appareil de construction *maison* qu'à une boîte décorée de LED multicolores que vous aurez emportée pour quelques centaines de francs du supermarché de l'électronique. C'est ce qu'on pourrait appeler la charge émotionnelle, quelque part au niveau du vécu ; elle ne se mesure ni en ohms ni en siemens.

un minimum de composants
pour
un maximum de performances

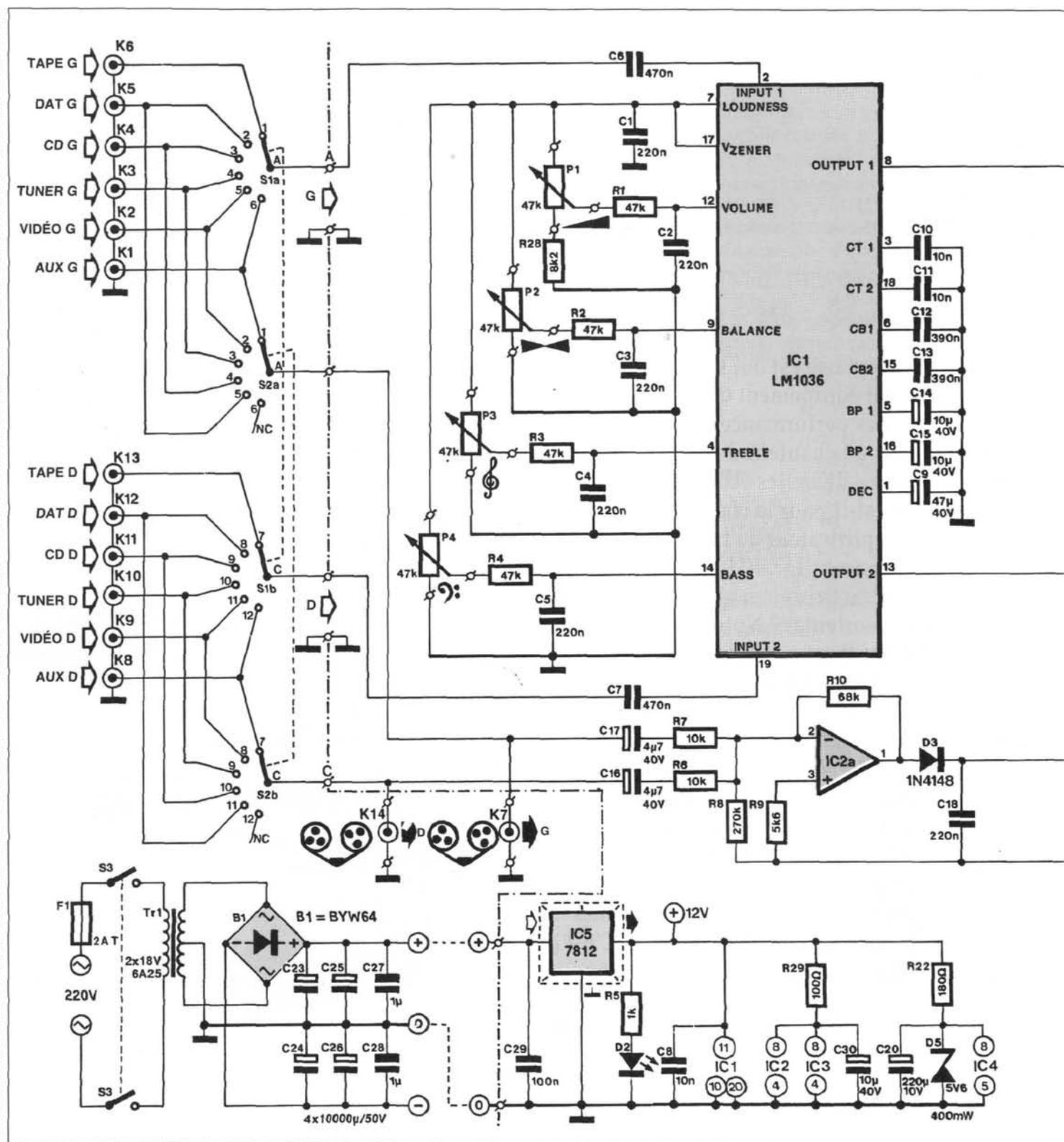


les caractéristiques

Notre API présente des caractéristiques suffisantes pour concurrencer les productions commerciales courantes. Parmi elles, toute une gamme de possibilités de commutation et de raccordement :

- six entrées stéréophoniques
- sortie d'enregistrement indépendante de la source d'entrée choisie
- fonction *monitor* de contrôle d'enregistrement
- balance
- réglage séparé des graves et des aigus
- affichage du niveau de la sortie d'enregistrement
- amplificateur de casque incorporé avec réglage de volume séparé
- commutateur mono/stéréo
- possibilité de déconnexion de la sortie haut-parleurs

Si tout cela n'est pas suffisant, voyez les résultats de mesures donnés dans l'encadré ; ils sont mieux qu'honorables. Il s'agit là des mesures de notre laboratoire, et pas de chiffres fantaisistes ou pour le moins optimistes imprimés sur des prospectus en papier glacé. Ne cherchez pas l'entrée *phono* pour votre vieux tourne-disque à tête magnéto-dynamique. L'API est tourné résolument vers les solutions modernes, comme le lecteur de disques compacts et le magnétophone numérique (DAT). Cependant, si vous tenez absolument



à une entrée phono, vous pourrez l'ajouter facilement ; nous décrirons l'adaptation dans un prochain article. Puisque vous en êtes à jeter un œil curieux sur le schéma, ne cherchez pas non plus de transistors. Pour rendre le montage aussi compact et aussi facile à monter que possible, nous avons adopté la solution à circuits intégrés spécialisés, aussi bien pour le préamplificateur que pour l'amplificateur de puissance.

le préamplificateur

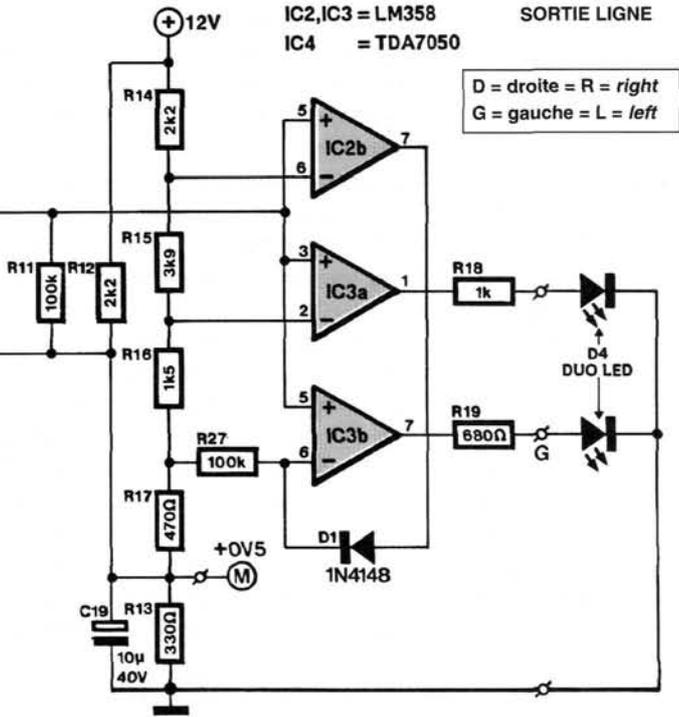
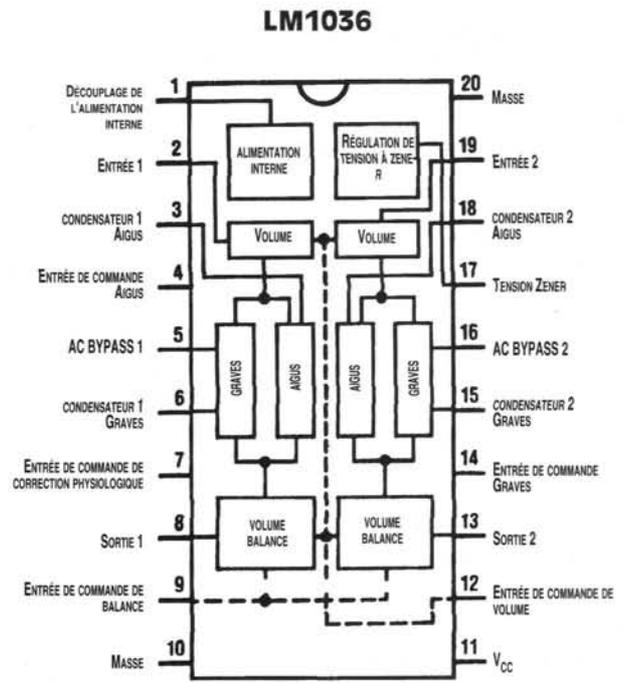
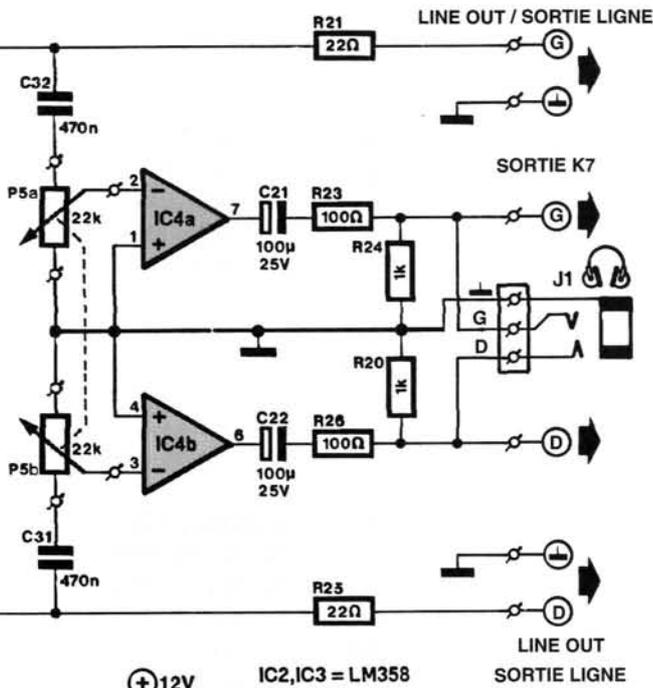
Le schéma du préamplificateur se trouve en **figure 1**. Il peut paraître compliqué au premier abord, mais cette impression ne résistera pas à un examen détaillé. Suivons donc le chemin du signal, de gauche à droite.

L'extrême gauche est occupée par les commutateurs S1a et S1b, un pour chaque voie, qui permettent

de choisir entre six entrées (*AUX*, *VIDEO*, *TUNER*, *CD*, *DAT* et *TAPE*). Les deux commutateurs S2a et S2b, connectés en parallèle, permettent de choisir celle des entrées qui sera dirigée vers la sortie d'enregistrement (*TAPE OUT*). Les contacts conduisent directement aux douilles de sortie K7 et K14. Cette disposition permet de faire un enregistrement d'une source quelconque, un disque compact par exemple, tout

Figure 1 - L'essentiel du préamplificateur tient dans un circuit intégré de type LM1036. Il rassemble toutes les fonctions de commande de volume, de réglage de tonalité et de balance.

Figure 2 - L'organisation interne du LM1036. Toutes les fonctions sont commandées par des tensions continues.



caractéristiques techniques de l'API

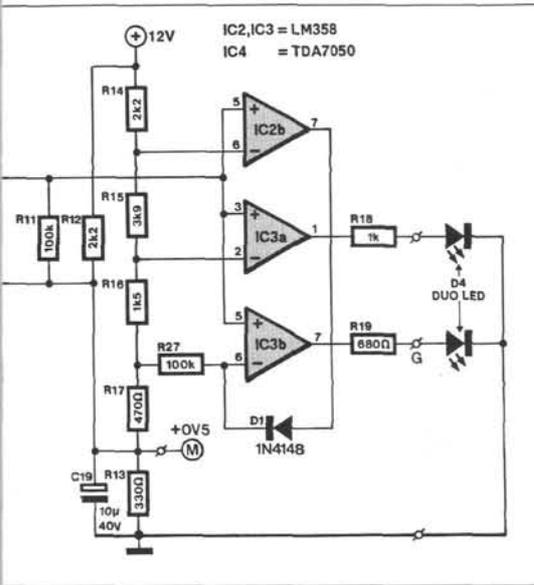
puissance de sortie sur 4 Ω (sinus)	2 × 40 W
puissance de sortie sur 8 Ω (sinus)	2 × 30 W
plage de fréquence 1 W sur 8 Ω	10 Hz à 65 kHz
	(+0 dB -3 dB)
distorsion harmonique totale et souffle	
20 W sur 4 Ω, 1 kHz	-57 dB
20 W sur 8 Ω, 1 kHz	-58 dB

en écoutant une autre source, ou la même. Une des fonctions importantes d'API est le contrôle direct d'enregistrement (TAPE MONITORING). Il consiste, pendant un enregistrement à partir d'une source quelconque, à placer le commutateur d'entrée sur TAPE pour écouter simultanément l'enregistrement tel qu'il se produit sur la bande. Naturellement, il faut que le magnétophone soit équipé de

têtes séparées pour l'enregistrement et la lecture. Le contact du commutateur d'entrées est relié par les condensateurs de découplage C6 et C7 à l'entrée du circuit intégré préamplificateur LM1036. Son gain maximal est aux environs de un, ce qui est peu pour un préamplificateur, mais en contrepartie il se charge de tous les réglages de tonalité, de volume et de balance. La figure 2 nous invite à un petit voyage à l'intérieur

du circuit intégré. Le point le plus intéressant est sans aucun doute que toutes les commandes se font par des tensions continues : vous pouvez voir que les blocs VOLUME, BASS et TREBLE en parallèle, et VOLUME/BALANCE, qui relie l'entrée à la sortie, sont raccordés chacun à une entrée de commande. Cette commande par des tensions continues nous permet de faire subir aux signaux audio tous les traitements nécessaires sans les promener dans tout l'appareil. Même en utilisant du câble blindé et en soudant très soigneusement, on ne peut pas éviter que le signal « ramasse » des ronflements parasites. Pour les ten-

L'alimentation



sions continues, au contraire, du fil de câblage ordinaire suffit. De plus, nous pouvons nous passer de potentiomètres stéréophoniques et économiser quelques dizaines de francs. Un fonctionnement correct suppose une tension continue stable ; elle est fournie à la broche 17 par un régulateur à diode zener incorporé au circuit intégré. Cette tension alimente les potentiomètres de réglage P1 à P4. La tension de commande est débarrassée par un réseau RC (R1/C2 à R4/C5) des perturbations qui pourraient provenir de l'étage de sortie. Les plages des hautes et basses fréquences, vues par le réglage de tonalité, sont déterminées par les condensateurs C10 à C15.

Le signal stéréophonique calibré et corrigé quitte la platine du préamplificateur par les broches 6 et 13. Il est dérivé par les condensateurs C31 et C32 vers le circuit intégré IC4, de type TDA7050. C'est l'amplificateur de casque indépendant dont nous avons parlé plus haut. Il est conçu spécialement pour attaquer un casque stéréophonique de 8 à 600 Ω d'impédance. Son niveau de sortie est réglé par le potentiomètre logarithmique double P5.

L'affichage du niveau de sortie

Le niveau de la sortie d'enregistrement est affiché au moyen des circuits intégrés IC2 et IC3. L'amplificateur opérationnel IC2a s'acquiesse de plusieurs tâches à la fois. Pour commencer, il additionne les signaux des voies gauche et droi-

te, par C16/R16 et C17/R17. Ensuite il amplifie la somme avec un gain de 4. La diode D3 ne laisse passer que les alternances positives pour attaquer l'intégrateur C18/R11, si bien que les comparateurs IC2b et IC3 voient une tension continue qui représente la moyenne des tensions d'entrée. Le diviseur de tension à résistances R13 à R17 fixe trois tensions de référence pour les comparateurs :

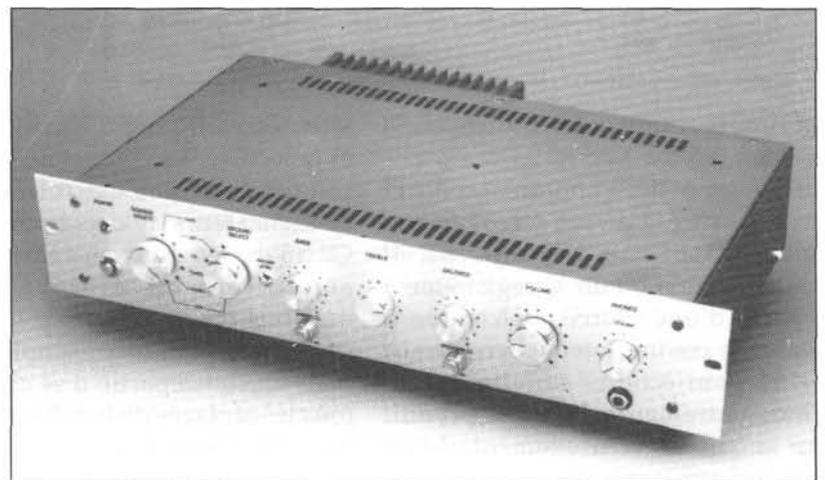
- 50 mV : signal faible ou pas de signal, la LED est éteinte
- 300 mV : signal suffisant, de 50 à 300 mV, la LED est verte
- 900 mV : signal puissant, de 300 à 900 mV, la LED est orange
- signal supérieur à 900 mV, saturation, la LED est rouge.

C'est une LED double qui sert à l'affichage de ces quatre plages. En utilisation normale, elle sera rarement rouge. Presque tous les appareils audio ont un signal de sortie inférieur ou égal à 1 V ; il n'y a guère qu'avec les lecteurs de disques compacts qu'il faille s'attendre à des tensions de 2,5 V. Si c'est le cas de votre, il faut adapter le réglage du niveau d'enregistrement.

La LED, en rendant visible le signal qui sort vers le magnétophone, donne des indications sur le fonctionnement des sources et l'état des liaisons : si elle ne s'allume pas, ou clignote de temps à autre en vert, la cause la plus probable est un défaut des câbles entre la source et le préamplificateur. Si la LED s'allume normalement en vert mais que l'indicateur du magnétophone ne dévie pas, il faut chercher le défaut dans la liaison entre le préamplificateur et le magnétophone.

L'alimentation n'occupe que le coin inférieur gauche du schéma de la figure 1. Elle ne mérite pas beaucoup plus de commentaires quelle n'occupe de place. La fraction de mégawatt atomique que vous fournit EDF entre par la prise secteur, le fusible incorporé et l'interrupteur double S3. Elle alimente le primaire du transformateur torique Tr1 pour donner une tension secondaire de 2 fois 18 V. Ce tas de tôle doit pouvoir débiter un courant de 6,25 A. Le pont moulé en boîtier métallique BYW64 (400 V/35 A) et les condensateurs C23 à C26 fournissent une tension continue symétrique de 2 fois 25 V environ. Les condensateurs C27 et C28 permettent à l'alimentation de fournir les pointes de courant brèves pour lesquelles les gros condensateurs électro-chimiques sont trop poussifs. Notez que les résultats sont meilleurs avec deux condensateurs de 10000 μ F en parallèle qu'avec un seul condensateur de 22000 μ F : ces grosses choses présentent une inductance non négligeable, qu'on peut réduire en les mettant en parallèle.

Ces composants lourds et encombrants ne sont pas montés sur un circuit imprimé, mais installés directement sur le fond du coffret, qui, du coup, sert de refroidisseur au pont de redressement. Le préamplificateur se contente d'une tension simple de 12 V, prélevée sur la branche positive de l'alimentation 25 V et régulée par IC5. La LED D2, alimentée par la résistance R5 à partir de la tension de 12 V, signale la mise sous tension de l'ensemble. Le circuit intégré IC1 est alimenté directement par la tension du régulateur,



alors que l'indicateur de niveau, IC2 et IC3, est découplé par le réseau R29/C30. Quant à IC4, il se contente des 5,6 V stabilisés par la diode zener D5.

L'amplificateur de puissance

Le signal de sortie du préamplificateur parvient à l'étage final par R21 et R25. Cet étage est constitué de deux circuits intégrés et d'un poignée de composants passifs. Le schéma est celui de la figure 3. Les deux voies sont identiques et possèdent chacune un circuit intégré TDA1514A. Cette conception permet d'obtenir d'excellents résultats acoustiques tout en gardant le montage compact. Les circuits intégrés sont munis d'une protection thermique interne contre les surcharges et les courts-circuits. La feuille de caractéristiques annonce que le composant supporte un court-circuit en sortie pendant 10 minutes, nous n'avons donc ajouté ni fusible ni circuit de protection particulier. Comme d'habitude, les composants continus éventuelles sont arrêtées par deux condensateurs, C6 et C10. Les parasites à haute fréquence qui peuvent être captés par les câbles de liaison se trouvent court-circuités par les réseaux R1/C1 et R8/C11.

Lorsque l'interrupteur mono/stéréo est fermé, les deux voies sont reliées pour s'additionner en un signal monophonique. N'installez cet interrupteur que si voulez effectivement écouter des sources monophoniques, car la présence des fils et de l'interrupteur, même ouvert, altère la caractéristique de diaphonie de l'ensemble (les deux voies s'influencent mutuellement).

La commande *Speakers-On/Off* porte au potentiel de l'alimentation négative l'entrée *Mute* des amplificateurs. Elle a le même effet qu'une déconnection des haut-parleurs, ce qui permet d'écouter le casque sans retoucher au réglage de volume.

Le mois prochain, nous attaquerons la réalisation pratique de notre amplificateur. Malgré l'intégration des fonctions, le travail de câblage entre les entrées, sorties et commandes est assez important. 916073

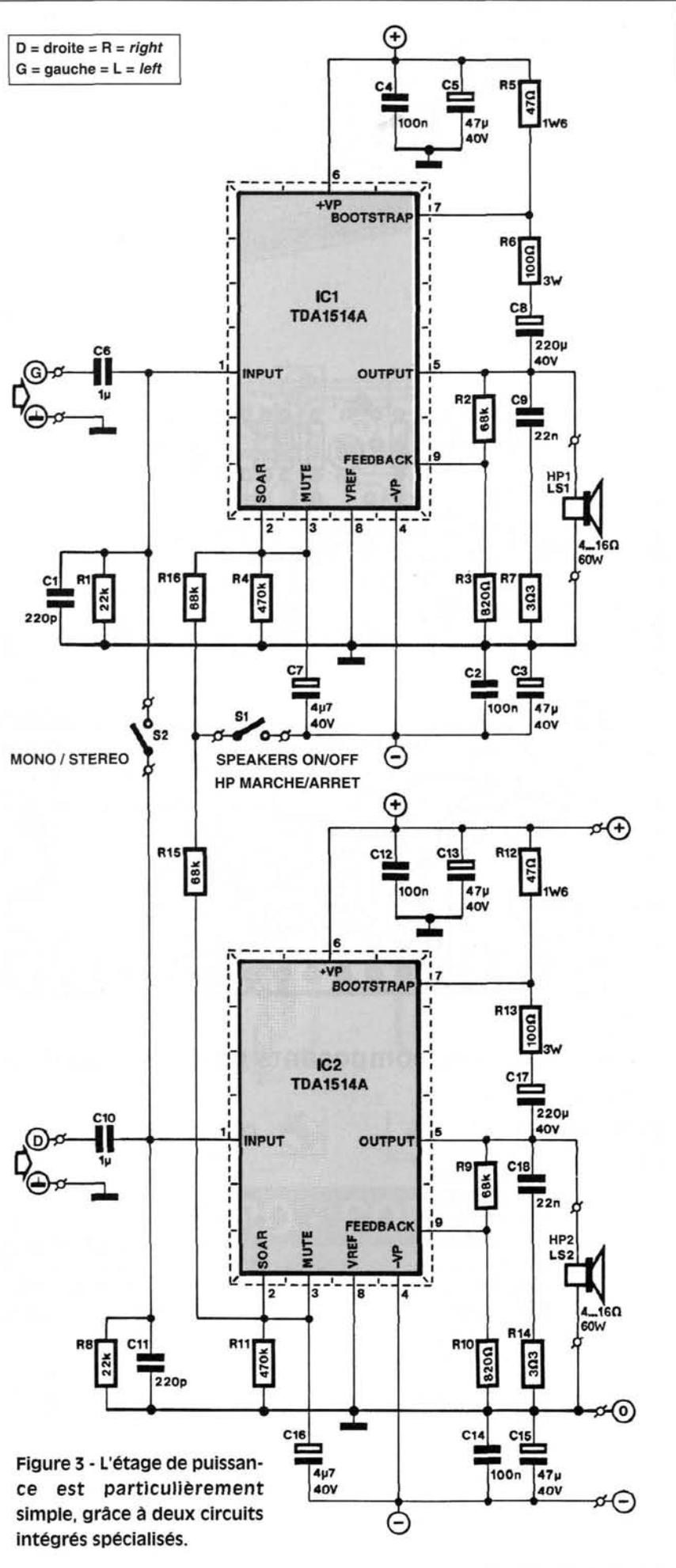
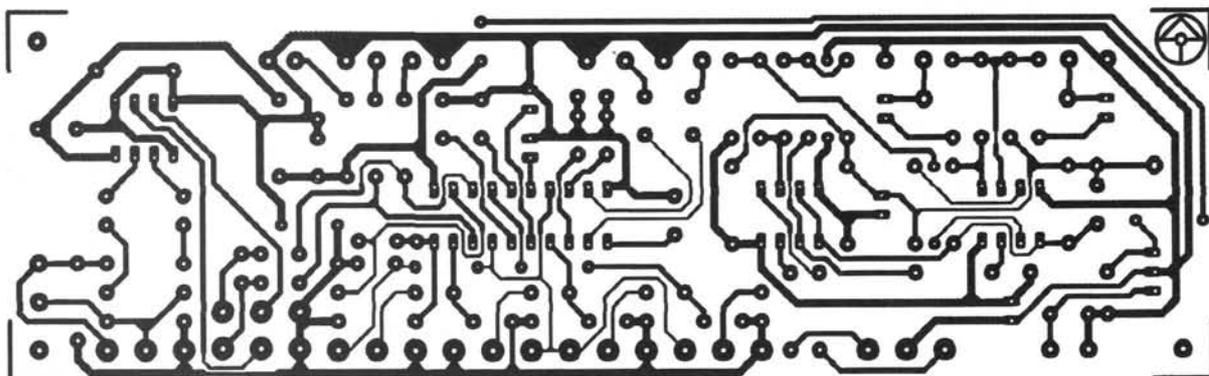
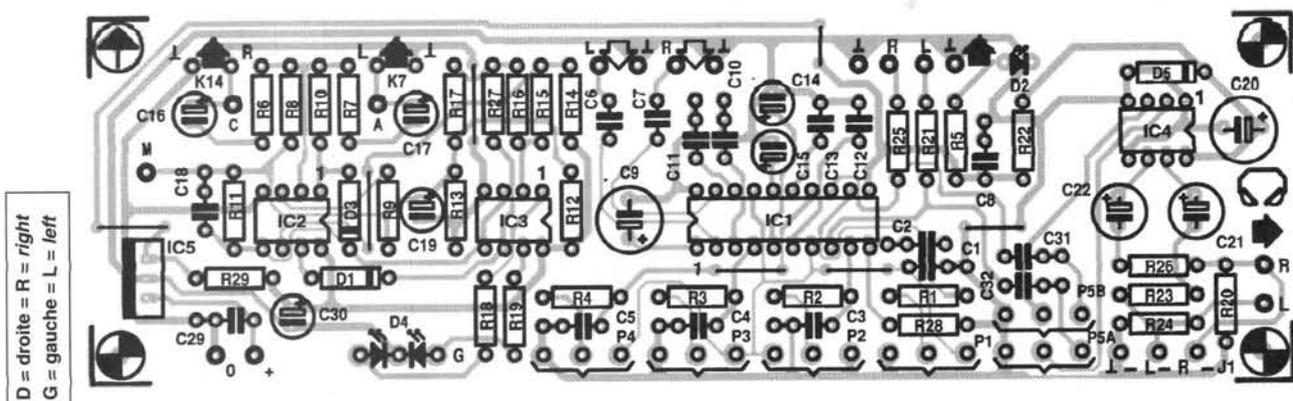
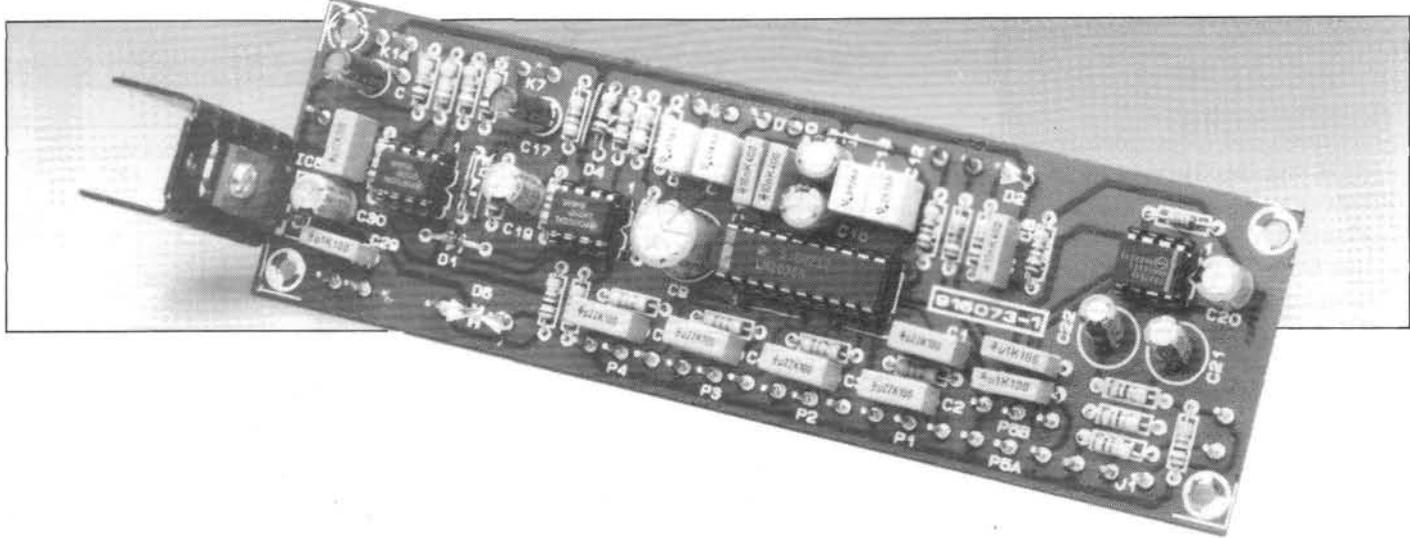


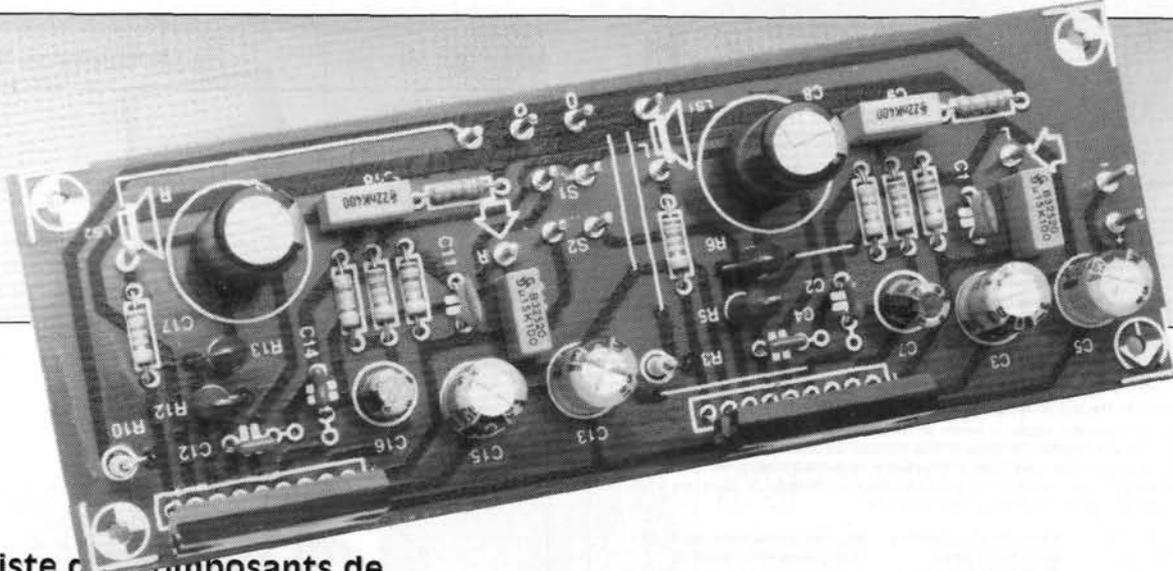
Figure 3 - L'étage de puissance est particulièrement simple, grâce à deux circuits intégrés spécialisés.



liste des composants de l'alimentation et du préamplificateur

- | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| R1 à R4 = 47 k Ω | C1 à C5, C18 = 220 nF | IC2, IC3 = LM358 |
| R5, R18, R20, R24 = 1 k Ω | C6, C7, C31, C32 = 470 nF | IC4 = TDA7050 |
| R6, R7 = 10 k Ω | C8, C10, C11 = 10 nF | IC5 = 7812 |
| R8 = 270 k Ω | C9 = 47 μ F/40 V * | 14 douilles CINCH
isolées pour châssis |
| R9 = 5,6 k Ω | C12, C13 = 390 nF | S1, S2 = commutateur rotatif
2 circuits 6 positions |
| R10 = 68 k Ω | C14, C15, C19, C30 = 10 μ F/40 V * | S3 = interrupteur secteur
230V/6A |
| R11, R27 = 100 k Ω | C16, C17 = 4,7 μ F/40 V * | Tr1 = transfo torique
2 x 18 V/6,25 A |
| R12, R14 = 2,2 k Ω | C20 = 220 μ F/10 V * | J1 = jack stéréo 6,3 mm
pour châssis |
| R13 = 330 Ω | C21, C22 = 100 μ F/25 V * | F1 = fusible secteur
2 A retardé |
| R15 = 3,9 k Ω | C23 à C26 = 10000 μ F/50 V * | 1 radiateur pour IC5 |
| R16 = 1,5 k Ω | C27, C28 = 1 μ F | |
| R17 = 470 Ω | C29 = 100nF | |
| R19 = 680 Ω | | |
| R21, R25 = 22 Ω | D1 à D3 = 1N4148 | |
| R22 = 180 Ω | D2 = LED rouge | |
| R23, R26, R29 = 100 Ω | D4 = DUO-LED à 3fils | |
| R28 = 8,2 k Ω | D5 = zener 5,6 V/400 mW | |
| P1 à P4 = 47 k Ω pot. lin. | B1 = BYW64 (400 V/35A) | |
| P5 = 22 k Ω pot. stéréo log. | IC1 = LM1036 | |
- * = radial

circuit imprimé 916073-1



liste des composants de l'amplificateur de puissance

- R1, R8 = 22 kΩ
- R2, R9, R15, R16 = 68 kΩ
- R3, R10 = 820 Ω
- R4, R11 = 470 kΩ
- R5, R12 = 47 Ω / 1,6 W
- R6, R13 = 100 Ω / 3 W
- R7, R14 = 3,3 Ω

- C1, C11 = 220 pF
- C3, C5, C13, C15 = 47 μF / 40 V *
- C2, C4, C12, C14 = 100 nF MKT
- C6, C10 = 1 μF
- C7, C16 = 4,7 μF / 40 V *
- C8, C17 = 220 μF / 40 V *
- C9, C18 = 22 nF

- IC1, IC2 = TDA1514A

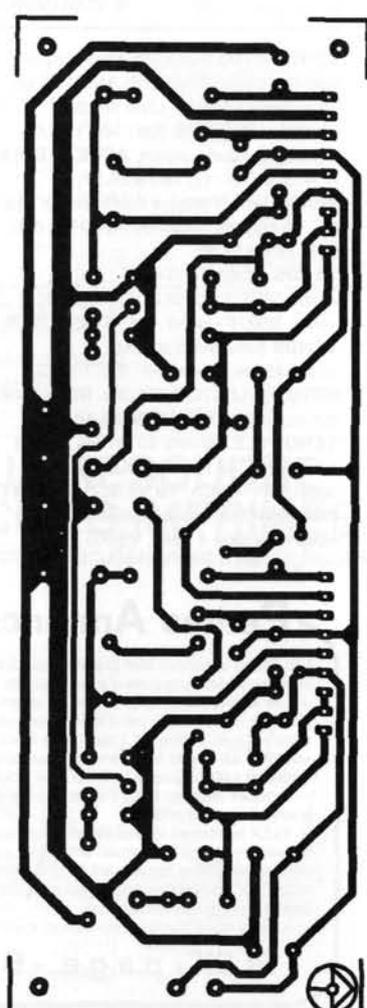
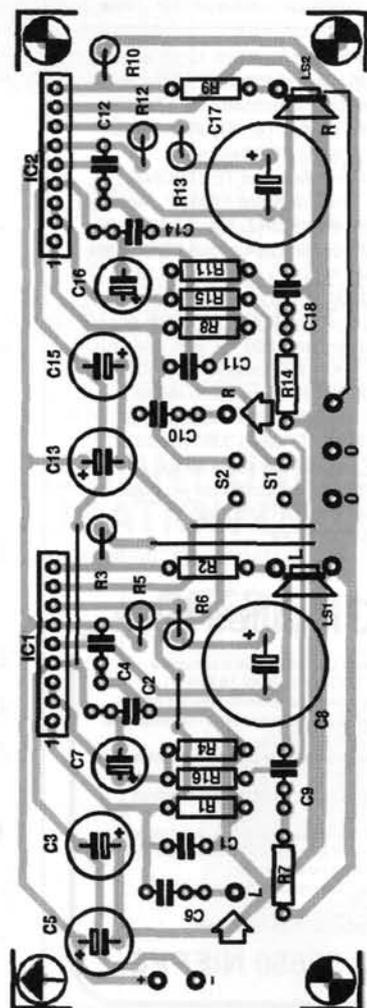
- S1, S2 = inter. simple

- quadruple prise pour haut-parleur
p. ex. Monacor PT932

- 1 radiateur
1 à 1,5 K/W
p. ex. SK42 Fisher

- circuit imprimé
916073-2

* = radial



Il y a, sur ces deux pages, de quoi calmer les impatiences les plus ardentes. Prenez votre temps. Le mois prochain, nous reviendrons en détail sur cette réalisation, notamment pour le câblage. Les circuits imprimés seront disponibles prêts à l'emploi* chez les revendeurs spécialisés. Vous pouvez aussi les fabriquer vous-même.

* une petite vérification préalable n'est jamais superflue

EURO - COMPOSANTS

4, Route Nationale - BP 13 08110 BLAGNY
 Tél : 24.27.93.42 Fax : 24.27.93.50
 Ouvert de 9h à 12h et de 14h à 18h. Fermé le samedi après-midi.

<p style="text-align: center; margin: 0;">MESURE</p> <p style="margin: 0;">APPA91 580 F APPA37.....910 F APPA93T.... 699 F M3630.....499 F APPA95 799 F M3650B.....695 F APPA105...1290 F M4650B....999 F</p>	<p style="text-align: center; margin: 0;">LISTE DE NOS PROMOTIONS CONTRE UNE ENVELOPPE TIMBRÉE.</p> <p style="font-size: small; margin: 0;">VPC : paiement par chèque ou CB à la commande + 30 F de port, ou contre-remboursement. Franco au-dessus de 900 F. Prix TTC</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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 : _____

PEDALE INTERRUPTEUR "TREADLITE"



Pédale interrupteur à double détente (Mi-course et fin de course). (2 micro-switches 7A/250V). Avec patin anti-dérapant. Matériel professionnel pour usage intensif. Idéale pour télécommande de perceuse, etc...

La pédale 103.3831 **100,00 F**

FILTRE SECTEUR 10 A



Matériel professionnel. Entrée sur embase CEE. Sorties sur cosses FAST-ON.

Le filtre... 103.3830 **110,00 F**

VENTILATEUR PROFESSIONNEL PAPST



220 V. Dim. 80 x 80 x 38 mm. Parfaitement silencieux. (24 dBA). Sans comparaison avec les ventilateurs standard.

Le ventilateur ... 103.3813 ~~250,00 F~~ **140,00 F**

RELAIS STATIQUE 10A/240 V



Tension de commande : 3,8 à 28 V DC. Commutation au zéro de tension. Matériel professionnel. Sorties sur fast-on.

Le relais statique 103.3785 **100,00 F**

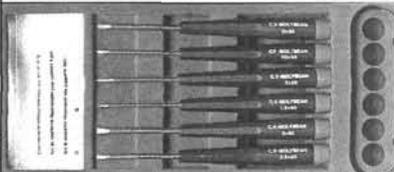
MOTEUR PAS A PAS BIPOLAIRE



De puissance. 200 pas/tour. 1 A / phase - 4 fils. Fourni avec fiche technique détaillée.

Le moteur 103.4302 **190,00 F**

TOURNEVIS DE PRECISION



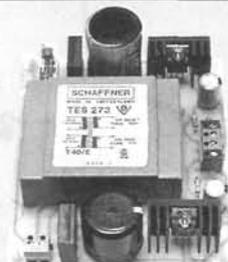
Set de 6 tournevis pour l'électronique. 4 à lame + 2 cruciformes. Embout au molybdène. Manche ergonomique avec bout rotatif. Fourni avec support de rangement. Le set de 6 tournevis

..... 103.3784 **66,00 F**

CARTES ALIMENTATION EN KIT

Qualité professionnelle. Tensions de sorties redressées, filtrées, réglées. Sorties flottantes. Voyants LED de contrôle. E/S sur borniers à vis. Kits fournis complets avec c. imp. Dim. : 115 x 95 x 40 mm

Alim. ± 12 V / 0,6 A ou 24 V / 0,6 A
Alim. ± 5 V / 1,1 A ou 10 V / 1,1 A
Alim. 5 V + 12 V / 0,6 A
Alim. 5 V + 8 V / 1,1 A



Le kit 103.8742 **155,00 F**
Le kit 103.3711 **175,00 F**
Le kit 103.8743 **155,00 F**
Le kit 103.3708 **175,00 F**

BIENTOT UN SERVEUR MINTEL SELECTRONIC !

Il comprendra :

- Un service d'assistance et renseignements techniques
- Un forum BUS-PC et COMM'net

- Un service des dernières nouveautés et promotions
- Un service de petites annonces classées. Etc...

Démarrage prévu : début JUIN

A SUIVRE...



C.I.F. et SELECTRONIC SE SONT UNIS POUR RESOUDRE VOTRE PROBLEME DE REALISATION DE CIRCUITS IMPRIMES...

Et vous proposent de faire l'acquisition de votre "unité de fabrication" de circuits à des conditions particulièrement avantageuses !

OFFRE N°1



Vous commandez : 1 MACHINE A INSOLER MI-1016 **2200,00 F**
1 MACHINE A GRAVER BB-4 **1495,00 F**
TOTAL TTC **3695,00 F**

NOUS VOUS OFFRONS :

- 1 jerrycan 5 l de perchlo suractivé
- 2 sachets de détachant pour perchlo
- 1 sachet de 10 gants de protection
- 1 bac AR-23
- 6 plaques EPOXY 1 face 200x300 présensibilisé
- 10 sachets de révélateur positif
- 1 flacon 1/2 litre étain chimique
- 1 stylo DALO

(Ensemble d'une valeur de 691,70 F TTC)

LE TOUT OFFRE N°1 103.3750
Forfait PORT (Transporteur) et EMBALLAGE en sus 150,00 F



3695,00 F

OFFRE N°2



Vous commandez : 1 MACHINE A INSOLER EN KIT BC-6 **1068,00 F**
1 MACHINE A GRAVER BB-2 **1300,00 F**
TOTAL TTC **2368,00 F**

NOUS VOUS OFFRONS :

- 3 sachets de perchlo en poudre
- 2 sachets de détachant pour perchlo
- 1 sachet de 10 gants de protection
- 6 plaques EPOXY 1 face 150x200 présensibilisé
- 3 plaques EPOXY 1 face 100x150 présensibilisé
- 10 sachets de révélateur positif
- 1 stylo CIF
- 1 bac AR-23

(Ensemble d'une valeur de 430,00 F TTC)

LE TOUT OFFRE N°2 103.3640
Forfait PORT (Transporteur) et EMBALLAGE en sus 150,00 F



2368,00 F

Nous avons la solution !

Selectronic

La passion de l'électronique !

TOUJOURS DES OPPORTUNITES ET PROMOTIONS CHEZ SELECTRONIC !

Envoi de notre lettre d'informations sur simple demande.

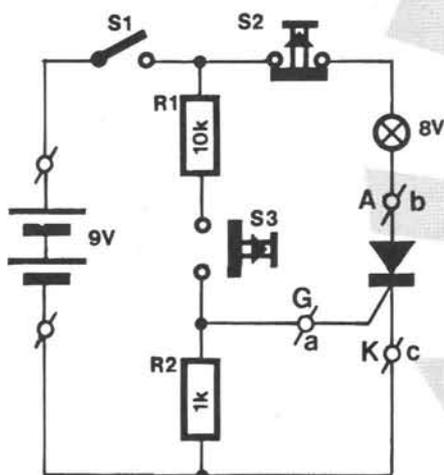
CONDITIONS GENERALES DE VENTE : Voir nos publicités annexes.

VENTE PAR CORRESPONDANCE BP 513 - 59022 LILLE CEDEX

TEL : 20 52 98 52 - FAX : 20 52 12 04

La boîte à composants divers de récupération de tout électricien amateur qui se respecte contient au moins un thyristor : est-il en état de marche et quel est son brochage ? Il est bon de le savoir le jour où il faut le placer. Avant de le soumettre à la tension du secteur, une ultime vérification s'impose : c'est ce que ce montage va vous permettre.

vérification du fonctionnement et du brochage de thyristors inconnus



testeur de thyristors

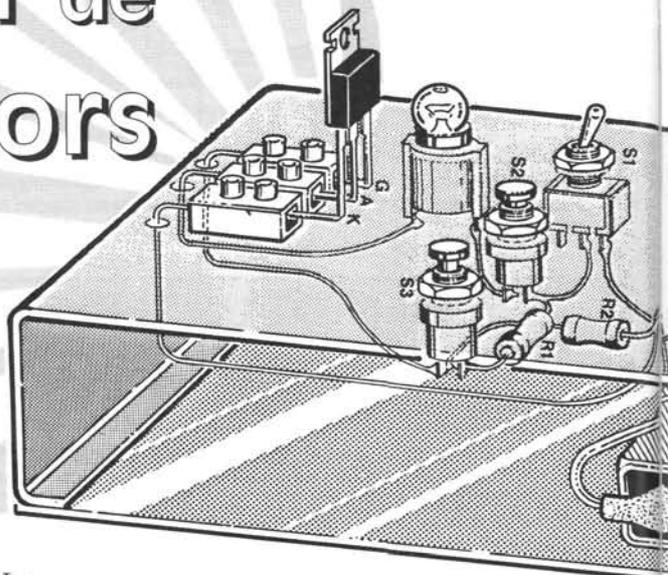


Figure 1 - Non, ce schéma n'a pas été conçu pour participer au concours du circuit le plus simple de la décennie ! Si vous savez comment un thyristor fonctionne (et vous ne pourrez plus l'ignorer après avoir lu l'article) vous comprenez pourquoi si peu de composants sont nécessaires pour le tester.

- R1 = 10 kΩ
- R2 = 1 kΩ
- S1 = interrupteur
- S2 = bouton poussoir fermé au repos
- S3 = bouton poussoir ouvert au repos

- 1 support de culot de lampe
- 1 lampe à incandescence de 8 V

principe

Pour tester un thyristor, rien de plus facile. Il suffit de lui proposer les deux exercices pour lesquels il est le plus apte : conduire un courant de son anode vers sa cathode, lorsqu'une impulsion lui chatouille la gâchette ; se bloquer, jusqu'à la prochaine impulsion de gâchette, si le courant est coupé dans le circuit qu'il ferme. Il reste donc à fabriquer le circuit qui lui permettra de s'exprimer. Le courant de

test peut être continu et l'inoffensive tension d'une simple pile suffira. Le résultat n'en sera pas moins fiable. Le circuit n'est pas des plus compliqués et le tour en est vite fait. Voyez la figure 1. Est-ce que ça fonctionne ? Pour le savoir, il nous faut le tester.

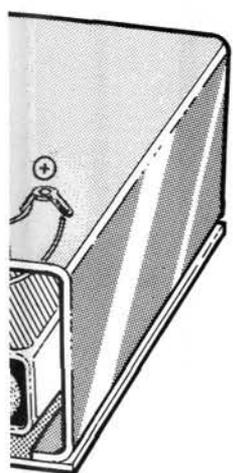
Pour tester un testeur, il faut un composant connu. Supposons pour commencer que le candidat à examiner est bien disposé (c'est un maître thyristor en ordre de marche et son brochage ne laisse aucun doute) : ses broches sont là où elles doivent se trouver. Fermez S1 : en principe, la lampe reste éteinte, puisque le courant ne peut pas passer de A vers K⁽¹⁾. Poussez S3, la bête reçoit alors une impulsion sur sa gâchette et consent à laisser passer le courant : la lampe s'allume et reste allumée, lorsque le poussoir S3, ouvert au repos, est relâché. Pour l'éteindre, on ouvre le circuit à l'aide de S2 : elle ne se rallume que si, S2 ayant retrouvé sa position initiale, S3 est à nouveau momentanément fermé. Les choses se passeront de la sorte pour tout thyris-

tor en état de marche et bien câblé. Un thyristor fichu et branché à l'envers ne permet pas, ici du moins, que la lampe s'allume. C'est là tout l'intérêt du dispositif. Le tri s'effectue sans discussion possible.

Le programme à suivre pour opérer est donné sur l'organigramme de la figure 2. Ceux qui possèdent un ordinateur et qui ont déjà programmé, sont familiarisés avec ce genre d'outil graphique. Il est à lire de haut en bas, en exécutant les instructions contenues dans les rectangles, les unes à la suite des autres, et en s'arrêtant aux losanges qui posent une question et indiquent, en fonction de la réponse, la voie sur laquelle se trouve l'instruction suivante : les losanges contiennent des instructions conditionnelles. Par exemple : la première case, arrondie, marque le "début" du processus, l'instruction suivante, dans un rectangle, ordonne de "disposer le thyristor sur son support", une fois cette opération réalisée, l'instruction contenue dans le rectangle qui suit

⁽¹⁾Le thyristor, sous ses airs de diode, cache une sorte de passage à niveau. Dans l'Ouest lointain, on l'a d'ailleurs surnommé S.C.R. c'est-à-dire Silicon Controlled Rectifier, en bon français : diode (redresseur) au silicium commandée.

Figure 3 - Inutile de graver un circuit imprimé ! Les deux résistances sont soudées directement aux bornes des boutons poussoir et à des cosses fixées sous la plaquette. La pile est maintenue par une petite lame d'aluminium coupée et pliée à ses dimensions. Le reste va de soi. Les "sucres" (ils étaient autrefois en céramique blanche) en barrette sont disponibles chez tous les revendeurs de matériel électrique, et garantissent des contacts sans bavures. Vous pouvez éventuellement les laisser flotter au bout de leurs fils après les avoir repérés : ça facilite la recherche du brochage.



immédiatement est à son tour exécutée : "fermer S1". Ensuite, un losange dont le contenu impose une condition et un choix : si la lampe n'éclaire pas, "enfoncer S3" ; ou, si la lampe éclaire, "modifier la position des broches du thyristor sur son support" etc. Suivez les flèches, en fonction des événements rencontrés dans les losanges, jusqu'à parvenir, par un chemin ou par un autre, à la case "fin", qui est arrondie. Si l'organigramme est mal conçu, ça arrive quelques fois, on se plante dans une boucle : on répète indéfiniment les mêmes instructions sans jamais arriver à la fin du programme. Dans le cas présent, si un plaisantin avait écrit : « persévérer » au lieu de « les

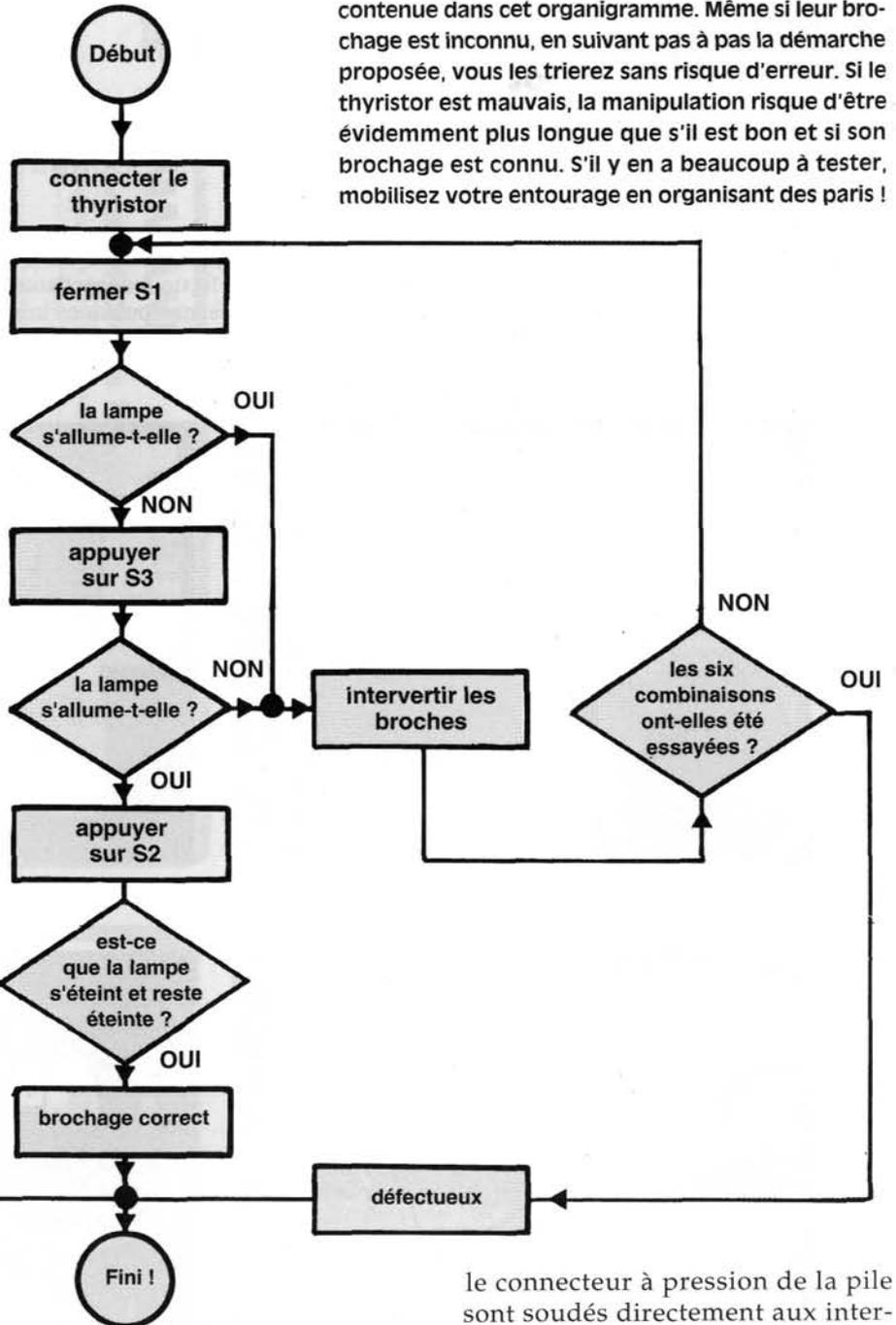


Figure 2 - La série complète des épreuves, à laquelle soumettre les thyristors de récupération, est contenue dans cet organigramme. Même si leur brochage est inconnu, en suivant pas à pas la démarche proposée, vous les trierez sans risque d'erreur. Si le thyristor est mauvais, la manipulation risque d'être évidemment plus longue que s'il est bon et si son brochage est connu. S'il y en a beaucoup à tester, mobilisez votre entourage en organisant des paris !

six possibilités « ont-elles été testées ? », la machine chargée de l'opération n'aurait pas pu, dans certains cas, la terminer. Ici, la machine, c'est vous et bien sûr, pour vous "planter dans une boucle", le programmeur (personne qui rédige le programme) aurait quelques difficultés. Il n'y a vraiment pas de quoi occuper une platine ! Disposez les interrupteurs et la douille de la lampe, comme le montre la figure 3, sur une plaque rigide (un morceau d'époxy par exemple) ; les deux résistances et

le connecteur à pression de la pile sont soudés directement aux interrupteurs et à une paire de cosses. Comme support de test, pourquoi ne pas utiliser des barrettes ? Le thyristor ne risque pas de se tirer, si les vis sont serrées, et vous aurez au moins la certitude que les contacts sont bien établis sans risques de courts-circuits. Bon nombre d'erreurs sont ainsi éliminées. Un point pour terminer et vous faciliter les contrôles : la languette de refroidissement de la plupart des thyristors (qui en possèdent une) est reliée à l'anode (jamais à la gâchette, à notre connaissance). Bonne pêche !

86803