

électronique

n°52

février 1993

23 FF/168 FB/8,20 FS

mensuel

elet

explorez l'électronique

Quartz & oscillateurs à quartz

Dipmètre

**Antenne VHF
à large bande**

**DÉTECTEUR DE POINTES
EN HI-FI** avec dessin de circuit imprimé

M2510 - 52 - 23.00 F



PHOTO IWAN PETERS

ALARME AUTOMOBILE

CA-6000 SYSTEME 2 FILS A TELECOMMANDE

Ce nouveau système vient à point nommé pour tous ceux qui veulent équiper eux-même leur véhicule d'une alarme fiable et efficace en un temps record! Ce petit prodige détectera l'ouverture des portes, capot, coffre et le bris de vitre.

De plus, des modules additionnels sont disponibles pour interdire l'usage du démarreur, commander le verrouillage des portes, et mettre en fonction les clignotants en cas d'alarme.

Pour tout cela, vous n'avez que 2 fils à installer.

CA-6000 101.3480

476F39 HT

565F00 TTC

CARACTERISTIQUES:

Télécommande par radio - Détecteur de choc incorporé ajustable - Détection de consommation de courant (avec prise en compte du cas particulier du ventilateur de refroidissement à démarrage automatique) - BIP sonore à la mise en/hors fonction - LED de signalisation - Fonction "panique" - Sirène puissante: 115 dB! - Remise en veille automatique - Haute fiabilité: système piloté par résonateur SAW (à onde de surface)



ACCESSOIRES OPTIONNELS:

RK-1: Module d'inhibition du démarreur
101.3481 67F45 HT 80F00 TTC

DL-1 S: Module de télécommande des portes
101.3484 185F50 HT 220F00 TTC

PL-1: Module d'activation des clignotants
101.3482 84F32 HT 100F00 TTC

Emetteur supplémentaire: 6000-T
101.3495 168F63 HT 200F00 TTC

VIDEO

CABLE PERITEL PROFESSIONNEL

Ce câble est le seul permettant d'exploiter toutes les possibilités de la prise péritelvision, en particulier sur les magnétoscopes de dernière génération et les lecteurs laser disc vidéo qui sortent en RVB.

Les coax et blindés sont à blindages séparés.

- 6 x coax 75 W vidéo - 4 x blindés BF

- 4 x tensions de commutation

Le mètre
101.3415 37F94 HT 45F00 TTC

Les 10 m
101.3417 303F54 HT 360F00 TTC

PLUS QUE JAMAIS ETONNIFIANT!

- 1 x quartz 3,2768 MHz - 4 x DL-470

- 1 x Cordon spécial péritelvision - 1 x alimentation

secteur 12 V - 1 x quartz 4,000 MHz - 1 x 68705

L'ensemble
101.3298 119F00 TTC

Par 10 seulement 115F00 TTC

LASER



POINTEUR LASER INNOX

Puissance d'émission: 0,9 mW min.

Longueur d'onde: 670 nm (rouge)

Alimentation: 2 piles R1 ("N") fournies

Autonomie: 2 heures en continu.

Le pointeur INNOX
101.3610 716F69 HT 850F00 TTC

MESURE

AL 924 NOUVELLE ALIMENTATION etc 0 A 30V / 10 A

Les besoins en puissance des laboratoires et ateliers de SAV, de l'industrie ou de l'enseignement, seront satisfaits par l'AL 924. De plus sa précision et ses performances classent cet appareil au sommet de sa catégorie.

L'alimentation AL 924

101.3937 2276F56 HT 2700F00 TTC



MULTIMETRES M.I.C.

Une nouvelle gamme de multimètres au "top" technologique et au rapport qualité/prix exceptionnel. Fournis avec piles, cordons, et fusible.

MIC-35
2000 points. Changement de gamme automatique ou manuel.

R 0,1 Ω à 20 MΩ

Test de continuité

Test de diodes

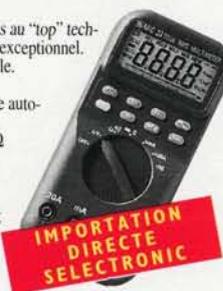
DATA hold

Dim.: 176x82x32 mm Poids: 220 g

MIC-35

101.1729

333F05 HT 395F00 TTC



MIC-37

4000 points avec bar-graph. Mesures relatives. Mémoire des MIN et MAX. Changement de gamme automatique ou manuel.

R 0,1 Ω à 40 MΩ

C 1 pF à 40 μF

F 0,1 Hz à 600 kHz

Test de continuité

Test de diodes

DATA hold

Dim.: 176x82x32 mm Poids: 280 g

MIC-37

101.1740

502F53 HT 596F00 TTC

L'OPERATION C.I.F. + SELECTRONIC CONTINUE!

Nous vous proposons de faire l'acquisition de votre "unité de fabrication" de circuits imprimés à des conditions particulièrement avantageuses!



OFFRE N° 1

Vous commandez:
1 MACHINE A INSOLER MI-1016 2200F00 TTC
1 MACHINE A GRAVER BB-4 1495F00 TTC
TOTAL 3695F00 TTC

NOUS VOUS OFFRONS:

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

(Ensemble d'une valeur de 691F70 TTC)

OFFRE N° 1

101.3750 3115F51 HT 3695F00 TTC

Forfait PORT (transporteur) et EMBALLAGE en sus

LE TOUT

3695F00 TTC

150F00 TTC



OFFRE N° 2

Vous commandez:
1 MACHINE A INSOLER EN KIT BC-6 1068F00 TTC
1 MACHINE A GRAVER BB-2 1300F00 TTC
TOTAL 2368F00 TTC

NOUS VOUS OFFRONS:

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

(Ensemble d'une valeur de 430F00 TTC)

OFFRE N° 2

101.3640 1996F63 HT 2368F00 TTC

Forfait PORT (transporteur) et EMBALLAGE en sus

150F00 TTC

3616 SELECTRO

Voilà le code d'appel du serveur Minitel SELECTRONIC. Il vous offre:

- un service d'assistance et de renseignements techniques
- les dernières nouveautés et promotions
- des informations, des petites annonces classées etc...
- TELECHARGEZ UN ASSEMBLEUR 68705 POUR PC
- TESTEZ VOS CONNAISSANCES EN ELECTRONIQUE ET GAGNEZ UN SUPERBE MULTIMETRE!



CONDITIONS GENERALES DE VENTE

REGLEMENT A LA COMMANDE: Forfait port et emballage 28F00 TTC

FRANCO à partir de 700F00

CONTRE-REMBOURSEMENT: Frais en sus selon la taxe en vigueur.

Pour faciliter le traitement de votre commande, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés.



TOUT LE RESTE SE TROUVE DANS LE CATALOGUE GENERAL SELECTRONIC 1993
Envoi contre 25,00 F en timbres-poste

Selectronic
LA PASSION DE L'ELECTRONIQUE

Rési & Transi : bande dessinée	4
Les quartz : quoi ? comment ?	6
Astuce : une sonde de courant pour les piles de 9 V	11
Les diodes de zener : quoi ? comment ?	22
Les varistances : quoi ? comment ?	31
Note de lecture	49
Astuce : perceuse ventilante	57
Petites Annonces Gratuites	60

au sommaire d'alex 52, février 1993

- 12 une antenne VHF à large bande
- 18 une sonnerie de téléphone personnalisée
- 25 une loupe pour voltmètre
surveillez la tension de votre batterie !
- 28 un filtre pour le secteur
supprimez les parasites !
- 32 un dipmètre VHF-UHF
- 37 un veilleur de réveil
- 40 un indicateur de crête BF
avec dessin de circuit imprimé !
- 43 un contrôleur de réaction biologique
- 46 une alimentation de voyage (en auto)
avec dessin de circuit imprimé !
- 50 une alarme simple pour l'automobile
avec dessin de circuit imprimé !
- 54 un porte-clés siffleur
avec dessin de circuit imprimé !

Annonceurs: AG ELECTRONIQUE p. 52 -
 B.H. ÉLECTRONIQUE p. 53 - CENTRAD p. 63 -
 CIF pp. 61 et 62 - COMPOSIUM p. 25 -
 ELC p. 63 - ELECTRON SHOP p. 53 -
 JACKSON DIFFUSION ELECTRONIQUE p. 53 -
 J.REBOUL p. 53 - LAYO FRANCE p. 53 - LOISIRS ELECTRONIQUES p.
 53 - MAGNÉTIK FRANCE p. 21 - MICROPROCESSOR p. 53 -
 NICE COMPOSANTS DIFFUSION p. 52 -
 PUBLITRONIC pp. 58, 59, 60, 61 et 62 - SÉLECTRONIC pp. 2, 61, 62
 et 64 - SPESYS p. 53 - SVE ELECTRONIC p. 53 - TSME p. 53 -
 URS MEYER ELECTRONIC SA p. 53 -

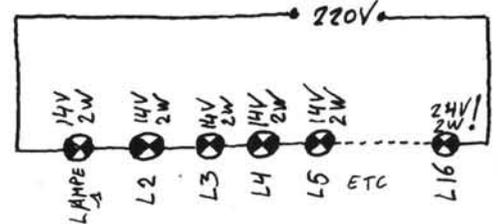


LES BIDOUILLES DE

DIS DONC...

... J'EN SORS PAS!
LA LOI D'OHM,
ÇA M'EMBROUILLE!
TU ME DONNES UN
COUP DE PATTE?

QUAND MÊME!
ÇA CASSE PAS
TROIS PATTES À
UN TRANSISTOR,
CE PROBLÈME DE
GUIRLANDE!



REPRENDS AU DÉBUT = TU AS
SEIZE AMPOULES EN SÉRIE,
COMME ÇEÇI. CONSIDÉRONS LES
COMME DES RÉSISTANCES
ORDINAIRES ALIMENTÉES EN
CONTINU. SEIZE RÉSISTANCES
IDENTIQUES EN SÉRIE---

AUX 2 EXTRÉMITÉS, UNE TENSION DE
220V. LA TENSION QUI RÉGNE SUR
CHACUNE DES RÉSISTANCES
EST DONC DE 220V
DIVISÉES PAR 16, SOIT
13,75V.

$$\begin{aligned} \text{TENSION} &= \\ \frac{220\text{V}}{16} &= 13,75\text{V} \\ \text{AMPOULE } &14\text{V} \end{aligned}$$

SI NOUS PARTONS DES 2W DE DISSIPATION
DANS CHAQUE RÉSISTANCE, NOUS DÉTERMINERONS
FACILEMENT LA VALEUR DE CHACUNE DES
RÉSISTANCES.

T'ES SÛR QU'IL
VA COMPRENDRE?

$$P = U^2/R$$

$$R = U^2/P$$

$$\begin{aligned} \frac{14^2}{2} &= \\ \frac{196}{2} &= 98\Omega \end{aligned}$$

ÇA, C'EST L'ÉQUIVALENT
DE CHACUNE DES
AMPOULES DE 14V.

... ET POUR TA
PIÈCE DE
RECHANGE DE
24V.?

$$\begin{aligned} \text{EUH...} \\ \frac{24^2}{2} &= \frac{576}{2} \\ &\text{SOIT} \\ &288\Omega! \end{aligned}$$

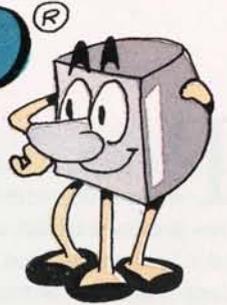
IL FAUT MAINTENANT CALCULER
L'INTENSITÉ DU COURANT AVEC
LA LOI D'OHM:

POUR CHAQUE
RÉSISTANCE
ÉQUIVALENT À
UNE AMPOULE
DE 14V. ÇA DONNE

$$\begin{aligned} I &= \frac{U}{R} \\ &= \frac{14}{98} \\ &\text{SOIT} \\ &143\text{mA} \end{aligned}$$

VOUS REMARQUEREZ QUE
TRANSI EST AMBIDEXTE? (N.D.L.R.)

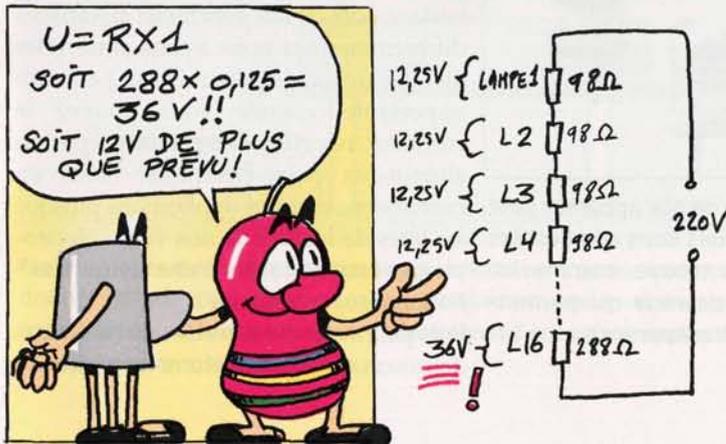
RESI & TRANSI



DESSINS : YVON DOFFAGNE - COULEURS : COOKY F.



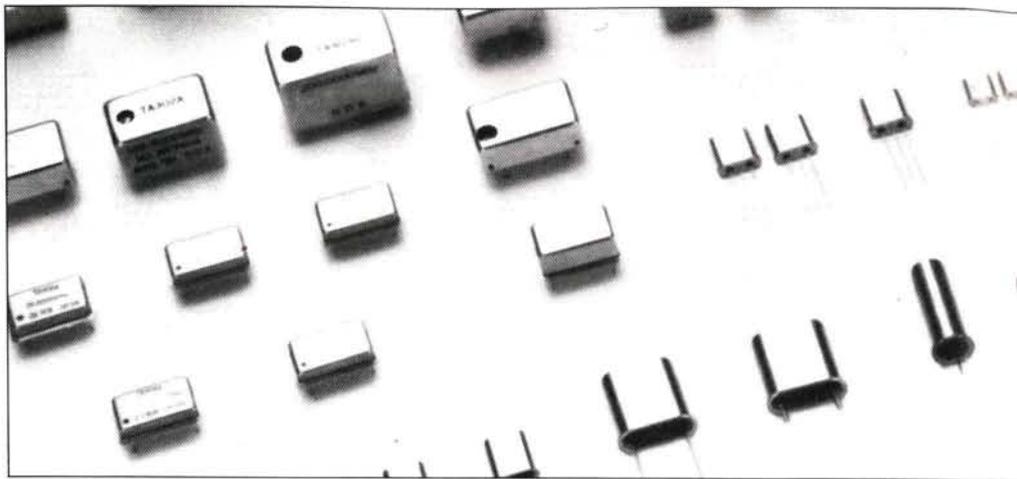
$$(98 \times 15) + (1 \times 288) \text{ OU } (1470) + 288 = \underline{1758 \Omega}$$



Pour produire un signal de fréquence très stable on utilise un oscillateur à cristal. C'est ce que nous savons tous depuis l'apparition sur le marché de la montre à quartz. Il y avait bien avant cela des pendules électriques mais elles utilisaient la fréquence du secteur. Nous connaissons bien sûr d'autres façons de produire des oscillations, avec des résistances, des selfs et des condensateurs, nous en savons aussi les limites : les tolérances de fabrication des composants rendent une grande précision difficilement accessible (surtout pour les fabrications industrielles), la stabilité en fréquence du signal varie avec le temps (vieillesse) et la température, qui modifient les caractéristiques des composants. L'utilisation d'opérateurs ou de circuits intégrés spécialisés ne résout pas tous les problèmes, même si, pour la majorité des applications, la stabilité des oscillateurs RC reste suffisante. Dans certains cas pourtant, tels que le chronométrage de longs intervalles ou la coordination de plusieurs dispositifs, dans des applications liées à l'informatique ou aux télécommunications par exemple, l'introduction dans le circuit d'un cristal de silice de composition, de taille et de dimensions convenables, permet de stabiliser, mécaniquement, la fréquence du signal produit. La figure 1 montre quelques modèles de ces composants au cœur de pierre. On ne voit pas tout le cristal puisqu'il est en partie argenté. Il est relié électriquement au reste du circuit par ce dépôt d'argent qui concerne ses deux faces (figure 2). À première vue, cela ressemble fort à un condensateur dont le quartz ne serait que le diélectrique. On peut effectivement le considérer comme tel, mais nous allons voir que c'est beaucoup plus.

effet piézo-électrique

En 1880, Jacques et Pierre Curie découvrirent que des charges électriques de signes opposés apparaissent sur les faces opposées d'un cristal soumis à une contrainte mécanique (*piezein*, en grec, c'est "presser"). Prenons l'exemple du quartz pour expliquer ce phénomène. Un cristal de quartz est constitué d'atomes de silicium (Si) et d'oxygène (O), deux fois plus nombreux (c'est ce que veut dire SiO_2). Les atomes de silicium ont perdu leurs électrons périphériques, au bénéfice des atomes d'oxygène. Nous sommes donc en présence d'ions répartis dans l'espace



Tout le monde sait que le silicium est utilisé dans la fabrication des semi-conducteurs, transistors, diodes et circuits intégrés. On l'obtient à partir de son oxyde (SiO_2), la silice, matériau assez abondant dans la nature, puisqu'il constitue plus de la moitié de la croûte terrestre. La résistance électrique excessivement élevée de la silice elle-même en limiterait l'usage aux seuls isolateurs si c'était sa seule propriété intéressante. Ce n'est pas le cas. Vous en conviendrez facilement si nous vous disons que le quartz est de la silice pure cristallisée. Ses propriétés "électromécaniques" en font un matériau idéal pour la stabilisation des oscillateurs électriques.



QUARTZ



Figure 1 – Les quartz de nos appareils sont plus souvent enfermés dans des boîtiers métalliques. On en trouve, comme ici, dans des enceintes de verre qui permettent de les voir par transparence.

selon un ordre rigoureux et liés entre eux par des forces électrostatiques très grandes. L'ensemble a une très grande cohésion. Un cristal de quartz est électriquement neutre : le centre de gravité des particules positives (celles qui ont "prêté" leurs électrons périphériques) est confondu avec celui des particules négatives (celles qui ont emprunté des électrons). Si le cristal convenablement taillé, est soumis à une contrainte mécanique (pas dans n'importe quel axe), compression, flexion, cisaillement, les centres de gravité des particules positives et négatives qui le constituent sont dissociés parce que le cristal ne possède pas de centre de symétrie. Les surfaces du cristal sont ainsi polarisées différemment et nous avons entre elles une différence de potentiel qui peut être importante, comme vous pouvez le constater aux étincelles produites par un allume-gaz piézo-électrique. Nous en connaissons d'autres applications puisque les têtes de lecture de nos vieux électrophones étaient dotées d'une cellule fonctionnant sur ce principe. Puisque ça marche dans un sens, il n'y pas de raison qu'en soumettant une lame de

quartz à un champ électrique, suivant certains axes, nous n'en obtenions pas une déformation : les particules chargées négativement tendent à se déplacer vers le pôle plus et les particules chargées positivement vers le pôle moins. Les liaisons interatomiques (ioniques en fait) sont suffisamment grandes pour que le cristal n'éclate pas (ce qui n'est toutefois pas impossible). Il se dilate ou se contracte suivant la polarité du champ. Si le champ est alternatif, l'épaisseur de la lame va varier à sa fréquence (le volume du cristal reste constant). Les applications de ce phénomène sont bien connues, puisqu'elles vont des résonateurs piézo-électriques aux émetteurs d'ultrasons dont nous faisons grand usage dans nos colonnes. La plus importante est cependant celle de stabilisateur dans les générateurs de fréquences, là où une base de temps très précise est demandée.

résonance

La résonance (ou résonance) est un phénomène que l'on retrouve dans tous les domaines de la physique. Nous l'avons vue dans un précédent numéro à propos des filtres passifs. Elle suppose un "accord" entre la fréquence propre d'un oscillateur et celle du dispositif qui entre-

Figure 3 – À ses fréquences de résonance le quartz équivaut soit à un circuit RLC série (d'impédance quasiment nulle) en parallèle à un condensateur (3a), soit à un circuit-bouchon ou RLC parallèle (d'impédance excessivement élevée). Dans le second cas, il n'y a qu'une capacité C_v équivalant aux deux capacités câblées en série ($1/C_v = 1/C_i + 1/C_o$). Ces composants permettent une description purement électronique de ce qui se passe aux deux fréquences de résonance (mécanique) du cristal.

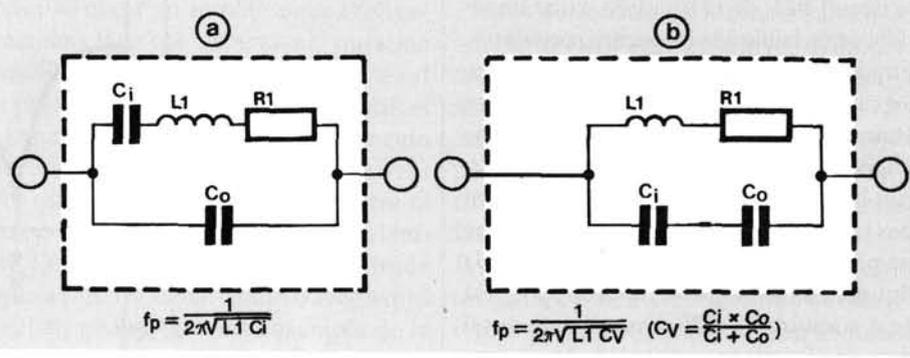


schéma de substitution (à la résonance)

tient ses oscillations. Un quartz soumis à une tension alternative peut se mettre à vibrer mécaniquement si la fréquence de la tension qui lui est appliquée privilégie une de ses fréquences propres de résonance (vibration) mécanique. Celles-ci dépendent de sa coupe, de ses dimensions et de l'orientation du champ électrique. Prenez l'exemple d'une corde de guitare : plus elle est longue et plus son diamètre est grand, plus basse est la note que l'on peut en tirer.

Lorsque le cristal de quartz vibre, il impose à la source du champ électrique sa fréquence. Un tel système qui transforme des oscillations électriques en oscillations mécaniques est un transducteur électromécanique. Cette intrusion de la mécanique dans un circuit électronique ne va pas sans compliquer les calculs. De plus, comme nous l'avons dit plus haut, le cristal et ses deux surfaces argentées forment un condensateur. Il est possible, sur le papier, de substituer au quartz des composants discrets dont l'ensemble ait des propriétés électriques assez proches des siennes à la résonance: le condensateur C_i , la bobine L_1 , et la résistance R_1 de la figure 3 sont là à la place d'un cristal. C'est un circuit RLC série tout à fait semblable à ceux dont nous avons parlé dans le numéro de décembre 1992. Nous savons qu'il ne laisse passer sans trop d'atténuation que les signaux dont la fréquence est très proche de sa fréquence de résonance. En parallèle à ce filtre, C_o est une capacité égale à celle du condensateur que forme par construction le quartz. On l'appelle capacité du support ou capacité-shunt. En fait il y a deux façons de représenter les choses, donc deux schémas de substitution : ou bien le quartz a les propriétés d'un circuit résonant série, shunté par C_o (figure 3a), ou bien c'est un circuit anti-résonant ou circuit-bouchon constitué d'un seul condensateur C_v , équivalent aux condensateurs C_o et C_i en série (figure 3b). À chacune de ces représentations correspond une fréquence de résonance particulière ; à chacune de ces fréquences le quartz se comporte différemment. En résonance série, seule la capacité du support (due à la construction du composant)

1880, entrée de l'électronique dans l'âge de la pierre taillée

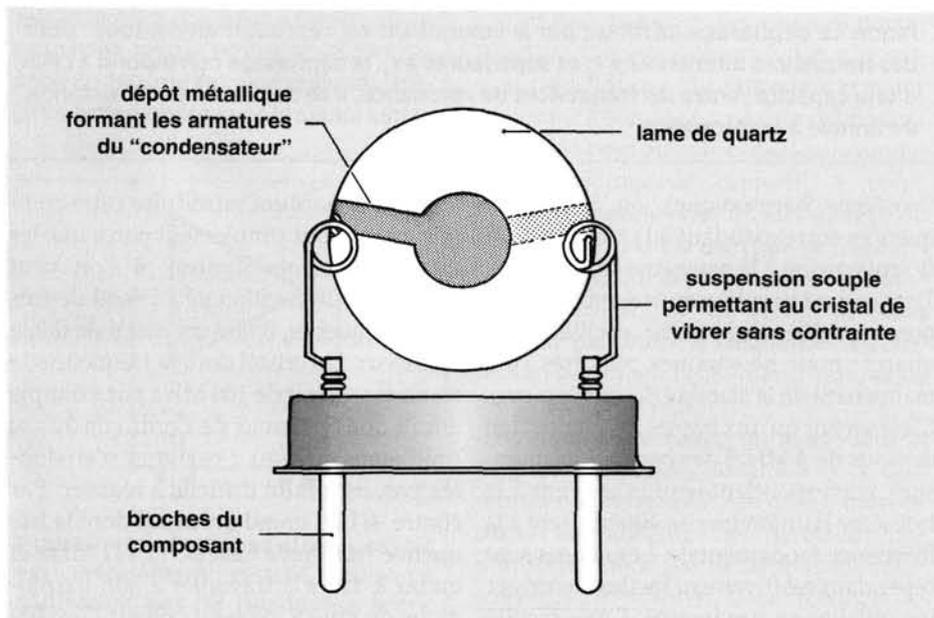


Figure 2 – Les deux faces opposées du cristal sont partiellement argentées, ce qui lui donne l'allure d'un condensateur. L'ensemble ne formerait effectivement qu'un condensateur si le champ électrique alternatif qui lui est appliqué ne faisait pas vibrer mécaniquement son diélectrique.

s'oppose au passage du courant, puisque le circuit RLC de la figure 3a a une impédance très faible à la fréquence considérée. En résonance parallèle par contre, lorsque les capacités se comportent comme si elles étaient en série, le circuit équivalent a une impédance très élevée, le quartz est un circuit-bouchon. Les deux fréquences ne sont pas très éloignées l'une de l'autre, comme on peut le calculer avec les formules de la figure 3, sachant que le rapport C_1/C_0 est égal à environ 1/125. On constate aussi que la fréquence d'(anti-) résonance (mode parallèle) est supérieure à la fréquence de résonance série puisque la capacité équivalente aux deux capacités en série est inférieure (pratiquement égale) à la plus petite (C_1). La fréquence d'anti-résonance est d'environ 0,4% supérieure à la fréquence de résonance. Ces représentations ne sont bien sûr pas tombées du ciel. Elles permettent d'expliquer les particularités des variations de l'impédance du quartz et du déphasage qu'il introduit, en fonction de la fréquence, que nous allons voir de plus près maintenant.

oscillations harmoniques

Sur les courbes de la figure 4 les fréquences de résonance (série) et d'anti-résonance (parallèle) sont désignées par f_s et f_p . Nous voyons que lorsque la fréquence est égale à f_s , l'impédance du cristal n'est plus représentée que par la capacité-shunt. Elle augmente ensuite rapidement et tend vers une très grande valeur lorsque la fréquence est voisine de f_p . Lorsque la fréquence augmente encore, les mêmes phénomènes se reproduisent. Si nous avons poursuivi sans interruption le tracé de la courbe, vous auriez pu mesurer que les fréquences auxquelles nous avions à nouveau résonance étaient triples des fréquences fondamentales (harmoniques de rang 3). Il apparaît que le cristal vibre aussi à ces fréquences. Comment est-ce possible ? C'est ce que nous tentons d'expliquer par le dessin de la figure 5 qui représente un barreau fixé par ses deux extrémités. Si le barreau est excité convenablement, il n'y a aucune raison pour qu'il ne vibre pas à sa fréquence de résonance, mais il vibrera également à une fréquence triple

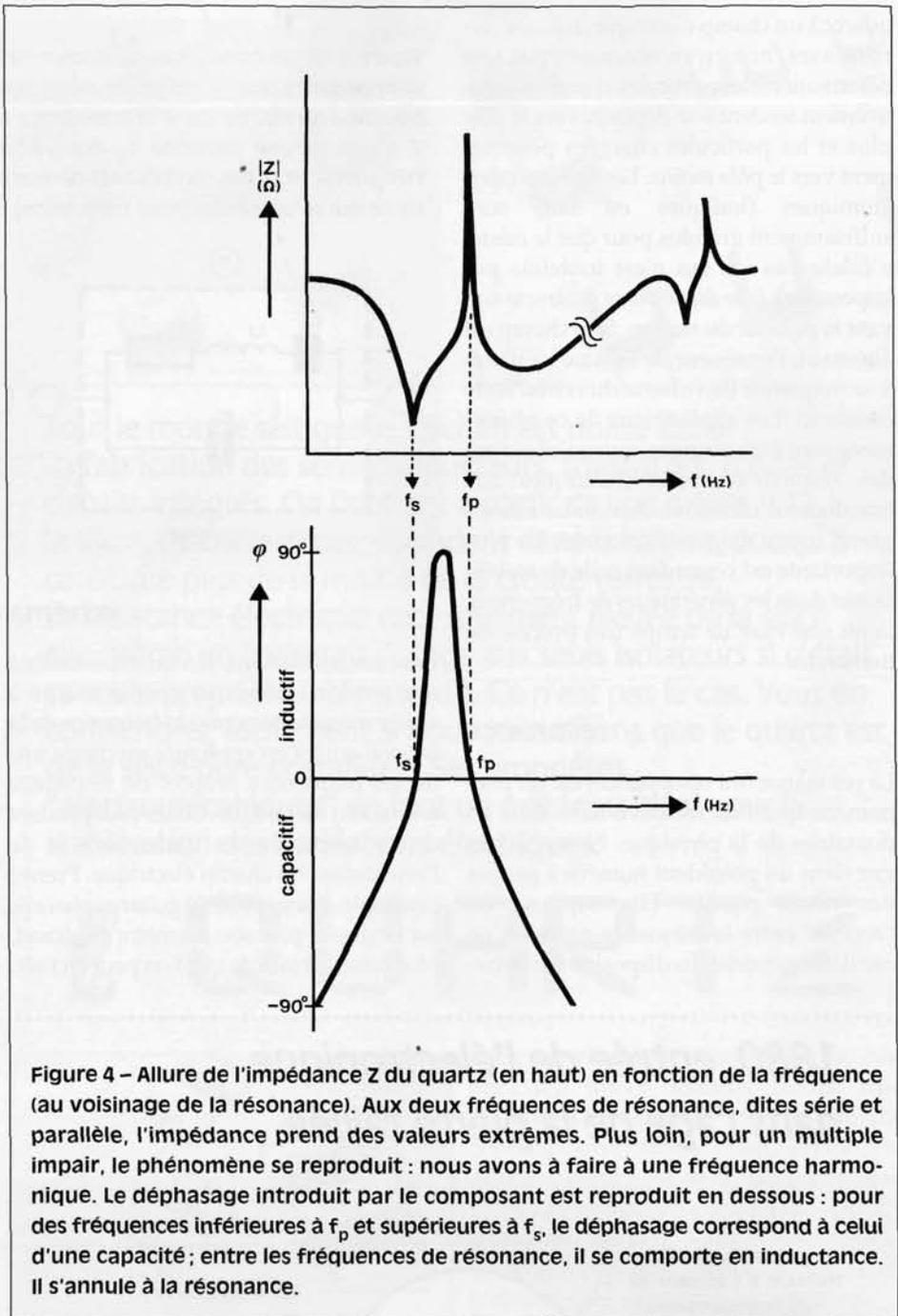


Figure 4 - Allure de l'impédance Z du quartz (en haut) en fonction de la fréquence (au voisinage de la résonance). Aux deux fréquences de résonance, dites série et parallèle, l'impédance prend des valeurs extrêmes. Plus loin, pour un multiple impair, le phénomène se reproduit : nous avons à faire à une fréquence harmonique. Le déphasage introduit par le composant est reproduit en dessous : pour des fréquences inférieures à f_p et supérieures à f_s , le déphasage correspond à celui d'une capacité ; entre les fréquences de résonance, il se comporte en inductance. Il s'annule à la résonance.

(troisième harmonique), ou à des fréquences correspondant à la cinquième, à la septième ou à la neuvième harmonique. Tout ceci est bien bon mais semble devoir poser problème à notre oscillateur à quartz : nous ne sommes plus très sûrs maintenant de la stabilité de sa fréquence. C'est un fait qu'aux basses fréquences (en dessous de 4 MHz) des oscillations parasites, correspondant le plus souvent à la troisième harmonique, se superposent à la fréquence fondamentale. Les choses sont cependant relativement faciles à corriger lorsqu'elles se produisent. Cette faculté qu'a un quartz d'osciller à des harmoniques (impaires) de sa fréquence de résonance peut cependant être favorisée si l'on introduit dans le circuit un composant qui

l'y force. Pourquoi introduire cette complication ? Tout simplement parce que les quartz ont leurs limites. Si l'on veut construire un oscillateur à cristal de très haute fréquence, il faut un cristal de faible épaisseur. Un cristal dont la fréquence de résonance serait de 100 MHz par exemple aurait une épaisseur de l'ordre de 30 μm (millièmes de mm). Ceci, vous n'en doutez pas, est plutôt difficile à réaliser. Par contre, si l'on prend un cristal dont la fréquence "naturelle" est de 11,111 MHz et qu'on le force à travailler à son harmonique de rang 9, on peut obtenir l'oscillateur désiré. Il serait d'ailleurs temps d'en parler, des oscillateurs.

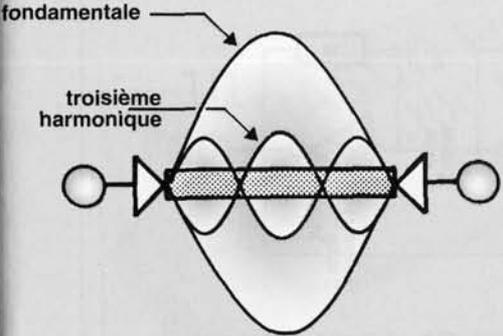


Figure 5 - Un cristal ne vibre pas qu'à la fréquence de résonance (fondamentale) mais aussi aux harmoniques de rang impair (trois fois, cinq fois, sept fois ou neuf fois la fréquence de résonance).

oscillateurs à cristaux

Un oscillateur très simple peut n'être constitué que d'un amplificateur à contre-réaction. Il n'est cependant question d'oscillations que si le signal réinjecté est en phase avec le signal d'entrée initial, et si le gain de boucle multiplié par le gain de l'amplificateur est égal à 1. Ceci veut dire que le signal réinjecté doit n'être ni plus grand ni plus petit que le signal initial. Le signal réinjecté a une **amplitude égale** à celle du signal d'entrée avec lequel il est **en phase**. Prenons l'exemple de la **figure 6** où nous avons construit un oscillateur à quartz (théorique) autour d'un amplificateur inverseur. Puisque l'amplificateur est inverseur, le signal de sortie est déphasé de 180° par rapport au signal d'entrée. Pour que le circuit se mette à osciller, il faut que la boucle de contre-réaction introduise un nouveau déphasage de 180° entre le signal de sortie et le signal réinjecté, de façon que le déphasage total soit de $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$, soit 0° . Comme nous le voyons sur la courbe du bas de la **figure 4**, le déphasage maximum introduit par le quartz est de 90° . Il faut alors qu'il oscille à une fréquence comprise entre sa fréquence de résonance et sa fréquence d'anti-résonance. Il se comporte donc comme une inductance (self, pour ceux qui ne sont pas anglophobes) qui peut, avec des condensateurs, former un circuit RLC parallèle. Les condensateurs, ici C1 et C2, sont câblés en diviseur de tension capacitif qui, du fait que son point milieu est à la masse, amène le déphasage à 180° (on peut aussi le considérer comme un transformateur capacitif à point milieu). On parle pour un tel montage de **résonance parallèle** bien que sa fréquence de travail, qui dépend aussi en définitive des valeurs de C1 et C2, se situe quelque part entre la fréquence de résonance (série) et celle d'anti-résonance (parallèle) du cristal.

résistance pure, ni inductive ni capacitive. Si nous réintroduisons le condensateur, la boucle devient-elle capacitive? Non, en fait, la fréquence tend à se décaler vers f_p , auquel cas le cristal devient inductif: le condensateur n'a d'autre rôle que de compenser cette inductance. La présence de C3 permet et favorise un déplacement de la fréquence vers f_p .

De ce qui précède nous pouvons conclure qu'en mode série il est toujours question d'un amplificateur non inverseur et qu'en mode parallèle, c'est le contraire, l'amplificateur introduit un déphasage de 180° . Les circuits présentés font travailler le quartz à sa fréquence fondamentale. Pour qu'il résonne à une fréquence harmonique, quelques aménagements sont nécessaires. En mode parallèle, comme sur la **figure 6**, on remplace C2 par un circuit résonnant parallèle réglé sur l'harmonique désirée. En mode série, on remplace C3 sur la **figure 7** par le même type de circuit réglé sur la fondamentale. La méthode n'est en fait vraiment fiable qu'en mode parallèle.

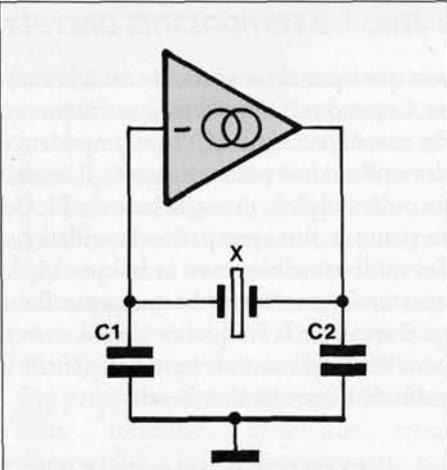


Figure 6 - Câblage théorique d'un quartz destiné à travailler en mode parallèle. Dans ce cas, l'amplificateur est inverseur, de gain unitaire, et la boucle de retour introduit un déphasage de 180° qui fait que le signal réinjecté est en phase avec le signal initial.

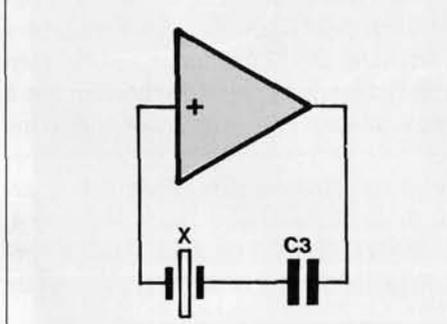
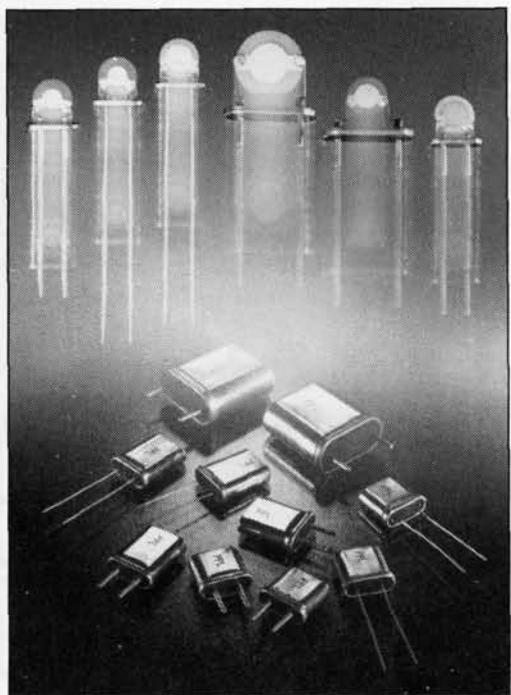


Figure 7 - En résonance série, le cristal est uniquement résistif, puisqu'il n'introduit pas de déphasage entre l'entrée et la sortie. En fait, il est nécessaire de favoriser le déplacement de la fréquence vers celle de résonance parallèle, ce que permet C3, qui compense le déphasage.

Un montage de quartz en mode série à proprement parler, ressemble à ce que représente la **figure 7**. On utilise dans ce cas un amplificateur non inverseur, qui n'introduit donc pas de déphasage entre son entrée et sa sortie. Dans la boucle de retour, si l'on fait abstraction du condensateur, le déphasage est aussi nul, puisque la fréquence de travail du quartz est celle désignée sur la figure 4 par f_s . Dans ce cas, le cristal peut être considéré comme une



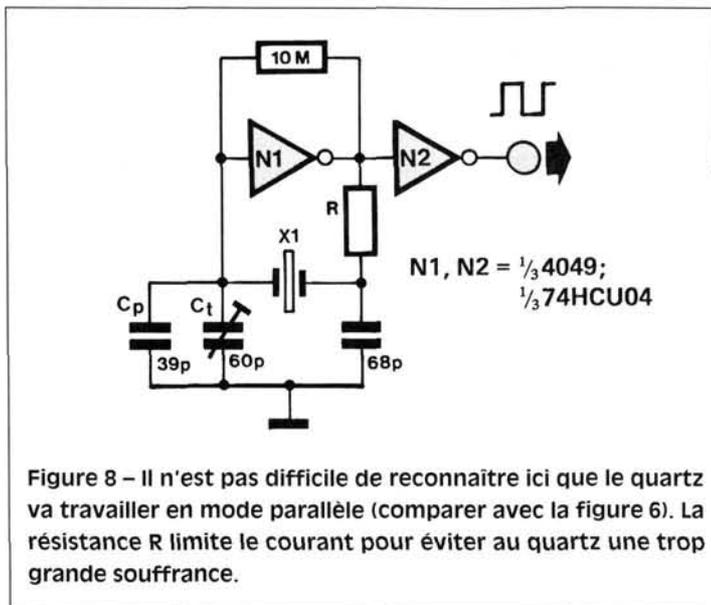


Figure 8 – Il n'est pas difficile de reconnaître ici que le quartz va travailler en mode parallèle (comparer avec la figure 6). La résistance R limite le courant pour éviter au quartz une trop grande souffrance.

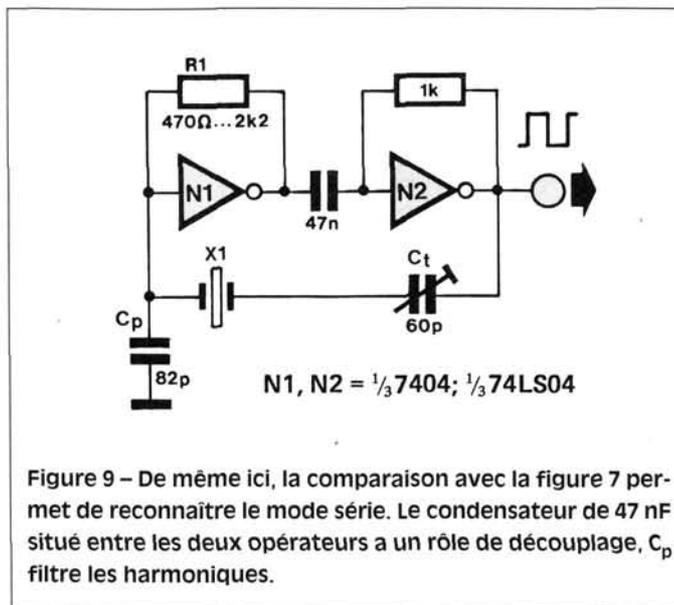


Figure 9 – De même ici, la comparaison avec la figure 7 permet de reconnaître le mode série. Le condensateur de 47 nF situé entre les deux opérateurs a un rôle de découplage, Cp filtre les harmoniques.

oscillateurs avec opérateurs logiques intégrés oscillateurs à composants discrets

Des circuits purement descriptifs des figures 6 et 7 à la réalité, il y a encore une étape à franchir. Commençons par le mode parallèle, identifiable sur la figure 8 où nous avons un oscillateur construit autour d'un premier inverseur, tamponné par un second. Pour transformer la porte en amplificateur, nous bouclons la sortie sur l'entrée par une résistance de 10 MΩ qui engendre, exactement comme pour un amplificateur opérationnel, la contre-réaction nécessaire. La résistance R limite le courant qui, s'il était trop important, ferait vibrer le cristal avec une amplitude qui pourrait le détruire. Dans cette configuration, le condensateur Ct permet d'ajuster la fréquence de travail du quartz à la valeur désirée. Si ce n'est pas nécessaire, on peut laisser tomber l'ajustable et remplacer Cp par un condensateur de 56 pF.

L'oscillateur de la figure 9 comporte deux opérateurs de telle sorte que le déphasage de la sortie par rapport à l'entrée soit nul. Nous avons à faire au mode série puisque l'amplificateur n'est pas inverseur. Le condensateur de 47 nF placé entre les deux portes élimine la composante continue issue de la première, tandis que Cp filtre les harmoniques.

Il est aussi possible de réaliser un amplificateur autour d'un transistor comme sur la figure 10. L'oscillateur à proprement parler est câblé autour du transistor T1, alors que T2 sert de tampon. Le cristal fonctionne ici en mode parallèle ce qui veut dire que l'amplificateur est inverseur... Eh bien non, ce n'est pas le cas, puisqu'il n'y a pas de déphasage de 180° aux bornes du quartz pour la bonne rai-

son que l'une de ses broches est à la masse. Cependant, s'il vibrait à sa fréquence de résonance série (fs), son impédance deviendrait très petite (figure 4). Il tirerait au potentiel de la masse la base de T1. On ne pourrait plus alors parler d'oscillations. Tel qu'il est câblé, avec la bobine L1, le quartz vibrera sur une harmonique. Pour qu'il oscille à la fréquence de résonance parallèle fondamentale (anti-résonance), il suffit de laisser tomber la self.

la théorie marche-t-elle ?

Nous le savons, « Les sciences sont plus exactes que les faits qu'elles décrivent ». Ceci veut dire qu'elles permettent une approche de la réalité que celle-ci oblige à affiner. L'image que nous avons tenté de donner des oscillateurs à quartz ne cadrera pas toujours avec les faits : leur comportement n'est pas toujours idéal. Vous en trouverez un exemple sur l'oscillogramme de la figure 11. C'est l'image des variations de l'impédance (est-ce bien vrai ?) d'un quartz de 10 MHz identique à ceux qui sont utilisés, par exemple, dans les bases de temps d'ordinateurs. Comparez pour commencer le début de la courbe de la photo avec celle de la figure 4, vous y constaterez un défaut, une inversion peut-être, qui tient aux conditions de

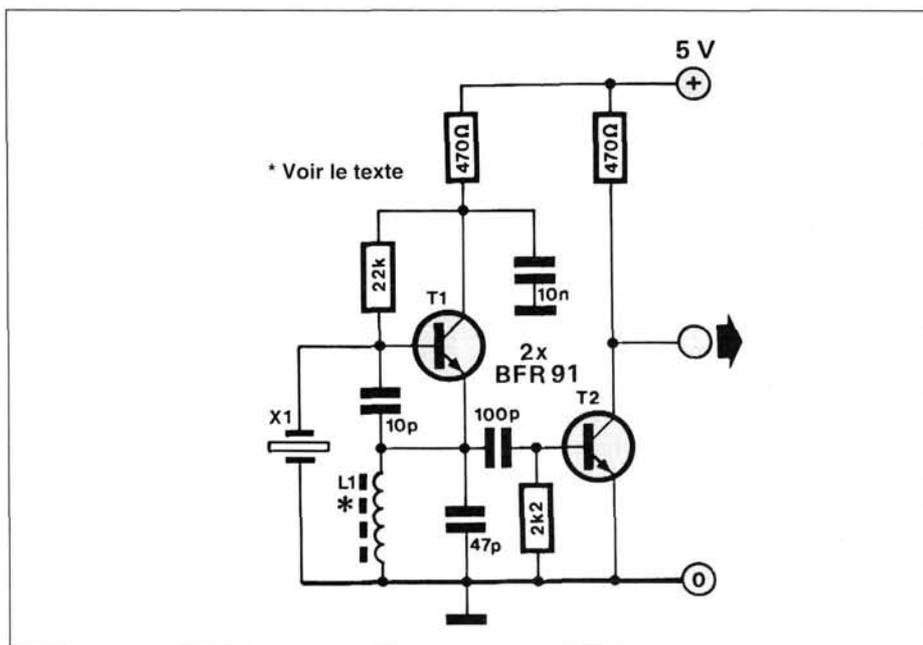
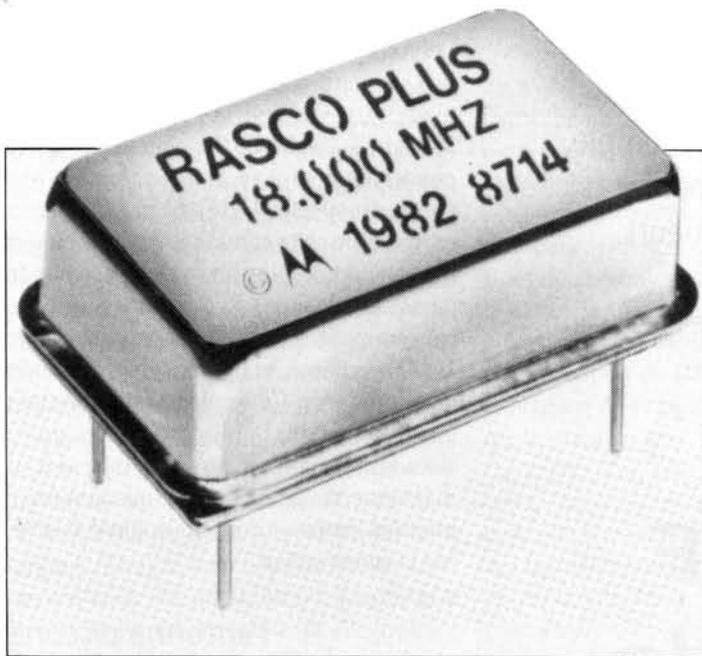


Figure 10 – Mode série ? Mode parallèle ? Il n'est pas possible que le quartz ici vibre en mode série (court-circuit de la base à la masse), il est donc en mode parallèle. La self L1 l'oblige d'ailleurs à osciller à une fréquence harmonique. Pour qu'il résonne sur la fondamentale, il suffit de supprimer la self.



la mesure. Nous y reviendrons. Nous constatons pour l'instant à côté des deux premiers pics, l'un supérieur, l'autre inférieur, qui correspondent aux fréquences de résonance aigue de la figure 4, f_s et f_p , d'autres pics de résonance. Ces pics sont à des fréquences trop proches pour être des harmoniques des premières. Chaque division horizontale de l'écran représente 50 kHz, ce qui permet de douter de l'absolue précision de la fréquence d'horloge. Pour terminer, avez-vous trouvé "l'erreur"? L'image inversée que nous avons sur l'écran vient de ce que nous n'avons pas mesuré l'impédance mais son inverse, l'admittance, faculté qu'a un conducteur de laisser passer le courant alternatif (l'impédance étant la faculté qu'il a de s'y opposer).

886062

Remerciements à M. Marc Mourey, ingénieur de recherches au laboratoire de chronométrie électronique et piézo-électricité de l'université de Besançon pour sa relecture attentive de cet article.

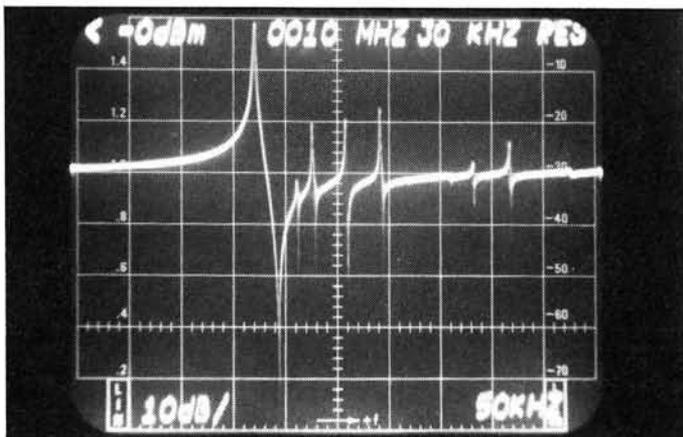


Figure 11 - Faut-il douter de la théorie à la vue de cette photo qui représente l'évolution de l'admittance (inverse de l'impédance) d'un quartz de 10 MHz à ses fréquences de résonance et à des fréquences supérieures? Il n'est pas possible de parler de résonances harmoniques pour les extremums qui suivent les premiers puisque nous avons sur l'échelle horizontale 50 kHz par (grande) division de l'écran. Artefacts, imperfection du quartz, ou de la "théorie", nous ne déciderons pas.

astuce



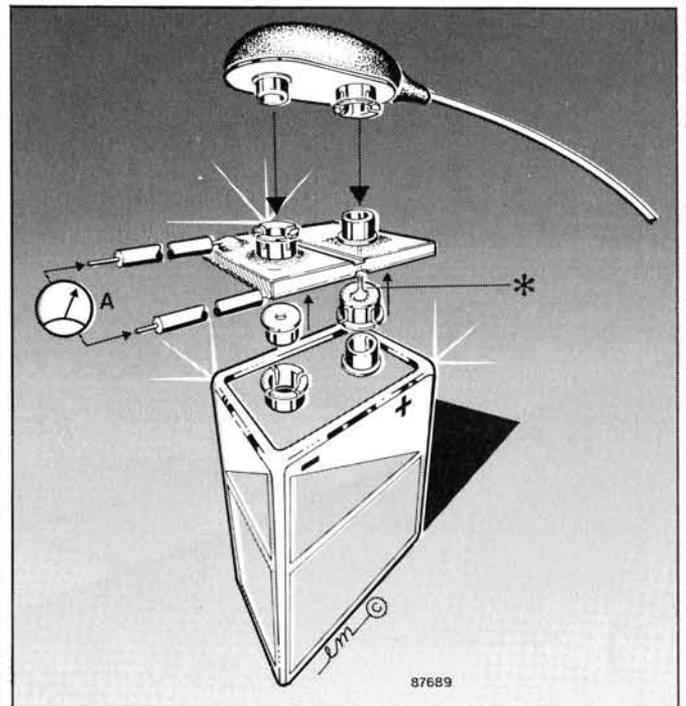
accessoire pour la mesure du courant débité par une pile de 9 V



Mesurer la consommation en courant (assis ou debout) d'un montage ou d'un appareil n'est pas en soi un problème : il suffit de couper un fil de l'alimentation et d'insérer l'ampèremètre en série dans la coupure. Ensuite, on rafistole. Une autre solution consiste à mesurer la tension aux bornes d'une résistance connue avec précision : il faut là aussi opérer c'est-à-dire ouvrir l'appareil.

Si le dispositif est alimenté par une pile de 9 V nous avons un accessoire pratique et facile à fabriquer à vous proposer. Il faut disposer des boutons-pression (* sur l'illustration ci-dessous) d'une paire de piles usagées et d'une chute de plaque cuivrée double face.

Commencez par diviser en deux parties chaque face cuivrée de la platine. Reliez ensuite électriquement deux des surfaces superposées, du côté "plus" par exemple. Soudez les connecteurs, après un bon dégraissage, puis équipez les deux faces non reliées, du côté "moins" dans notre exemple, d'un fil de connexion pour l'ampèremètre.

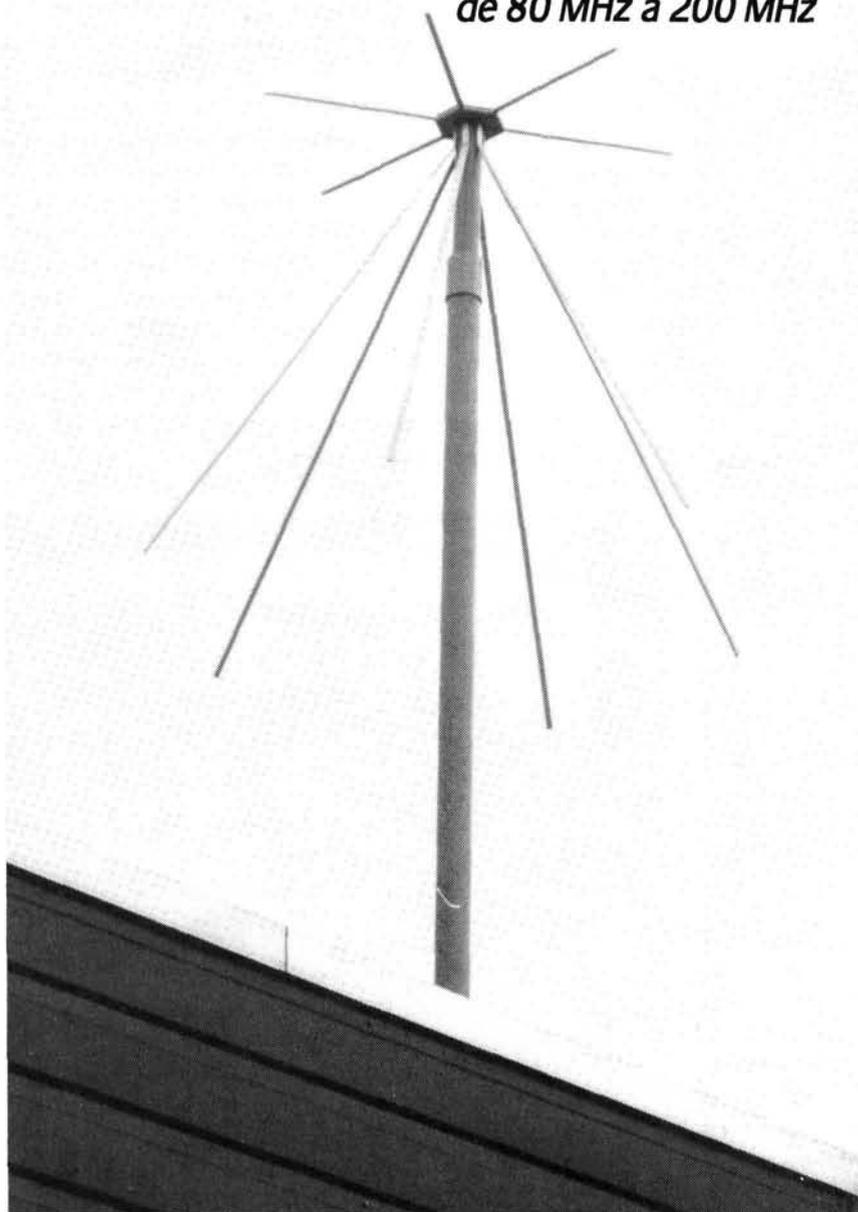


Une chaîne ne vaut guère plus que le plus faible de ses maillons. C'est vrai aussi en électronique. La qualité du son d'une chaîne HiFi, par exemple, quelle que soit la perfection de ses composants, ne sera au mieux que celle des haut-parleurs, maillons réputés faibles.

Dans le cas d'un récepteur, la qualité de réception est au mieux celle que permet l'antenne.

antenne VHF à large bande

*une antenne spéciale pour la bande
de 80 MHz à 200 MHz*



Les récepteurs à balayage automatique, dits *scanners*, peuvent surveiller une large plage du spectre des fréquences, de 80 MHz à 180 MHz (les émissions de la police, des pompiers, le trafic aérien et une partie du spectre UHF). Si nous voulons capter toute cette gamme avec une seule et même antenne, elle devra avoir une bande passante très large. Les antennes utilisées couramment ont une bande passante de 10 MHz environ, et on parle déjà de bande passante large. Cette plage est nettement insuffisante pour l'utilisation d'un *scanner*, aussi faut-il avoir recours à un type spécial d'antenne, du genre de celle que montre la photo ci-contre et dont nous allons examiner la construction.

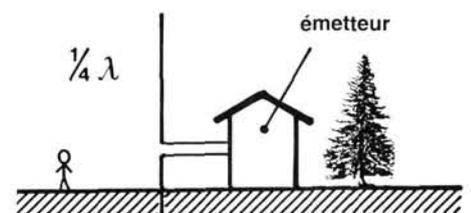
l'antenne discone

Ce nom barbare sonne agréablement aux oreilles des amateurs de *scanners*, car il désigne l'une des meilleures antennes pour ce genre de sport. Hélas, elle résulte d'un compromis. Pour permettre de bonnes réceptions sur une bande aussi large que possible, elle doit être suivie d'un amplificateur. C'est-à-dire que la réception avec une antenne *discone* est toujours moins bonne qu'avec l'antenne accordée la plus élémentaire, le dipôle. Cependant, la largeur de bande de l'antenne *discone* compense largement le faible gain, si bien qu'on peut affirmer qu'elle est sans aucun doute l'antenne de *scanner* idéale. De plus, c'est une antenne omnidirectionnelle, avec une sensibilité égale dans toutes les directions. Il est donc inutile de l'installer sur un système rotatif télécommandé.

l'antenne Marconi

Le principe de l'antenne *discone* dérive de celui de l'antenne Marconi : un fouet dont la longueur est égale au quart de la lon-

Figure 1 – Le fonctionnement de l'antenne *discone* correspond à celui de l'antenne Marconi, composée d'un fouet d'un quart de longueur d'onde.



gueur d'onde sur laquelle elle est accordée. Pour fonctionner correctement, ce genre d'antenne doit être monté au-dessus d'une surface bonne conductrice de l'électricité. La **figure 1** montre schématiquement la disposition à adopter. Vu les dimensions de la tige, ou *boom**, l'antenne est prévue pour une fréquence relativement basse. Cette disposition fonctionne aussi pour les VHF et les UHF, mais comme ces ondes très courtes ou ultra-courtes ne se propagent pas, en principe, au-delà de l'horizon, on a tout intérêt à placer l'élément rayonnant aussi haut que possible. Plus l'antenne sera installée haut, plus sa portée sera longue. (Malgré les bulles et autres décisions d'autorités infaillibles, il semble que la terre soit ronde et même qu'elle tourne.) Cependant il n'est pas possible d'élever une antenne Marconi pour compenser la rotondité de la terre sans se priver du même coup de la proximité du sol, nécessaire à son bon fonctionnement. La solution consiste à élever le sol avec l'antenne, ou plutôt à élever le plan conducteur qui permet le fonctionnement de l'antenne. Il existe pour cela un moyen plus simple que de construire une colline.

le plan de sol

Une des conditions de fonctionnement de l'antenne Marconi est qu'elle soit installée sur une surface conductrice de l'électricité. Peu importe en fait que cette surface soit la terre elle-même ou une plaque métallique de dimensions suffisantes. Il va de soi que la plaque métallique est la seule solution possible pour installer une antenne à plusieurs mètres du sol. L'exemple parfait est l'antenne-fouet quart-d'onde installée sur

un toit de voiture. Si vous devez monter l'antenne en haut d'un mât, vous arriverez peut-être à la conclusion que la plaque métallique n'est pas vraiment l'idéal. Heureusement, il est inutile que le plan de sol soit totalement conducteur ; trois ou quatre tiges horizontales semblent constituer un plan de sol artificiel suffisant. Une antenne *ground-plane* construite suivant ce principe prend l'aspect de la **figure 3a**.

L'antenne de la figure 3a semble parfaitement satisfaisante, mais on en rencontre rarement. Le plus souvent les tiges qui constituent le plan de sol ne sont pas disposées horizontalement mais, comme sur la **figure 3b**, selon un angle de 45° approximativement. Cette modification permet de relever l'impédance de 36 Ω à environ 50 Ω, et d'obtenir ainsi une meilleure adaptation à l'étage d'entrée du récepteur.

un disque à la place du fouet

Le radiateur vertical de l'antenne Marconi peut être considéré à lui tout seul comme un circuit résonnant parallèle composé d'un condensateur et d'une inductance. Cela peut paraître invraisemblable, mais il faut savoir que le fouet, comme n'importe quel morceau de fil, est une inductance. D'autre part, le fouet et le plan de sol, conducteurs et isolés, peuvent être considérés comme les armatures d'un condensateur. Ce condensateur se trouve en parallèle avec l'inductance qu'est le fouet. L'association en parallèle d'un condensateur et d'une inductance est un circuit oscillant, connu pour présenter une impédance (résistance au courant alternatif) minimale

à une fréquence donnée, alors qu'elle est élevée pour toutes les autres fréquences. Ce phénomène s'appelle la résonance. La fréquence de résonance dépend de la capacité et de l'inductance mises en œuvre. Elle se calcule grâce à la formule de Thomson :

$$f_{rés} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Il est passablement difficile de calculer la valeur du condensateur et de l'inductance, mais il est évident que plus le fouet est long, plus l'inductance est importante ; plus la surface de la tige est importante, plus la capacité est forte. Il est plus facile d'évaluer les effets d'une forte capacité : plus elle est importante, plus la bande passante de l'antenne est large. Une augmentation de la surface du fouet, qui peut aller jusqu'à son remplacement par une épaisse plaque de métal, a pour résultat de rendre l'antenne utilisable sur une plus grande plage de fréquence. Pour garder identique la fréquence de résonance, il faut réduire l'inductance du fouet proportionnellement à l'augmentation de la capacité. C'est-à-dire qu'il faut le raccourcir. L'antenne *discone* qui résulte de ces considérations est toujours un fouet, ce qui n'est pas évident. Le diamètre du cylindre a tellement augmenté et la longueur a tellement diminué que le fouet est devenu un disque. Si le disque n'est pas reconnaissable sur la photo du début, c'est parce que, comme pour le plan de sol, il n'est pas nécessaire d'avoir une surface pleine. Le disque est remplacé par quelques rayons.

Prononcez *bôme*, comme pour la barre horizontale qui vous cogne la tête quand le voilier vire de bord. Il s'agit en fait du même mot néerlandais qui signifie arbre. Ont-ils l'air malin, les cibistes anglo-manes qui parlent de *boom* !

Figure 2 – Comme la terre est une sphère, la portée d'une antenne augmente avec sa hauteur.

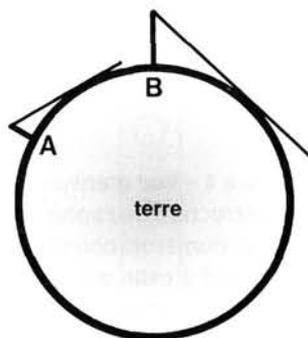


Figure 3 – Un plan de sol artificiel constitué de trois ou quatre brins rend possible l'installation en hauteur d'une antenne Marconi. Une antenne construite de cette façon s'appelle *ground-plane*. Les brins du plan de sol écartés de l'horizontale augmentent l'impédance jusqu'à 50 Ω.

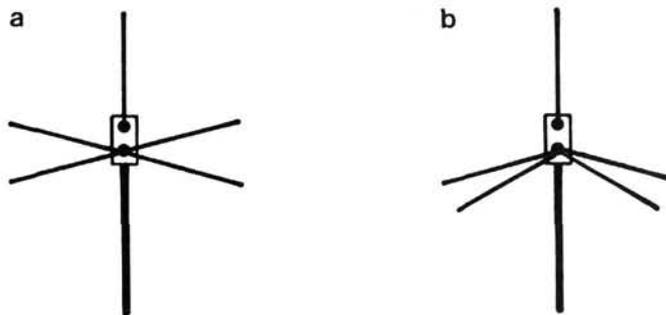


Tableau 1

- 1 6 brins du plan de sol 900×10×5 mm pliés à 30°
- 2 6 brins du radiateur 300×10×4 mm
- 3 plaque hexagonale supérieure avec 12 trous fraisés M3
- 4 plaque hexagonale inférieure avec 12 trous pour les douilles taraudées et 3 trous pour vis M3
- 5 disque en plastique pour la fixation du radiateur
- 6 disque en plastique pour la fixation de la fiche BNC
- 7 tube de PVC

la fabrication

En général il n'y a rien à souder pour construire une antenne. Le tisonnier peut donc rester froid. En revanche, il faut avoir une certaine expérience du travail des métaux pour mener l'entreprise à son terme (voir l'encadré en fin d'article).

L'antenne discone présente un avantage par rapport aux antennes « normales » : du fait de la largeur de bande, il n'y a pas de dimension critique. Une erreur de quelques millimètres n'a pas de conséquence désastreuse. Cependant il est conseillé de suivre aussi exactement que possible les instructions et de ne pas s'écarter de la description. La **figure 4** montre une vue générale de la construction et de l'assemblage. Toutes les pièces sont numérotées sur ce dessin. Les mêmes numéros sont repris dans le tableau 1 et dans la liste des composants. Cette dernière doit vous permettre de trouver tout ce qui est nécessaire dans une bonne quincaillerie. Vous n'aurez probablement pas de problème, sauf peut-être pour les écrous à sertir et les douilles taraudées.

Il est temps de sortir les mains de vos poches. Commencez par les brins du plan de sol (n°1 sur les plans). Vous utiliserez pour cela les barres d'aluminium de 1000 mm de longueur, 10 mm de largeur, 5 mm d'épaisseur, que vous percerez de 2 trous à une extrémité, conformément à la

figure 5. Les trous seront ensuite fraisés pour que les têtes de vis affleurent à la surface de l'aluminium. Si vous êtes dans une misère telle que vous ne disposez pas d'une fraise, utilisez un foret ordinaire de 7,5 mm. À l'extrémité que vous avez percée, tirez à la pointe sèche un trait à 35 mm du bord, après quoi vous pliez le brin à 30° avec un étau et un rapporteur.

Les six éléments du radiateur (n°2 sur la figure 4) demandent moins de travail. Ils sont tirés des deux barres d'aluminium de

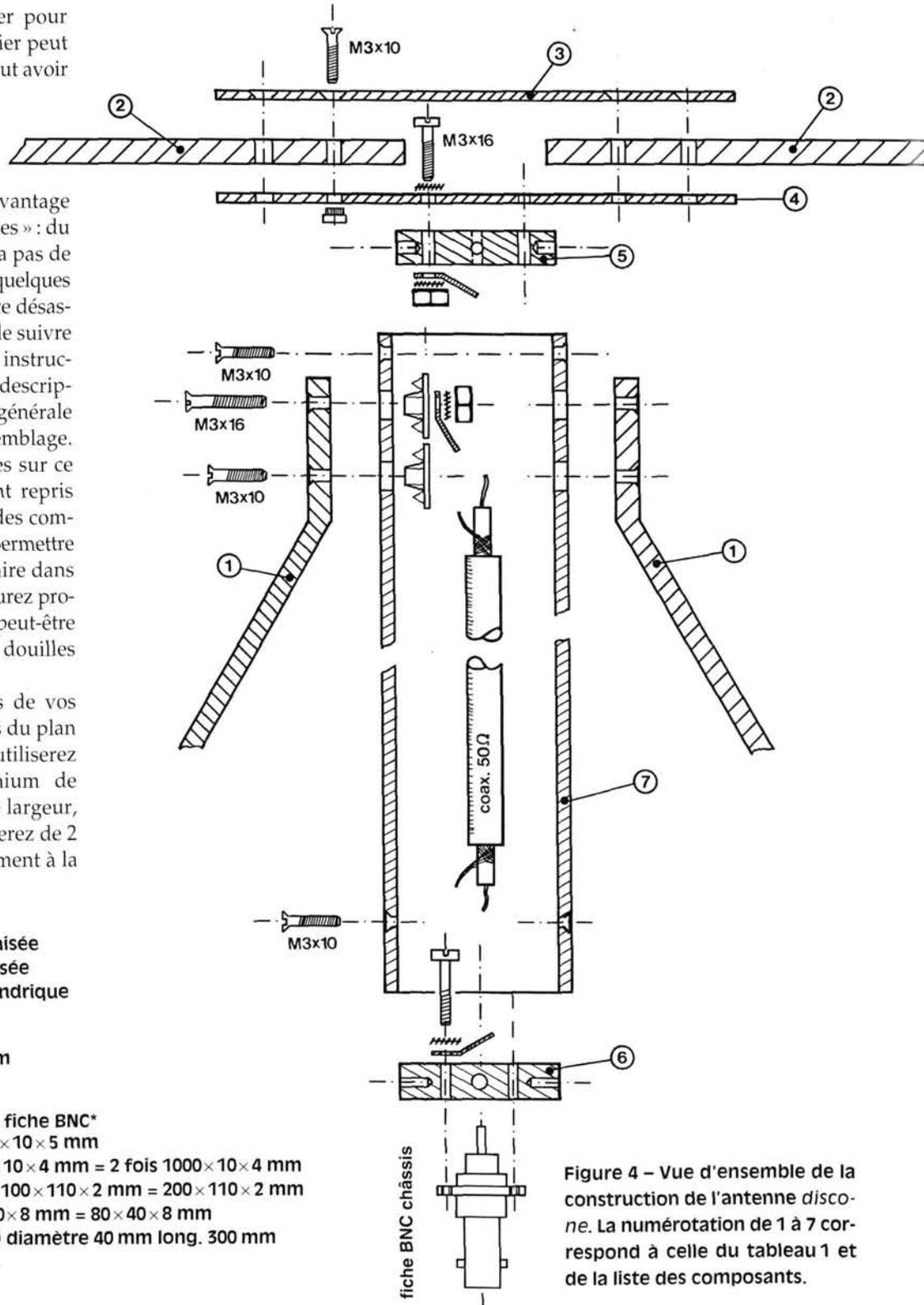


Figure 4 - Vue d'ensemble de la construction de l'antenne discone. La numérotation de 1 à 7 correspond à celle du tableau 1 et de la liste des composants.

liste des composants

- 25 vis à métaux M3×10 tête fraisée
- 6 vis à métaux M3×16 tête fraisée
- 3 vis à métaux M3×16 tête cylindrique
- 9 écrous M3
- 16 rondelles éventail M3
- 8 cosses à souder à œillet 3 mm
- 12 écrous à sertir M3*
- 12 douilles taraudées M3*
- 4 vis à tête cylindrique pour la fiche BNC*
- 6 bandes d'aluminium (1) 1000×10×5 mm
- 6 bandes d'aluminium (2) 300×10×4 mm = 2 fois 1000×10×4 mm
- 2 plaques d'aluminium (3 et 4) 100×110×2 mm = 200×110×2 mm
- 2 plaques de PVC (5 et 6) 40×40×8 mm = 80×40×8 mm
- 1 tube d'évacuation en PVC (7) diamètre 40 mm long. 300 mm
- 1 câble coaxial 50 Ω RG58 p.ex.

* voir texte

4 mm qui restent, suivant le plan de la **figure 6**. Ils sont pincés entre deux plaques hexagonales dont les cotes sont données par les **figures 7 et 8**. Les deux dessins seront d'abord reportés à l'échelle sur l'aluminium (le compas sera très utile), puis les plaques seront découpées à la scie ou à la cisaille, et enfin percées. La plaque supérieure (n°3) comporte 12 trous de 3 mm fraisés. Le diamètre des trous de la plaque inférieure (n°4) est prévu à 4 mm pour les douilles taraudées. Si vous ne pouvez pas

vous en procurer, utilisez des écrous ordinaires et percez à 3 mm. Toutes les opérations énumérées ci-dessus peuvent être groupées pour permettre un travail plus rationnel. Tracez toutes les pièces, pointez tous les trous. Groupez les perçages, puis les fraisages (on passe quelquefois plus de temps au changement d'outil qu'au travail proprement dit). Le perçage des deux plaques du radiateur peut se faire en une seule fois si vous fixez correctement les deux plaques ensemble.

Les trous de la plaque inférieure, même s'ils doivent être agrandis à 4 mm, seront alignés très précisément avec ceux de la plaque supérieure. Vous n'aurez ainsi qu'un traçage à effectuer, et vous éviterez les difficultés d'assemblage dues à de petites différences de position des trous. Les deux plaques de matière plastique seront découpées pour donner deux disques qui entrent dans le tube de PVC. Chaque disque sera percé d'une série de trous sur les faces et sur le chant, comme le montre la **figure 9**. Les trous des chants seront taraudés M3. Dans le PVC, il vaut mieux se contenter de passer le taraud ébaucheur et le « demi ». La matière est trop molle pour supporter le finisseur, surtout avec des filets aussi fins. Si vous n'avez pas l'expérience du taraudage, prévoyez plusieurs plaques pour vous faire la main. Quand vous aurez cassé deux ou trois tarauds dans le plastique, refaites deux plaques, percez les trous de chant à 2 mm, ne les taraudez pas et fixez les disques avec des vis Parker (auto-taraudeuses) de 2,9 mm.

Vient enfin le tube de PVC. La figure 9 indique une longueur de 250 mm, mais vous pouvez fort bien la porter à 300 mm ou plus. Il y a 19 trous à percer, dont 7 fraisés pour les vis de fixation des deux plaques circulaires. La précision du traçage est déterminante pour la facilité d'assemblage. Si vous ne trouvez pas d'écrous à sertir, percez à 3 mm et utilisez des écrous ordinaires. Ils seront plus difficiles à mettre en place, mais ce n'est pas impossible.

l'assemblage

La fabrication des pièces terminée, il reste à les assembler suivant la figure 4. L'ordre des opérations est important :

- 1 - Forcez à l'étau les douilles filetées dans leurs trous de la plaque inférieure (4).
- 2 - Fixez la plaque inférieure (4) sur le disque de plastique (5) à l'aide des 3 vis M3 à tête cylindrique. Montez une rondelle éventail à chaque extrémité des vis et une cosse à souder sous l'un des écrous.
- 3 - Montez sur la plaque inférieure (4) les six brins du radiateur (2) et la plaque supérieure (3). Les vis à utiliser sont les M3×10 à tête fraisée.
- 4 - Fixez les six brins du plan de sol (1) au tube de PVC (7). Utilisez pour cela 6 vis M3×10 en bas, 6 vis M3×16 en haut.
- 5 - Enfilez et fixez par un écrou M3 une cosse à oeillet M3 sur chacune des vis de 16 mm. Reliez ensuite les 6 cosses entre elles par un fil soudé. Vérifiez à l'ohm-

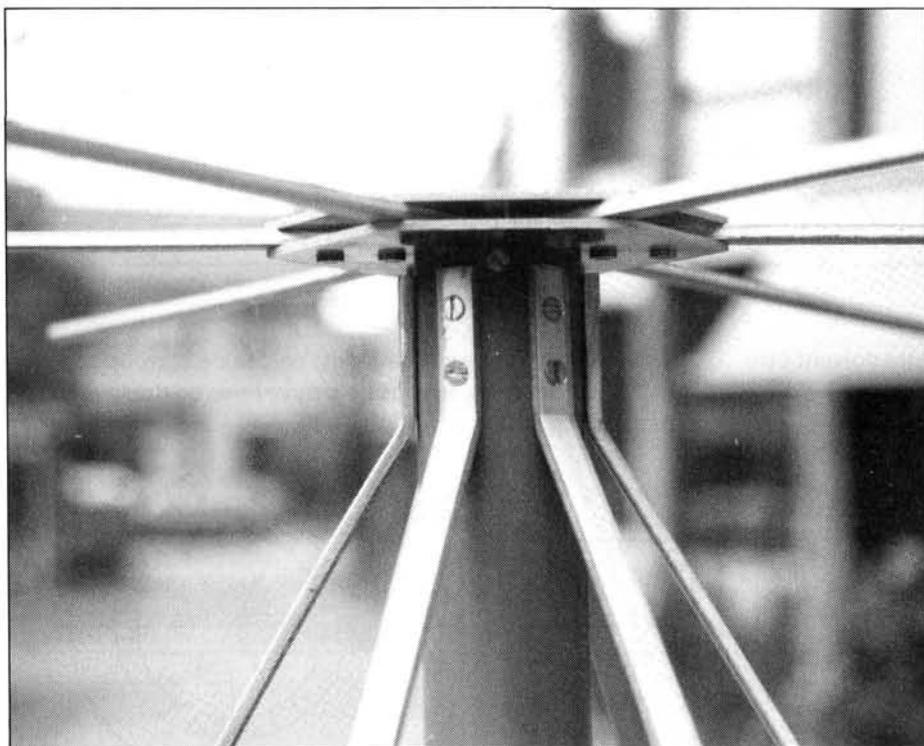
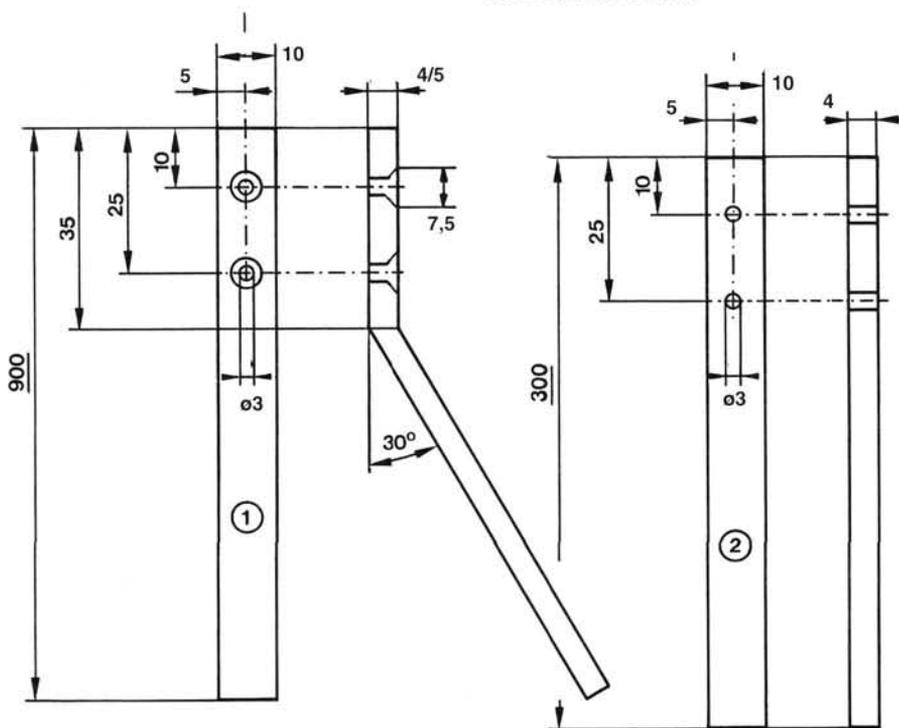


Figure 5 – Les six brins du plan de sol sont exactement identiques.

Figure 6 – Les six éléments du radiateur sont tirés des deux barres d'aluminium de 1000×10×4 mm.



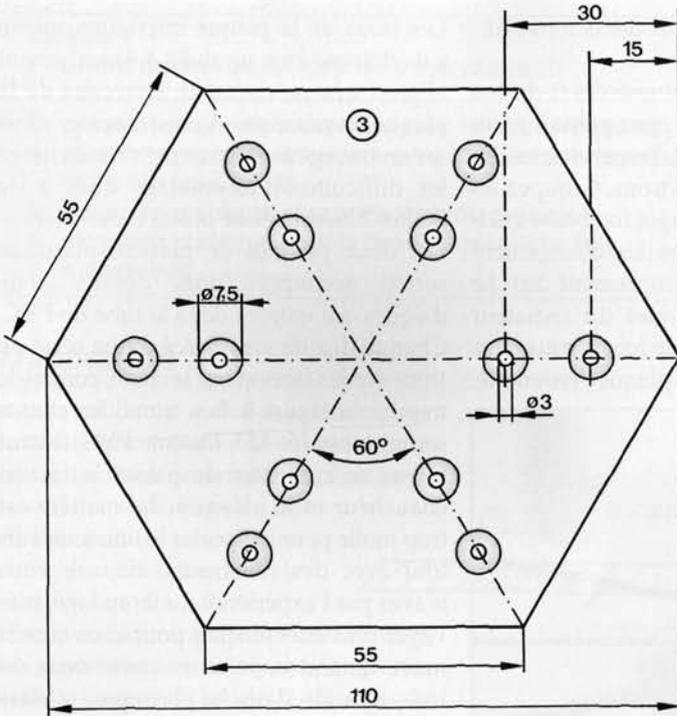


Figure 7 – Tous les trous de la plaque supérieure doivent être fraisés.

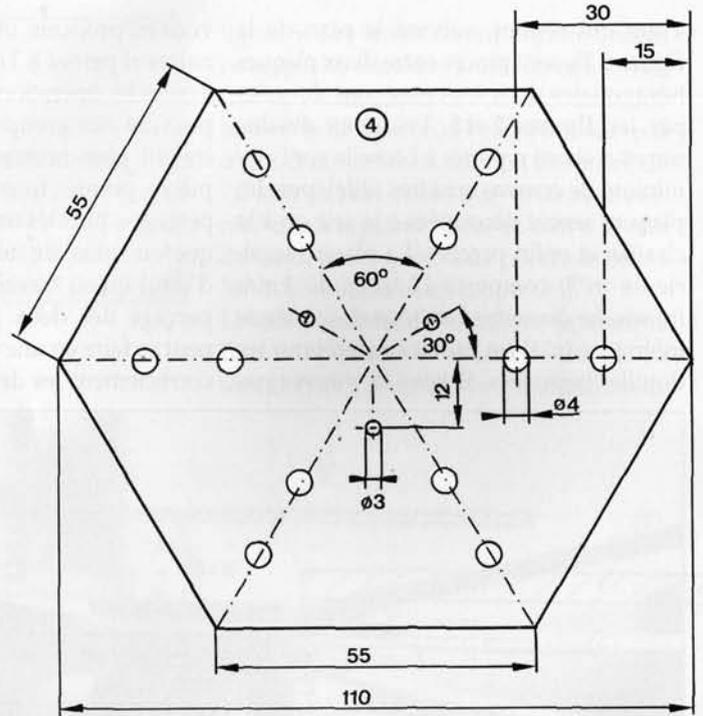


Figure 8 – La plaque inférieure est percée de 12 trous de 4 mm et 3 trous de 3 mm. Si vous ne trouvez pas de douilles taraudées, percez tous les trous à 3 mm.

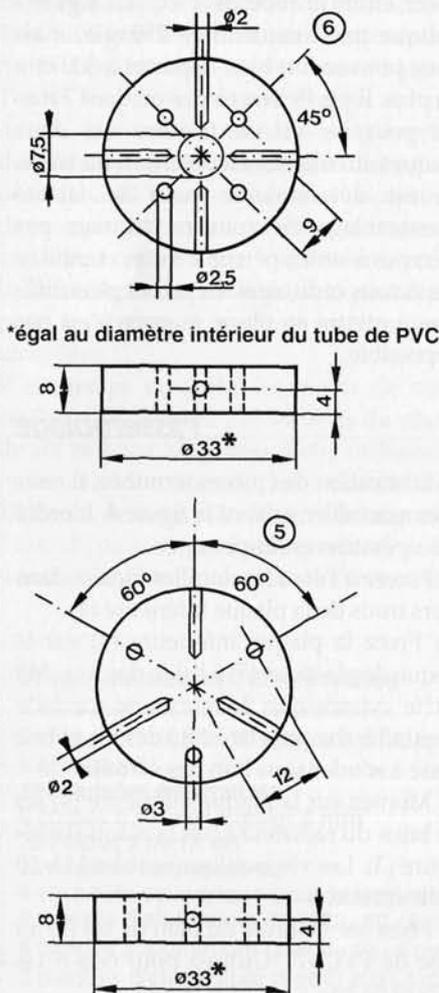


Figure 9 – Découpez et limez les deux plaques de matière plastique pour la fixation du radiateur (5) et de la prise BNC (6). Les trous dans le chant des plaques doivent être taraudés pour des vis M3.

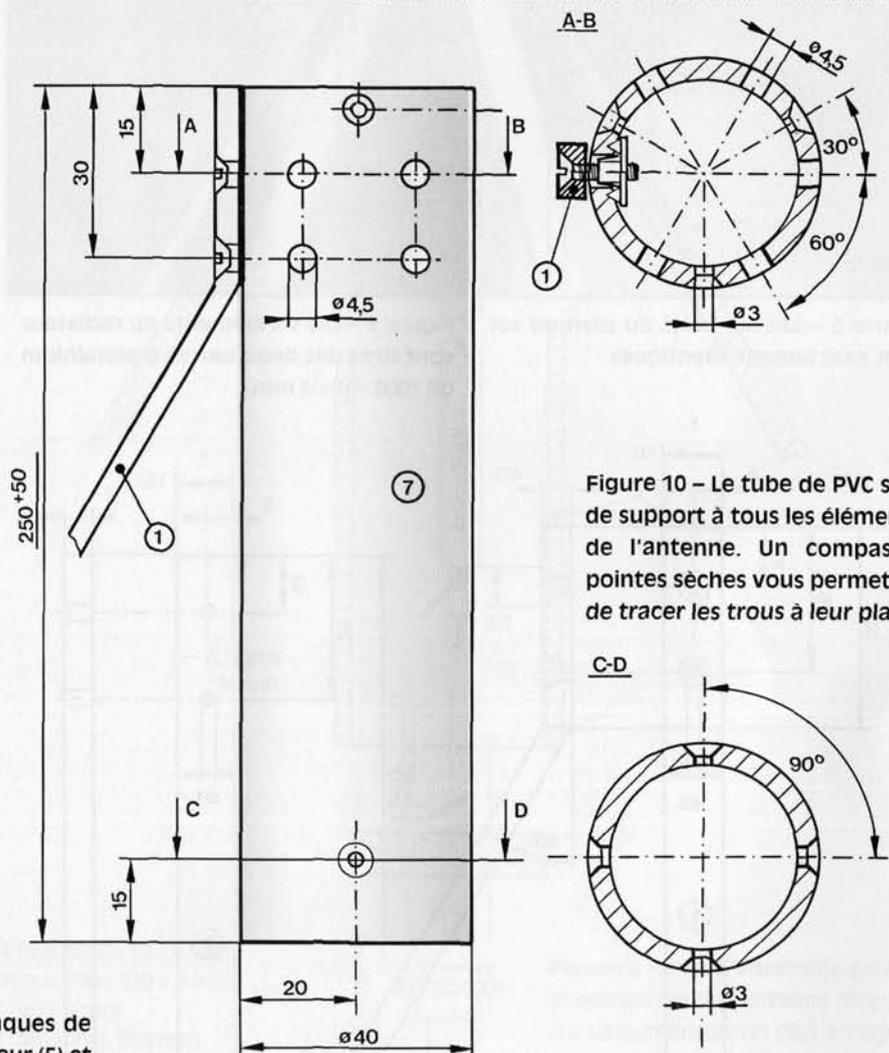


Figure 10 – Le tube de PVC sert de support à tous les éléments de l'antenne. Un compas à pointes sèches vous permettra de tracer les trous à leur place.

mètre la connexion électrique entre les six brins.

6 - Prenez un morceau de coaxial d'une longueur supérieure de 10 cm à celle du tube de PVC. Dénudez les deux extrémités sur environ 3 cm. Enfilez le câble dans le tube et soudez le blindage à l'une des cosse. Soudez l'âme à la cosse du radiateur et vissez le disque de plastique (5) dans le tube de PVC.

7 - Vérifiez à l'ohmmètre qu'il n'y a pas de court-circuit entre le radiateur et le plan de sol, entre le blindage et l'âme du câble coaxial.

8 - Montez la fiche BNC dans la plaque de plastique inférieure (6). La bride comporte habituellement quatre trous taraudés, mais à un pas podométrique (en fractions de pied) pour lequel vous risquez de ne pas trouver de vis assez longues. Repassez

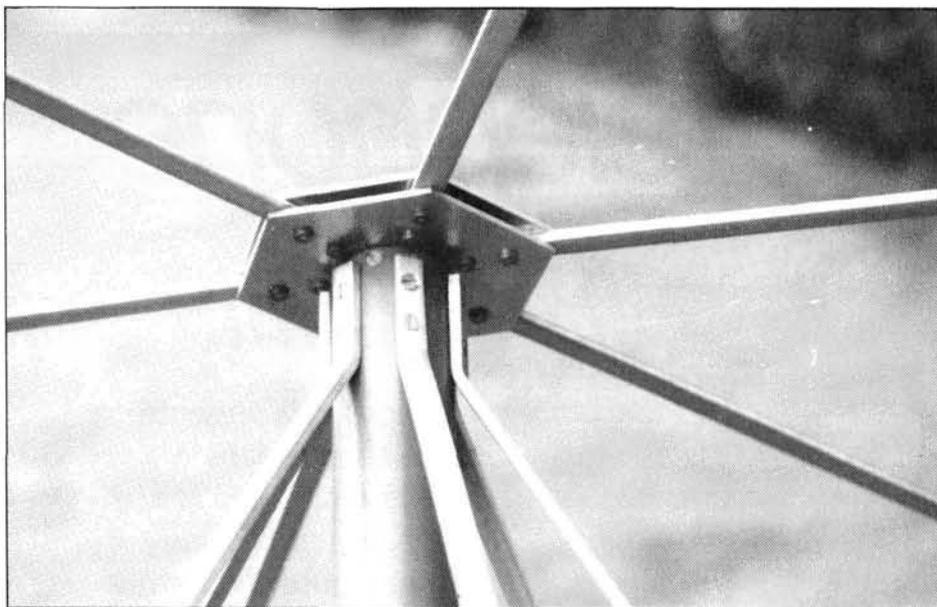
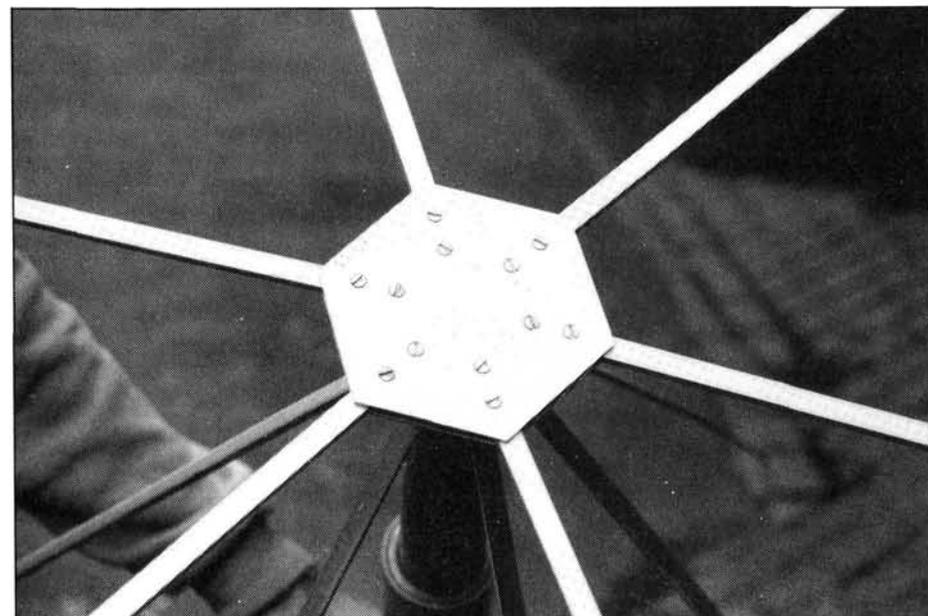
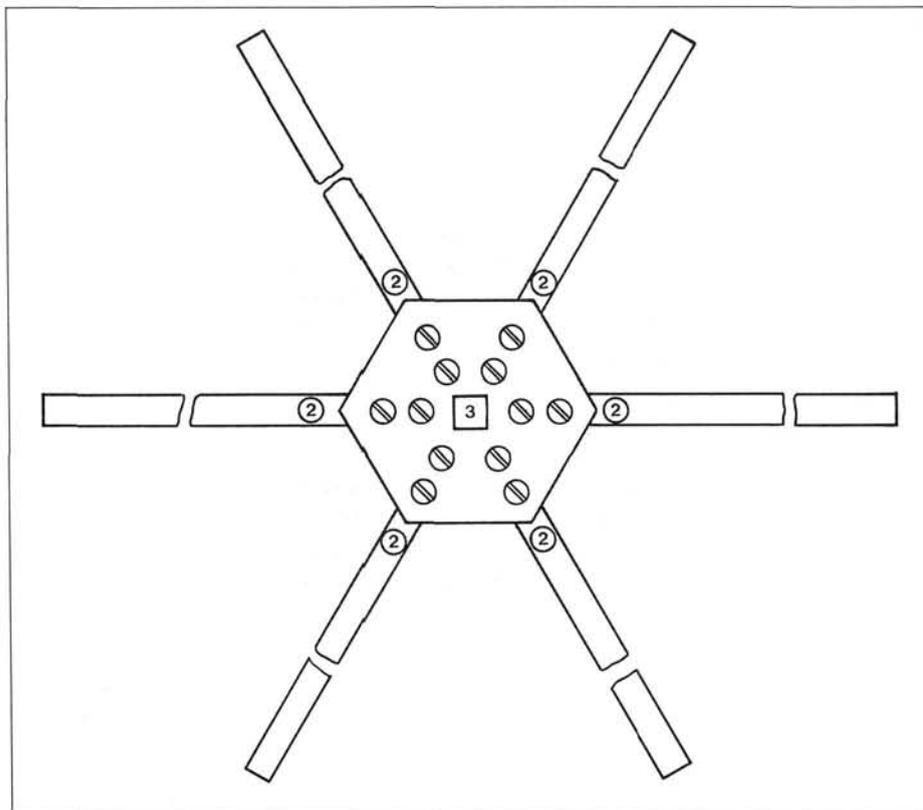


Figure 11 - Le radiateur assemblé.



dans les trous un foret de 3 mm et utilisez des vis M3 et des écrous. N'oubliez pas la cosse de 3 mm sous l'une des têtes de vis.

9 - Connectez le câble coaxial à la fiche BNC et fixez le disque de plastique (6) au bas du tube de PVC. Vérifiez encore une fois s'il n'y a pas de court-circuit entre l'âme et le blindage.

Votre antenne discone est prête, il ne reste qu'à lui trouver une place sur le toit. Ne choisissez pas un emplacement à proximité d'une autre antenne, ni au milieu d'un mât métallique. Le fonctionnement est fortement dégradé si un tube ou une autre pièce métallique se trouve entre les éléments du radiateur.

886139

le travail du métal

La construction de l'antenne discone comporte une part assez importante de travail du métal. Pour ceux qui n'ont pas encore beaucoup d'expérience, voici quelques trucs qui peuvent leur épargner bien des misères.

1 - Toutes les cotes des plans sont exprimées en millimètres.

2 - Pour le traçage, utilisez une pointe à tracer aiguisée et un réglet. Un compas à pointes sèches est fort utile, pour ne pas dire indispensable. Il faut accorder à cette phase du traçage autant de soin que possible, afin que tous les trous soient à leur place exacte et que l'assemblage se passe sans problème.

3 - Avant de commencer à percer, marquez le centre de tous les trous au pointeau (ou, à défaut, avec une pointe).

4 - Percez avec une perceuse à colonne, ou avec une perceuse à main montée sur un support vertical. Fixez la pièce à percer dans un étau ou avec des serre-joints, surtout les pièces les plus petites. N'utilisez que des forets bien affûtés, ou neufs si vous avez un doute.

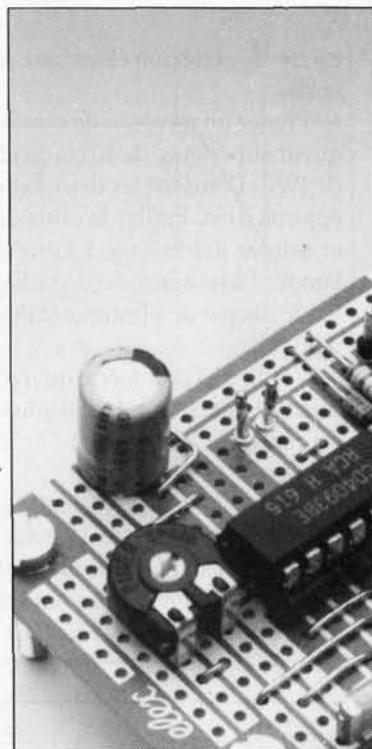
5 - Ebavurez les trous après le perçage, par exemple avec une lime, un couteau balaise, ou un alésoir qui est fait pour cela.

6 - Le taraudage est un art en soi, demandez une démonstration à votre quincaillier si vous disposez d'un peu de temps.

7 - Utilisez des vis traitées contre la corrosion, zinguées ou cadmiées, et peignez le tout.

téléphone gazouillis

Encore une ? Nous avons déjà présenté une sonnerie de téléphone dans le numéro 50 d'ELEX, en décembre de l'année dernière. Si nous en présentons une nouvelle, ce n'est pas faute d'idées neuves, mais parce qu'une bonne idée reste bonne tant qu'on n'a pas envisagé toutes les variations possibles.



Le montage de décembre 1992 faisait appel à un vibreur piézo pour remplacer le timbre électro-mécanique. Il était vite réalisé, et permettait de changer à peu de frais le son de votre téléphone. Il a eu un succès imprévu... *intra muros*. Tous ceux qui savent plus ou moins tenir un fer à souder –si, si, il y en a quelques-uns à la rédaction– se sont mis à fabriquer leur propre version de ce montage. Avec le temps, c'est même devenu un sport : obtenir la sonnerie de téléphone la plus horrible ! Les résultats ont dépassé toutes les espérances. La bienséance nous interdit d'écrire ici les seuls mots qui seraient propres (!) à décrire certaines des sonneries. Imaginez le croisement entre un corbeau enroué et un poulet de batterie bronchitique... Vu le succès constaté ici,

nous ne doutons pas de faire plaisir à de nombreux lecteurs en proposant une nouvelle version. Nous avons écouté les différentes sonneries, au risque de lésions définitives de l'appareil auditif, et nous nous sommes arrêtés sur un modèle acceptable : un gazouillis.

biopsie d'un oiseau rare

Si vous nous demandez de quelle race d'oiseau le montage de la **figure 1** imite le cri, vous risquez d'attendre longtemps la réponse. Selon l'auteur du montage, il s'agit d'une race qui reste à découvrir. Comme la personne en question est coutumière de ce genre de réponses, nous ne nous sommes pas appesantis. Vous trouverez la réponse vous-même, quand vous

aurez construit le circuit, auquel nous allons nous intéresser maintenant.

Comme pour la sonnerie publiée précédemment, l'entrée est constituée par une résistance de sécurité (R1), un condensateur de couplage (C1) qui provoque en même temps une chute de tension et un pont redresseur (D1 à D4). Le signal de sonnerie arrive aux points (a) et (b). Il s'agit d'une tension sinusoïdale à 50 Hz de 100 V d'amplitude de crête, qui remplace les 48 V continus de la ligne en attente. Cette tension alternative est appliquée, à travers les composants énumérés plus haut, au condensateur de lissage C2, qui aplanit quelque peu la tension redressée. Après ce condensateur, nous trouvons la résistance R2, dont le rôle sera expliqué plus loin, et la diode zener D5, dont le rôle

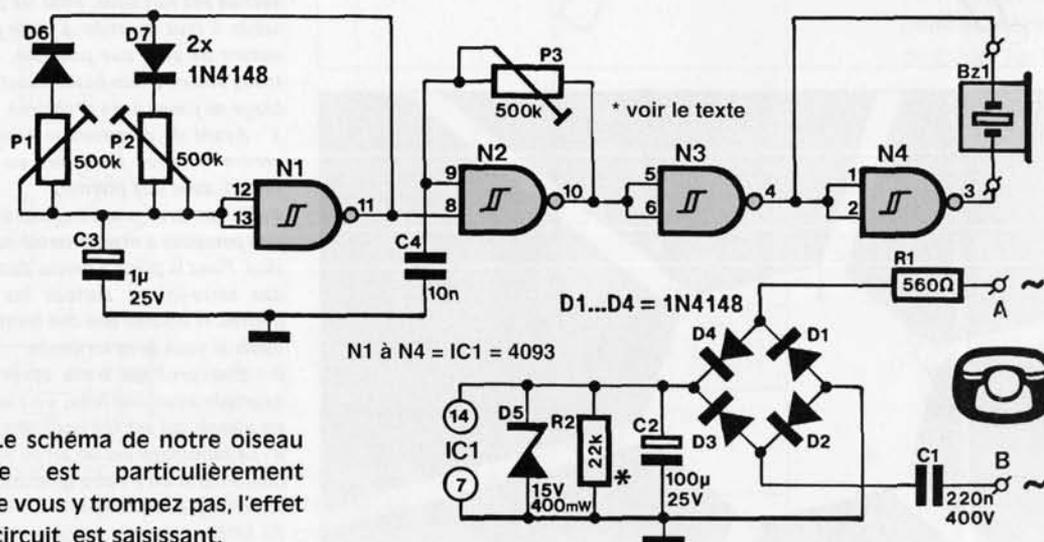
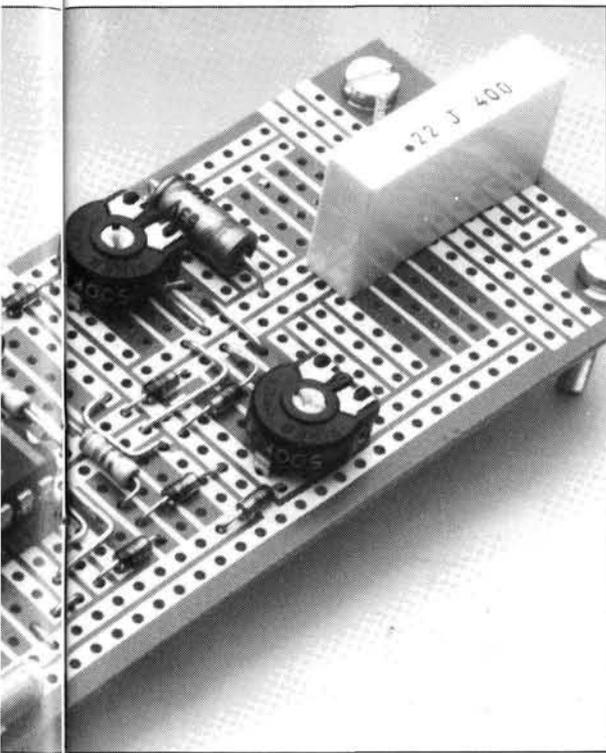


Figure 1 – Le schéma de notre oiseau électronique est particulièrement dépouillé. Ne vous y trompez pas, l'effet de ce petit circuit est saisissant.



cachez un oiseau dans votre téléphone



sonnerie, la tension redressée apparaît au pôle positif du pont redresseur. Non seulement le circuit intégré IC1 se trouve alimenté par une tension de 15 V, mais le condensateur C2 se charge à la même tension. Jusque là, rien de particulier. Au moment où le signal de sonnerie disparaît, le condensateur C2 se décharge presque exclusivement à travers R2, car la consommation du reste du montage est insignifiante. Cette décharge n'est pas instantanée, elle demande un certain temps. Par conséquent, le gazouillis ne s'arrête pas brutalement, il s'éteint doucement après que le signal de sonnerie a disparu. La **photographie 2** montre sur l'écran d'oscilloscope la tension d'alimentation aux bornes du condensateur C2 (trace supérieure) et le train d'impulsions de sonnerie (trace inférieure) aux points (a) et (b). Il est évident qu'elle décroît lentement après la disparition de la tension alternative. Il est évident aussi que la décroissance sera d'autant plus rapide que la valeur de R2 sera faible. Comme la valeur du condensateur C2 est constante, la vitesse de décroissance ne dépend que de la valeur de la résistance. Donc, si vous voulez que le son décroisse plus lentement, ou plus rapidement, il suffit de donner à R2 une valeur supérieure ou inférieure aux 22 kΩ prévus.

est évident : elle limite à 15 V la tension d'alimentation de l'ensemble, ce qui est vital pour le circuit intégré IC1.

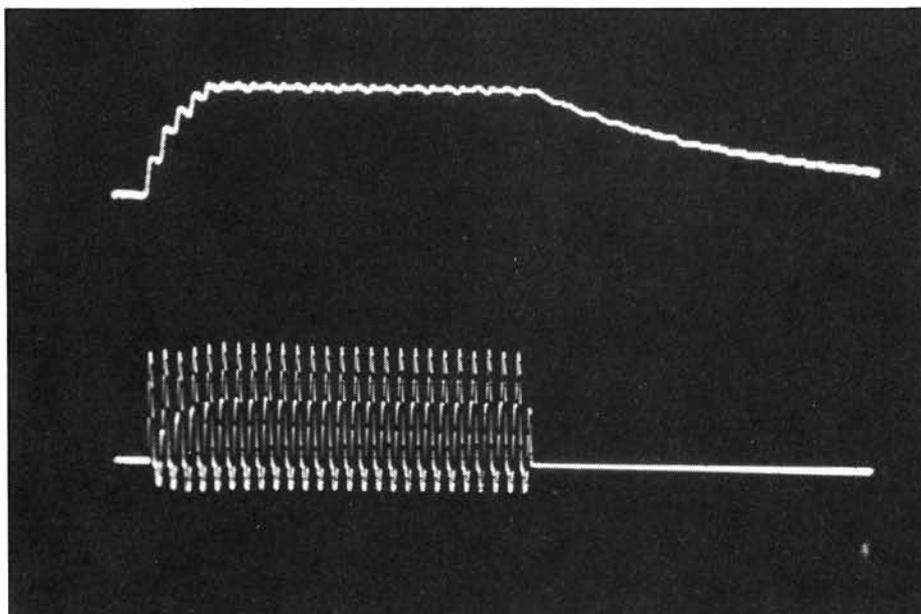
Il est important, dans un circuit comme celui-ci, de limiter d'une manière ou d'une autre l'intensité admise. Nous le faisons ici grâce à la **réactance capacitive** du condensateur C1. L'impédance du condensateur de 220 nF à 50 Hz se calcule suivant la formule :

$$Z = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

soit environ 15 kΩ. Vous pouvez donc calculer vous-même l'intensité maximale qui traversera le montage.

Venons-en à la résistance R2. Son seul rôle est de faire disparaître progressivement le gazouillis. Voyons comment, sans trop entrer dans le détail. Au moment de la

Au-dessus de cette alimentation, on trouve le schéma proprement dit. Il ne comporte qu'un circuit intégré CMOS de type 4093 et quelques composants discrets. Les deux premières portes NAND à *trigger de Schmitt*, N1 et N2, sont montées en oscil-



elex-abc

réactance capacitive

Contrairement à celle d'une résistance pure, l'impédance d'un condensateur, sa réactance, dépend de la fréquence de la tension à ses bornes. Plus la fréquence est élevée, plus la réactance (Xc) est faible. La réactance se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

La réactance s'exprime en ohms, comme une résistance ou une impédance, la capacité en farads et la fréquence en hertz. Il n'y a pas de s au pluriel pour les mots qui se terminent par z. Le produit $2\pi f$ s'appelle la pulsation, il se représente par ω (= oméga minuscule). Comme la pulsation et la capacité sont toutes les deux au dénominateur de la fraction, il est facile de déduire que la réactance est d'autant plus faible que l'une ou l'autre augmente.

À l'inverse, si vous avez oublié la formule, il est facile de la reconstituer par le raisonnement.

lateurs, tandis que les deux dernières sont utilisées comme inverseurs pour piloter le résonateur piézo Bz1.

Le fonctionnement est facile à comprendre grâce aux quelques photos de l'écran d'oscilloscope. Le montage entre en fonction aussitôt qu'il est alimenté par la ten-

Figure 2 – Pour vous donner une idée précise du fonctionnement, nous avons obtenu –sans trop de mal– d'un technicien stagiaire qu'il promène les sondes de son oscilloscope en différents endroits du circuit, pendant que le photographe consentait à immortaliser l'écran dans le bromure d'argent. La trace supérieure montre la tension d'alimentation du montage, dérivée de la tension de sonnerie provenant du réseau (trace inférieure).

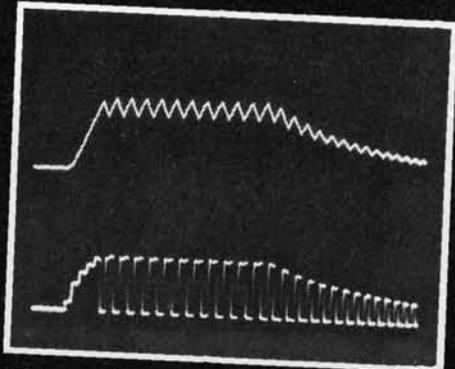


Figure 3 - Le signal à l'entrée (en haut) et à la sortie (en bas) du premier oscillateur.

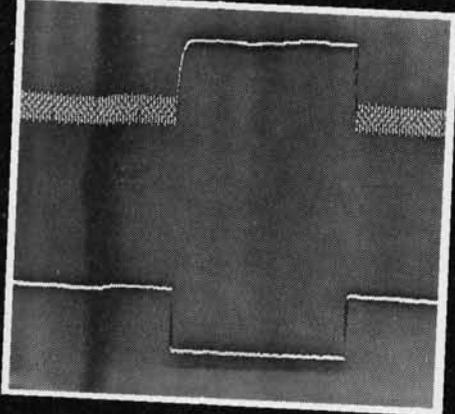


Figure 4 - Les signaux aux deux entrées du deuxième oscillateur. Le signal de la trace inférieure provient du premier oscillateur.

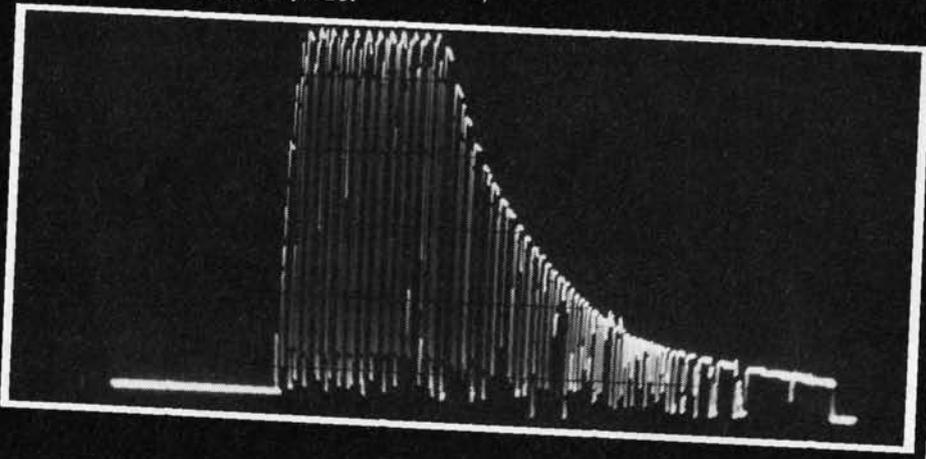


Figure 5 - Le signal de sortie, tel qu'il est appliqué au résonateur piézo.

sion de sonnerie. Les deux oscillateurs, N1 et N2, commencent à osciller. Comme les composants qui déterminent la fréquence de l'un et de l'autre sont de valeurs différentes, les fréquences sont différentes. La différence entre ces deux fréquences dépend du réglage des potentiomètres P1 à P3, mais comme la capacité de C4 est très inférieure à celle de C3, la fréquence d'oscillation de N1 sera toujours plus basse que celle de N2. Il suffit de jeter un œil aux photos pour constater que la réalité coïncide avec ces prévisions. Voilà une bonne nouvelle. Commençons par la figure 3. Nous trouvons en haut la tension des entrées (broches 12 et 13), en bas celle de la sortie (broche 11). Sur ces deux signaux aussi, on reconnaît clairement la décroissance lente de la tension d'alimentation. Le signal de sortie du premier oscillateur se retrouve à l'entrée du deuxième, N2, et, après un changement de la vitesse de balayage (la maison ne recule devant aucun sacrifice), sur la partie inférieure de la figure 4. Elle ne montre qu'une période du train d'impulsions de la figure 3. Ce changement de la fréquence de balayage, ou base de temps, est nécessaire pour permettre l'observation du signal de la deuxième entrée. Ce signal est visible sur la trace supérieure de la même figure 4. En considérant les deux ensemble, il est facile de comprendre le processus : tant que l'entrée (broche 8) est maintenue au

niveau bas par la sortie du premier oscillateur (N1), la sortie (broche 10 du deuxième (N2) est bloquée au niveau haut. Il suffit en effet d'une entrée au niveau bas pour que la sortie d'une porte NAND reste au niveau haut. Ce blocage du deuxième oscillateur se produit à chaque alternance « basse » du premier oscillateur. Pendant les alternances « hautes », la porte N2 est débloquée et se comporte en oscillateur : le condensateur C4 est chargé et déchargé

successivement par le potentiomètre P3. Au vu des valeurs des condensateurs et des résistances, on comprend que le deuxième oscillateur, rapide, est successivement bloqué et relâché par le premier oscillateur, de fréquence plus basse. Pour finir, ce signal intermittent est appliqué au résonateur piézo par les portes N3 et N4. Nous avons photographié aussi (Ivan le terrible était dans un bon jour) le signal appliqué au résonateur : c'est le tremplin



liste des composants

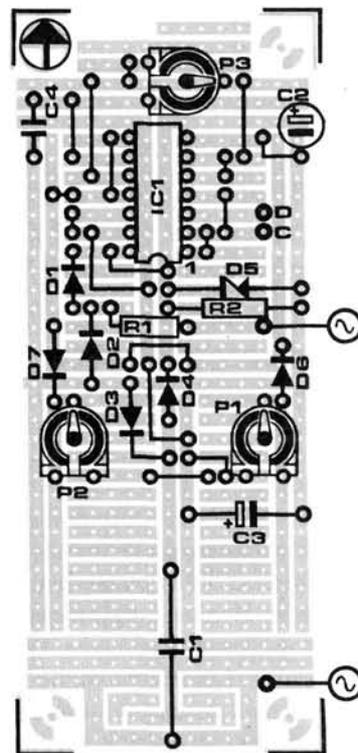
R1 = 560 Ω
 R2 = 22 kΩ
 P1 à P3 = 500 kΩ variable

C1 = 220 nF/400 V (MKT)
 C2 = 100 μF/25 V
 C3 = 1 μF/25 V
 C4 = 10 nF

D1 à D4,
 D6, D7 = 1N4148
 D5 = zener 15 V/400 mW
 IC1 = 4093

Bz1 = résonateur piézo

platine d'expérimentation format 1



de ski de la figure 5. On distingue nettement, encore une fois, la décroissance de la tension d'alimentation après la fin de la sonnerie.

une question de réglage

Comme nous l'avons indiqué plus haut, le temps d'extinction du gazouillis est réglable entre certaines limites. Ce réglage se fait simplement en changeant la valeur de la résistance de décharge R2. Ce n'est pas le seul réglage possible, car le son lui-même peut être modifié, entre certaines limites là aussi. Il y a au total trois potentiomètres prévus pour cela. Les deux premiers, P1 et P2, déterminent le **rapport cyclique** (le rapport entre pause et travail) du premier oscillateur (N1). Le troisième potentiomètre fixe la fréquence du deuxième oscillateur (N2). Le réglage est une simple question de goût, il faudra le faire à l'oreille. Pour ce qui est de la valeur de R2, nous vous conseillons tout de même de ne pas la choisir exagérément élevée, sous peine d'avoir encore votre oiseau qui siffle pendant quelques secondes après que vous aurez décroché le combiné. Vous risquez d'avoir du mal à convaincre votre correspondant qu'il n'a pas appelé par erreur le magasin d'oiseaux exotiques...

La construction sur une platine d'expérimentation de format 1 ne pose aucun problème, en suivant le plan d'implantation de la figure 6. Commencez par les ponts de câblage et comptez-les. Si vous arrivez à 15, c'est que vous en avez oublié un. Si

c'est le premier, minuscule, en partant du haut, ce n'est pas grave car le circuit fonctionne quand même : il ne sert qu'à court-circuiter une extrémité et le curseur de P3. Le raccordement ne pose pas plus de problème, à condition, comme on dit hypocritement, que votre téléphone soit sur un réseau intérieur privé. Tout le monde sait qu'il est interdit de raccorder au réseau un appareil non agréé. Si les prises de votre installation privée sont câblées comme celles des *hommes qui relient les hommes*, il suffit de brancher votre oiseau aux deux plots supérieurs de la rangée gauche (voir éventuellement le dessin qui accompagnait la sonnerie de téléphone du numéro 50 d'ELEX). Si votre réseau est réalisé sur le

construction et raccordement

modèle de celui des *télécomm*, vous ne courez pas grand risque en cas de court-circuit sur la ligne. Les installations modernes ne comportent plus de fusibles, mais une surveillance électronique de l'intensité consommée et une disjonction non moins électronique en cas d'excès, avec réarmement automatique à la disparition du défaut.

Pour procéder aux essais, vous devrez vous faire appeler par un ami, à moins de disposer de deux lignes. Vous pouvez essayer aussi de composer le 36 44, puis, une fois la communication établie, vous raccrochez pour décrocher aussitôt durant quelques secondes. Maintenant raccrochez, ça sonne !

89004

MAGNETIC-FRANCE

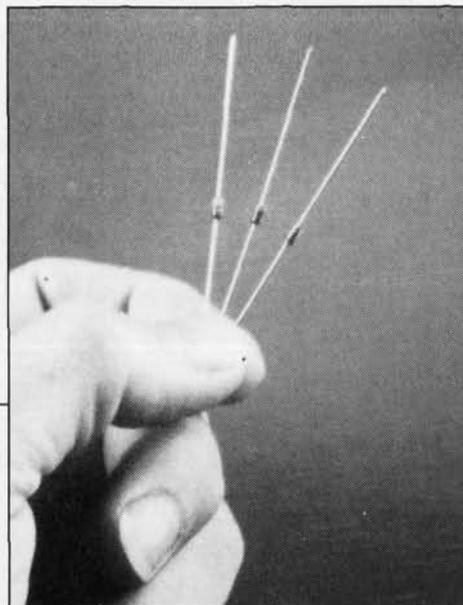
Circuits intégrés, Analogiques, Régulateurs intégrés, Interfaces, Micro-Processeurs, Mémoires RAM Dynamiques Statiques, EPROM et EEPROM, Quartz, Bobinage, Semi-Conducteurs Transforiques, Filtres, Ligne à retard, Leds, Supports de CI, Ponts, Opto-Electronique, etc.
 Et de nombreux KITS.

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.

la diode qui conduit dans les deux sens

En 1934, C. Zener découvrait qu'un courant pouvait circuler en inverse dans une diode pour une tension donnée à ses bornes qui n'évoluait alors plus que dans d'étroites limites. Cet effet stabilisateur de tension est connu sous le nom d'effet zener et les composants fabriqués spécialement pour cet usage sont encore appelés diodes zener. Où et quand utiliser une zener et d'abord comment l'effet zener est-il possible ? C'est ce que nous allons voir.



Les diodes zener sont utilisées pratiquement partout où l'on demande une stabilisation de la tension. Elles jouent donc un rôle important en électronique, puisque de nombreuses applications nécessitent une tension constante. Les circuits audio par exemple ont besoin de tensions d'alimentation aussi stables que possible si l'on ne veut pas qu'ils ronflent. La réalisation de la stabilisation, avec une diode zener et quelques transistors, n'est pas difficile. Les diodes zener ont bien sûr d'autres applications mais celle-ci est la plus importante. C'est à ce titre que nous les rencontrerons le plus souvent dans les réalisations d'ELEX.



diodes de zener

claquage contrôlé

Pour expliquer le fonctionnement d'une zener, nous devons revenir à celui d'une diode ordinaire, puisqu'une zener est, à peu de chose près, une diode. Nous ne regarderons le comportement de la diode que dans le sens bloqué, sens dans lequel fonctionne la zener. Dans le sens passant, une zener ou une diode se comportent de la même manière, et nous n'avons rien à en faire pour l'instant. Comme vous le savez certainement, une diode ne laisse passer le courant que dans un sens. Ceci n'est cependant pas toujours vrai. Si nous la polarisons dans le sens inverse, en reliant son anode au pôle moins d'un générateur et sa cathode au pôle plus, lorsque la tension atteint une certaine valeur, le courant inverse, d'abord pratiquement nul, augmente brusquement. On parle alors de **claquage inverse**, destructeur pour la diode si le courant n'est pas limité par ailleurs.

Le claquage est dû à un certain nombre de facteurs. La diode est constituée de trois zones, une zone P, contenant des trous positifs majoritaires, une zone N, contenant un excès d'électrons et une zone de transition (zone intrinsèque ou zone de depletion)

très étroite où les charges sont équilibrées, au niveau de la jonction. Lorsque la diode est polarisée en inverse, le champ électrique extérieur élargit la zone de transition. À chaque extrémité de cette zone, nous avons des charges de signes opposés, donc un champ électrique. Le champ électrique de cette zone de transition augmente sous l'effet du champ électrique extérieur, accélérant les porteurs de charge minoritaires, causes du courant inverse (ionisation par champ électrique). Si ces porteurs atteignent une vitesse suffisante, ils détruisent l'équilibre réalisé dans la zone de transition entre porteurs de charges de l'un et l'autre signe (ionisation par impact). Les atomes de la jonction, bombardés de la sorte, libèrent à leur tour des électrons qui se déplacent aussi sous l'effet du champ électrique. L'augmentation du courant devient vite importante, puisque les électrons libérés provoquent la libération d'autres électrons. On parle alors d'effet d'**avalanche** dont le résultat est le plus souvent la destruction de la diode.

Dans la diode de zener il y a aussi question de claquage, mais il est limité par la très faible épaisseur de la zone neutre de la jonction. La circulation des électrons du courant inverse ne donne lieu qu'à très peu de collisions. Nous avons déclenchement d'une avalanche sans que le courant atteigne trop rapidement une intensité destructrice. Le claquage de la jonction ne se produit que si la limite en puissance du composant n'est pas respectée.

Comme vous le savez, les diodes zener sont fabriquées pour différentes tensions. On les obtient en jouant sur les dimensions de leur zone de transition. Pour une jonction étroite, la tension à partir de laquelle le champ électrique atteint un maximum est en effet plus petite que pour une jonction large. On fabrique ainsi une série de diodes qui ont des tensions de claquage différentes.

Les courbes caractéristiques de différentes diodes zener sont données sur la **figure 1** où l'on distingue nettement la zone de claquage (coude). Leur tension de zener, c'est-à-dire, la tension à partir de laquelle le courant commence à augmenter, est beaucoup mieux défini pour les zeners de 6 V et plus. Si l'on regarde la dernière, C10, une zener de 10 V, dès que la tension a atteint 9,8 V, le courant s'accroît brusquement, si brusquement que l'on peut à peine parler de résistance. Ceci vient de ce que, pour des tensions inférieures à 6 V, le claquage a lieu par effet zener uniquement, alors que pour des tensions supérieures nous avons un effet d'avalanche.

stabilisation de tension

Les diodes zener sont surtout utilisées pour stabiliser des tensions. Prenons l'exemple de l'alimentation de la **figure 2**. Elle prélève la tension du secteur, l'abaisse au moyen d'un transformateur et la redresse avec D1. Une telle tension redressée est encore loin d'être continue et l'adjonction

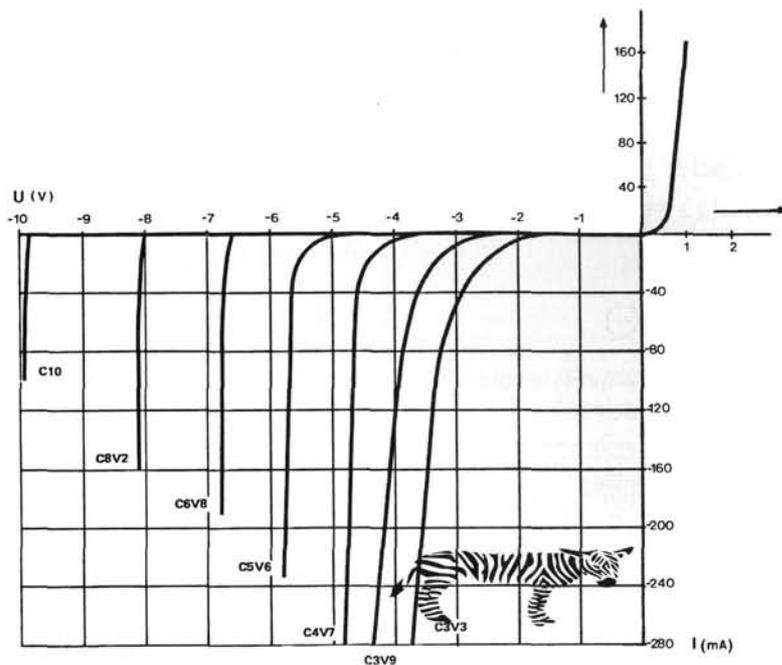


Figure 1 – Dans le sens passant, une zener se comporte comme une autre diode mais en inverse la différence est considérable. Pour une tension inverse déterminée, une zener commence à conduire. À partir de ce point la tension à ses bornes reste pratiquement constante. Notez la différence de forme des courbes, les zener n'ont pas tout à fait le même comportement selon que leur tension est inférieure ou supérieure à 5 V.

Comme le courant est de 120 mA, $R1 = 67 \Omega$.

Nous pouvons maintenant charger notre alimentation pour juger de ses possibilités. À la mise sous tension, nous mesurons bien 4 V à ses bornes et 8 à celles de R1. Nous faisons alors débiter sur une charge de 30 mA. La résistance sera-t-elle parcourue par un courant de 150 mA, auquel cas la chute de tension provoquée serait de $67 \times 0,150 = 10 \text{ V}$? Non, le courant qui traverse R1 reste sensiblement le même, il est seulement partagé entre la zener, 90 mA et la charge, 30 mA. Si D2 est parcourue par un courant de 90 mA, nous lisons sur la courbe de la figure 1 qui lui correspond, que la tension à ses bornes est de 3,8 V. La tension de sortie de notre alimentation a donc chuté de 0,2 V. Plus elle débitera, plus petit sera le courant qui parcourt la zener, plus la tension à ses bornes diminuera. Le moins que l'on puisse dire est que la stabilisation de la tension n'est pas parfaite. Le circuit a pourtant de nombreuses applications que nous pouvons déduire de ce qui précède : il ne lui faut que des charges qui consomment peu et qui varient dans d'étroites limites. Une alimentation stabilisée en tension aura donc un aspect plus proche de ce que nous avons représenté sur la **figure 3** où la zener commande deux transistors montés en émetteur-suiveur (Darlington).

Nous aurions pu deviner ces résultats à l'allure de la caractéristique de notre C3V9 de la figure 1 et puisque nous y sommes, jetons un œil sur C10 (courbe de gauche). Nous constatons que la tension à ses bornes évolue beaucoup moins en fonction du courant qui la traverse : nous aurions ainsi des résultats plus stables avec une tension de 10 V. Malheureusement, pour des applications qui réclament une stabilité qui ne dépende pas de la température, il y a un petit problème que nous allons voir.

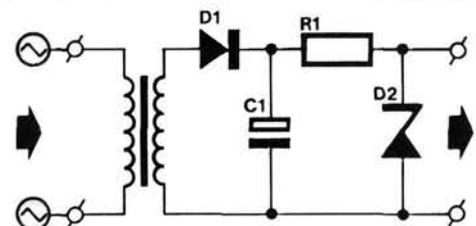
coefficient de température

Les zeners sont aussi utilisées dans des circuits de mesure qui nécessitent une tension de référence, stable donc. Nous pouvons reprendre le circuit de la **figure 2** qui présente bien sûr toujours les mêmes défauts.

d'un condensateur n'élimine pas tout à fait les ondulations. Ajoutons une diode zener pour améliorer la stabilité de la tension de sortie. Comme vous le voyez sur le schéma, la zener forme avec R1 un diviseur de tension. Le résultat, c'est une tension de sortie pratiquement constante, dans la mesure où la charge n'est pas trop exigeante. Précisons, en commençant par choisir la zener puisque les choses varient, un peu, suivant les tensions désirées. Si nous voulons une tension de sortie stable de 4 V, nous prendrons une zener de 3,9 V (C3V9 sur le graphique de la figure 1). Nous avons le choix entre deux puissances, 400 mW et 1,3 W. Comme nous disposons des courbes de la **figure 1** qui concernent cette dernière puissance, tenons-nous en là. Le calcul de R1 résulte de la tension d'entrée et du courant traversant la zener, que nous devons limiter. Ce courant sera d'environ la moitié du courant maximum supporté par la zener, soit de la moitié du

courant pour lequel la puissance dissipée par la diode est de 1,3 W. Pourquoi seulement de la moitié? Parce que la zener ne peut dissiper cette puissance que si elle est convenablement refroidie. Si P est la puissance, U la tension de zener et I le courant qui la traverse, $P = U \times I$ d'où $I = P/U$ ce qui donne un courant maximum de 333 mA. Nous lisons sur la figure 1, en suivant la courbe caractéristique de C3V9, que pour une tension de 4 V, la diode est parcourue par un courant de 120 mA. Cette intensité est inférieure à la moitié de celle que nous avons choisie pour I_{max} , ce qui n'est pas catastrophique : aussi longtemps que le courant reste inférieur à la moitié du courant maximum, il ne peut rien se passer de mal. Nous pouvons maintenant calculer R1, en supposant que nous disposons aux bornes de C1 d'une tension de 12 V par exemple. La chute de tension introduite par cette résistance sera de $12 - 4 = 8 \text{ V}$.

Figure 2 – Ceci n'est pas une bonne alimentation comme nous le voyons dans le texte, même si ce circuit de base a de nombreuses applications. Ce qu'il faut en retenir : la résistance de protection de la zener, R1 et son calcul ; l'incapacité pour le dispositif de stabiliser la tension correctement si la charge consomme trop de courant et varie. La tenue de la tension est cependant meilleure pour une zener de 10 V que pour une zener de 3,9 V.



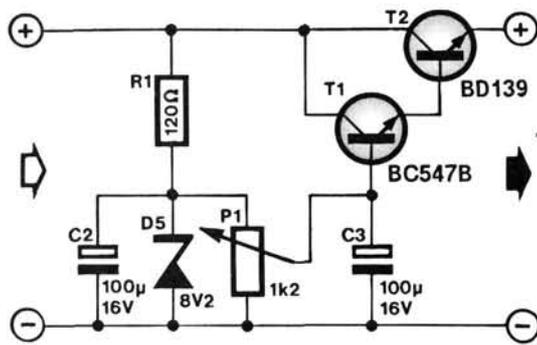


Figure 3 – Les deux transistors montés en darlington se chargent de fournir le courant quand la zener stabilise la tension, réglable à l'aide de P1.

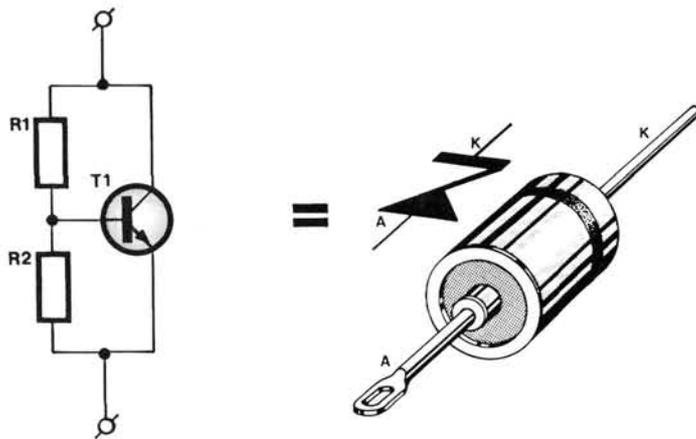
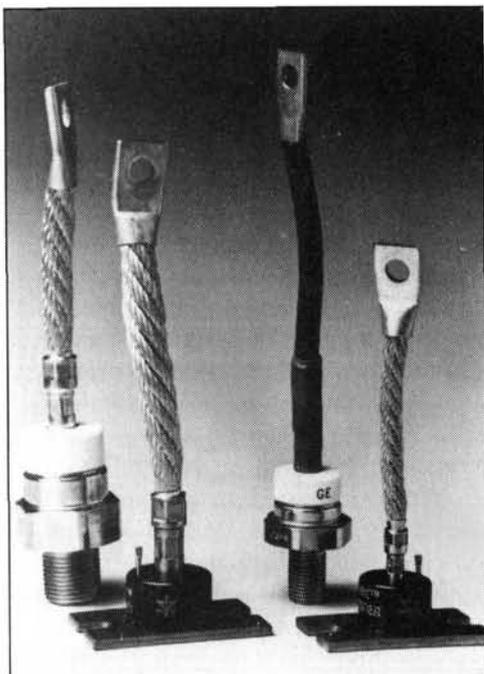


Figure 4 – Un choix judicieux de R1 et R2 permet de déterminer la tension stabilisée de cette pseudo-zener, pseudo puisqu'elle travaille en "direct" (avec les inconvénients y afférents).

Si on l'utilise pourtant, c'est parce que ses défauts sont moins visibles puisque la charge est généralement très petite (entrée à haute impédance d'un amplificateur opérationnel par exemple) et pratiquement constante. Dans ce cas cependant, il nous

faut mentionner un autre empêcheur de stabiliser correctement, le coefficient de température. La tension d'une diode zener ne dépend pas uniquement du courant, la température joue aussi un rôle. Ici, deux familles de composants : les zeners dont la valeur est inférieure à 5 V voient leur tension diminuer lorsque la température augmente, alors que celles de plus de 5 V, dans les mêmes conditions, la voient augmenter. Pour disposer d'une tension de référence stable, il faut donc tenir compte du "climat" qui règne sur le lieu de travail de la zener et maintenir constante sa température de fonctionnement, ce qui n'est pas toujours facile. On peut aussi compenser, nous verrons cela un autre jour. Des lecteurs attentifs ont cependant remarqué qu'il devait se passer quelque chose pour les zeners dont la tension est voisine de 5 V. Ces diodes ont bien entendu un coefficient de température très voisin de zéro. Pour fabriquer une référence de tension très précise, même si celle-ci doit être différente de 4,7 V ou 5,6 V, il est donc recommandé d'utiliser ces valeurs. On les associe (en série) ou on les fait suivre de diviseurs de tension résistifs (voir le potentiomètre de la figure 3).



"zener" à faire soi-même

Hé oui, dans la série « Faites-le vous-même » nous pouvons ouvrir une rubrique "zener". La diode zener n'est en effet pas le seul composant qui permette de stabiliser une tension. On peut utiliser de simples diodes, des LED, voire des transistors. Attention, nous abusons ici du vocabulaire, nous allons utiliser la caractéristique directe de ces composants qui ne travaillent pas dans la zone de Zener.

C'est avec les diodes et les LED que c'est le plus facile, en direct naturellement. Quand ces composants sont parcourus par un courant, la tension à leurs bornes est pratiquement constante. Pour une diode ordinaire nous savons que cette tension est d'environ 0,6 V (un coude de diode), et pour une LED, cela dépend de la couleur et du modèle, entre 1,6 V et 3 V. Si un coude de diode (les Anglais disent *knee*, "genou" qui remarquons-le, se situe en dessous de la ceinture) ne suffit pas, nous pouvons associer plusieurs composants en série pour obtenir des tensions plus élevées. La précision n'est pas extraordinaire mais de nombreuses applications s'en satisfont. Rappelons que les diodes utilisées de cette façon travaillent en direct, il n'est pas question de les câbler à l'envers comme les zeners. À ce propos, lorsque vous achetez une zener de moins de 3 V, il s'agit le plus souvent d'une association de diodes ordinaires sous un seul emballage, qui sont aussi câblées dans le sens passant. Prenez soin de le vérifier à l'ohmmètre.

Un transistor peut aussi s'utiliser en stabilisateur de tension pseudo-zener, éventuellement réglable, si on lui associe une paire de résistances (figure 4). Nous savons que pour un transistor donné la tension base/émetteur U_{BE} est pratiquement constante. Dans le cas présent, un diviseur, $R2/R1$, permet de fixer la tension collecteur/émetteur U_{CE} . Nous pouvons écrire la tension aux bornes de R2, soit U_{BE} sous la forme : $U_{BE} = U_{CE} \times R2 / (R1 + R2)$. Puisque dans cette équation R1, R2 et U_{BE} sont des constantes, il en va de même pour U_{CE} . Si $U_{BE} = 0,6 V$, ce qui est vrai pour un grand nombre de transistors, nous avons une tension stable, appelons-la "zener", soit $U_Z = U_{CE} = 0,6 \times (1 + R1/R2)$.

Reste la question du transistor à utiliser, puisque le choix des résistances dépend également de son courant de base. Si vous prenez un BC547, nous l'avons calculé pour vous, R2 vaudra environ 100 Ω. 886046

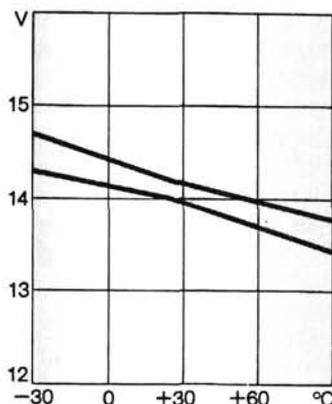
Les batteries bon marché ne sont pas forcément mauvaises. Les batteries chères ne sont pas forcément bonnes. Dans tous les cas, une batterie bien entretenue, si on ne lui en demande pas trop trop souvent, tient le choc (au pas, pas au galop). Si les autres organes du véhicule font correctement face à leurs obligations, si le démarrage par exemple a lieu au quart de tour, si l'entretien du véhicule est régulier, la batterie vous servira longtemps sans faillir. Donc, d'abord, maintenons nos véhicules en bonne condition. Ensuite, pour avoir à chaque instant une idée précise des ressources de sa centrale d'énergie portative, on peut fabriquer ce contrôleur et l'installer quelque part entre le compas, l'altimètre, le compteur, la chaîne stéréo etc... Vous lui trouverez certainement une place après avoir lu cet article.

électricité à bord

Pour évaluer la bonne marche d'une batterie en se donnant une idée de sa charge, le meilleur moyen consiste à mesurer la tension à ses bornes pendant qu'elle débite. La **résistance intérieure** d'une batterie défectueuse ou presque vide, augmente considérablement de sorte que si elle débite, sa tension de sortie tombe bien au-dessous des 12 V. Attention : ceci ne vaut que si elle délivre du courant puisque sans ça il n'y a, bien sûr, pas de chute de tension. N'allez pas penser pourtant qu'il existe une grosse différence entre la tension aux bornes d'accumulateurs gonflés à bloc et celle qui y règne lorsqu'ils sont presque vides. Non, pour de bons accus, la marge n'excède pas quelques volts. Hors charge ou avec une faible charge, une batterie chargée affichera largement 12 V. Si le moteur tourne, la tension à bord se stabilise rapidement à 14 V, à 1 V près, pour ne retomber que si le moulin s'arrête. La température ambiante est aussi un facteur à prendre en compte pour ces mesures, comme vous le voyez sur le graphique de la **figure 1**. Si vos propres mesures sont très différentes de ce que nous annonçons, si la tension est vraiment élevée (à moins qu'il ne s'agisse d'une batterie de 24 V évidemment) ou par trop instable, il y a de fortes chances pour que le régulateur de la voiture ait fermé boutique pour cause de décès.

*Le plus souvent,
la batterie lâche en hiver,
saison à laquelle elle doit en effet
fournir le plus d'énergie.
Pour éviter les ennuis, le mieux
est de la tenir à l'œil.*

Figure 1 - Caractéristique tension/température d'un régulateur Bosch.



Si le moteur est à l'arrêt, une demande d'énergie importante fait baisser les bras à la batterie. Et pas qu'un peu ! Baisser les bras, pour une batterie bien chargée, c'est afficher quelque chose comme 11 V quand on actionne le démarreur par exemple. Cette chute dure peu, le temps que l'on tourne la clef de contact seulement. Si elle est plus importante, dans des conditions de température et de pression normales, selon la formule consacrée, c'est un signe de faiblesse auquel il est encore temps de remédier. Le voltmètre indique-t-il moins de 11 V, à vide cette fois ? Vos soupçons se porteront sur l'un des éléments (ou accu-

Vérifiez votre batterie à la loupe !

voltmètre à échelle dilatée

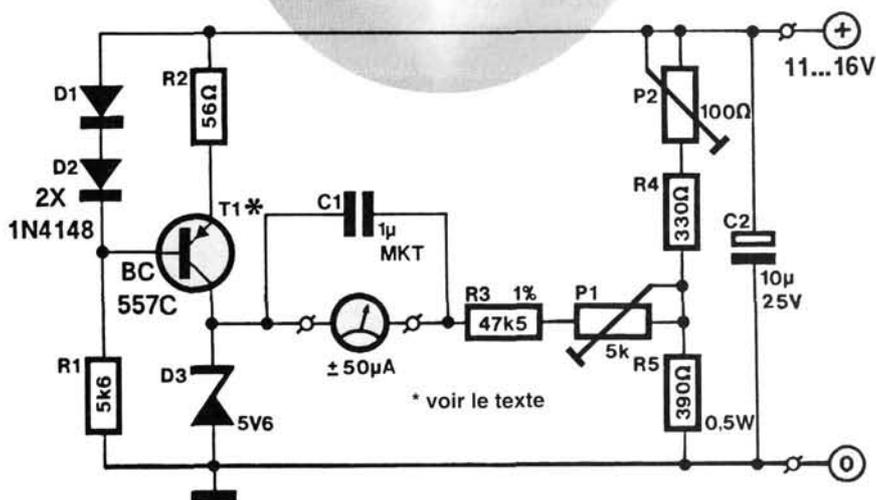


Figure 2 - En gros, une "loupe" de bord pour batterie comporte une référence de 5,6 V et un diviseur de tension. Le diviseur de tension est réglé de telle façon que le courant ne circule pas dans la branche contenant le galvanomètre lorsque la tension aux bornes du générateur est inférieure à 11 V

mulateurs – il y en a six dans une batterie ordinaire de 12 V). Cette panne n'est malheureusement pas réparable*.

entre 11 V et 16 V

De ce qui précède vous pouvez déduire que la tension aux bornes d'une batterie en bon état varie entre 11 V et 15 V. Si vous avez à faire au circuit électrique d'une voiture, un voltmètre à un seul calibre est donc plus que suffisant, si ce calibre est de 15 V. On peut cependant considérer dans ce cas que les deux tiers du cadran de l'appareil restent inutilisés (entre 0 et 11 V) ce qui n'est pas élégant et ne facilite pas la mesure. Disposer d'un accessoire qui permettrait d'utiliser toute l'étendue du cadran pour des tensions variant dans la gamme 11–15 V serait quand même plus pratique. Il n'est pas difficile de fabriquer une pareille "loupe" comme la figure 2 vous le montre.

Le fonctionnement du circuit est des plus simples : sur la borne (-) d'un galvanomètre, une diode zener stabilise la tension à 5,6 V. La borne (+) est raccordée, par l'intermédiaire d'une résistance variable (R3 et P1), en dérivation sur un diviseur de tension (P2, R4 et R5). La tension disponible à ce point dépend d'une part de la tension d'entrée du circuit et de l'autre du facteur de division. Ce facteur peut être adapté aux besoins à l'aide de P2.

Pour que le galvanomètre n'affiche que la gamme des tensions comprises entre 11 V et 16 V, il faut régler P2 de façon que la tension à la sortie du diviseur soit de 5,6 V** lorsque nous avons 11 V à l'entrée. La différence de potentiel aux bornes de la dérivation contenant le galvanomètre est à ce moment-là de $5,6 - 5,6 = 0$ V, ce qui donne évidemment lieu à la circulation d'un courant nul.

Si la tension augmente à l'entrée, elle augmente aussi aux bornes de R5. Les composants du circuit sont calculés de telle façon qu'elle soit de 8,1 V à la sortie du diviseur de tension pour 16 V aux bornes du circuit. Nous avons

donc aux bornes de la branche contenant le galvanomètre une chute de tension maximale de 2,5 V. Cette chute de tension se partage entre le galvanomètre, R3 et P1 : il faut donc régler ce potentiomètre de façon que le courant circulant soit de 50 μ A précisément.

elex-abc

résistance intérieure

Les générateurs sans résistance intérieure, ça n'existe pas. Celle d'un accumulateur au plomb (date de naissance : 1859 et père, Gaston Planté*) est pourtant pratiquement négligeable puisque de l'ordre du milliohm s'il est en bonne santé, ce qui fait pour une batterie quelque chose comme 6 m Ω . Lorsque la batterie débite, cette résistance en série avec le circuit joue son rôle. Lorsque vous actionnez le démarreur, la batterie peut débiter 50 A : la chute de tension est donc de $50 \times 0,006 \text{ V} = 0,3 \text{ V}$. On peut dire d'une batterie d'accumulateurs que c'est un générateur de tension presque parfait. – Si elle est en bon état. – Leur principal défaut est leur masse trop importante, rapportée à la quantité d'énergie qu'elles permettent d'emmagasiner. Pour une pile ou un générateur ordinaire cette résistance intérieure est plus importante et la chute de tension qu'elle provoque proportionnelle au courant débité, comme de bien entendu. Donc plus la charge leur pompe de courant plus la tension à leurs bornes diminue.

Gaston Planté, physicien européen (ce qui ne l'empêchait nullement d'être Planté Gaston, orthézien, béarnais et français) né à Orthez en 1834 mort à Bellevue, Seine et Oise en 1889.

Si nous récapitulons, nous pouvons dire que le réglage de P2 doit être tel que pour une tension d'entrée de 11 V le galvanomètre ne mesure aucun courant. Le potentiomètre P1 est réglé de son côté pour qu'une tension de 16 V détermine la circulation d'un courant de 50 μ A dans la dérivation. Les deux potentiomètres fixent donc l'un la borne inférieure, l'autre, la borne supérieure.

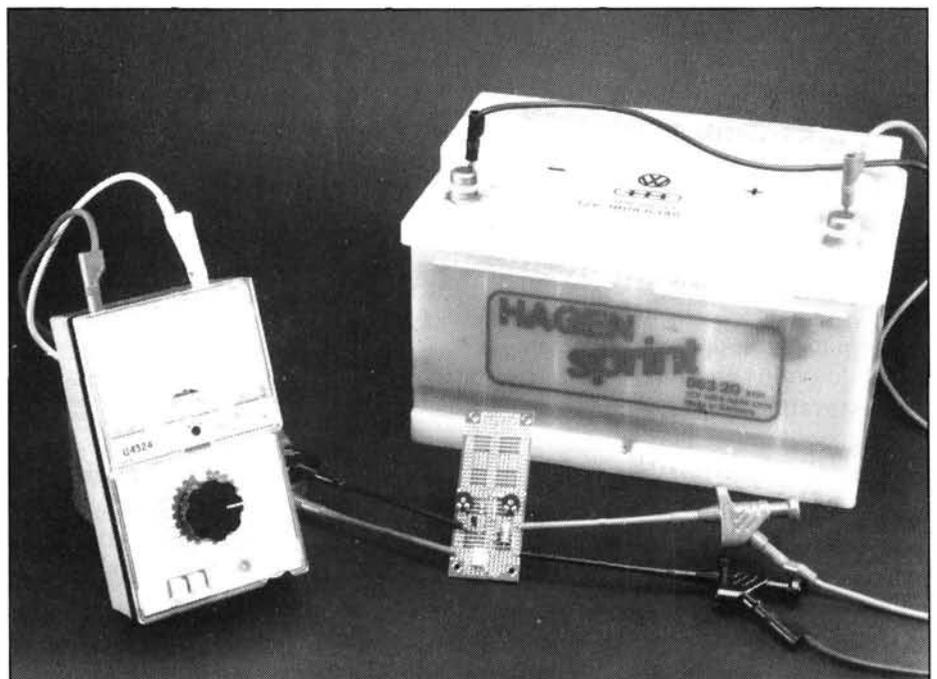
stabilité

Compte tenu du fait que le circuit est embarqué dans une voiture, il faut veiller à sa stabilité. Nous ne parlons pas de sa résistance aux cahots mais de sa stabilité en tension et en température. Prenons la température : vous n'êtes pas ("sans ignorer" comme disent certains hommes politiques, qui prennent leurs désirs pour la réalité) sans savoir, qu'en été, une voiture en stationnement peut se transformer en four, en hiver, en congélateur. L'appareil doit dans ces conditions rester de bois et indiquer la tension, toute la tension, rien que la tension de la batterie. Pour commencer, quelles que soient les variations aux bornes de l'accumulateur, la tension doit rester de 5,6 V aux bornes de la zener. Ceci n'est possible que si le courant qui traverse la diode reste à peu près constant : voilà toute la raison d'être de T1. Ce transistor fonctionne en effet, avec les composants qui l'environnent, en source de courant suffisamment constante pour l'alimenter.

La tension choisie pour la diode ne l'a pas été au hasard. Le "coefficient de température de la tension de régula-

*Il semble d'ailleurs, après consultation d'un spécialiste, que ces batteries ne tiennent plus la charge (court-circuit). Il n'est donc pas possible de les récupérer comme batteries de 10 V par exemple (vous pouvez cependant essayer).

**Pour les amateurs de calculs simples : quelle est la résistance de P2 après son réglage ?
– Réponse en fin d'article.



liste des composants

R1 = 5,6 k Ω
 R2 = 56 Ω
 R3 = 47,5 k Ω /1%
 R4 = 330 Ω
 R5 = 390 Ω /0,5 W
 P1 = 5 k Ω ajustable
 P2 = 100 Ω ajustable

C1 = 1 μ F MKT
 C2 = 10 μ F/25 V

D1, D2 = 1N4148
 D3 = zener 5,6 V/0,4 W
 T1 = BC557C, BC558C, BC559C ou BC560C

M1 = galvanomètre à cadre mobile 50 μ A

Platine d'expérimentation de format 1

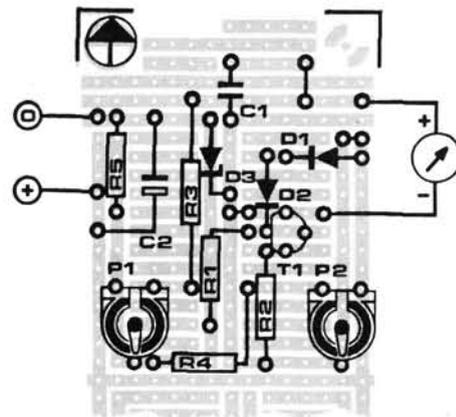


Figure 3 – À condition de ne pas oublier les straps et de souder les diodes, le transistor et C2 dans le bon sens, le câblage de ce circuit est vite fait.

tion" d'une zener de 5,6 V est en effet très petit, ce qui veut dire que de grandes variations de la température de l'ambiance dans laquelle une telle diode (ou mieux dit, sa jonction) travaille n'ont que peu d'effets sur sa tension de zener. En ce qui concerne les autres composants, un brève revue de détail nous rassurera. La tension de sortie du diviseur ne dépend pas de la température pour la bonne raison que les résistances et le potentiomètre P2 (ordinaires) sont à couche de carbone. Même si leur valeur venait à varier de quelques pourcent, la tension n'en saurait rien (sauf si on le lui dit) puisqu'elle ne dépend que de leur rapport : il y a compensation du fait qu'elles varient dans la même proportion. Il n'en est malheureusement pas de même pour les résistances en série avec le galvanomètre dont les variations retentissent immédiatement sur la lecture. Afin de les maintenir dans les limites les plus étroites on choisira pour R3 une résistance à couche métallique, peu sensible aux fluctuations de la température.

Les condensateurs au rapport maintenant : ils n'interviennent que pour court-circuiter les impulsions parasites. Ils sont donc extérieurs au circuit de mesure, offrant une déviation à des courants aux variations très rapides dont il doit être protégé. Ces filtres sont particulièrement indispensables sur une voiture dont le "réseau" est tout ce qu'il y a de plus pollué.

construction et étalonnage

Il vous est possible de dessiner un circuit imprimé. Si vous ne l'avez jamais fait, c'est l'occasion de vous entraîner. Vous ne vous y mettez bien sûr qu'après avoir fait l'achat de vos composants puisque leur implantation et le dessin des pistes dépendent de leurs dimensions. Le circuit de mesure peut cependant se câbler sans problème sur une demi-platine d'expérimentation de format 1 (figure 3). N'oubliez pas les ponts de câblage qui concernent C1, D3 et D1 !

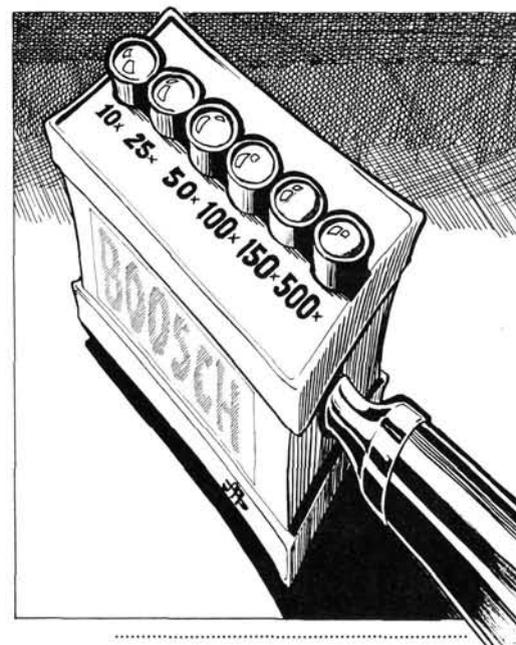
Pour l'étalonnage ensuite, il vous faut une bonne alimentation, réglable, et un bon voltmètre. Pour commencer on alimente le circuit sous 11 V, avec P1 au minimum. On règle alors le curseur de P2 de façon qu'aucun courant ne traverse le galvanomètre dont l'aiguille revient donc à 0. Ensuite, sous 16 V, on limite avec P1 le courant qui traverse le galvanomètre au maximum (50 μ A). Il est possible bien sûr, quoique déconseillé, surtout si l'appareil est cher, d'ouvrir l'instrument de mesure pour coller sur le cadran des repères 11 V, 12 V etc. jusqu'à 16 V.

modifications possibles

Comme vous le voyez sur le schéma, nous avons choisi un galvanomètre à cadre mobile de 50 μ A. Un tel appareil est généralement assez cher mais permet de fabriquer un voltmètre dont la précision est de l'ordre de 1 à 2%. À qui ne se soucie pas d'une telle précision, un galvanomètre moins coûteux et moins sensible peut convenir, il suf-

fit d'y adapter R3 (nous avons dû baisser cette résistance à 10 k Ω pour notre prototype). Le transistor peut aussi être remplacé par un BC558, un BC559 ou un BC560, l'essentiel est que ces transistors soient de type "C".

Quelle est la valeur de P2 que nous vous proposons plus haut de calculer ? 50 Ω (attention, ne pas remplacer le potentiomètre par une résistance de 50 Ω à cause des tolérances, puisque pour notre prototype par exemple, la mesure de P2, après l'étalonnage de l'appareil nous donnait 46 Ω). 886045



filtre-secteur

Comme chacun le sait, les prises électriques d'une installation domestique délivrent une tension de 220 V, alternative, sinusoïdale, dont la fréquence est de 50 Hz. Le plus souvent pourtant la sinusoïde, hérissée de pointes correspondant à des impulsions parasites, manque de netteté. Ces imperfections ne viennent pas du distributeur mais des utilisateurs qui sollicitent le secteur, ne serait-ce qu'en branchant ou débranchant leurs appareils. Chez vous les réfrigérateurs, congélateurs, variateurs de lumière et autres fer à souder (voir le dispositif de commande de chauffe décrit dans un précédent numéro) qui, dans ce domaine, font le plus de mal ; les installations audio et les ordinateurs qui souffrent le plus. Le seul remède, en dehors bien sûr des batteries, piles ou autres chandelles avec ou sans pétrole, c'est le filtre. Comment un ordinateur ou une installation audio peuvent-ils avoir à pâtir des parasites du secteur ? Répondre à cette question, c'est expliquer le rôle d'un filtre. Pourquoi un filtre supplémentaire en effet si l'appareil dispose d'une alimentation redressant et filtrant déjà la tension du secteur ? Tout simplement parce que le filtre d'une alimentation ordinaire est trop spécialisé. Commençons par jeter un œil sur celle-ci. En règle générale – nous ne parlerons pas d'alimentation à découpage aujourd'hui – nous avons un transformateur abaisseur de tension, suivi d'un pont redresseur. À la sortie du redresseur, la tension ondulant à 100 Hz est filtrée par un condensateur. Pour beaucoup d'applications, cette tension, qui n'est pas encore assez stable, nécessite une régulation. En sortie nous devons avoir quelque chose de relativement lisse, avec une ondulation résiduelle de très faible amplitude. Une telle alimentation, pensez-vous, est certainement en mesure de fonctionner correctement sur un secteur, même troublé. En principe, vous avez raison, pratiquement les faits vous donneront tort.

Pourquoi ? Réponse : hautes fréquences. Les courtes impulsions parasites que transporte le secteur passent partout du fait de leurs fréquences qui sont vraiment élevées (ou de leur durée très courte). Le filtre d'entrée, constitué le plus souvent d'un imposant condensateur, est en mesure de bloquer des ronflements de 50 à 100 Hz mais il laisse passer les petits poisons très agiles que sont les parasites. Quel chemin prennent-ils ? L'inductance du condensateur. Hé oui, un condensateur a une certaine inductance ! On peut le considérer comme l'association en série d'une bobine et d'une capacité (sans parler de sa résistance puisqu'elle est la même quelle que soit la fréquence). S'il n'y avait qu'une capacité, lorsque la fréquence augmente, l'impédance du condensateur diminuerait sans bavure, court-circuitant d'autant mieux à la masse les signaux que leur fréquence serait plus élevée. On constate qu'il n'en est pas ainsi, qu'à partir d'une certaine fréquence le court-circuit n'est plus effectif : les trous du filtre sont bouchés, l'impédance du condensateur augmente paradoxalement, les signaux parasites passent.

Qu'arrive-t-il au niveau du régulateur ? Même vécu : le régulateur est conçu pour répondre de façon optimale à des ondulations de très basse fréquence (100 Hz exactement). Le reste, il le souffre en silence. Nous pouvons donc conclure que la plupart des alimentations ne sont prévues que pour filtrer des fréquences de 50 à 100 Hz. Pour des fréquences très supérieures, leur inefficacité est presque totale de sorte que leur sortie est presque aussi polluée en impulsions très rapides que leur entrée connectée au secteur.

Les circuits reliés à de semblables alimentations ont donc tout à craindre pour leur confort. Leur conception permet cependant d'éviter le pire. Les petits condensateurs de découplage de quelques dizaines de nanofarads câblés entre le plus et la masse, s'ils sont prévus pour faire face aux fluctuations très rapides de leurs demandes en courant qu'on appelle "transitoires", les protègent aussi contre les parasites. C'est malgré tout insuffisant, comme le crachent aux oreilles les installations audio. Pour les ordinateurs, cela peut se traduire par des pertes de données

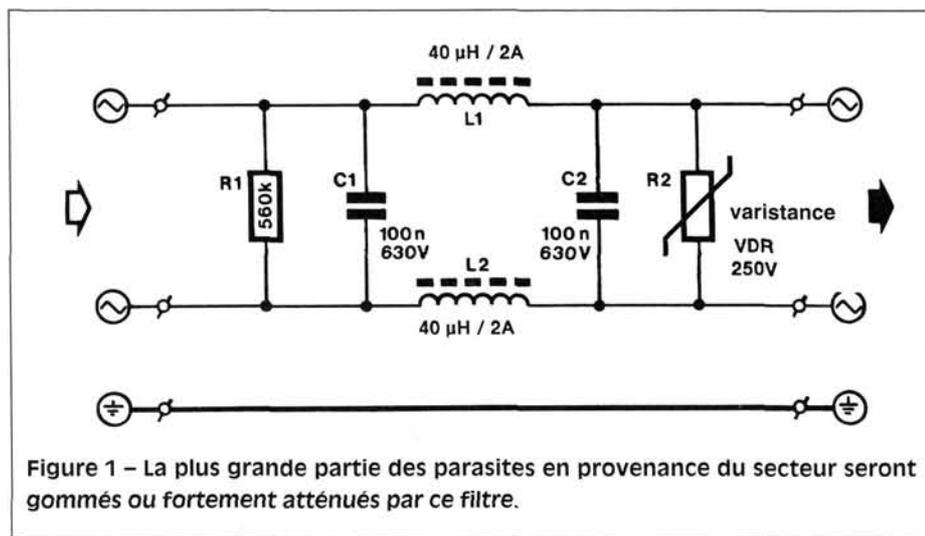


Figure 1 – La plus grande partie des parasites en provenance du secteur seront gommés ou fortement atténués par ce filtre.

qui démolissent les programmes. Dans tous ces cas, la seule parade consiste en un filtrage de la tension du secteur en amont des alimentations.

Un filtre secteur peut avoir une autre fonction. Si un appareil est connu pour les perturbations qu'il renvoie sur la ligne, on peut évidemment protéger chacun de ceux qui en sont affectés en les alimentant à travers un filtre. Il est cependant plus futé de prendre le problème à sa source et d'isoler les fauteurs de trouble. Certains appareils encore souffrent des parasites mais ne se privent pas d'en émettre. C'est le cas des ordinateurs. Si on les alimente à travers un filtre, on les protège et on protège en même temps les autres utilisateurs du secteur.

De ce qui précède vous pouvez conclure qu'un filtre secteur n'est en mesure de raboter que de courtes pointes de tension. Il ne faut pas lui demander de faire face à des perturbations de plus longue durée. Des chutes de tension de quelques secondes par exemple, ne sont pas son affaire.

filtres pour petits consommateurs

Un filtre secteur n'est pas un dispositif bien compliqué. Il suffit de jeter un œil sur la figure 1 pour le constater. Comment fonctionne-t-il ? La tension du secteur arrive sur un condensateur de 100 nF câblé en parallèle. Quelle impédance pour lui ? Quelques 30 kΩ à 50 Hz, soit un courant

de moins de 10 mA. Plus la fréquence augmente, plus son impédance diminue de sorte qu'il court-circuite les parasites vers la masse. L'autre condensateur, C2, rend le même service. À eux deux, C1 et C2 font du bon travail mais sans l'adjonction des deux selfs de choc, L1 et L2, nous aurions encore de la friture en aval. Elles sont câblées en série, consomment peu à 50 Hz mais présentent une impédance qui augmente avec la fréquence. Autrement dit les signaux parasites de haute fréquence s'y épuisent.

Que reste-t-il à effacer maintenant ? Nous pourrions dire des "squales" puisque nous avons parlé de "friture". Nous désignons ainsi (ce n'est pas un terme technique) des impulsions de basse fréquence de grande amplitude. Superposées à la tension du secteur elles peuvent lui faire atteindre des valeurs respectables. Sans être toujours dangereuses pour les appareils qui les reçoivent, elles perturbent suffisamment pour qu'on tente de s'en débarrasser. On câble donc une VDR (*Voltage Dependent Resistor*, préférez "tension" à "voltage" si vous traduisez), une résistance dont la valeur diminue assez brusquement lorsque la tension à ses bornes dépasse un certain seuil. Elle court-circuitera à la masse les crêtes supérieures à 500 V. Elle est bien sûr câblée en parallèle à la sortie du filtre, de façon à bénéficier de la limitation de courant introduite par les selfs d'arrêt. Pour plus de détails sur ce composant, voyez l'annexe.

Le filtre fonctionne aussi dans l'autre sens et protège le réseau des méfaits du montage qui lui est raccordé. N'allez cependant pas imaginer que R1 joue dans cette histoire le même rôle que R2. Cette résistance n'est pas non plus décorative. Lorsque le circuit est en fonctionnement, on peut pourtant la négliger : 220/560, ça fait quelque chose comme 0,4 mA de consommation. Cette résistance ne joue de rôle intéressant qu'à la mise hors tension. Lorsque le filtre est hors tension, il n'est pas forcément "sec". Si vous retirez la prise lorsque C1 est chargé, il n'y a pas de raison qu'il ne le reste pas. Chargé sous 220 V alternatif, il est possible qu'il ait à ses bornes, et que vous ayez entre les deux fiches de la prise, une tension respectable. La résistance lui permet alors de se décharger en quelques fractions de seconde, ailleurs que par votre peau, ce qui vous évitera quelques surprises assez désagréables.

Inutile de gaspiller une platine d'expérimentation pour ce montage : elles ne sont pas faites pour ça. Câblez-le sur une plaque métallisée ou non, en prenant la précaution de séparer les pistes que vous y construirez par des zones isolantes d'au moins 3 mm. Pour enlever les pastilles ou arracher les pistes en trop, il suffit de les chauffer assez. L'implantation des composants ? Repérez-vous sur le schéma ou sur la photo du circuit (figures 1 et 2). Prenez de préférence des borniers à trois contacts en laissant libre celui du milieu, de façon à respecter la distance de 3 mm réglementaire entre les conducteurs. Si vous ne trouvez pas de coffret "secteur", utilisez dans tous les cas un coffret en matière plastique et fixez vos câbles de façon qu'ils résistent aux tractions. Les vis de fixation de la platine et celles de fermeture de la boîte seront en nylon si elles passent trop près des conducteurs.

les composants

Nous avons à faire à la tension du secteur, ce dont les caractéristiques des composants doivent aussi tenir compte. Nous voulons parler de la tension de service des condensateurs qui ne doit pas être inférieure à 630 V pour faire face aux surtensions, et du courant qui traversera les

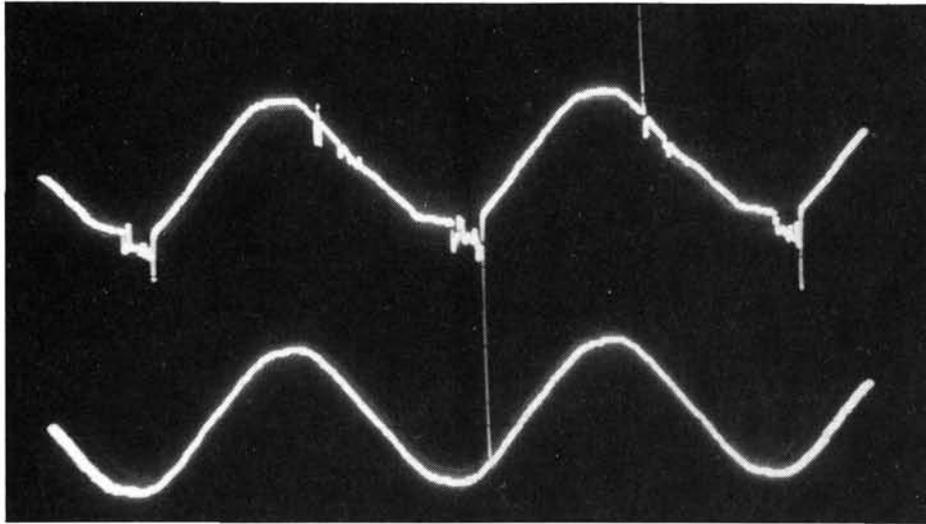


Figure 3 – La courbe du haut représente la tension du secteur en amont du filtre, celle du bas, en aval, en fonction du temps. Il va de soi que nous avons fait notre possible pour polluer le réseau qui n'a pas toujours si piquante allure, de façon à démontrer l'efficacité de la filtration.

coffret "secteur", de préférence

bobines : elles devront pouvoir supporter quelques ampères. Ne prenez pas ces petites selfs qui ont l'allure de résistances : elles partent en fumée pour quelques milliampères. Avez-vous calculé la puissance à dissiper par R1 ? Elle est loin du demi-watt ! C'est pourtant le modèle choisi par précaution à cause de la tension élevée à ses bornes. On peut aussi la remplacer par deux résistances de 270 k Ω quart-de-watt en série.

Il va de soi que le filtre est prévu pour travailler sous 220 V efficaces à des courants relativement peu élevés. Qu'est-ce à dire ? Tout simplement que les fils de câblage auront un diamètre plus que suffisant. Du câble de cordon (0,6 mm² de section pour l'âme) par exemple convient tout à fait si les bobines d'arrêt supportent 2 A. Sous 220 V et 2 A, nous pouvons développer

une puissance apparente de 440 VA : volt-ampères et non point watts, puisque nous sommes en alternatif où le courant n'est pas toujours en phase avec la tension surtout si la charge est représentée par un moteur par exemple.

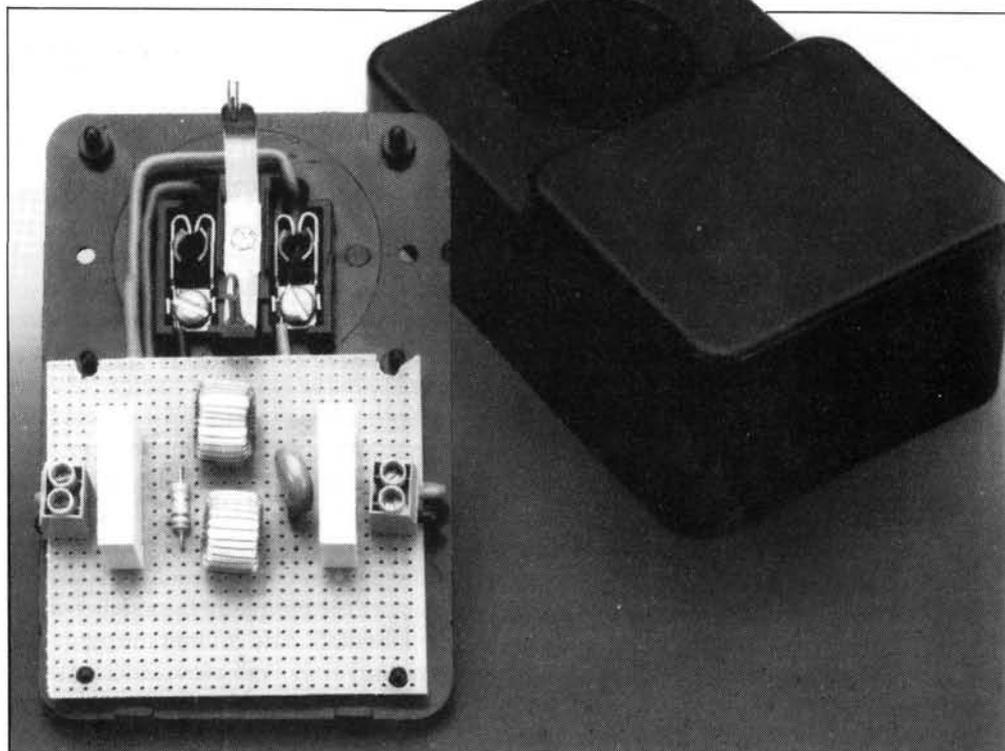
Les oscillogrammes de la figure 3 démontrent, s'il en était besoin, l'efficacité du filtre. La courbe du haut est l'image de la tension du réseau, tandis que celle du bas représente celle de la sortie du filtre. Le secteur n'est certainement pas aussi torturé chez vous. Les parasites que montre l'oscilloscope sont dus à des mises sous et hors tension répétées d'une charge inductive. Comme on dit, « Qui peut le plus peut le moins » : chez vous, le filtre coupera les effets néfastes du moulin à café, du réfrigérateur ou du fer à souder.

liste des composants

- R1 = 560 k Ω /0,5 W
- R2 = varistance, 250 V
- R3 = 100 k Ω
- C1, C2 = 100 nF/630 V (ou plus)
- L1, L2 = self de choc (40 μ H/2 A)

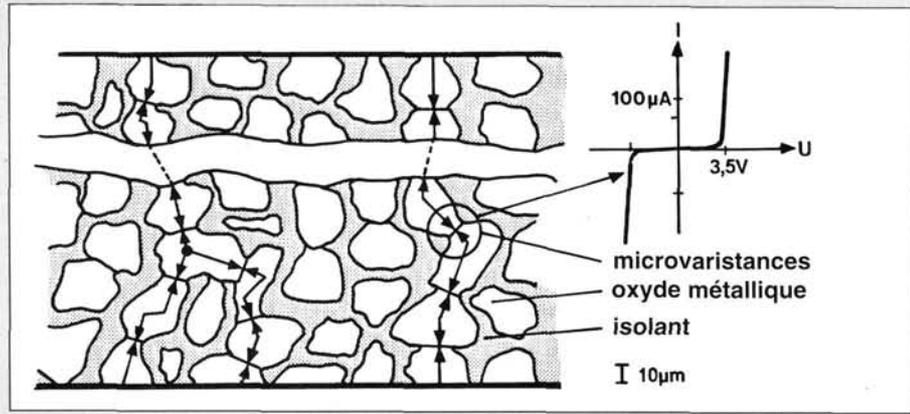
Plaquette
Coffret "secteur"

Figure 2 – La photo du montage achevé vous servira de modèle à défaut d'autre plan de câblage. Utilisez des borniers à trois points sans vous servir de celui du milieu pour les entrée et sortie (c'est ce que nous n'avons pas fait). Achetez vos composants avant de réaliser, le cas échéant, votre circuit imprimé dont les pistes seront larges et bien séparées (plus de 3 mm).





varistances



Les varistances (*varistor* ou *VDR* en anglais) sont des stabilisateurs de tension dont les caractéristiques peuvent faire penser à celles des diodes zener. Elles en diffèrent pourtant, puisqu'en direct une zener se comporte pratiquement comme une diode classique (chute de tension de 0,6 V environ) et qu'elle n'écrête la tension qu'en inverse, à une valeur déterminée par sa fabrication. À l'opposé, une varistance se comporte de la même manière pour des tension positives et négatives. Si la diode zener stabilise des ten-

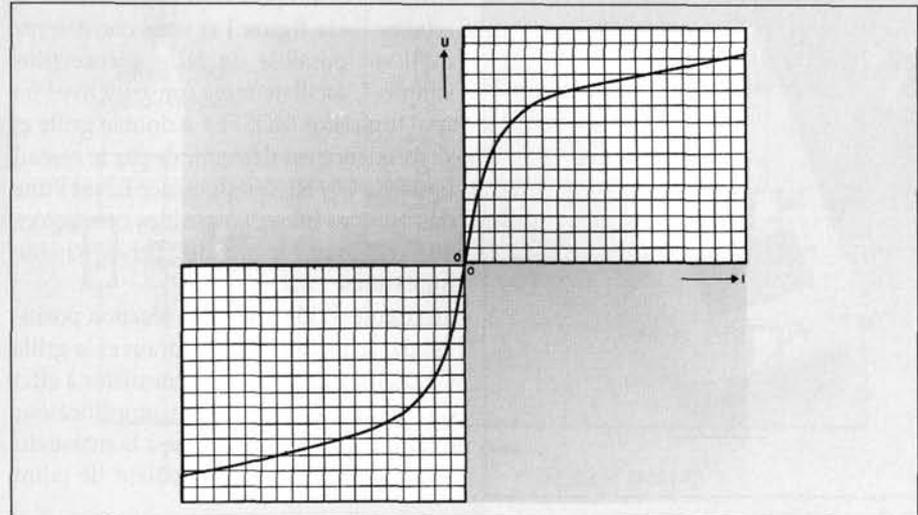
sions continues, la varistance est utilisée en alternatif, comme le montre la symétrie de la courbe représentant les variations du courant qui la traverse en fonction de la tension à ses bornes. De quelle façon les varistances limitent-elles la tension ? Pour le comprendre, il faut en regarder la constitution. Certaines sont formées de deux diodes zener connectées en tête-bêche série : là, pas de problème. Les varistances les plus efficaces sont cependant constituées de grains d'oxydes métal-

liques (bismuth, cobalt, manganèse ou zinc) serrés les uns contre les autres dans un matériau isolant, sous haute pression et à température élevée. Cette combinaison de matières conductrices et non conductrices constitue une plaque que le courant ne peut pas traverser sans encombre. Pour passer d'un grain à un autre, les charges doivent être soumises à un champ électrique intense. Le courant ne circule que si, entre chaque grain, règne une différence de potentiel de 3,5 V par exemple. C'est pourquoi on appelle ces jonctions des microvaristances.

Compte tenu du fait qu'entre les deux faces de la varistance nous avons un certain nombre de ces jonctions, n par exemple, le courant ne pourra traverser le composant que si la tension aux bornes de l'ensemble est de $n \times 3,5$ V. En augmentant le nombre des jonctions, donc en réduisant le diamètre de chaque grain, nous devrions pouvoir élever le seuil de tension à partir duquel le courant circulera.

De ce qui précède, vous pourriez conclure que sur toute la largeur du composant le nombre de microvaristances est constant. Ce n'est malheureusement pas le cas. Leur disposition n'est pas aussi régulière que l'on pourrait le souhaiter. Elles sont très peu nombreuses à certains endroits, beaucoup plus à d'autres, de sorte qu'un courant les traverse même lorsque la tension est inférieure à leur tension nominale. Les procédés de fabrication limitent bien sûr au maximum les "petits tas" ce qui explique les deux coudes de la courbe.

Nous avons représenté un échantillon de varistances à oxydes métalliques de marque *Siemens*. Chez ce fabricant, on les appelle SIOV, chez *General Electric*, ce sont des GeMOV. Celles que nous avons ici sont de (relativement) faibles puissances puisque leur boîtier n'est pas métallique. Leurs caractéristiques sont codées : le S désigne leur "boîtier" en forme de disque ; le nombre qui suit, leur diamètre et la lettre, "K" ici, leur tolérance de 10%. Il en existe de plus précises, "J", de 5% ou "S" pour les applications encore plus minutieuses. Nous avons ensuite leur tension de service, 250 V par exemple, en clair. Il ne s'agit pas de la valeur crête de la tension ($250 \times 1,4 = 354$ V) mais de sa valeur efficace. Leur effet, c'est-à-dire la chute (très) rapide de leur résistance, ne se fait vraiment sentir que pour des tensions qui sont significativement plus élevées que la tension crête. Une varistance comme celle que nous utilisons pour le filtre décrit dans ces pages, ne commence à conduire vraiment qu'au voisinage de 500 V.



pour une plage de fréquences de 50 MHz à 850 MHz

dipmètre VHF-UHF

Encore un dipmètre, direz-vous. N'en avons-nous pas présenté un dans le numéro 36 d'ELEX en septembre 1991 ? Si fait. Mais ce modèle-là ne couvrait que les gammes des petites ondes et des ondes courtes. Celui-ci s'attaque aux gammes VHF (Very High Frequency ou très hautes fréquences) et UHF (Ultra High Frequency, que vous traduisez vous-même sur le même modèle). Il ne remplace donc pas le précédent, il le complète.

combiné ?

Vous pouvez vous demander pourquoi le dipmètre du numéro 36 ne couvre pas toutes les gammes de fréquence, pourquoi il ne va pas de 0,1 MHz à 850 MHz. Il est trop difficile de concevoir pour une plage de fréquences aussi étendue un appareil qui reste facile à construire et à régler. Ce n'est pas sans raison que les rares appareils professionnels qui peuvent le faire coûtent aussi cher. La difficulté tient principalement aux composants utilisés. Pour les fréquences basses, les condensateurs et les inductances doivent avoir des valeurs beaucoup plus fortes que pour les fréquences élevées ; de même, suivant la gamme, les semi-conducteurs doivent avoir des caractéristiques différentes. L'amplitude des variations est telle qu'il est pratiquement impossible pour un amateur de combiner toutes les gammes dans un même appareil.

Amateurs d'électronique tous les deux, l'audiophile et le radio-amateur ont des souhaits différents en ce qui concerne les appareils de mesure. Alors que l'audiophile s'intéresse aux rapports signal/bruit et aux bandes passantes, le radio-amateur veut mesurer la fréquence de résonance de réseaux RC parallèles, des capacités, des inductances et souhaite disposer en plus d'un émetteur de test. Il sera comblé avec un dipmètre.

qu'est-ce qu'un dipmètre ?

Pour ceux qui n'ont pas lu le numéro 36 ou qui l'ont oublié, un rappel n'est pas inutile. Un dipmètre est destiné d'abord à déterminer la fréquence de résonance de circuits oscillants parallèles, composés d'un condensateur et d'une bobine. Un tel circuit a la propriété de prélever de l'énergie sur un oscillateur, avec lequel il est couplé d'une manière ou d'une autre, quand sa fréquence de résonance propre est égale à celle du dit oscillateur. En faisant varier la fréquence de l'oscillateur, on trouve une valeur pour laquelle l'aiguille du galvanomètre accuse une déviation brusque, comme un trou, *dip* en anglais. Le *dip* signale que les deux fréquences sont égales. Une fois connue la fréquence, on peut calculer la valeur d'un des composants du circuit oscillant à partir de l'autre. La fréquence du circuit résonnant est déterminée par la formule de Thomson :

$$F = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

ou

$$F^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}$$

Si nous connaissons la valeur du condensateur, celle de l'inductance est :

$$L = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot C \cdot F^2}$$

Si, au contraire, nous connaissons la valeur de l'inductance, celle du condensateur est :

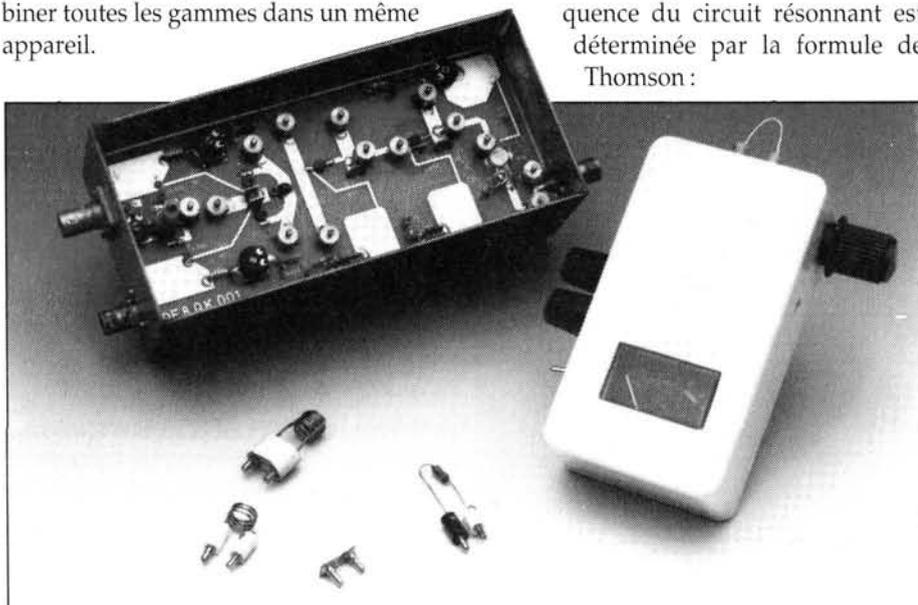
$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot F^2}$$

Comme un dipmètre oscille sur une fréquence réglable et qu'il rayonne une quantité d'énergie appréciable, cet appareil de mesure peut servir aussi d'émetteur de test.

le circuit

Si vous vous rappelez le schéma de notre précédent dipmètre, vous savez que le circuit est très simple. Voyez maintenant le schéma de la **figure 1** et vous constaterez qu'il est possible de faire encore plus simple. L'oscillateur est construit avec un seul transistor MOSFET à double grille et sa fréquence est déterminée par le réseau parallèle C1/L2. L'inductance L2 est l'une des bobines interchangeable connectées au condensateur par des fiches banane miniatures.

Le circuit oscille grâce à la réaction positive, par le réseau, entre le drain et la grille G1 du transistor. Le FET (transistor à effet de champ) est monté en amplificateur inverseur ; du fait de la mise à la masse du point milieu du réseau oscillant (le point



commun des deux moitiés du condensateur variable), la tension au point inférieur de la bobine est déphasée de 180° par rapport à celle du point supérieur. On peut comparer ce réseau à un enroulement de transformateur à point milieu. La valeur instantanée de la tension aux extrémités est toujours opposée. Comme le FET et le réseau présentent chacun un déphasage de 180° , le déphasage total est de 0° , les deux signaux sont en phase, ce qui est l'une des conditions de l'entrée en oscillation. La deuxième condition est que le gain de l'amplificateur bouclé soit de 1. Par exemple pour une tension de 0,5 V sur le drain, le réseau de réaction et le gain doivent être tels que la tension de grille impose une tension de drain de 0,5 V. Si le gain de boucle est supérieur à 1, la tension de drain aura tendance, après quelques périodes, à atteindre la saturation. Malheureusement, ce gain unitaire est difficile à obtenir. Heureusement, il est assez facile de limiter la tension de grille par une diode, et d'éviter ainsi que la tension de drain se bloque. Cette diode entre en conduction dès que la tension de la grille 1 atteint 0,3 V et la maintient à ce niveau si le gain est supérieur à 1. Attention, il ne s'agit pas d'une diode au silicium ordinaire, mais d'une diode rapide Schottky, dont le seuil de tension est de 0,3 V. La polarisation du FET en continu est déterminée par le pont diviseur R2/R3, dont la tension est appliquée à la grille 2. Le condensateur C3 est destiné à éviter qu'une fraction de la tension alternative produite par l'oscillateur rayonne sur le diviseur et décale le point de fonctionne-

ment jusqu'à rendre imprévisible le comportement de l'amplificateur. Il court-circuite à la masse toute trace de tension alternative qui pourrait parvenir à la grille 2. L'inductance L1, dans le circuit de drain du transistor, joue un rôle similaire de séparation des tensions continues et alternatives : elle ferme au courant alternatif le chemin de la pile. Une source de tension est un court-circuit pour les tensions alternatives, on peut considérer une pile comme un condensateur. Sans l'inductance L1, la tension alternative produite par l'oscillateur serait court-circuitée par la pile et elle n'atteindrait jamais l'amplitude souhaitée.

le circuit de mesure

L'oscillateur n'est que la première partie du dipmètre. L'appareil doit comporter aussi un système de mesure qui permette de savoir si une certaine quantité d'énergie est transférée de l'oscillateur vers le circuit à mesurer. Le dipmètre précédent donnait une mesure de la tension aux bornes du circuit oscillant. La mesure de tension est compliquée ici par les hautes fréquences mises en jeu ; nous nous sommes donc tournés vers la mesure d'une autre grandeur pour détecter le transfert d'énergie d'un circuit oscillant vers l'autre. Cette grandeur est l'intensité du courant de drain du transistor : l'oscillateur tend à maintenir constante la tension aux bornes du circuit oscillant et pour cela il consomme plus ou moins de courant suivant qu'il doit ou non compenser la consommation du circuit à mesurer.

Au moment où les deux circuits sont parfaitement accordés, la consommation est maximale. Cela se traduit par une tension maximale aux bornes de la résistance R4, prise en série dans le circuit de drain. La mesure de la consommation est effectuée par le galvanomètre M1, les trois potentiomètres et R5. La configuration du circuit ne rend pas son principe évident, mais en y regardant de plus près, on peut reconnaître quelque chose qui ressemble à un pont de Wheatstone. Dans ce pont, l'équilibre est obtenu par le réglage de P2 et P3, alors que P1 détermine la sensibilité. Les deux diodes n'ont pas d'autre rôle que de protéger le galvanomètre en limitant à 0,6 V, la valeur de leur seuil, la tension à ses bornes.

des composants spéciaux

Le schéma montre deux composants que nous n'avons encore jamais utilisés dans les montages d'ELEX : les condensateurs C4 et C5. À en juger par le symbole, il s'agit bien de condensateurs, mais traversés par un conducteur. Ce sont des condensateurs de traversée, utilisés pour passer une connexion à travers un blindage et pour la découpler en même temps. La connexion qui traverse présente par rapport à la masse une capacité qui constitue le condensateur de découplage. L'aspect de ces condensateurs est représenté par la figure 2 : un minuscule tube de céramique (pour ses propriétés isolantes), revêtu d'une couche métallique qui permet la soudure, est traversé par un fil, muni ou non de cosses à ceilllets suivant les modèles.

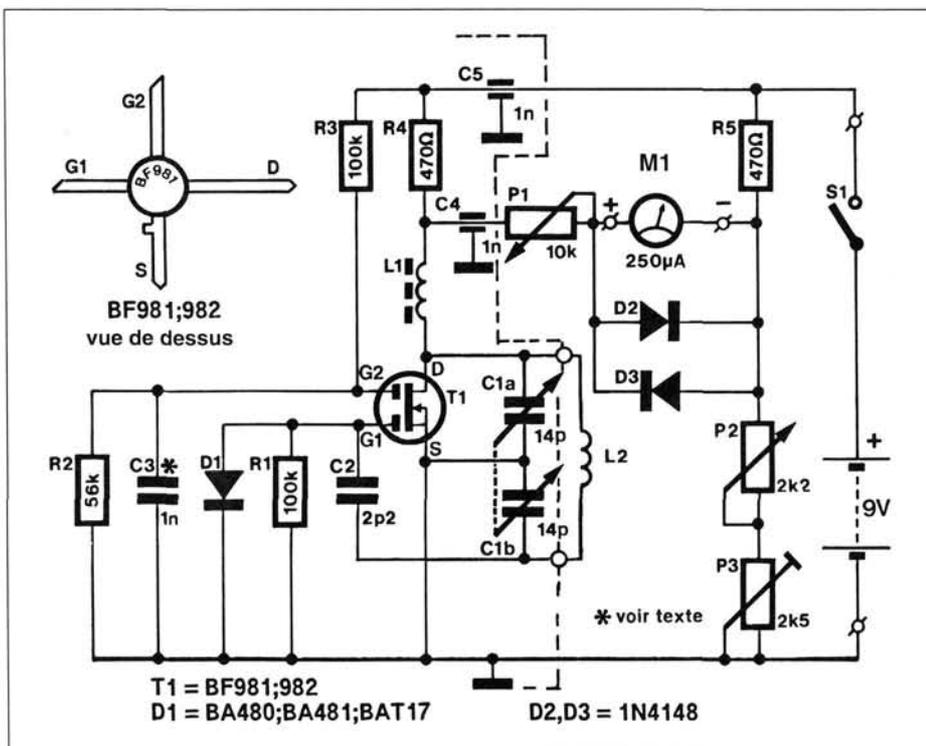


Figure 1 - Le schéma du dipmètre se divise en deux parties : un oscillateur et un circuit de mesure qui affiche sa consommation de courant.

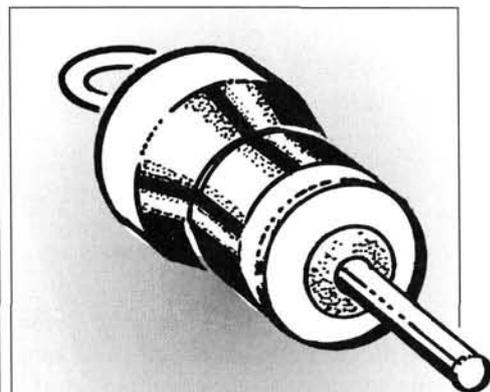


Figure 2 - Un condensateur de traversée se compose d'un tube de céramique traversé par un fil et revêtu d'une surface métallique pour la soudure.

Pour monter un condensateur de traversée, il faut d'abord percer dans la plaque de blindage un trou de diamètre à peine supérieur à celui de l'extrémité la plus fine du tube de céramique. On enfle ensuite le condensateur, on l'enfonce au maximum et on soude tout autour. Si la plaque de blindage n'est pas trop épaisse, il est conseillé de souder des deux côtés. Si la plaque est constituée d'époxy double face, c'est même obligatoire.

Le condensateur de traversée est un composant typique des hautes fréquences. Ce n'est pas le seul de cette catégorie à entrer dans la construction de ce montage. Le condensateur C3 aussi est un de ces oiseaux rares : un condensateur *chip*. Il s'agit d'un disque de céramique dont les deux faces sont couvertes d'une surface conductrice dépourvue de fils de connexion. Les deux surfaces conductrices sont prévues pour être soudées directement. L'avantage de ces condensateurs *chip* par rapport aux condensateurs ordinaires est leur inductance très faible, grâce à l'absence de fils. Dans les montages à très haute fréquence, l'effet de l'inductance peut être tel qu'il annule celui du condensateur.

Les bobines aussi seront des composants spéciaux : aussi bien L1 que les différentes bobines interchangeables (L2) devront être fabriquées sur mesure, du fait de leur faible inductance. La bobine d'arrêt L1 est composée de 6 spires de fil de cuivre émaillé de 0,2 mm de diamètre enfilées dans une perle de ferrite de 4 mm de longueur. La fabrica-

tion des bobines interchangeables n'est pas aussi simple, nous y reviendrons plus loin. Le dernier composant particulier est le condensateur C1. Il s'agit d'un modèle à deux cages de 14 pF, que vous trouverez chez les détaillants spécialisés en composants haute fréquence.

construction

La construction des montages à haute fréquence est toujours particulière, c'est valable aussi pour ce dipmètre VHF-UHF. Pour des montages ordinaires, n'importe quel circuit imprimé, ou presque, peut convenir. Pour les montages à haute fréquence, au contraire, le circuit imprimé doit répondre à des exigences précises : double face avec plan de masse, trajet des pistes soigneusement étudié, liaisons courtes, etc. Toutes ces précautions sont destinées à supprimer ou à répara-

tir judicieusement les capacités parasites qui augmentent le risque d'oscillations ou de couplages indésirables. Les oscillations ne nous gênent pas dans le cas du dipmètre, puisque c'est un circuit oscillant, mais les capacités parasites peuvent être nuisibles si elles abaissent la fréquence maximale du montage.

Il nous faut une fréquence d'oscillation aussi haute que possible pour obtenir une grande plage de mesure. C'est pourquoi le circuit n'est pas construit sur un circuit imprimé, mais comme une araignée : les composants sont montés directement sur une plaquette d'isolant cuivré qui fait office de plan de masse. La disposition qui convient le mieux est celle de la **figure 3**. Nous allons détailler pas à pas cette construction inhabituelle dans nos pages.

Commençons par le plus difficile : souder les douilles miniatures qui recevront les bobines interchan-

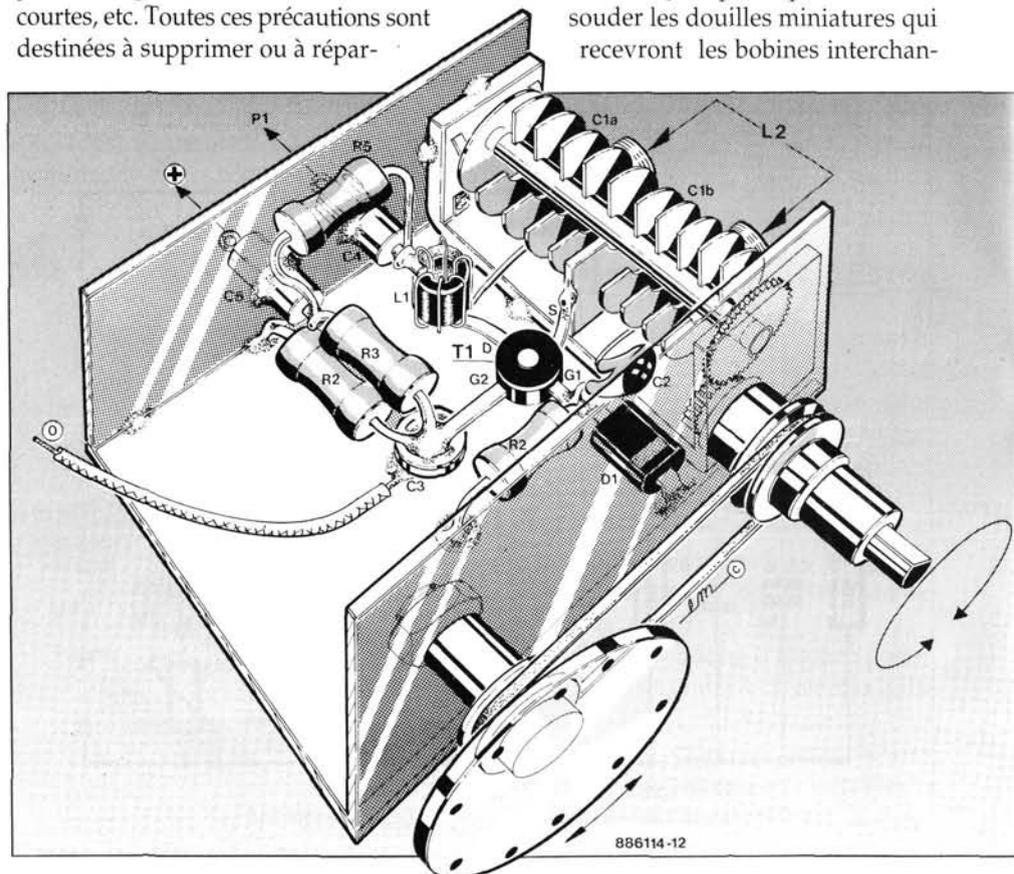
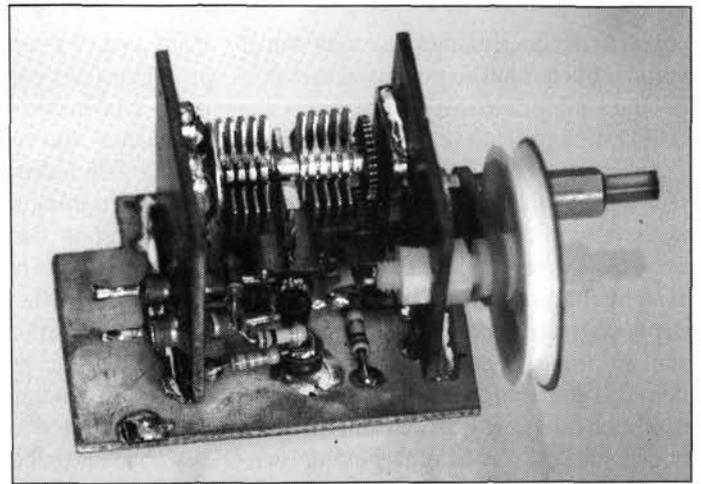
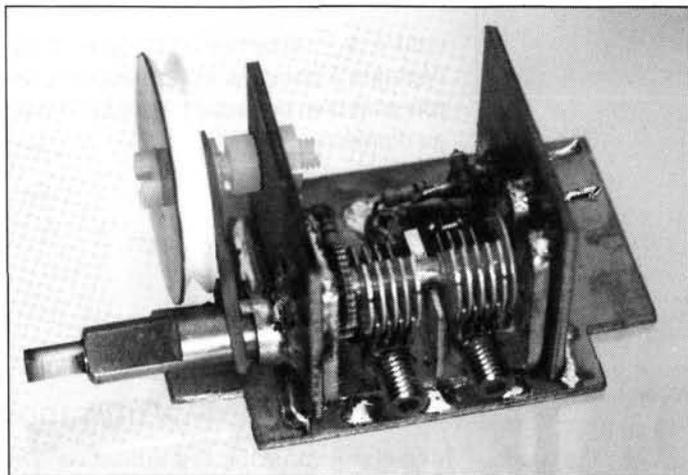


Figure 3 – La fréquence de travail élevée et le petit nombre de composants sont deux raisons suffisantes pour ne pas réaliser le montage sur un circuit imprimé ordinaire. Tous les composants sont montés à l'ancienne mode, sur une plaque d'époxy cuivré double face, et raccordés par leurs fils.

886114-12



elex abc

rotor et stator

Un condensateur variable est constitué de deux groupes de lames ; l'un est fixe, c'est le stator, l'autre est mobile et s'appelle rotor. Les lames du rotor sont reliées électriquement à l'axe de manœuvre et, le plus souvent, à la masse du montage.

Figure 4 – Le prototype vu sous différents angles.

geables. Pour garder les liaisons aussi courtes que possible entre la bobine et le condensateur variable, elles sont soudées directement sur les paquets de lames du stator. L'opération doit être exécutée en suivant exactement ces indications, faute de quoi vous risquez de dessouder les paquets de lames ou d'endommager leurs supports en céramique. Serrez modérément le condensateur dans un étau, de façon à avoir les supports du stator vers vous. Débarrassez de leur isolant les douilles banane miniatures et raccourcissez-les jusqu'à 5 mm environ. Étamez l'extrémité d'une douille et continuez de la chauffer. Placez-la contre le support du stator avec une pince assez fine pour ne pas dissiper trop de chaleur. Ainsi la soudure des supports du paquet de lames est chauffée indirectement, jusqu'à ce qu'elle commence à fondre. À ce moment, retirez le fer à souder de la douille et maintenez-la en

place jusqu'à ce que l'étain refroidisse. N'essayez pas de déplacer une pièce en chauffant la soudure directement et en forçant sur la douille froide, c'est le meilleur moyen de déplacer le paquet de lames. Il sera impossible ensuite de remettre les lames en place sans l'outillage spécial du fabricant.

Si vous n'avez pas l'expérience de cette technique de soudure, nous vous conseillons de vous exercer sur un clou. Si le travail de soudure sur le condensateur variable est terminé, vous pouvez continuer en découpant la plaque de base et les deux parois latérales. Vous utiliserez pour cela de l'époxy double face. Percez les parois pour laisser le passage aux condensateurs de traversée et à l'axe du condensateur variable. Soudez le condensateur variable sur la plaque de base, les condensateurs de traversée des deux côtés de la paroi latérale. Vous pouvez ensuite souder

les deux parois latérales sur la plaque de base, et le gros du travail est terminé.

deuxième étape

Nous pouvons passer au montage des petits composants. Redressez tout d'abord la broche de source du transistor jusqu'à la verticale pour pouvoir la souder contre la connexion centrale du condensateur variable. Prenez soin de laisser le corps du transistor BF981 affleurer à 1 mm environ du plan de masse. Il faut maintenant étamer la surface de cuivre sous la broche de la grille 2, à l'emplacement du condensateur chip (C3). Chauffez cette surface et dès qu'elle sera assez chaude, posez le condensateur dans l'étain fondu, avec une pincette. Chauffez ensuite le cuivre tout autour du condensateur jusqu'à ce que l'étain commence à couler et que le condensateur vienne au contact du cuivre. Vous pouvez

liste des composants

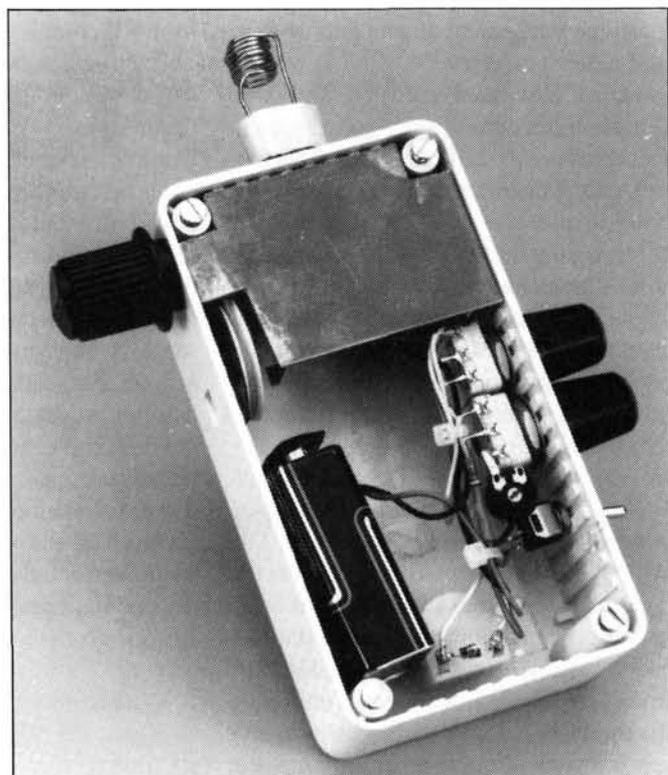
- R1, R3 = 100 kΩ
- R2 = 56 kΩ
- R4, R5 = 470 Ω
- P1 = 10 kΩ pot. linéaire
- P2 = 2,2 kΩ pot. linéaire
- P3 = 2,5 kΩ variable

- C1 = 2 × 14 pF variable
- C2 = 2,2 pF
- C3 = 1 nF chip
- C4, C5 = 1 nF traversée

- L1 = 6 spires sur perle de ferrite
- L2 = bobines interchangeables

- T1 = BF981
- D1 = BA480 ou BA481 ou BAT17
- D2, D3 = 1N4148

- S1 = interrupteur unipolaire
- M1 = galvanomètre 250 μA
coffret en plastique
- 2 douilles banane miniature
- 12 fiches banane miniature
coupleur de pile 9 V



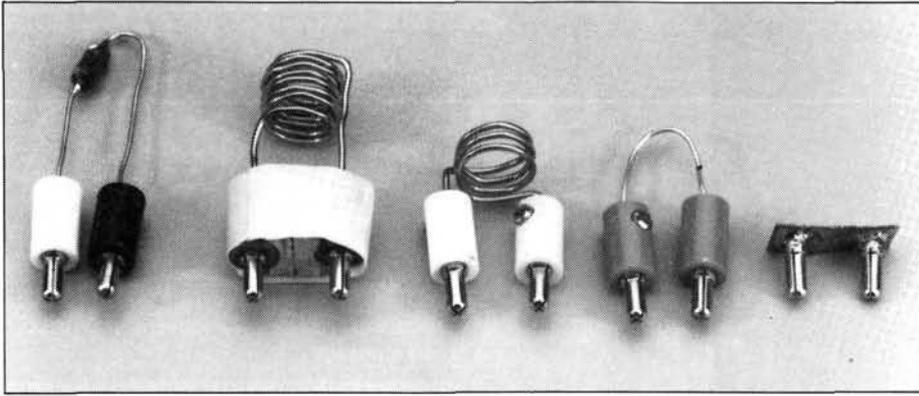


Figure 5 – Bizarre ? Peut-être, mais l'épingle à cheveux et la plaquette de tôle sont bien des inductances destinées au dipmètre.

alors retirer le fer à souder et laisser la soudure refroidir. Vérifiez que le condensateur est bien fixé et soudez-y la broche de la grille 2. Montez ensuite tous les autres composants, en veillant à garder tous les fils de connexion aussi courts que possible (voir la figure 3).

la mise en boîte

Les plaques d'époxy cuivré ne portent que la moitié du montage. Le dispositif de mesure situé à droite de la ligne pointillée de la figure 1 reste à construire. Il faudra ensuite prévoir un système d'affichage de la fréquence sur laquelle l'oscillateur est réglé. Si vous êtes mécanicien, vous pouvez vous attaquer au système de poulie et de courroie illustré par les dessins et les photographies. La grande poulie, entraînée par l'axe du condensateur variable au moyen d'un élastique, porte un disque gradué de 0,0 à 10,0. Le coffret est pourvu d'une ouverture par où la graduation est visible. Placez sur cette ouverture un morceau de plastique transparent où une rainure servira d'index.

Si vous n'êtes pas mécanicien, un bouton compte-tours démultiplié vous rendra les mêmes services. Lors du perçage du coffret, prévoyez les trous dans la paroi avant pour le passage des fiches banane des bobines interchangeables. Le reste du circuit est monté autour des potentiomètres. C'est moins facile qu'avec une platine, mais les difficultés ne sont pas insurmontables car les composants ne sont pas bien nombreux. Les différentes vues de la figure 4 montrent l'aspect de notre prototype.

les bobines

Le nombre de spires des bobines devra être déterminé expérimentalement. Pour cela il faut disposer du dipmètre terminé, d'un fréquencemètre mesurant jusqu'à 1 GHz, de fil émaillé de différents diamètres, d'une inductance moulée de 1,5 μ H et d'un petit stock de fiches banane miniatures. Commencez par

préparer une bobine de 2 ou 3 spires comme capteur pour pouvoir mesurer au fréquencemètre la fréquence du dipmètre. Enfichez l'inductance moulée dans le dipmètre, mettez-le sous tension, puis mesurez les fréquences extrêmes que cette bobine permet d'obtenir. Si tout va bien, elles doivent être proches de 50 MHz d'une part, de 90 MHz d'autre part. C'est la première gamme de notre dipmètre. La deuxième doit commencer à 90 MHz. Pour cela, fabriquez une bobine à air de 8 spires d'un diamètre de 1 cm, puis mesurez sa fréquence minimale. Si elle est nettement inférieure à la fréquence maximale de la première gamme, il faut diminuer le nombre de spires, l'augmenter dans le cas contraire. Mesurez la fréquence maximale de cette deuxième gamme, puis fabriquez la troisième bobine de telle façon que le début de la troisième gamme coïncide avec la fin de la deuxième. Continuez ainsi jusqu'à la limite de 850 MHz. Il faudra vraisemblablement six bobines en tout, dont le nombre de spires ira décroissant. L'avant dernière bobine ne comporte qu'une fraction de spire, en forme d'épingle à cheveux ; la dernière « bobine » est en fait un morceau de fer-blanc tout droit soudé directement sur les fiches banane.

Une fois les bobines prêtes, il est conseillé de relier mécaniquement les douilles banane, pour éviter toute déformation des enroulements qui pourrait faire varier la fréquence. Pour fixer les fiches ensemble, un petit morceau de bois ou de plastique convient. Creusez à la lime queue de rat un logement arrondi dans le chant pour l'isolant des douilles, puis collez-les ou fixez-les en place par un ruban adhésif ou de la gaine thermorétractile.

Il reste à étalonner les différentes gammes. Comme l'échelle n'est graduée que de 0 à 10, il faut dresser un tableau des fréquences correspondantes pour chacune des bobines.

l'utilisation

Même si le principe et l'utilisation sont simples, un petit rappel ne peut pas nuire.

1 - Mettez le dipmètre sous tension, enfichez la bobine correspondant à la gamme choisie. Réglez les deux potentiomètres de telle façon que la sensibilité soit aussi grande que possible sans que la rotation du condensateur variable d'un bout à l'autre de sa course provoque une variation trop forte de l'indication du galvanomètre.

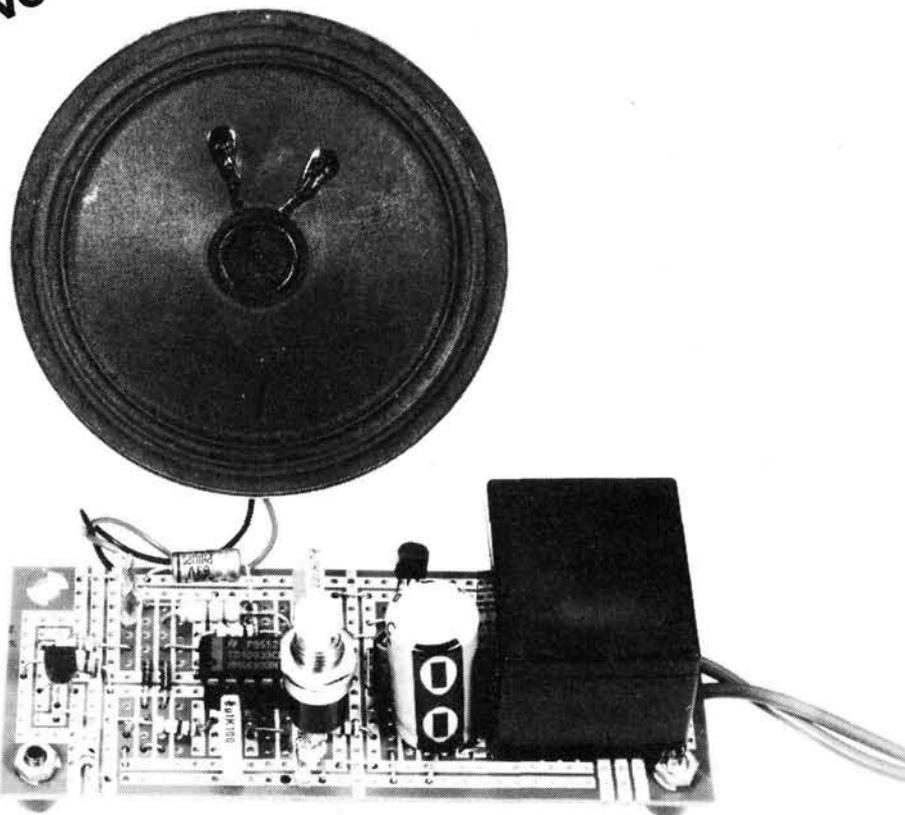
2 - Placez la bobine du dipmètre à proximité du circuit à mesurer et tournez le condensateur variable jusqu'à ce que la déviation de l'aiguille diminue fortement. Si le dip s'étend sur une plage de fréquence trop large, éloignez la bobine du circuit à mesurer, jusqu'à obtenir une indication très nette.

3 - Déterminez, au moyen de l'échelle graduée et de votre tableau, la fréquence sur laquelle est accordé le circuit inconnu.

Vous pourrez ainsi déterminer la fréquence de tout circuit oscillant parallèle. *Et pour un circuit série ?* demandent les bons du fond. Vous le transformez en circuit parallèle, en court-circuitant ses extrémités, et le tour est joué. Vous pouvez vous trouver confronté à un phénomène courant avec les dipmètres : si le couplage entre les deux circuits est trop serré, le courant de drain peut augmenter très fortement. Ce n'est pas grave en soi, mais la forte intensité fait varier la capacité propre du transistor, et en même temps la fréquence de l'oscillateur. Il peut arriver ainsi que le dip ne soit plus décelable, car tout se passe comme si l'augmentation de l'intensité accélérât la rotation du condensateur variable et que la fréquence saute par-dessus le dip. Pour éviter cela, il suffit de diminuer le couplage entre les circuits et de manœuvrer le condensateur dans les deux sens : de la fréquence la plus haute vers la plus basse, puis de la plus basse vers la plus haute.

886114

il veille pendant que vous dormez



veilleur de réveil

Tous ceux qui sont déjà arrivés en retard à l'école ou au travail connaissent bien les excuses standard à utiliser dans ces circonstances délicates : le pont était levé pour trois péniches qui remontaient, le passage à niveau était fermé, mon vélo n'a pas voulu démarrer (un peu transparente, celle-là) ; et surtout : mon réveil n'a pas sonné. L'ennui est que la plus vraie, la dernière, est la moins vraisemblable. Avec le petit appareil que nous vous proposons, tout cela va appartenir au passé.

Malgré les fuites de sodium à 450°C, les bancs de moules qui envahissent les refroidisseurs, les disparitions de matériaux radio-actifs, la difficulté de stockage des déchets, les arrêts pour entretien..., il faut reconnaître que les coupures de courant sont assez rares. Il faut reconnaître aussi que les hommes au service des hommes (les gens d'E.D.F.) se mettent en quatre pour rétablir rapidement la situation. Aussi rapide que soit le retour de la tension, il se peut que les conséquences soient graves le matin suivant. Pensez au radio-réveil qui a remplacé presque partout les antiquités à ressort et balancier : la plupart, surtout les modèles à bon marché, n'ont pas de piles de « sauvegarde ». Ce dispositif, quand il est installé, permet au moins à l'horloge de rester à l'heure, comme dans les ordinateurs. En son absence, le circuit intégré de l'horloge repart de 0 heure 0 minute quand l'alimentation revient. De même l'heure de réveil programmée a disparu ; pas de regret, car même si elle était restée en mémoire, le réveil ne se serait pas manifesté à l'heure.

Il y a différentes façon d'envisager la solution de ce petit problème banal. La plus simple est de remettre en service le bon vieux réveil mécanique relégué au grenier depuis

l'arrivée du radio-réveil. Il ne va pas être facile de le retrouver dans le tas de vieilleries ; il ne va pas être facile non plus de s'habituer à le remonter tous les soirs. La deuxième solution consisterait à alimenter le réveil par des accumulateurs et un onduleur ou autre convertisseur continu-alternatif. Ce n'est pas la solution la plus économique. Ce n'est pas la plus sûre, car l'accumulateur peut fort bien se trouver complètement déchargé si la coupure est de longue durée.

C'est une troisième solution que nous avons choisie. Elle est parfaitement fiable, quels que soient le

nombre et la durée des coupures de courant. Le dispositif se contente de vous prévenir que la tension a disparu, au moment où elle réapparaît : il ne manque donc jamais d'énergie pour fonctionner. Comme vous êtes réveillé quand le courant revient, vous pouvez remettre à l'heure et votre réveil et la sonnerie ; il aurait été inutile de vous réveiller avant.

le circuit

Le circuit est assez simple pour que nous puissions nous passer de schéma synoptique. Voyons donc le schéma complet de la **figure 1**. Com-

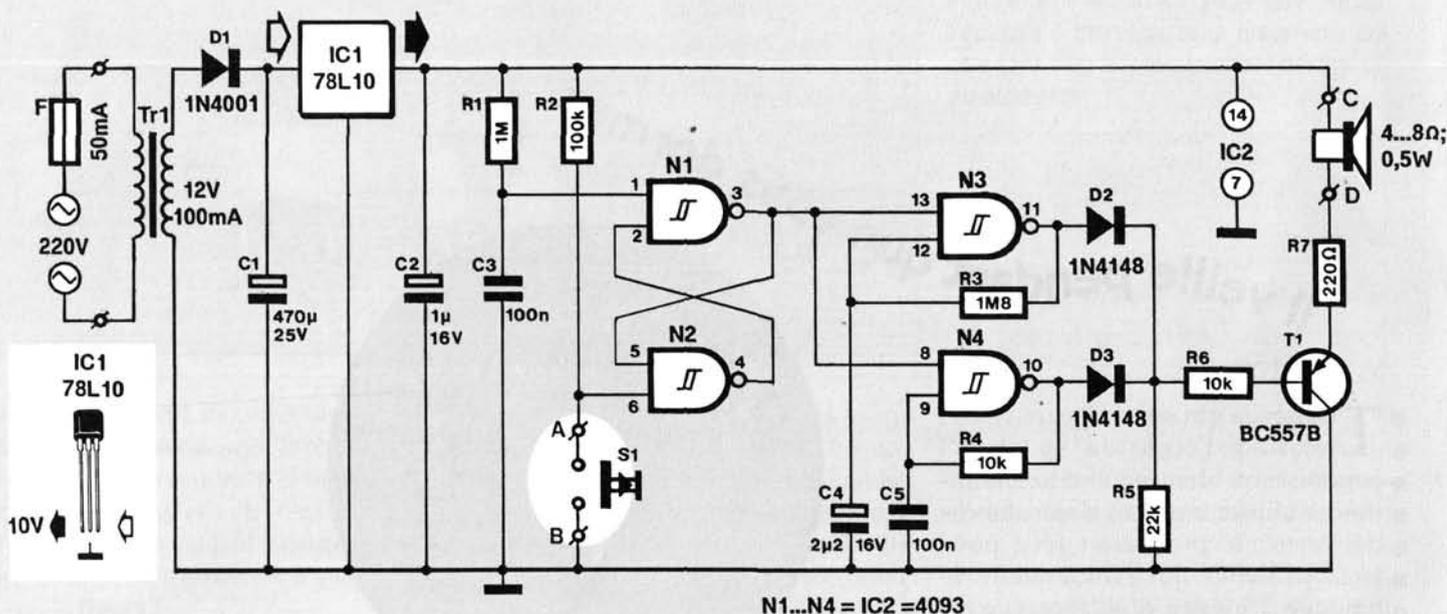


Figure 1 - Le schéma du veilleur de réveil. Il comporte une alimentation à partir du secteur, un multivibrateur bistable, deux oscillateurs et un simulacre d'étage de puissance pour le haut-parleur.

mençons par l'alimentation, en supposant que tout le monde a compris qu'il ne fallait pas la confier à des piles. Elle se résume à peu de chose : un transformateur qui n'aura à fournir 100 mA qu'épisodiquement, un redresseur et un condensateur. Le montage n'est pas exigeant, et un redressement simple alternance suffit. La tension est stabilisée par un régulateur tripolaire classique de type 78L10, qui alimente le reste du montage en tension stabilisée. On ne peut guère faire plus simple. Le veilleur proprement dit commence avec la bascule bistable construite (de Schubert) autour des

deux portes NAND à *trigger de Schmitt* N1 et N2. Son fonctionnement est simple : le réseau R1/C3 est un circuit de remise à zéro à la mise sous tension. Pendant une fraction de seconde après l'apparition de la tension d'alimentation, il maintient au niveau bas l'entrée 1 de N1. La sortie (broche 3 de N1) de la bascule RS (*reset-set*) est donc mise à 1, et cet état se maintient après que le niveau de la broche 1 est passé à 1, c'est-à-dire après la charge de C3. Que la mise sous tension soit volontaire, quand nous branchons la fiche dans sa prise, ou automatique, quand le jus revient

après une coupure, ne fait rien à l'affaire : la sortie 3 de N1 passe au niveau haut et y reste. Le résultat est que les deux multivibrateurs astables (disons oscillateurs) construits autour de N3 et N4 sont libres d'osciller. Ce sont ces deux oscillateurs qui produisent le signal du veilleur. La porte N4 oscille à une fréquence audible proche de 800 Hz, plus ou moins proche selon les tolérances des composants et l'origine du circuit intégré 4093. L'autre oscillateur, N3, délivre une fréquence proche de 0,25 Hz. Il interrompt périodiquement le signal sonore du premier, grâce au circuit OU câblé qui suit.

OU câblé

Qu'est-ce, et à quoi cela sert-il ? Pour répondre à ces deux questions, il faut remarquer que les sorties des deux oscillateurs sont hautes quand il sont bloqués. Dans ce cas, le point commun des deux diodes et de R5/R6 est au niveau haut, ce qui

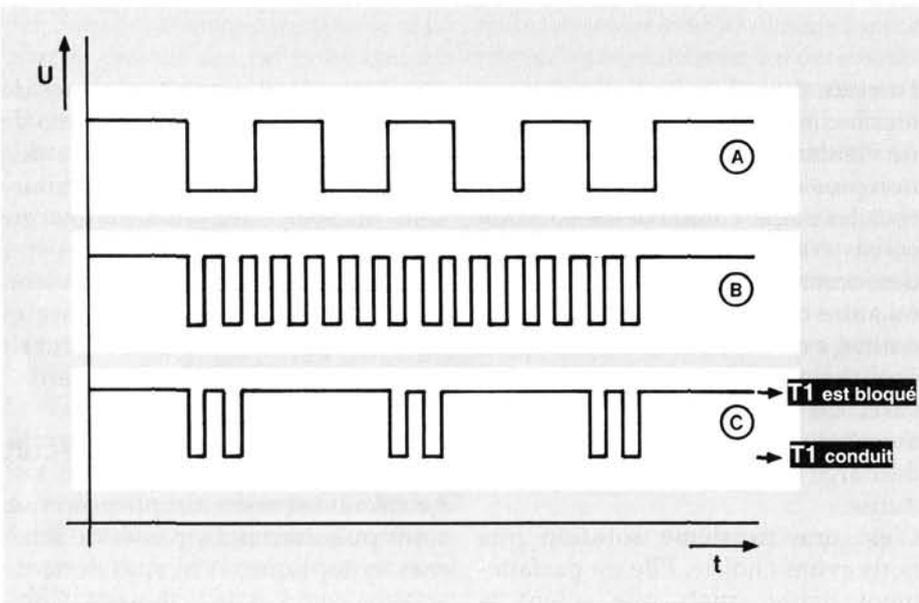


Figure 2 - Les formes d'onde en différents points du circuit. a) Le signal de sortie de l'oscillateur lent (N3, broche 11). b) Le signal de l'oscillateur « audio » (N4, broche 10), à une échelle fantaisiste. c) La fonction OU réalisée grâce à D2, D3 et R5 donne ce signal intermittent sur la base de T1.

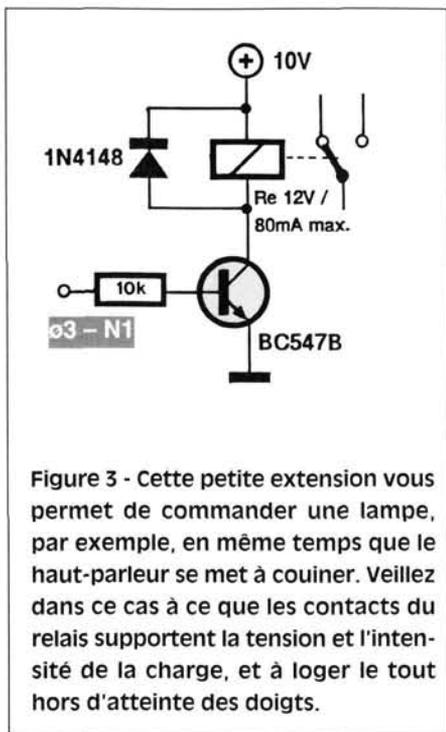


Figure 3 - Cette petite extension vous permet de commander une lampe, par exemple, en même temps que le haut-parleur se met à couiner. Veillez dans ce cas à ce que les contacts du relais supportent la tension et l'intensité de la charge, et à loger le tout hors d'atteinte des doigts.

liste des composants

- R1 = 1 MΩ
- R2 = 100 kΩ
- R3 = 1,8 kΩ
- R4, R6 = 10 kΩ
- R5 = 22 kΩ
- R7 = 220 Ω

- C1 = 470 μF/25 V
- C2 = 1 μF/16 V
- C3, C5 = 100 nF
- C4 = 2,2 μF/16 V

- D1 = 1N4001
- D2, D3 = 1N4148
- T1 = BC557B
- IC1 = 78L10
- IC2 = 4093

- S1 = poussoir à fermeture
 - TR1 = transfo 12 V/100 mA
 - HP = haut-parleur
4 à 8 Ω, 0,5 W
- platine d'expérimentation de format 1

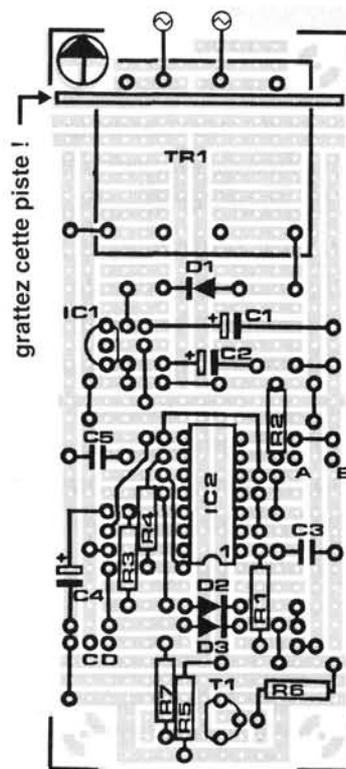


Figure 4 - La présence du secteur sur la platine impose certaines précautions : notamment celle de supprimer une piste entre la partie soumise aux 220 V et la partie à très basse tension. La platine est représentée ici sans le radiateur du transistor de puissance, qui masquerait les autres composants (voir texte).

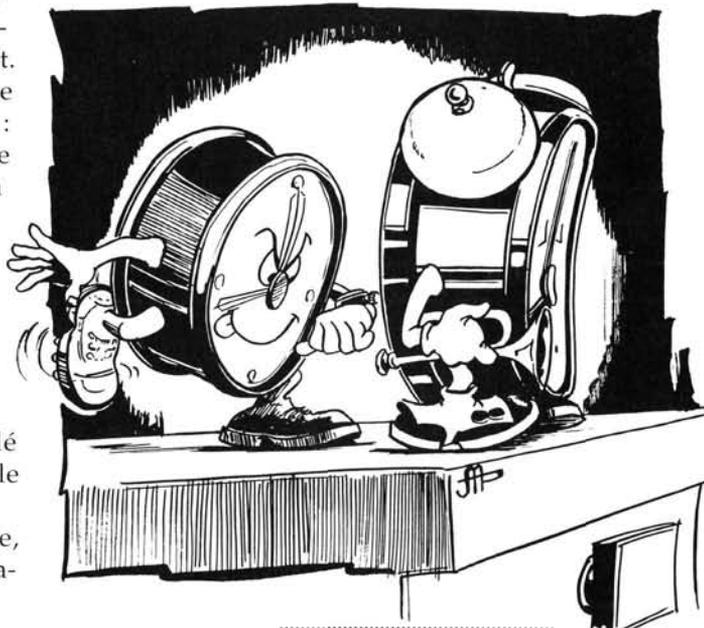
construction et réglage

bloque le transistor T1, de polarité PNP. En regardant de plus près on constate que le transistor est bloqué si une seule des deux portes présente un niveau haut en sortie, autrement dit qu'il est bloqué si l'une ou l'autre des sorties est au niveau haut. C'est la définition même de la fonction logique OU. Cela veut dire aussi que le transistor est conducteur si les deux sorties sont au niveau bas. Il existe des circuits intégrés qui réalisent la fonction ou, comme le 4071, mais il aurait été dommage de n'utiliser qu'un des quatre opérateurs qu'il contient, alors que deux diodes font l'affaire. Le résultat est que le son du premier oscillateur sera découpé par le deuxième en tranches de 2 secondes séparées par deux secondes de silence. Le transistor T1 fonctionne en commutation, soit saturé soit bloqué. Ou bien il conduit le courant maximal à travers la bobine du haut-parleur, ou bien il ne conduit rien. Les 50 mA qui le traversent n'y provoquent pas d'échauffement puisque la tension collecteur-émetteur est minimale. Le transistor de puissance n'a donc pas besoin d'être un modèle de puissance, un type pour petit signaux suffit largement. Le volume sonore est suffisant pour signaler l'incident sans sonner le réveil pour toute la maisonnée.

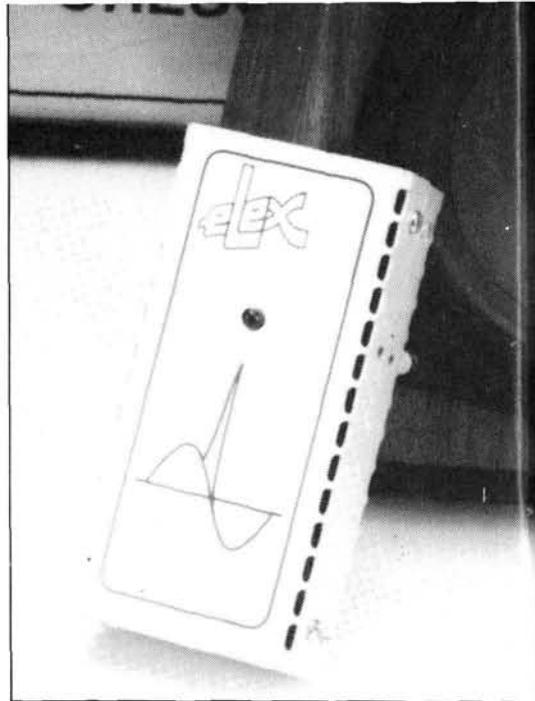
La platine d'expérimentation de format 1, câblée selon la figure 4, est installée dans un petit coffret en plastique pour éviter les risques d'électrocution. La fonction de S1 est importante : aussitôt le circuit alimenté, le haut-parleur se fait entendre ; il suffit d'une pression pour remettre la sortie 1 de N1 à zéro, et arrêter ainsi les deux oscillateurs, donc le couinement. La figure 3 suggère une extension du montage : comme il faudra remettre votre réveil à l'heure la nuit, vous aurez besoin de lumière. Pourquoi ne pas laisser le veilleur allumer à votre place ? Il suffit pour cela d'ajouter un relais et un transistor, commandé par la sortie de la bascule RS (broche 3 de N1). La procédure de réglage, ainsi que la liste des appa-

reils de mesure nécessaires, feront l'objet de deux autres articles, de quatre pages chacun, en avril 1996 et avril 2000, les deux prochaines années bissextiles.

87619



Vous avez déjà pu le constater : au fur et à mesure que le temps passe, le bruit de la fête s'amplifie, en même temps que s'approche du maximum le bouton de volume de la chaîne HiFi qui fait office de sonorisation. À partir d'une certaine heure, l'amplificateur est aussi saturé que les oreilles, il est au bout du rouleau. Non seulement le son qui sort des haut-parleurs n'a plus grand chose à voir avec de la musique, mais les haut-parleurs risquent leur vie. Les réparateurs de matériel électronique savent qu'on ne change jamais autant de tweeters que pendant les semaines qui suivent les réveillons. Il serait dommage de démolir du matériel en plus de vos oreilles, alors qu'une poignée de composants permet de construire un indicateur de crête qui vous avertira infailliblement que le bouton de volume peut être tourné jusque là mais pas plus loin.



indicateur de crête

avec persistance

Que se passe-t-il exactement quand un amplificateur est saturé, et pourquoi est-ce nuisible, spécialement, aux haut-parleurs d'aigus ou *tweeters* ? Si vous avez vu un signal musical à l'oscilloscope, vous savez que sa forme électrique est plutôt complexe : non seulement son amplitude varie sans cesse, mais aussi sa fréquence. La plupart des problèmes sont dus aux pointes de tension du signal musical. Elles peuvent atteindre plusieurs fois l'amplitude moyenne du signal. Supposons que vous avez réglé le volume de l'amplificateur de telle façon que, pour être amplifiées comme le reste du signal, les pointes devraient dépasser la tension d'alimentation. Comme la tension de sortie d'un amplificateur ne peut pas dépasser la tension d'alimentation, les pointes du signal sont coupées, on dit écrêtées. Un signal écrêté prend l'aspect d'un signal rectangulaire, avec toutes les caractéristiques d'un signal rectangulaire : le spectre du signal comporte une foule d'harmoniques, de fréquences multiples de la fondamentale. Il s'agit là de fréquences élevées que le filtre de l'enceinte acoustique conduit logiquement vers le haut-parleur d'aigus. Autrement dit, la quasi-totalité de la puissance des crêtes est appliquée au haut-parleur d'aigus. Ces haut-parleurs sont de petites dimensions parce que leur fréquence de travail est élevée. Leur petite taille fait qu'ils ne peuvent pas supporter une puissance importante, dont ils n'ont d'ailleurs pas besoin du fait de leur bon rendement ; par exemple, dans une enceinte à trois voies de 50 W, le *tweeter* ne peut guère supporter plus de 5 W en permanence. En sachant qu'un amplificateur de 50 W saturé peut fort bien produire 50 W d'harmoniques, on imagine les tourments du malheureux *tweeter* de 5 W de puissance

admissible. Consolons-nous en nous disant que de toute façon ça ne peut pas durer très longtemps...

Nous venons de voir ce qui se passe dans une installation homogène, où la puissance des haut-parleurs correspond à celle de l'amplificateur ; ce n'est pas toujours le cas, et les haut-parleurs peuvent souvent admettre plus de puissance que n'en délivre l'amplificateur. Malheureusement, le contraire se produit aussi : la puissance de l'amplificateur est supérieure à celle des enceintes acoustiques. Ce n'est pas forcément une catastrophe, si l'utilisateur reste prudent dans sa manipulation du bouton de volume. Si l'enceinte est soumise longtemps à une puissance excessive, le risque est grand que la bobine du haut-parleur d'aigus brûle, ou bien qu'elle réclame son indépendance et se désolidarise de la membrane. Dans l'un et l'autre cas, le précieux haut-parleur ne peut plus servir à autre chose qu'à ramasser des clous*. La modération dans la commande de volume est nécessaire même si la puissance nominale de l'amplificateur n'est pas supérieure à celle des haut-parleurs, parce qu'on est plus porté à pousser à fond si on sait qu'il y a une marge ; comme la totalité de la puissance peut être aiguillée vers le *tweeter* en cas de saturation, adieu les haut-parleurs.

*la LED s'allume,
doucelement les hautes*

L'indicateur de crêtes ne réduit pas le volume de sortie, il se contente de signaler qu'il est plus prudent de le faire, quand la limite de puissance est atteinte. Le signal est donné par une LED qui s'allume aussitôt que la limite est atteinte. La hauteur de cette limite dépend de l'installation et de ce que vous voulez surveiller. Prenons deux exemples : supposons d'abord que la puissance admissible par les haut-parleurs est inférieure à celle de l'amplificateur. Dans ce cas, l'indicateur doit délivrer son signal aussitôt que la puissance de sortie menace de dépasser celle que peuvent « encaisser » les haut-parleurs, d'après leurs caractéristiques. Dans le cas opposé, si la puissance de l'amplificateur est relativement faible, comparée à celle des enceintes, la LED doit s'allumer dès que vous demandez plus de puissance qu'il ne peut en fournir. Nous verrons plus loin comment adapter le point de fonctionnement de l'indicateur à l'installation que vous voulez protéger.

*Grâce à l'aimant de la culasse. Pour nos lecteurs de la Réunion, un aimant « C'est un zaffaire ça y colle su frigo ».

le point de vue de l'électronique

Parcourons le schéma de gauche à droite, comme d'habitude. Nous trouvons d'abord un pont redresseur, B1, de type B80C1500. Il permet de redresser la tension de sortie de l'amplificateur avant de l'appliquer au reste du montage. Ce qui se passe ensuite dépend d'une part de l'amplitude du signal musical, et d'autre part d'une tension de référence déterminée par D1 et D2. Aussi longtemps que l'amplitude du signal de sortie est nettement inférieure à la tension de référence, l'impédance d'entrée du montage est extrêmement élevée (quelques mégohms), pour ne pas dire infinie par rapport à celle de l'enceinte acoustique. Par conséquent, le circuit « au repos » ne constitue pas une charge pour l'étage de sortie, il ne perturbe en rien le fonctionnement de la chaîne. Si la tension de sortie instantanée de l'amplificateur vient à dépasser la tension de référence, le transistor T1 conduit immédiatement, ce qui a plusieurs conséquences. La LED D5, alimentée comme nous le verrons plus loin, brille pour indiquer que le seuil de tension est franchi. Si la LED était simplement alimentée à travers la diode zener D3 et le transistor T1, elle ne s'allumerait que pendant les pointes de tension, et peut-être pendant la première seulement. En effet, comme la tension instantanée est importante, le courant qui traverse la LED pourrait la détruire s'il n'était pas limité. La tension est variable par définition, ce qui exclut la résistance classique comme moyen de limiter l'intensité ; c'est la raison de la présence du transistor à effet de champ T2. Il est monté ici en source de courant constant, c'est-à-dire que quelle que soit la tension, pourvu qu'elle soit comprise entre 2,5 V et 30 V, il

laisse circuler un courant maximal de 3,5 mA. Cette intensité peut sembler faible, mais elle est suffisante pour la LED à haut rendement* que nous utilisons. Elle produit plus de lumière avec moins de courant que les LED « ordinaires ».

Le petit appétit de la diode électroluminescente nous permet de « mémoriser » assez facilement les pointes. L'entrée en conduction du transistor permet au condensateur C1 de se charger rapidement à travers la diode D4 et la résistance R2. L'énergie emmagasinée pendant la courte pointe de tension s'écoulera à travers la LED quand T1 ne conduira plus. La capacité de C1 est suffisante pour que la pointe de tension soit visible, si brève soit-elle. La résistance R2 limite l'intensité de charge à une valeur supportable par le transistor T1, la diode évite à sa jonction collecteur-émetteur de voir la tension positive du condensateur, qui risquerait de la détruire. La limitation d'intensité est nécessaire car la tension à l'entrée peut atteindre 63 V et le BD140 ne peut conduire « que » 2 A. Puisque nous parlons de sécurité, il faut revenir à la source de courant constant, dont nous avons dit qu'elle fonctionnait de 2,5 V à 30 V. Si la tension pour laquelle le montage est prévu peut dépasser 30 V, il faut la limiter par la diode zener D3. Le fonctionnement de la source de courant à transistor à effet de champ est particulier : la LED, le transistor et la résistance R3 sont montées en série. Le courant qui les traverse est le même, il provoque une chute de tension aux bornes de R3. La grille du transistor (qui joue le rôle de la base d'un transistor bipolaire) est reliée à la source

(l'émetteur) par R3. La tension de la grille détermine l'intensité du courant de drain. La chute de tension provoquée par R3 augmente avec l'intensité, de sorte que le potentiel de source du FET devient plus négatif que son potentiel de grille. En conséquence, le courant de drain diminue. Cette tendance se traduit par une réduction de la chute de tension aux bornes de R3. Donc la différence de tension entre source et grille tend maintenant à diminuer. Aussi l'intensité du courant de drain, avec la valeur choisie pour R3, se stabilisera-t-elle à environ 3,5 mA.

le réglage

Il ne s'agit pas vraiment d'un réglage, puisqu'il est fait une fois pour toutes, par la valeur de certains des composants. La tension nominale des diodes zeners qui fixent la hauteur du seuil de tension acceptable est déterminée en fonction des enceintes et de l'amplificateur. Les calculs ne sont pas difficiles, il suffit de respecter quelques règles. Pour commencer il faut savoir si l'indicateur de crêtes doit surveiller les enceintes ou l'amplificateur, donc connaître leur puissance nominale (et non la valeur de crête). Plutôt que de tenter d'expliquer le mode de calcul, prenons un exemple : nous avons un amplificateur de 20 W et des enceintes de 8 Ω capables de supporter 50 W. Il faut donc éviter que la puissance de sortie dépasse les 20 W, car dans ce cas c'est l'écrêtage qui risque de nuire aux haut-parleurs. Comme le détecteur réagit à la tension, il faut calculer la tension qui correspond à cette puissance.

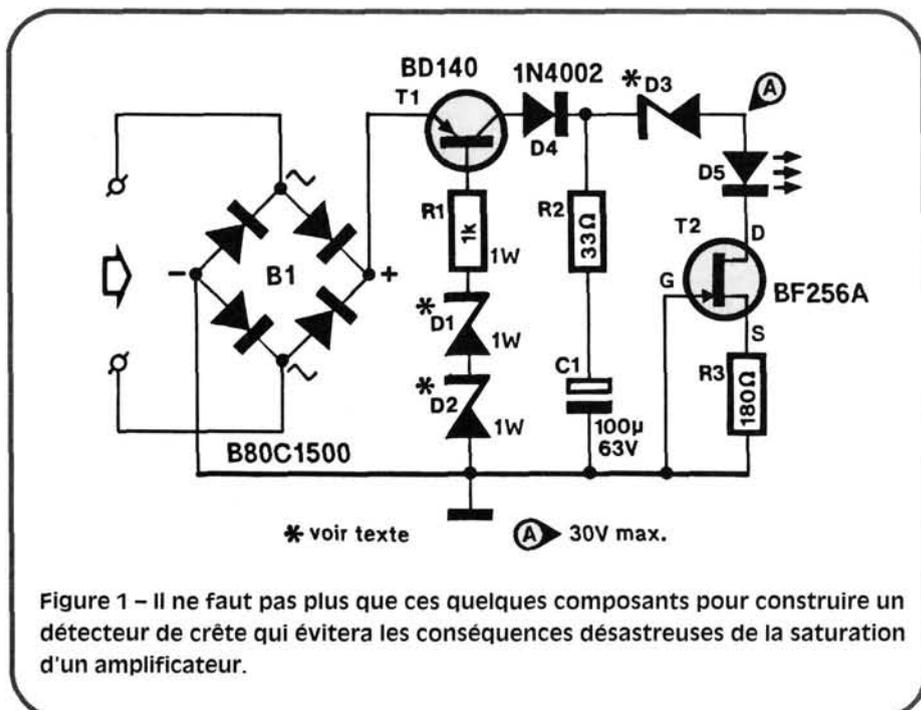
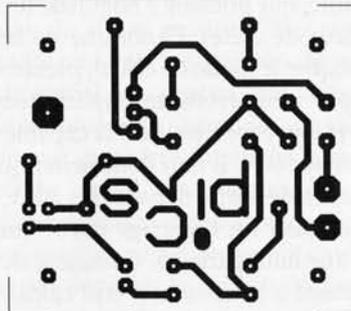
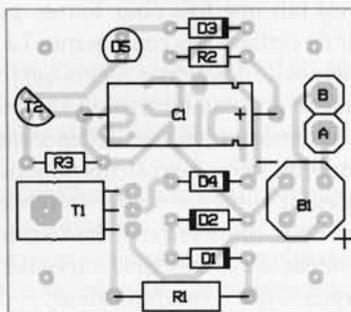
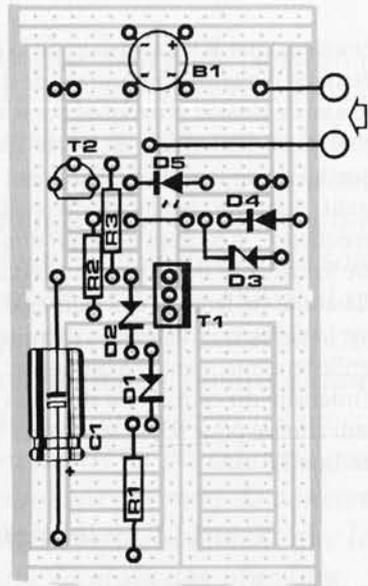


Figure 1 – Il ne faut pas plus que ces quelques composants pour construire un détecteur de crête qui évitera les conséquences désastreuses de la saturation d'un amplificateur.



liste des composants

- R1 = 1 kΩ/1 W
- R2 = 33 Ω
- R3 = 180 Ω
- C1 = 100 μF/63 V
- T1 = BD140
- T2 = BF256A*
- D1, D2 = diodes zener 1 W*
- D3 = diode zener
- D4 = 1N4002
- D5 = LED à haut rendement
- B1 = pont B80C1500
- * voir texte

enceintes ont une puissance nominale inférieure à celle de l'amplificateur, c'est avec la puissance des enceintes qu'il faut calculer.

Il ne reste à déterminer que la valeur de D3. Elle doit éviter les surtensions au transistor à effet de champ T2. La tension de sortie maximale est de 32 V environ, ce qui correspond à une puissance de 65 W sur 8 Ω. Si vous voulez utiliser l'indicateur de crête avec un amplificateur de puissance supérieure, il faut installer la diode zener D3, et lui donner comme valeur la différence entre 30 V et la tension maximale admissible, de telle façon que la tension au point A ne puisse pas dépasser 30 V.

N'oubliez pas que si la référence de tension est fixée relativement bas, à 10 V par exemple, et que la tension de sortie atteint 60 V, les diodes D1 et D2 et la résistance R3 peuvent en souffrir. Il est donc prudent de choisir des modèles de 1 W, tout en sachant qu'elles ne supporteront pas de fortes surcharges pendant un temps très long. Si vous habitez une région reculée, où la LED à haut rendement est encore inconnue, il faudra vous rabattre sur une LED ordinaire et lui donner l'intensité relativement for-

te qu'elle demande. Il faudra pour cela choisir un autre type de transistor à effet de champ (un BF256C) et donner à R3 une valeur plus faible, 100 Ω au lieu de 180 Ω. Ces modifications permettent à un courant de 7,5 mA d'alimenter la LED. Elle s'éteindra plus tôt que la LED à haut rendement, aux environs de 5 V au lieu de 2,5 V, mais c'est sans grande importance.

construction et installation

L'implantation des composants sur une platine d'expérimentation de format 1 est représentée par la figure 2, mais si vous voulez un montage très compact, vous pouvez le réaliser sur un petit morceau de plaque pastillée ou sur le circuit imprimé de la figure 4. La figure 3 vous suggère une face avant pour le coffret éventuel. Le raccordement de l'indicateur de crêtes est un jeu d'enfant : deux fils en parallèle avec ceux de l'enceinte acoustique sur la sortie de l'amplificateur et l'affaire est faite. L'alimentation de l'indicateur ne demande pas de dispositif spécial, puisque le « jus » nécessaire est fourni par l'amplificateur au moment précis où il y a un surplus.

L'impédance étant connue, c'est la formule suivante qui s'applique :

$$U_{\max} = \sqrt{PR} \cdot \sqrt{2}$$

En remplaçant les symboles par leur valeur,

$$U_{\max} = \sqrt{(20 \cdot 8)} \cdot \sqrt{2}$$

La tension de sortie maximale de l'amplificateur de 20 W sur une charge de 8 Ω est de 18 V crête. La tension totale des diodes zener D1 et D2 doit donc être de 18 V moins 1,8 V, pour compenser la tension de seuil des diodes du pont redresseur et de la jonction base-émetteur du transistor T1. Dans cet exemple, les diodes zener peuvent être toutes les deux de 8,2 V, mais toute combinaison dont la tension totale est de 16,2 V (1pp) convient.

Dans le cas où l'impédance des haut-parleurs est de 4 Ω, il faut effectuer le calcul avec cette valeur au lieu de 8 Ω. Si les

*En anglais *high efficiency* ; « efficacité » serait admissible à la rigueur, mais seuls les cuistres le traduisent par le néologisme *efficience*.

aide à la relaxation :

contrôleur de rétroaction biologique

Vous êtes tendus ?

L'appareil vous en informe par l'émission d'un son d'une certaine hauteur. Détendez-vous : après quelques (nombreux) exercices vous arriverez (peut-être) à modifier la fréquence du son produit.

– Bateau ? Boniment ?

À vous de voir. Électroniquement, il n'y a rien à redire. Vous le verrez, ça marche, et vous saurez bientôt comment. Au-niveau-du-vécu Physio-psychologique, corporel et mental, voire pataphysique, ELEX manque encore de données. Au niveau artistique, l'appareil peut être transformé en instrument de musique permettant de jouer du corps, le soir au fond des bois.

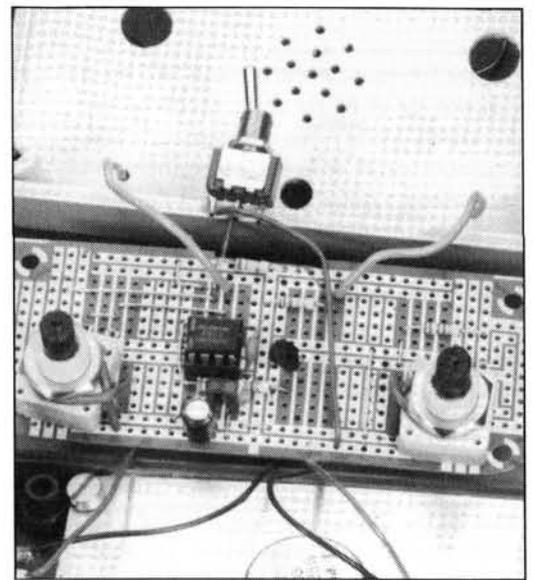
Que le corps soit en mesure de se défendre contre toutes sortes d'agressions, on le sait depuis longtemps. Qu'il soit possible à l'homme de lutter consciemment contre les maux qui l'accablent, de guérir parce qu'il croit qu'il peut guérir ou parce qu'il croit qu'un autre peut le guérir, c'est ce que les chamans et autres *medicine-man* des sociétés primitives, voire certains charlatans des nôtres n'ignorent pas. Les scientifiques l'ont longtemps négligé pour ne se préoccuper que de formes plus "objectives" de traitements. Se relaxer est une bonne mesure de prévention ou de thérapie, l'appareil devrait vous permettre de vous y entraîner.

Nous ne garantissons que l'innocuité du montage, non son efficacité thérapeutique, vous laissant la charge de la démontrer. Notre objectif est placé moins haut. Il n'a pour but que de vous permettre d'expérimenter. Dans ce dessein, l'appareil délivre un son dont la hauteur dépend, disons, de votre état général. Si c'est état n'ait pas bon, ceux dont vous avez certainement conscience, vous pouvez décider de l'améliorer par d'efficaces exercices de relaxation (*calme, calme, le correcteur...*). La résistance élec-

trique de votre épiderme doit, en principe, en rendre compte (1) et la hauteur de la note se modifier pour en témoigner.

qu'est-ce qu'une rétroaction biologique ?

On parle de rétroaction quand les causes d'une action sont modifiées par ses effets. Les anglophones parlent de *feed-back*, "alimentation en retour", les latins de "servomécanisme" pour ces systèmes dont la sortie alimente en information l'entrée, qu'elle asservit à ses besoins. La rétroaction est bien sûre biologique lorsque le système, ou la "machine" inclut le vivant. Une illustration simple de ce que nous disons est donnée par la personne qui se coule un bain : elle trempe son gros orteil dans l'eau pour en prendre la température (information d'entrée) ... Brrr, trop froid ! La sensation obtenue (information de sortie) la fait ré-agir sur le réglage de l'eau, fermer l'arrivée d'eau froide et ouvrir celle d'eau chaude, jusqu'à ce que son gros orteil la prévienne que le bain est suffisamment tempéré. Dans le présent montage, le système, c'est vous. La variable, c'est votre état



général, à laquelle votre résistance électrique, traduite en hauteur de son, donne accès. Le dispositif, associé à l'oreille, remplace l'orteil comme capteur. Tendu ou décontracté correspondront à des variations d'humeurs, chaudes ou froides, comme disaient les anciens, dont des exercices de relaxation régleront la répartition pour tempérer l'ensemble. Comment accédons-nous à ces variations de nos humeurs ? Par une mesure de résistance électrique de l'épiderme, dont on nous dit qu'elle est aussi fonction de notre état de santé, physique (maladie par exemple) ou mentale (anxiété, tension nerveuse). La mesure de résistance elle-même est rendue par un son dont la hauteur lui est liée (2). Comment faire varier cette grandeur ? En y mettant de la bonne volonté rétro-active, il semble que cela soit possible.

effet placebo et auto-relaxation

Dire qu'un individu peut se guérir "tout seul" de quelques petites misères n'est pas exprimer une simple opinion. Des expériences sérieuses l'ont prouvé (comme on dit quand on veut vendre une nouvelle lessive). L'effet placebo (du latin "je plairai") en est un exemple connu. Rappelons ce que c'est : deux groupes de personnes souffrant des mêmes symptômes sont, croient-elles, soumises au même traitement médicamenteux. L'expérimentateur leur distribue en fait, aux unes, la molécule dont il veut connaître les effets, aux autres formant l'échantillon témoin, sous le même emballage, une substance neutre. Il se trouve qu'une partie des personnes qui n'ont rien reçu de pharmacologiquement efficace, guérissent ou se sentent mieux. La façon dont le placebo est donné, la personne qui le donne et les paroles dont elle accompagne sa distribution ont donc des effets

Figure 1 – Pourquoi le dessinateur a-t-il disposé Rx et P1 de cette façon ? C'est un mystère que nous n'éclaircirons pas. Toujours est-il que les résistances en série deux à deux, sont deux à deux en parallèle. Lorsque le patient est branché, la charge du condensateur C1 s'effectue plus rapidement, ce qui modifie la fréquence du signal produit par le multivibrateur astable et donc la hauteur du son du haut-parleur (3).

thérapeutiques sur certains patients. Le but du jeu n'est d'ailleurs pas de les tromper, mais de tester l'efficacité de la molécule en toute rigueur, en quantifiant ses effets subjectifs.

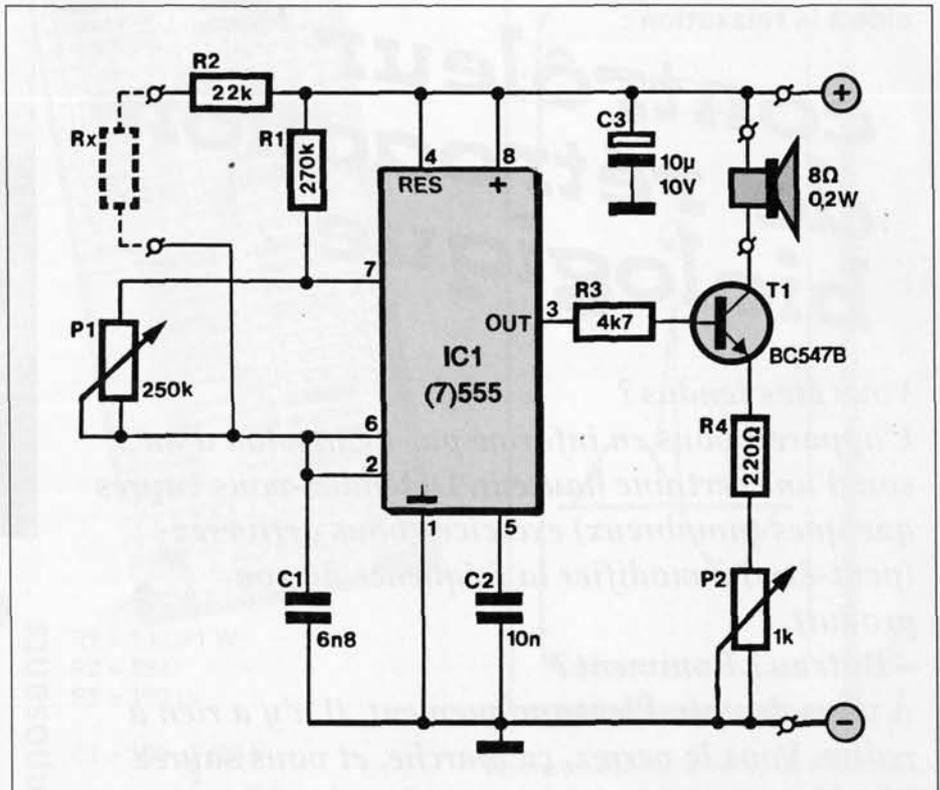
Une autre méthode permet de parvenir aux mêmes conclusions, l'autorelaxation (ou training autogène, avec un supplément de prix). Ça n'est pas non plus une expérience très neuve puisque le neurophysiologiste Oscar Vogt découvrit, au tournant du siècle, que certains de ses patients qui arrivaient à se mettre en transe par auto-hypnose, se réveillaient chaque fois de cet état, détendus et en pleine forme. Rendrons-nous aussi hommage à Emile Coué ? Pas aujourd'hui, le temps nous manque. Toujours est-il que certaines fatigues, certains maux de tête, certaines lombalgies etc. peuvent ainsi disparaître sans l'aide d'aucune médecine (allopathique*).

On peut aussi supposer que le principe actif du présent montage repose sur une forme, légère, d'auto-hypnose. Quoi qu'il en soit, il est prouvé que certaines façons de se concentrer produisent certains effets de relaxation. Le contrôleur en témoignera puisque, nous l'avons dit plus haut, les variations de la résistance électrique de votre épiderme se traduiront par des sons également variés (4). Vous n'obtiendrez cependant de résultat intéressant qu'après de nombreux exercices. Ne mettez pas l'appareil de côté après la première expérience sous prétexte que la note jouée a toujours la même hauteur. Il n'y a pratiquement aucune chance que cela marche du premier coup.

l'électronique, enfin

Nous y sommes. Il faut, en premier lieu, trouver deux électrodes de mesure : une pour chaque main. Prenez deux lames de cuivre ou, comme nous l'avons fait, deux anneaux du même bois (l'anneau dit "de Hans Carvel" ne convient pas) que vous vous glisserez à un doigt de chaque main. Voyons maintenant comment le dispositif

* Allopathique, c'est pour faire riche.



fonctionne. Le corps du sujet désireux de se relaxer (Rx sur la figure 1), branché entre les électrodes, forme avec R2 une résistance qui vient en parallèle à R1 et P1. L'ensemble de ces résistances détermine avec C1 la fréquence d'oscillation du multivibrateur astable câblé autour d'IC1, un circuit intégré de type 555 (ou 7555). Chaque variation d'une des résistances se traduit par une modification de la hauteur du son (5) produit par un haut-parleur câblé, avec son transistor de commande T1, à la sortie du circuit. Le résultat de l'opération est un son dont la fréquence (hauteur) est fonction de la résistance (électrique) instantanée du corps de l'expérimentateur (6). Revenons maintenant à l'entrée de mesure du circuit. Comme nous le voyons sur le schéma, une électrode est reliée à R2, l'autre au nœud formé par les connexions de P1 et C1 aux broches 2 et 6 d'IC1. Lorsque les anneaux de mesure sont aux doigts du patient, nous avons bien deux paires de résistances en série, R1 et P1 d'une part, R2 et Rx de l'autre, chaque paire étant parallèle à l'autre. La résistance équivalente à ce groupement est donc inférieure à celle qui déterminait précédemment, toujours avec C1, la fréquence de l'oscillateur. La fréquence du son émis par le haut-parleur est ainsi plus élevée. C'est assez facile à comprendre : la fréquence des oscillations est déterminée par la vitesse à laquelle le condensateur C1 se charge et se décharge. Si l'opérateur met en parallèle à R1 et P1 une autre résistance, celle de son corps en l'occurrence (supposée de

500 kΩ ici), la charge du condensateur à travers la résistance équivalente s'effectue, si P1 est au maximum, deux fois plus vite, puisque la voie est doublée. La durée de la décharge de C1 par contre n'est pas affectée. Elle ne se fait qu'à travers P1, par la broche 7 d'IC1. Le 555 cache en effet dans ses entrailles un transistor dont le déblocage autorise, chaque fois que la broche 3 est à zéro, la décharge (partielle : de 2/3 à 1/3 de la tension d'alimentation) du condensateur. Le choix pour P1 d'un potentiomètre, au lieu d'une résistance fixe, permet de régler la hauteur du son de "base" de l'appareil, c'est-à-dire du son qu'il émet lorsque les électrodes de test sont en l'air. Sa position n'est qu'une affaire de goût ou d'oreille. Nous avons de même en sortie la



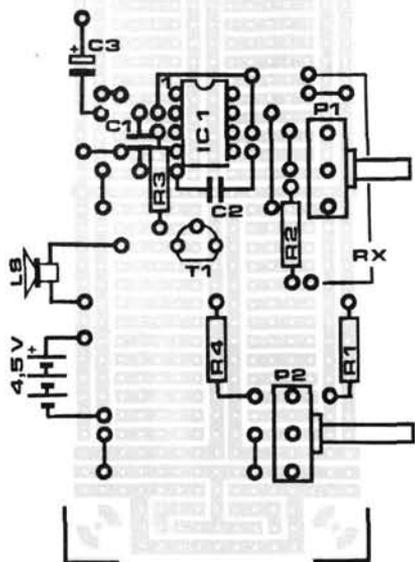


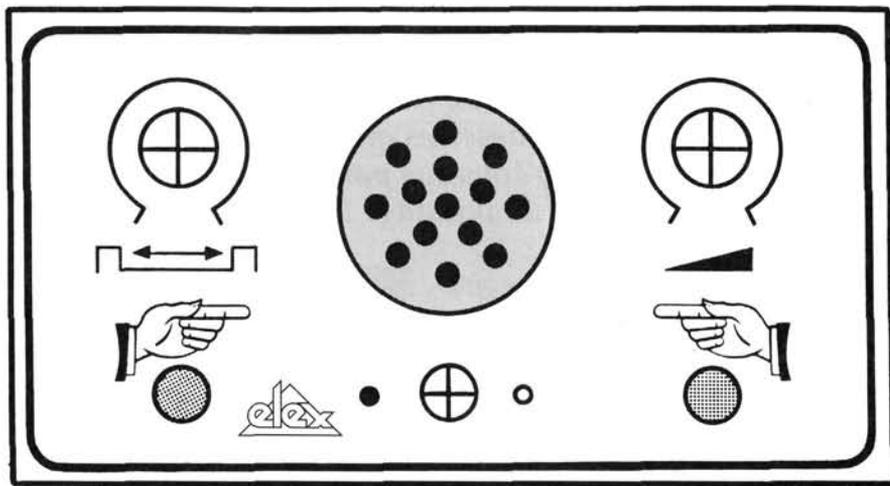
Figure 2 – Implantation des composants. Les électrodes de test sont reliées par du câble blindé fin aux bornes de Rx qui représente votre résistance électrique (si la vôtre est plus jolie, pardonnez-nous).

liste des composants

- R1 = 270 k Ω
 - R2 = 22 k Ω
 - R3 = 4,7 k Ω
 - R4 = 220 Ω
 - P1 = 250 k Ω
 - P2 = 1 k Ω
 - C1 = 6,8 nF
 - C2 = 10 nF (céramique)
 - C3 = 10 μ F/16 V
 - T1 = BC547B
 - IC1 = (7)555 temporisateur analogique
 - LS = haut-parleur 8 Ω /0,2 W
 - S1 = bouton poussoir ouvert au repos
- Adaptateur secteur 9 V/300 mA
Platine d'expérimentation de format 1

possibilité, grâce à P2, de régler le volume du son. Puisque nous en sommes là, quelques mots ne seront pas de trop sur les composants voisins.

Figure 3 – Les doigts ne s'enfilent pas dans l'appareil, comme le laisse supposer le dessinateur de cette face avant que vous pouvez recopier pour finir votre appareil.



Le signal périodique rectangulaire produit par l'oscillateur, arrive par la sortie d'IC1 (broche 3) et R3, sur la base du transistor T1. Celui-ci se sature et se bloque au rythme du signal qui le commande. Le haut-parleur transforme ces oscillations en vibrations sonores qui mettent en branle l'air au voisinage de vos oreilles, en produisant un son léger dont la hauteur est fonction de la résistance électrique de votre peau (7), soit, par hypothèse, de votre bien être. Pour en finir avec les problèmes de santé, évoquons l'alimentation du circuit : pour des raisons de sécurité, il est recommandé de prendre une pile de 4,5 V, ou un bloc secteur (de 4,5 à 6 V) présentant un maximum de garanties. Évitez d'utiliser une alimentation de votre crû, non que nous doutions de vos talents, mais parce c'est plus prudent, eu égard à votre santé justement.

montage & mode d'emploi

La figure 2 vous donne un modèle d'implantation des composants sur une platine d'expérimentation de format 1. L'alimentation, le haut-parleur, les électrodes de test y sont reliés par des fils. Les axes des potentiomètres (soudés directement sur la platine) seront dans tous les cas accessibles de l'extérieur. En ce qui concerne les électrodes, aux bornes de Rx, il est conseillé de les raccorder par du câble blindé, soudé, soit à des lames de cuivre, soit à des anneaux de diamètre suffisant pour laisser passer un doigt. Les anneaux sont d'ailleurs préférables, comme nous le verrons dans le mode d'emploi. Que vous choisissiez l'une ou l'autre solution, l'essentiel est qu'elles assurent le meilleur contact

avec la peau, par une surface et une pression suffisantes, sans pour autant se transformer en instruments de supplice. Les anneaux ne seront par exemple ni trop étroits ni trop larges. – Vous avez des bracelets de cuivre? Que ne nous le disiez-vous plus tôt. Ils conviennent parfaitement au projet.

On procède ensuite à la mise en boîte. Pour les dimensions de celle-ci, prenez modèle sur le projet de face avant de la figure 3 qu'il suffit de photocopier en l'agrandissant éventuellement.

« Il nous faut entraîner pour réussir », comme disait le fabuliste olympien**. Ce n'est qu'après de nombreux exercices de décontraction que la plupart des gens arrivent à modifier la hauteur du son qu'émet l'appareil (c'est ce qu'il faut dire sur le prospectus). Les quelques conseils qui suivent devraient vous permettre de mener à bien votre apprentissage.

Commencez par trouver un endroit tranquille où vous installer aussi confortablement que possible (éviter la baignoire mais le bain de siège n'est pas prohibé). Prenez ensuite les électrodes en mains ou glissez-les à vos doigts (ou à vos poignets), ce qui est préférable. Mettez l'appareil sous tension, puis réglez la fréquence et le volume du son à l'aide des potentiomètres, de façon que celui-ci ne vous irrite pas. Fermez les yeux, détendez-vous, videz votre esprit (en le priant de sortir par exemple) ou ne pensez qu'à des choses agréables et reposantes, détendez-vous, rrrreepirez, soufflez... Ça devrait marcher. Bien sûr, si vous vous auto-contre-suggestionnez, ça risque de tourner à l'auto-rigolade et vous n'y couperez pas d'une visite à l'oto-rhino, surtout si vous prenez l'appareil en grippe.

** Nous ne savons ni où il est né ni où il est mort ni où il a vécu. Personne, hors ELEX et Jacques Cerisier, n'a conservé trace de son œuvre.
(1 à 7) septem repetita placent



Les automobilistes ont à leur disposition tout un choix d'appareils de haute technologie à brancher sur la prise d'allume-cigare : cela va des simples lecteurs de cartes aux cafetières automatiques. Mais avez-vous essayé de brancher un baladeur qui fonctionne sous 3 volts ou un magnétophone à cassettes qui demande 6 V ? Non ? Vous avez raison, ça ne marche pas, en tous cas pas longtemps. Il faut intercaler un montage tout simple, comme celui-ci.

Avec le temps et les campagnes anti-tabac, la prise d'allume-cigare des voitures a fini par changer complètement de fonction. L'allume-cigare a disparu et son logement est devenu une simple prise de courant qui alimente aussi bien le compresseur à gonfler les matelas pneumatiques que l'aspirateur à dépoussiérer les sièges. Tous ces accessoires sont conçus pour fonctionner sur les 12 V continus de la batterie de voiture, de bateau ou de roulotte*. Les appareils alimentés par piles fonctionnent habituellement avec des tensions comprises entre 3 et 9 V, ce qui interdit de les brancher sur cette prise de courant si pratique.

Domage, car il n'est pas rare que pendant un voyage un peu long l'un des occupants de la voiture veuille utiliser un magnétophone ou un appareil à dicter. Il n'est pas rationnel d'utiliser des piles alors qu'il existe à bord une source d'énergie renouvelable ; il est frustrant de se trouver à mi-chemin avec des piles à plat et une batterie bien chargée par un alternateur qui tourne à plein régime.

réduction de tension

Se trouver dans une voiture avec des piles de baladeur vides et une batterie pleine, ça ne devrait guère vous arriver qu'une fois, deux à la rigueur. Vous aurez entrepris quelque chose avant la troisième. Nous avons besoin d'un adaptateur de tension, qui utilise non pas le réseau alternatif 220 V, mais les 12 V continus de la batterie, pour fournir les 3 à 9 V nécessaires. Un lecteur d'ELEX ne peut pas faire autrement que le construire lui-même. La question est : comment ?

On pourrait imaginer une diode zener toute simple avec une résistance en série. Malheureusement, la consommation d'un stabilisateur de tension à diode zener est constante. Cela signifie que dans le cas où l'appareil à alimenter ne consomme que

Le mot *caravane* dans son acception actuelle provient d'un jeu de mots : *car-a-van* signifie voiture et fourgon. Jeu de mots fort plaisant dans la langue de l'Oncle Sam, mais totalement inepte chez nous. Une habitation sur roues est une roulotte. Une caravane est une suite de véhicules, aussi bien des roulettes que des vaisseaux du désert.

adaptateur de tension continue

pour écouter votre baladeur en voiture

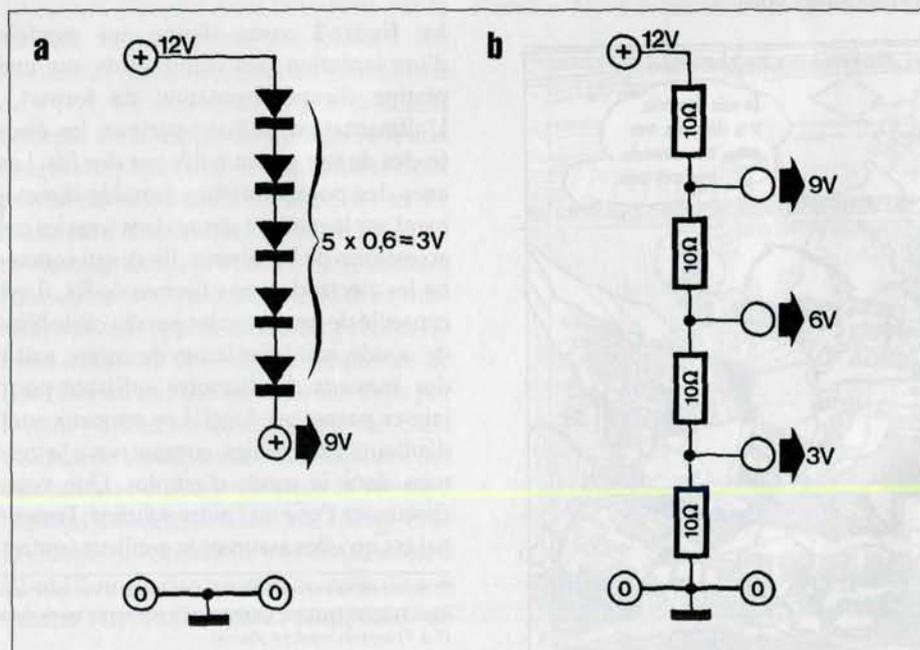


quelques milliampères, ou quand il est débranché, la diode doit consommer la quasi-totalité du courant et qu'elle risque de chauffer. La diode zener ne convient donc pas pour notre application.

Il existe une autre manière d'abaisser la tension, toute simple bien qu'elle ne vienne pas à l'esprit immédiatement : insérer des diodes en série dans le circuit. Une diode provoque une chute de tension de 0,6 à 0,7 V quand elle est traversée par un courant. Si nous plaçons deux diodes en série entre l'accumulateur et l'appareil à alimenter, la chute de tension est de 1,2 V, de 1,8 V pour trois diodes, et ainsi de sui-

te. La chute de tension est pratiquement indépendante de l'intensité du courant. Cette méthode est utilisable quand la chute de tension nécessaire est faible. Elle est intéressante car la consommation est rigoureusement nulle quand la charge est débranchée. S'il s'agit d'obtenir une tension de 3 V à partir d'une batterie de 12 V, le système des diodes en série n'est pas particulièrement élégant : pour obtenir la chute de tension de 9 V, il faudrait 15 diodes.

Autre chose ? Un diviseur à résistances ? Ce serait une bonne idée, mais nous nous retrouvons devant le même problème





qu'avec la diode zener : la consommation permanente, quelle que soit celle de l'appareil. Le défaut est même pire : ni la consommation ni la tension ne sont constantes. Pour obtenir une tension qui ne varie que dans des limites raisonnables, il faudrait prévoir une consommation permanente énorme. Le diviseur de tension à résistances de la figure 1b ne consomme pas moins de 300 mA, en pure perte. Comme la tension fournie varie avec l'intensité, ce montage ne présente aucun intérêt pratique.

émetteur-suiveur

Voilà déjà bien du papier noirci sans autre résultat que de connaître quelques solutions inexploitable. Ce n'est pas si mal, mais le but était tout de même d'alimenter un baladeur, au lieu d'enfiler des

Figure 1a – Une tension légèrement trop forte peut être réduite simplement par l'insertion de quelques diodes en série dans le circuit.

Figure 1b – Un diviseur de tension à résistances présente plusieurs inconvénients : d'abord il consomme une quantité de courant non négligeable, ensuite le rapport de division est modifié dès qu'une charge est connectée et il se modifie quand l'intensité consommée par la charge varie.

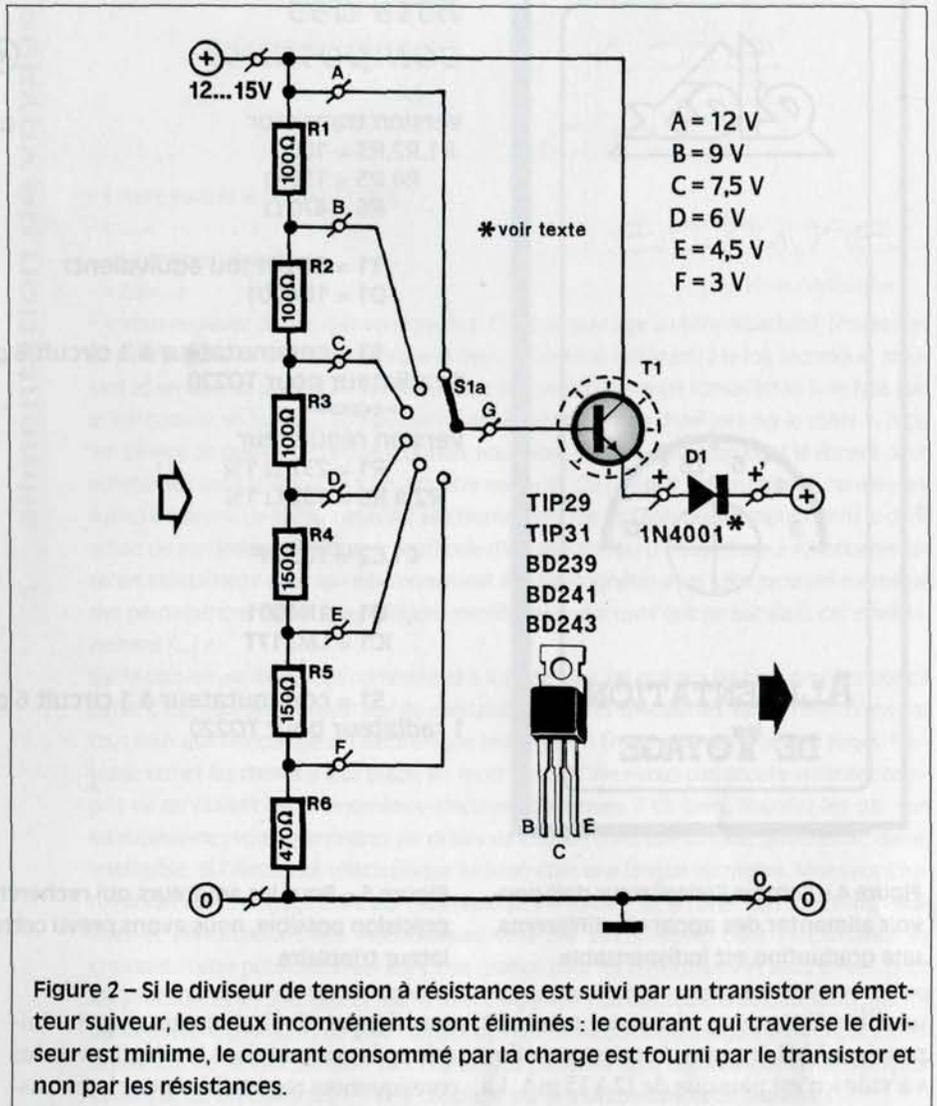
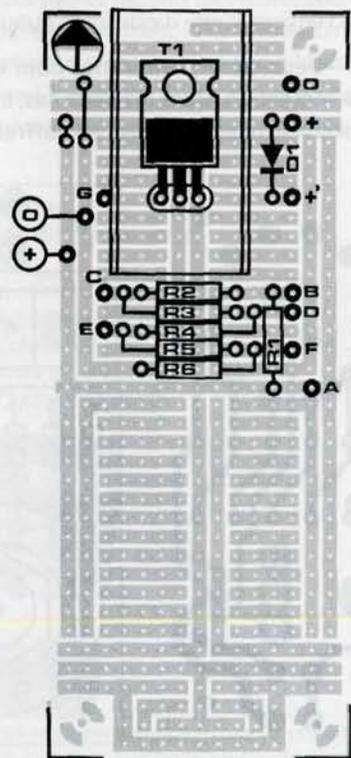


Figure 2 – Si le diviseur de tension à résistances est suivi par un transistor en émetteur suiveur, les deux inconvénients sont éliminés : le courant qui traverse le diviseur est minime, le courant consommé par la charge est fourni par le transistor et non par les résistances.

perles théoriques. Nous avons fait un pas sur le bon chemin, nous arriverons au bout si nous trouvons une façon de supprimer les inconvénients du diviseur à résistances. Il faut d'abord lui donner une résistance plus élevée pour limiter la consommation, ensuite rendre le rapport de division indépendant de l'intensité consommée par la charge.

La solution est simple : disposer après le diviseur un amplificateur de courant sous la forme d'un transistor en émetteur-suiveur. Ce montage est connu pour sa forte impédance d'entrée et sa faible impédance de sortie, exactement ce dont nous avons besoin. Cela nous amène au schéma de la figure 2. Vous pouvez voir que le diviseur de tension de la figure 1b s'est un peu allongé, si bien que nous disposons maintenant de toutes les tensions de piles

Figure 3 – Une demi-platine de format 1 suffit pour la construction du circuit de la figure 2.



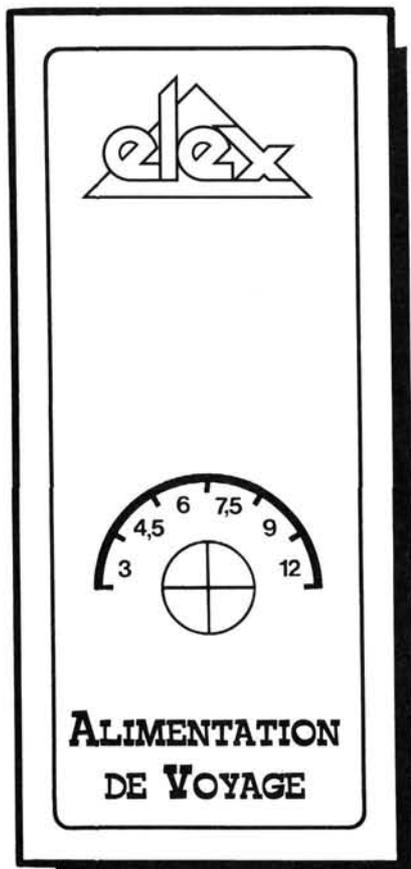


Figure 4 – Comme l'adaptateur doit pouvoir alimenter des appareils différents, une graduation est indispensable.

liste des composants

version transistor

R1,R2,R3 = 100
R4,R5 = 150 Ω
R6 = 470 Ω

T1 = BD241 (ou équivalent)
D1 = 1N4001

S1 = commutateur à 1 circuit 6 positions
1 radiateur pour TO220

version régulateur

R1 = 237 Ω 1%
R2 à R8 = 332 Ω 1%

C1,C2 = 100 nF

D1 = 1N4001
IC1 = LM317T

S1 = commutateur à 1 circuit 6 positions
1 radiateur pour TO220

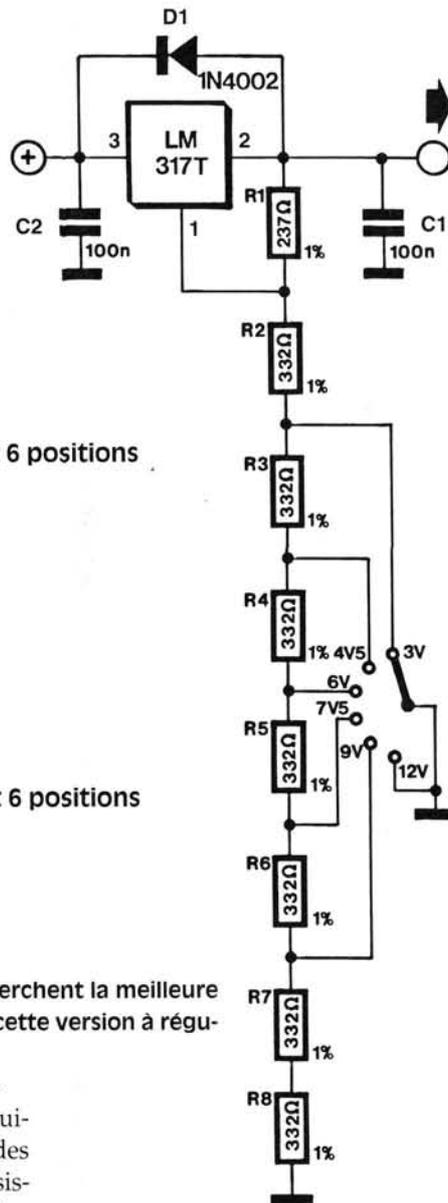
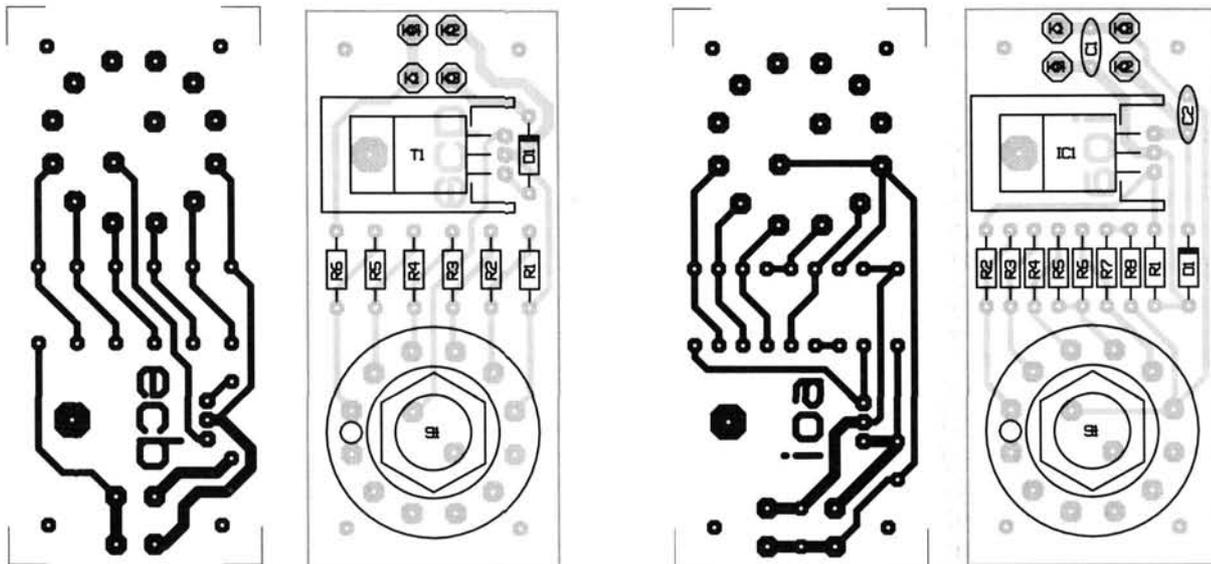


Figure 5 – Pour les amateurs qui recherchent la meilleure précision possible, nous avons prévu cette version à régulateur tripolaire.

usuelles. Comme sa résistance totale est passée à 1 kΩ environ, la consommation « à vide » n'est plus que de 12 à 15 mA. La diode D1 évite à l'appareil alimenté les conséquences désastreuses d'un raccordement à l'envers. Cette diode évite aussi

que l'appareil à alimenter injecte lui-même du courant dans le circuit, avec des conséquences regrettables pour le transistor T1. Comme l'adaptateur est prévu pour une intensité maximale de 1 ampère environ, T1 est un modèle de moyenne

Figure 6 – Deux circuits imprimés pour un montage. Vous êtes gâtés ! Il faudra choisir entre le diviseur de tension simple et la véritable régulation. Dans les deux cas, il faudra donner deux coups de scie à métaux pour ramener à 13 mm la hauteur du radiateur et pouvoir fixer la platine au coffret par le canon fileté du commutateur.



environ, T1 est un modèle de moyenne puissance équipé d'un petit radiateur.

La **figure 3** montre comment les quelques composants sont disposés sur une demi-platine d'expérimentation de format 1. Un commutateur à 6 positions complète le montage et le tout se loge dans un petit coffret en matière plastique pour donner un appareil pratique à utiliser. L'entrée se fait par un cordon terminé par une fiche d'allume-cigare, le sortie par un autre cordon, terminé par une fiche d'alimentation. Attention à la polarité: en général ces fiches ont le pôle positif à l'extérieur et le négatif à l'intérieur, mais certains fabricants font le contraire.

Le commutateur peut être un modèle à 12 positions ou à 2 fois 6 positions; la face avant peut ressembler à celle de la **figure 4**.

encore plus précis

L'adaptateur tel qu'il est décrit ci-dessus convient parfaitement à l'usage envisagé. Cependant la tension de sortie peut varier de 10 à 15%, comme la tension de batterie dont elle dérive: nous nous sommes contenté de diviser la tension sans la stabiliser. Il est possible d'améliorer le montage pour ceux qui recherchent une plus grande stabilité.

Les pinailliers n'auront plus rien à reprocher à cet autre montage, qui garantit une stabilité de 2%. Le schéma est donné par la **figure 5**. Il comporte principalement un régulateur tripolaire ajustable de type LM317. La broche 1, qui détermine la tension de sortie, est raccordée à un réseau de 8 résistances. Le commutateur met en service une portion variable du diviseur. La tâche du régulateur consiste à maintenir entre sa broche de sortie et sa broche de réglage une tension constante de 1,2 V. La tension de sortie se calcule simplement en fonction du rapport entre R1 et la somme des autres résistances en circuit. Toutes les résistances sont à tolérance de 1%.

La tension de sortie n'est pas influencée, ou à peine, par l'intensité du courant de sortie: la variation de tension est négligeable pour un courant de sortie qui passe de 100 mA à 1 A. Si l'intensité est excessive, ou le refroidissement insuffisant, le régulateur limite de lui-même l'intensité débitée en réduisant sa tension de sortie. Il est protégé contre les tensions inverses par la diode D1 en parallèle entre la sortie et l'entrée.

896003

△ alimentation de voyage △

note de lecture

par Kurt Mähböhn

- « Avez-vous lu le dernier Charoy ? »
- « ... »
- « Le premier alors ? »
- « Euh ... »
- « Vous ne savez pas ce que vous perdez. C'est un ouvrage au titre rébarbatif (*Parasites et perturbations des électroniques*) mais au contenu étonnant, à la fois technique, amusant et sérieux. Sa présentation est agréable et il se lit comme un roman (mais il ne faut pas le lire comme un roman). Enthousiasmé dès le premier coup d'œil jeté sur le tome 1, reçu "en service de presse" de l'éditeur Dunod, nous nous sommes précipité chez le libraire pour acheter les deux suivants (il y en a quatre en tout). Ce premier volume traite, comme les autres d'ailleurs, de la compatibilité électromagnétique (la CEM) qui est, nous citons la définition de son **Index et lexique**, « l'aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner de façon satisfaisante dans son environnement électromagnétique, et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour quoi que ce soit dans cet environnement [...] ».

Sur la couverture déjà, vous commencez à « sentir avec les mains » les phénomènes dont il parle. C'est pourtant un ouvrage de spécialiste pour des spécialistes, lisible néanmoins par tous ceux que l'électricité et l'électronique intéressent*. En un peu moins de 200 pages, l'ouvrage remet les choses à leur place, les mots aussi. N'avez-vous pas encore vraiment compris ce qu'étaient les phénomènes électromagnétiques ? Eh bien, abordez-les par son intermédiaire: vous apprendrez de drôles de choses, dans une langue savoureuse, claire, intelligible. Si l'électricité (électronique incluse) était une langue étrangère, Monsieur Charoy aurait écrit l'ouvrage à lire par tous ceux qui s'efforcent de la parler correctement. Parasites et perturbations des électroniques sont des phénomènes dont l'importance va croissant: cette publication est donc une chance pour les enseignants et leurs élèves, pour les amateurs et les spécialistes (qu'ils soient ingénieurs ou électriciens du bâtiment), qui tôt ou tard seront contraints de tenir compte de l'environnement dans lequel leurs circuits fonctionnent... ou ne fonctionnent pas. N'attendez pas, pour faire la connaissance de Monsieur Charoy et de ses ouvrages, d'y être contraint par des circonstances fâcheuses ! »

- « C'est cher ? »

- « Oui, comme toutes les bonnes choses. Vous pouvez toujours faire œuvre utile en suggérant l'acquisition par la bibliothèque de votre établissement. Allez le consulter chez votre libraire, jetez un œil sur le dialogue d'introduction ou sur le **Florilège des idées reçues** qui termine le livre et l'ouvre sur le volume suivant, vous vous délecterez... et vous craquerez. Comme nous, vous remercerez Alain Charoy ainsi que tous ceux auxquels il rend lui-même hommage. »

Compatibilité électromagnétique Parasites et perturbations des électroniques.

Règles et conseils d'installation.

Tome premier: sources, couplages, effets; 192 pages.

Tome second: terres, masses, câblages; 176 pages.

Tome troisième: blindages, filtres, câbles blindés; 222 pages.

Tome quatrième: alimentation, foudre et remèdes; 232 pages.

Alain Charoy, Éditions RADIO chez Dunod.



* Ces livres se laissent aussi feuilleter. Si vous butez lors d'une première lecture sur une difficulté, contournez l'obstacle après l'avoir repéré, puis poursuivez en feuilletant. Pour vous remettre le pied à l'étrier, rien de tel que l'un des nombreux exercices résolus et commentés.

alarme simple pour automobile

pour la protection de votre raison de vivre

Nous ne voulons pas vous alarmer inutilement. C'est pourquoi nous ne vous dirons pas combien de voitures sont volées, endommagées ou « visitées » chaque jour. Les chiffres sont impressionnants, le risque de voir sa voiture volée ou dévalisée est bien plus grand, statistiquement, que les chances de gagner au loto. Les statistiques ne sont connues que par la police et les compagnies d'assurance, mais beaucoup de délits ne sont pas déclarés, si bien qu'il faut encore augmenter les chiffres que nous n'avons pas cités. Le nombre des voitures en circulation augmente sans cesse, celui des voitures en stationnement aussi, donc le nombre de méfaits continuera d'augmenter. La négligence des propriétaires n'est pas la cause de la délinquance, mais elle la facilite si elle ne la provoque pas : portières non verrouillées, objets de valeur visibles (de préférence sur la lunette arrière), voitures garées dans des endroits sombres et isolés, vitres entrouvertes ou carrément ouvertes... Les voleurs à la roulotte sont à l'affût de toutes ces négligences. Salut l'autoradio, ciao l'appareil photo, adieu voiture... Le meilleur antivol est la prévention. Autrement dit mettez-vous dans la peau du voleur, raisonnez comme lui, et vous réduirez fortement le risque d'être la victime. Si le risque diminue, pourquoi envisager encore une installation d'alarme ? Parce que certains des voleurs ne se laissent pas arrêter par des vitres bien fermées et qu'il faut un petit quelque chose en plus, comme un système d'alarme même simple, pour les dissuader.

La dépense de quelques dizaines de francs pour l'installation d'une alarme peut protéger les quelques milliers de francs que représentent la super-chaîne stéréo quadriphonique avec *bousteurs*, *équilibrageur*, changeur de *compacts*... et la voiture elle-même. La construction de l'alarme que nous décrivons ici ne coûtera que quelques dizaines de francs, mais l'installation vous prendra un peu de temps et de sueur. Le principe est le même que celui de la plupart des alarmes du commerce : aussitôt qu'une personne non autorisée ouvre l'une des portières ou le capot, le klaxon est actionné pendant un temps donné par un relais.

les capteurs

Les capteurs qui déclenchent l'alarme sont de deux sortes : d'abord les interrupteurs de feuillure montés d'origine pour commander l'éclairage intérieur, ensuite des interrupteurs rapportés dans le capot et le coffre à bagage. L'ouverture de ces derniers déclenche l'alarme immédiatement, alors que l'ouverture des portières ne l'actionne qu'après un délai réglable. Cette temporisation de l'action des interrupteurs de portières est nécessaire pour permettre au propriétaire légitime de monter dans la voiture et de déconnecter l'alarme. Le fonctionnement général est celui-ci : supposez l'alarme armée (S2 fermé). Le contact du plafonnier se ferme quand la portière s'ouvre. L'allumage du plafonnier n'est pas la seule conséquence : la tension de base du transistor T1 passe *illico* à zéro. Le transistor se bloque, sa tension de collecteur passe de 0 V à 12 V puisque le condensateur

C1 se charge à travers R2. L'entrée CLOCK (horloge) de la bascule D FF1, reliée au collecteur de T1, perçoit ce front montant comme une impulsion. Aussitôt, la sortie Q prend la valeur de l'entrée D (*data* ou donnée). Elle passe donc au niveau haut, alors que la sortie \bar{Q} passe au niveau bas. Le niveau haut de Q permet à C2 de se charger à travers R3 et le potentiomètre P1.

monostables

Après un certain temps C3 sera assez chargé pour que sa tension soit considérée comme un niveau haut par l'entrée R (RESET) et que la bascule soit remise à zéro par ce front montant. La longueur du délai dépend de la position dans laquelle vous aurez placé le potentiomètre P1. La plage de réglage s'étend de 1 seconde à 100 secondes. Si vous voulez prendre votre temps pour vous installer, vous donnerez à P1 une valeur relativement élevée ; si vous êtes un rapide, vous pouvez choisir un temps assez court. Un délai court est préférable car il présente l'avantage de limiter le temps dont disposera le voleur éventuel pour trouver l'interrupteur (normalement caché).

Lors de la remise à zéro de FF1, sa sortie \bar{Q} passe au niveau haut, ce qui constitue une impulsion d'horloge pour la deuxième bascule FF2. Le niveau de l'entrée D (broche 9) est aussitôt transmis à la sortie Q (broche 13). C'est suffisant pour déclencher l'alarme puisque le transistor T2 commence à conduire. Le relais Re1 inséré dans la ligne de collecteur est excité et il alimente le klaxon. Il ne faut pas laisser le klaxon sous tension indéfiniment. Tout d'abord il existe des règlements de police qui limitent la durée



pendant laquelle les alarmes peuvent s'acquitter de leur sinistre tâche ; ensuite il existe des limites à la capacité de la batterie. Le réglage du temps est confié au potentiomètre P2 : c'est par son intermédiaire que se charge le condensateur C3. Le montage est là aussi une sorte de monostable : quand la tension sur C3 est suffisante, la bascule est remise à zéro par le niveau haut que voit l'entrée *ad hoc* (broche 10). À ce moment la sortie Q repasse à zéro, le transistor T2 cesse de conduire, le relais est relâché, le klaxon cesse de klaxonner. Contrairement à l'effraction par les portières, l'ouverture du capot ou du coffre doit déclencher l'alarme immédiatement. Pour

cela il faudra installer deux ou trois interrupteurs (micro-rupteurs) supplémentaires, reliés par un seul fil. Ils sont désignés collectivement par S1 sur la figure 1. Ne trouvez-vous rien d'étrange dans le schéma ? Si fait. Tous les contacts sont reliés à la masse. Les inverseurs commutent de la masse... à la masse. Et pourtant cela fonctionne. Supposons que S1 est installé dans le coffre à bagages. Au moment où le coffre s'ouvre (si l'alarme est armée) l'inverseur commute. Comme le contact mobile a besoin de quelques micro-secondes pour passer de sa position de repos (la masse) à sa position de travail (la masse), il sera rappelé par la résistance R4 au potentiel de l'alimentation pendant un temps suffisant pour que la bascule FF2 soit mise à 1 par son entrée SET (broche 8). La base du transistor est alimentée par la sortie Q, le relais relaie, le klaxon klaxonne.

elex-abc

bascule D

Le D signifie donnée ou data. La bascule D transfère à la sortie Q la donnée présente au moment où elle reçoit une impulsion positive sur son entrée d'horloge (clock). Elle garde cette donnée en mémoire aussi longtemps qu'aucune autre impulsion n'est appliquée à l'entrée d'horloge, et que la sortie n'est pas forcée dans un état donné par les broches SET OU RESET.

RàZ OU RAZ OU RESET

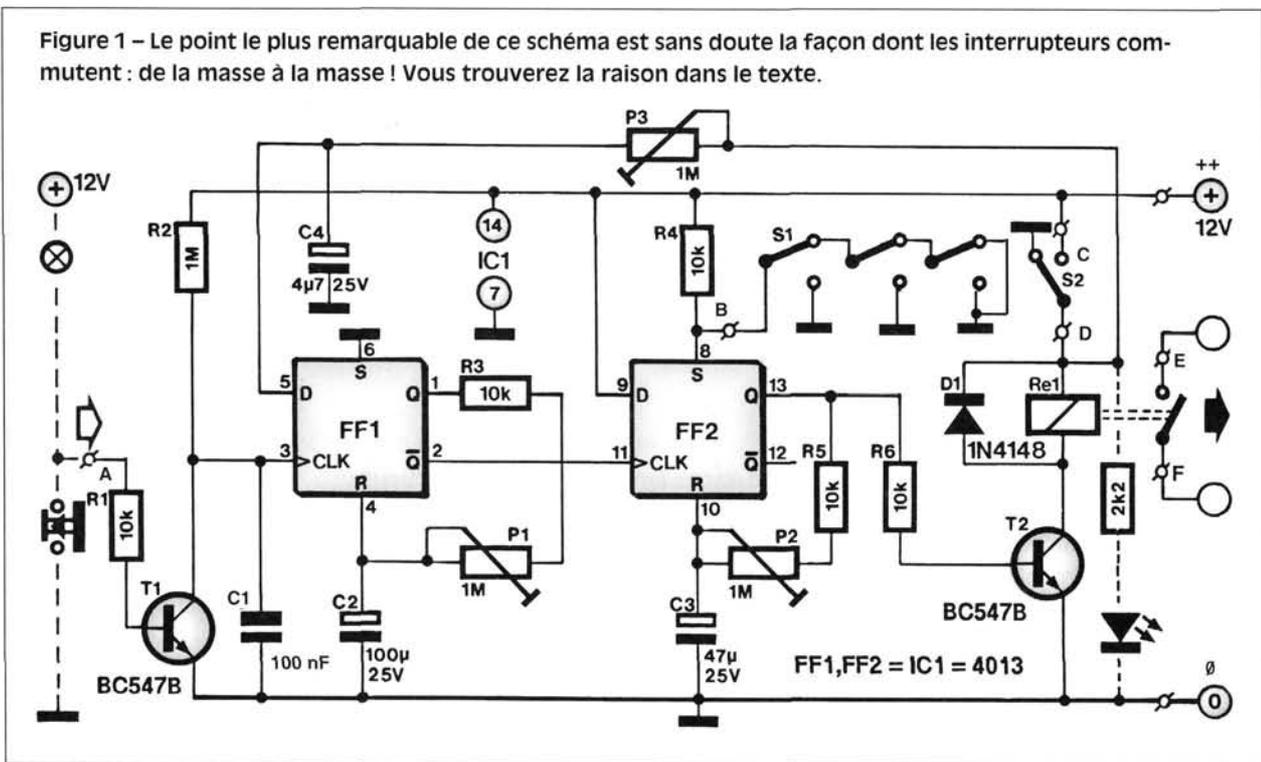
Remise à zéro, c'est-à-dire dans son état initial, d'un circuit, logique le plus souvent.

L'intérêt de ce dispositif est qu'il utilise le châssis de la voiture comme conducteur de masse. Un seul conducteur est suffisant entre l'alarme et les deux ou trois interrupteurs. Inutile de vous expliquer que le travail nécessaire pour l'installation s'en trouve fortement allégé.

descente

Comme il est plutôt malcommode de disposer à l'extérieur l'interrupteur marche-arrêt S2, il fallait prévoir un dispositif qui permet de descendre de voiture après avoir mis l'alarme en service. Nous avons supposé au début que l'entrée DATA de la première bascule était au niveau haut au moment où la portière s'ouvre. C'est vrai si le condensateur C4 a eu le temps de se charger à travers P3. Lorsque l'alarme est mise en service par l'interrupteur S2, le

A explorez l'électronique A



condensateur est encore déchargé et les portières peuvent être ouvertes sans déclencher l'alarme. Après un temps réglable par P3, le condensateur C4 est assez chargé pour que l'entrée DATA voie un niveau 1 et que l'ouverture d'une portière déclenche l'alarme.

En dehors des composants déjà examinés, vous voyez une LED et une résistance représentées en pointillés. Elles servent à indiquer si l'alarme est armée ou non. Cette indication est facultative et vous pouvez aussi bien ne monter ni la LED ni la résistance. Si vous décidez d'installer une LED, faites-le de préférence ailleurs que dans le coffret de l'alarme ou à proximité de

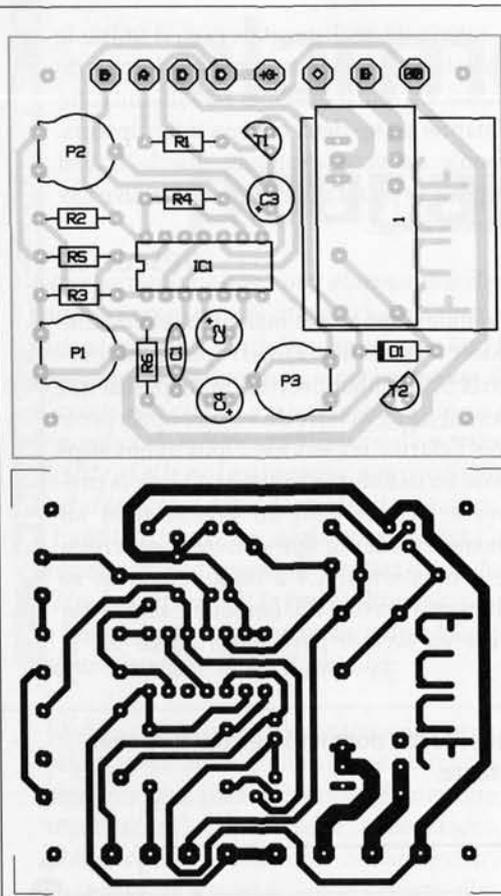
l'interrupteur. Si le coffret est visible, le voleur peut couper les fils rapidement et rendre l'alarme inopérante. S'il ne coupe que les fils de la LED, il n'empêchera pas le klaxon de battre morasse et d'ameuter le quartier. Placez donc le voyant loin du coffret, mais bien visible de l'extérieur, ce sera la première dissuasion.

construction et installation

La construction prendra moins de temps que l'installation, grâce au circuit imprimé de la figure 3. Les interrupteurs du coffre et du capot sont facultatifs ; si vous ne les montez pas, il faut relier le point (B) à la

masse et supprimer R4. L'interrupteur marche-arrêt S2 devra être aussi facile à atteindre que difficile à trouver. Il doit être accessible facilement pour vous éviter toute gymnastique au moment de mettre l'alarme hors service ; il doit être difficile à trouver pour éviter que le voleur le fasse tout simplement en montant en voiture. Choisissez donc cet emplacement soigneusement.

Le coffret sera installé sous le capot ou dans l'habitacle, dans un endroit discret. Les contacts du relais seront montés en parallèle sur l'interrupteur du klaxon. Vous pouvez vous éviter du travail de câblage en repérant soigneusement les deux fils : il est



liste des composants

R1,
R3 à R6 = 10 k Ω
R2 = 1 M Ω
P1 à P3 = 1 M Ω variable

C1 = 100 nF
C2 = 100 μ F/25 V
C3 = 47 μ F/25 V

T1, T2 = BC547B
D1 = 1N4148
IC1 = 4013

S1 = inverseurs unipolaires
(micro-rupteurs)

S2 = inverseur unipolaire

Re1 = relais 12 V

Finder ou autre, ou Siemens V23027-A2-B101
(à plat) ou V23027-B2-B101 (vertical)

Figure 2.- Le circuit est en simple face !

- C'est la moindre des choses.
- Pas de ponts en fil, ni de pistes fines, ni de ficelle entre les pattes?
- Non, quand c'est possible.
- Vous faites ça avec LAYO ?
- Ben, oui.
- En routage automatique ?
- Justement non, si on veut éviter les passages entre les broches des circuits intégrés, il vaut mieux router à la main
- C'est vite fait ?
- Pas vraiment, mais la deuxième version va toujours plus vite que la première, et la troisième plus vite que la deuxième, c'est le placement des composants qui fait que le circuit est facile ou difficile à router.
- Vous vous êtes planté sur l'écartement des picots, ceux de droite sont plus espacés.
- C'est volontaire, ils sont prévus pour les languettes *fast-on* de 6,3 mm.
- Les grosses pistes, c'est pour ça aussi ?
- Bien sûr.
- Et les chevaux ?
- Ça va, mais quel boulot pour nettoyer le blanc quand il se roule par ce temps-là !
- Le relais a une drôle de bouille !
- Il y en a deux, et même trois ; deux verticaux et un à plat, Finder-Iskra ou bien Siemens.
- Le circuit intégré, on le monte sur un support ou on le soude ?
- On le soude d'office, parce qu'avec les vibrations de la bagnole, il aurait vite fait de se tirer ; le gag : le circuit intégré de mon antivol s'est envolé !
- Et les *fast-on* on les soude ?
- Non, on les visse avec des M3x10.
- Et si on ne tire qu'un fil pour le klaxon ?
- On soude un pont entre la pastille du +12 et celle qui est à côté.
- Et...
- Tu veux pas aller surveiller ma caisse en attendant que je finisse mon alarme ?

possible de n'en tirer qu'un, en reliant l'un des contacts du relais au pôle positif de la batterie directement sous le circuit imprimé, par un pont en fil. L'inverseur S2 sera relié à la platine par deux fils (points C et D) seulement, la connexion de masse sera faite sur place.

Les raccordements vissés et l'automobile ne font pas bon ménage, à cause des vibrations. Par conséquent il faut prévoir des cosses *fast-on* de 6,3 mm, au moins pour les deux fils du klaxon (il pompe du jus, le bougre), éventuellement de 3,2 mm pour les autres liaisons. Les cosses « poignard » de 2,8 mm semblent avoir été faites pour cela. La section des fils, sauf pour ceux du klaxon (1,5 mm² minimum) importe moins que la qualité de leur isolant. Il devra supporter des changements de température importants et peut-être des frottements si les fils ne sont pas frettés avec un toron existant ou immobilisés par quelques colliers. 896009

AG Composants LYON
Electroniques



Professionnel
et
Grand Public

51, Cours de la Liberté
13, Bld des Brotteaux
Fax : 78 71 76 00

Vente Comptoir et Correspondance

Composants Japonais, Radio TV, Vidéo, kits, Mesure,
Outillage, Accessoires, Sono, Hauts-Parleurs
Lyon 3^{ème} 78 62 94 34
Lyon 6^{ème} 78 52 43 90

Nice COMPOSANTS
DIFFUSION
JEAMCO

12, rue Tonduti de l'Escarène 06000 NICE
Tél. 93.85.83.78 - Fax 93 85 83 89

KITS - COMPOSANTS - OPTO
CAPTEURS - RELAIS - CONNECTIQUE
COFFRETS - SONO - ALARMES
OUTILLAGE - MESURE - ETC...

PROMOTIONS PERMANENTES

Liste contre enveloppe timbrée à 4,00 F
avec votre nom

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**

TSME

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 - PRODUITS CIF
CATALOGUE 148 PAGES
CONTRE
30,00 F EN CHÈQUE

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

60 Crs DE LA LIBERTÉ

78.71.75.66

FAX 78.95.12.18

Des Kits simples et complexes
Des composants disponibles
Des offres temporaires
Des prix intéressants
Des expéditions rapides

Nos catalogues (1 et 2)
vos seront adressés
contre 5 F en timbres

SPESYS
42800 Tartaras

Téléphone
77 75 80 56

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

µP microprocessor

Composants
CI - kits
Aérosols
HP etc

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

NOUVEAU : Point de traçage CIAO

À GENÈVE

Loisirs électroniques

Servette  **LESA S.A.**

composants, Instruments, outillage, kits

13, rue de la Servette - CH-1201 GENÈVE

Tél. 022/734 29 30 - Fax 022/733 10 41

LES CARRÉS D'ADRESSES

COMPOSANTS ▲ OUTILLAGE ▲ CATALOGUES ▲ KITS ▲ MATÉRIEL

SCHÉMA

+

LAYO

Minitel 3617 Layo Rubrique LOGI

LAYO FRANCE

Château de Garamache - Vallée de Saône
83400 HYÈRES

Tél. : 94.28.22.59 - Fax : 94.48.22.16

Minitel 3614 Layo France

Composants électroniques/Micro-Informatique

 **J. REOUL**

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

**JACKSON DIFFUSION
ELECTRONIQUE**

74140 EXCENEVEX

Tél. : 50.72.86.58 - Fax : 50.72.91.28

COMPOSANTS - MESURE - OUTILLAGE
CONNECTIQUE - ACCESSOIRES AUDIO
HI-FI ET COMMUNICATION - ACCESSOIRES
SONO - DISCO ET EFFETS SPECIAUX

PRIX ET QUALITÉ

Liste de nos prix contre votre adresse et 2 timbres

ELECTRON SHOP

20-23, avenue de la République
CLERMONT-FERRAND

Tél. : 73 92 73 11 (Composants)
73 90 99 93 (SONO)

COMPOSANTS

KITS : (VELLEMAN-TSM...)

COFFRETS : (RETEX - TEKO...)

MESURE

CB ET ACCESSOIRES

SONO-HIFI

HAUT-PARLEURS

ENCEINTES EN KIT

COMPOSIUM

CHOLET ELECTRONIC MORLAIX

6, rue Nantaise
Tél. 41.58.63.64
Fax 41.58.21.14

16, rue Gambetta
Tél. 98.88.60.53
Fax 98.63.84.55

VANNES

35, Rue De La Fontaine
Tél. 97.47.46.35
Fax 97.47.55.46

QUIMPER

33, rue Régulaires
Tél. 98.95.23.48
Fax 98.95.91.29

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



Composants électroniques
Dépositaire de grandes marques
Professionnel et grand public

RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE

B.H. ÉLECTRONIQUE

164 à 166, av. Ar. Briand - 92220 BAGNEUX

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

SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS

plus de 20 ans à votre service

Ce circuit minuscule (un circuit intégré et deux transistors) et particulièrement discret sera un grand soulagement pour ceux qui oublient régulièrement où ils ont laissé leur trousseau de clés...



porte-clés siffleur

Ne vous jetez pas immédiatement sur votre stylo ou votre traitement de texte. Ne nous écrivez pas, nous le savons, que ces porte-clés siffleurs se trouvent dans le commerce pour quelques francs et qu'on vous en fait cadeau pour l'achat d'une voiture ou d'un lot de six boîtes de pâtée pour chat. Il est probable qu'il vous coûte plus cher à construire qu'acheté tout fait. Pourquoi publier ce montage malgré cela ? Parce que vous tirerez plus de plaisir à le fabriquer qu'à utiliser une quelconque camelote extrême-orientale. Le prix de revient reste minime et vous aurez la satisfaction supplémentaire de savoir comment ça marche.

le schéma synoptique

Le schéma synoptique de la figure 1 n'est pas effrayant de complexité. La chaîne commence à gauche par un microphone. Il est chargé de capter vos appels inquiets quand vous avez perdu vos clés (vous pouvez aussi frapper dans vos mains tout simplement) et d'appliquer une minuscule tension alternative à l'amplificateur qui le suit. Vous remarquez une flèche en travers du triangle qui symbolise l'amplificateur : cela signifie que le gain est variable. Nous verrons plus loin pourquoi et comment. Pour l'instant, il nous suffit de savoir que le signal du microphone est amplifié environ 400 fois.

À la suite de l'amplificateur, il devrait théoriquement y avoir une sorte de comparateur réglé de façon à réagir à chaque pointe de la tension alternative. En pratique, cela serait ou bien trop sensible ou bien trop peu sensible, et le juste milieu

serait quasiment impossible à trouver. Nous avons donc intercalé un intégrateur, que vous pouvez comparer à un seau qui se remplit lentement. Le reste du montage n'entre en action qu'une fois que le seau est plein.

Le reste se résume à un oscillateur qui actionne un haut-parleur. Le résultat de votre action (le claquement de main) est que le haut-parleur émet un sifflement qui vous permet de repérer à l'oreille l'endroit où vous avez laissé vos clés. Tout semble devoir fonctionner parfaitement, mais il y a un os : le son du haut-parleur sera capté par le microphone, forcément ; ce qui mettra l'oscillateur en fonctionnement, forcément. Et ainsi de suite jusqu'à épuisement

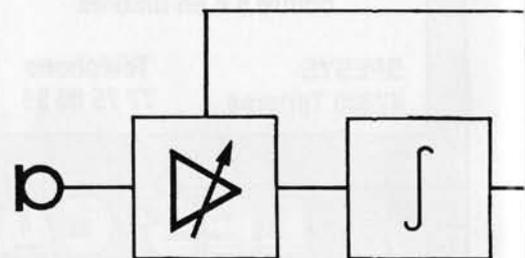
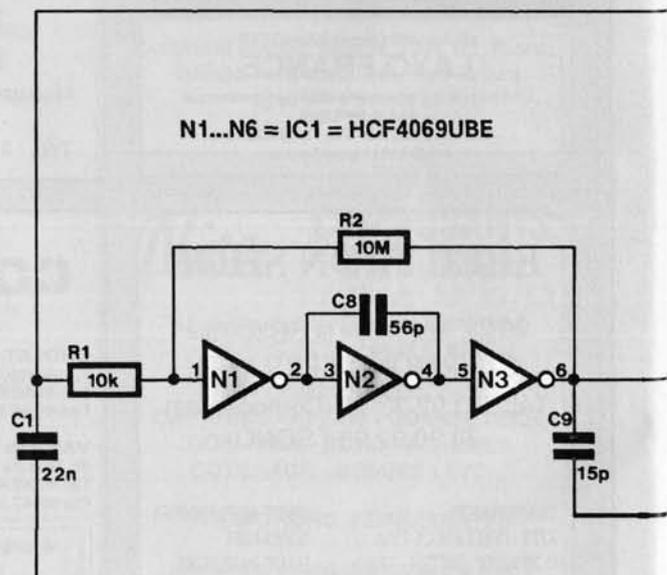


Figure 1 - Le schéma synoptique est la simplicité même ; la réalité est à la fois plus simple, parce qu'un composant remplit deux fonctions, et plus compliquée, parce qu'un composant remplit deux fonctions.



apprenez à siffler à votre porte-clefs

de la pile. C'est une boucle sans fin dont on ne peut sortir qu'en déconnectant l'amplificateur quand l'oscillateur est actif. Voilà la raison d'être de la flèche qui barre le triangle de l'amplificateur. La façon dont tout cela est réalisé en pratique est représentée par le schéma de la figure 2.

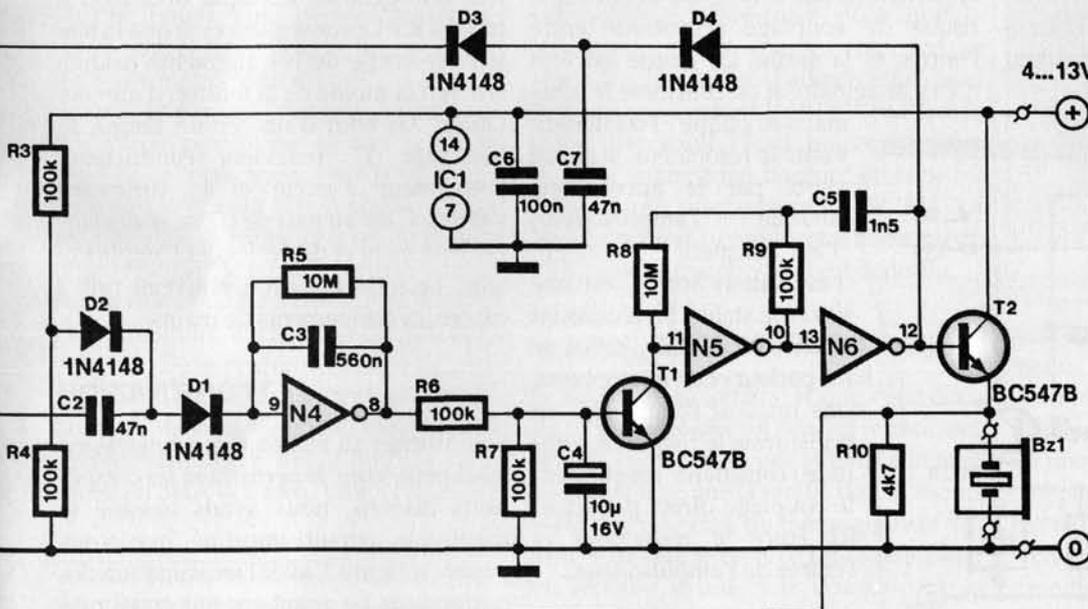
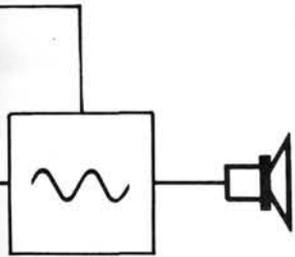
l'amplificateur

Ce qui ressort du schéma à première vue, c'est que, à part quelques composants discrets, tout tourne autour d'un circuit intégré, le sextuple inverseur IC1. Nous avons choisi cette conception pour pouvoir réaliser un montage aussi compact que possible. Si vous regardez de plus près, vous constatez qu'un composant brille par son absence : le microphone. Il est là, en fait, il s'agit du résonateur piézo Bz1, qui remplit le double rôle de haut-parleur et de microphone. En pratique il s'est révélé assez sensible pour cela. Il présente un avantage supplémentaire : il est extrêmement sélectif et sa sensibilité est maximale dans la bande de 3 kHz à 4 kHz. Cette bande correspond à la fréquence de résonance du cristal, celle du son qu'il émet quand il fonctionne normalement. Cette particularité nous permet d'utiliser sans inconvé-

nient un amplificateur simple à bande passante relativement large : le circuit construit autour des inverseurs N1 à N3. Voilà qui peut vous étonner, mais les inverseurs du 4069, un circuit intégré CMOS destiné en principe à des montages logiques, peuvent parfaitement être utilisés en régime linéaire. Si vous consultez la note d'application du 4069, vous constaterez que les montages linéaires sont proposés aussi. Ces applications sont sujettes à quelques restrictions : il ne faut pas espérer construire un amplificateur HiFi.

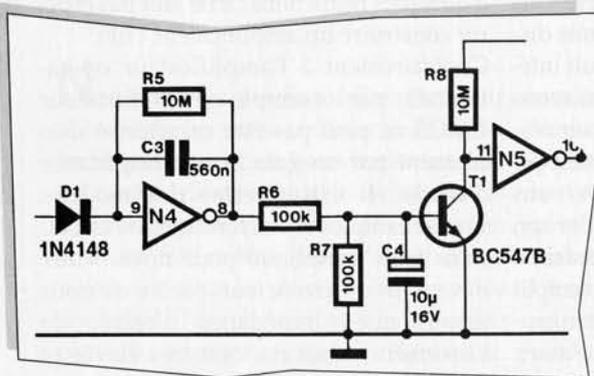
Contrairement à l'amplificateur opérationnel par exemple, l'amplificateur CMOS ne peut pas être caractérisé simplement par un gain et une impédance d'entrée. Il existe certes des modèles mathématiques et des formules de calcul, mais trop compliqué pour nous. Vous devrez nous croire sur parole si nous disons que l'impédance d'entrée de l'inverseur « tout nu » est très élevée et que l'impédance d'entrée pratique est déterminée exclusivement par la résistance R1 (10 kΩ). De même le gain de 400 est déterminé par les caractéristiques internes des inverseurs et la boucle de contre-réaction R1/R2. Les condensateurs C8 et C9 stabilisent l'amplificateur et limitent quelque peu la bande passante.

Figure 2 - Le schéma complet montre que le résonateur piézo sert à la fois de haut-parleur et de microphone. Le circuit intégré logique est utilisé de façon assez inhabituelle : en régime linéaire comme amplificateur.



L'intégrateur

Le signal amplifié, après avoir été redressé par les diodes D1 et D2 et les composants qui les entourent, arrive à l'intégrateur construit avec N4. Vous pouvez vous représenter son fonctionnement comme suit: le signal du microphone, amplifié et redressé, charge le condensateur C3 puisque l'entrée de l'inverseur N4 est positive par rapport à sa sortie. En même temps, la résistance R5 décharge le condensateur. Comme ce dernier est plutôt du genre ventru et que la résistance ne laisse passer qu'un courant du genre ténu, la charge de C3 augmente tant qu'une tension alternative est présente à l'entrée de N4. Autrement dit, une tension continue (ou une tension alternative redressée) constante appliquée à l'entrée de l'intégrateur



grateur provoque une décroissance linéaire de la tension de sortie. Par l'intermédiaire du diviseur de tension R6/R7, la base du transistor T1 voit donc une tension qui décroît constamment tant que le microphone capte des sons. Il va se bloquer au bout d'un certain temps (en pratique après deux ou trois claquements de mains); le condensateur C4 évite les réactions trop brutales. Une fois le transistor bloqué, l'oscillateur construit autour de N5 et N6 est débloqué.

La fonction de R8 n'est pas évidente. Nous ne nous étendrons pas sur le sujet, qu'il nous suffise de savoir qu'elle permet à l'oscillateur d'être presque parfaitement indépendant de la tension d'alimentation. Le calcul de la fréquence est approximatif:

$$f_{osc} \approx 1/2(2,2 \cdot R9 \cdot C5) \approx 1500 \text{ Hz}$$

Bien entendu*, cette fréquence dépend des tolérances des composants. La sortie de l'inverseur est tamponnée par le transistor T2 en émetteur suiveur.

rétro-action ?

Nous avons mis le doigt au début sur le risque de couplage acoustique entre l'entrée et la sortie. Ce risque est loin d'être imaginaire si on considère le schéma synoptique: l'oscillateur excite le résonateur, le signal capté par le microphone attaque l'amplificateur, l'amplificateur maintient l'oscillateur actif. C'est une situation stable. En réunissant les deux fonctions, celles de haut-parleur et de microphone, dans un seul composant, on transforme le risque en certitude: considérez simplement le couplage direct par C1 et R1 entre le résonateur et l'entrée de l'amplificateur.

* Ce qui est la moindre des choses.

L'oscillateur

Le fonctionnement de l'oscillateur est très simple. Il s'agit d'un classique du genre, que vous pouvez trouver dans toutes les notes d'applications. Supposons que l'entrée de N6 (la sortie de N5) est à l'état bas (proche de 0 V), sa sortie est donc à l'état haut (proche de la tension d'alimentation). Le condensateur C5 peut se charger à travers la résistance R9. À mesure que la charge augmente, l'intensité du courant de charge diminue, de même que la tension au point commun à R9 et C5. Il arrive un moment où cette tension est assez basse pour que l'inverseur N5 bascule: sa sortie passe à l'état haut, ce qui fait basculer à l'état bas celle de N6. Le condensateur C5 va maintenant se décharger, et la tension au point commun à la résistance et au condensateur va augmenter progressivement, jusqu'à faire basculer à nouveau N5. Et ainsi de suite.

La fonction de R8 n'est pas évidente. Nous ne nous étendrons pas sur le sujet, qu'il nous suffise de savoir qu'elle permet à l'oscillateur d'être presque parfaitement indépendant de la tension d'alimentation. Le calcul de la fréquence est approximatif:

$$f_{osc} \approx 1/2(2,2 \cdot R9 \cdot C5) \approx 1500 \text{ Hz}$$

Bien entendu*, cette fréquence dépend des tolérances des composants. La sortie de l'inverseur est tamponnée par le transistor T2 en émetteur suiveur.

rétro-action ?

Nous avons mis le doigt au début sur le risque de couplage acoustique entre l'entrée et la sortie. Ce risque est loin d'être imaginaire si on considère le schéma synoptique: l'oscillateur excite le résonateur, le signal capté par le microphone attaque l'amplificateur, l'amplificateur maintient l'oscillateur actif. C'est une situation stable. En réunissant les deux fonctions, celles de haut-parleur et de microphone, dans un seul composant, on transforme le risque en certitude: considérez simplement le couplage direct par C1 et R1 entre le résonateur et l'entrée de l'amplificateur.

* Ce qui est la moindre des choses.

liste des composants

R1 = 10 kΩ
R2,R5,R8 = 10 MΩ (R2 : voir texte)
R3,R4,R6,
R7,R9 = 100 kΩ
R10 = 4,7 kΩ

C1 = 22 nF
C2,C7 = 47 nF
C3 = 560 nF
C4 = 10 µF/16 V tantale
C5 = 1,5 nF
C6 = 100 nF
C8 = 56 pF
C9 = 15 pF

D1 à D4 = 1N4148

T1,T2 = BC547B
IC1 = HCF4069UUBE

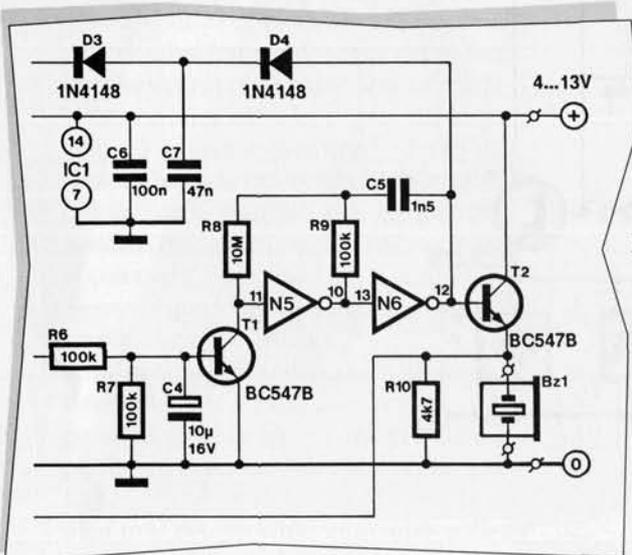
Bz1 = résonateur piézo

Il est donc nécessaire de « déconnecter » l'amplificateur au moment où l'oscillateur est activé. La déconnexion est assurée par D4, C7 et D3. Dès le démarrage de l'oscillateur, la diode D4 charge le condensateur C7 (la sortie de l'oscillateur est basse au repos). La tension de C7 est ensuite appliquée par D3 à l'entrée de l'amplificateur. Ainsi l'amplificateur est bloqué et il ne peut pas amplifier les tensions alternatives produites par l'oscillateur.

L'entrée de l'amplificateur est maintenant bloquée au niveau haut, sa sortie au niveau bas, ce qui permet au condensateur d'intégration C3 de se décharger à travers R5. La conséquence est que la tension de sortie de N4 augmente jusqu'à environ la moitié de la tension d'alimentation. Au bout d'un certain temps, le transistor T1 redevient conducteur: l'oscillateur s'arrête et le sifflement s'éteint. C'est au tour de C7 de se décharger lentement et de débloquent l'amplificateur. Le montage est à nouveau prêt à capter les claquements de mains.

la construction

Pour donner au montage des dimensions aussi petites que le permettent les composants discrets, nous avons dessiné le minuscule circuit imprimé que vous voyez en figure 3, avec l'implantation des composants. Le circuit une fois gravé, percé et verni (pour éviter la corrosion du cuivre), vous pouvez commencer le câbla-



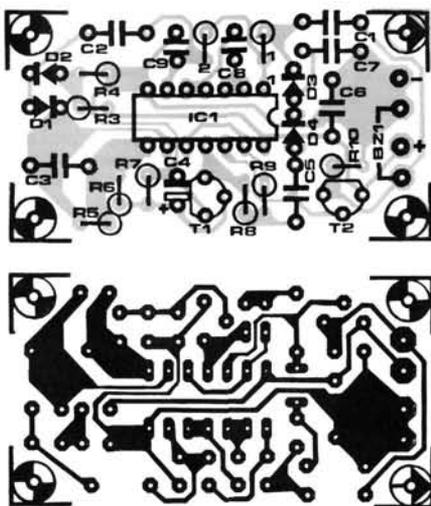
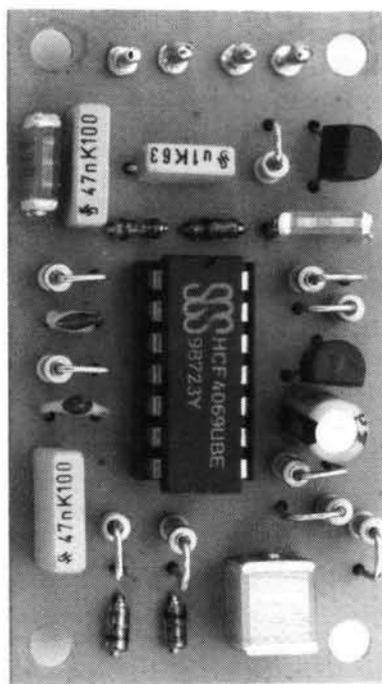


Figure 3 - Le format du circuit imprimé ne dépasse pas celui d'une pile de 9 V. Les seules pistes un peu délicates à graver sont celles qui passent entre les pastilles du circuit intégré.



ge. Utilisez un fer de faible puissance (15 à 20 W) ou un modèle à température régulée. Remarquez que toutes les résistances et les diodes sont montées verticalement. Attention à la polarité des diodes, le risque d'erreur est plus important avec les composants verticaux. La place limitée sur la platine impose l'utilisation d'un modèle au tantale pour le condensateur C4. Prévoyez un support pour le circuit intégré. Quand tout est prêt (disons au bout d'une petite heure), vous pouvez vérifier une dernière fois et mettre le circuit intégré en place. Mettez sous tension (une pile de 9 V avec son coupleur semble la solution la plus pratique). Vous pouvez passer aux essais : après avoir frappé quelques fois dans vos mains, vous êtes récompensé de vos peines par un sifflement perçant.

Il y a trois possibilités en fait : le circuit fonctionne correctement dès la mise sous tension (ce qui est fort probable) ; il est trop sensible (il réagit au bruit de la chute d'une épingle), le remède consiste à ramener la valeur de R2 à 6,8 M Ω ou 5,6 M Ω ; ou bien, enfin, le circuit n'est pas assez sensible. Dans ce dernier cas, il est vraisemblable que vous n'aurez pas utilisé le bon type de 4069. Ce circuit intégré existe (indépendamment des différents fabricants) en deux versions : tamponnée (avec

un suffixe **B** comme *Buffered*) ou non tamponnée (avec un suffixe **UB** comme *UnBuffered*). La version tamponnée présente un gain supérieur, mais aussi une certaine hystérésis qui la rend impropre au fonctionnement en régime linéaire. Vérifiez donc si la référence imprimée sur le circuit intégré comporte un **U**.

Puisque tout se passe bien, il ne vous reste qu'à loger le circuit imprimé et la pile dans un coffret aussi petit que possible. Si vous le choisissez en matière plastique transparente, il ne manquera plus qu'un anneau solide pour en faire un magnifique porte-clefs *high-tech*. Veillez à réserver quelques ouvertures pour que le résonateur piézo puisse entendre et répondre. La tension d'alimentation peut être comprise entre 4 V et 13 V. Suivant la place disponible, vous pouvez monter trois ou quatre piles bouton* en série ou utiliser une pile compacte de 9 V. La consommation au repos est si faible qu'un interrupteur marche-arrêt est superflu.

précautions d'emploi

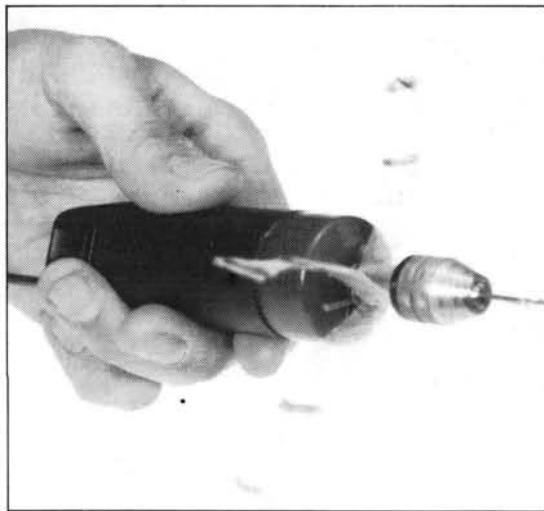
Si vous êtes mélomane et que vous décidez d'aller écouter un concert (classique), laissez votre porte-clefs siffleur à la maison. Imaginez que la moitié des auditeurs aient un porte-clefs du même genre et que tout ce monde se mette d'un coup à siffler en réponse à une note éclatante de la trompette.

886053

astuce

perceuse ventilante

PERCER, souffler pour éloigner les copeaux de la platine, continuer à percer : ce n'est pas un mauvais exercice. Au lieu de souffler il serait pourtant plus agréable, l'été surtout, d'utiliser la machine pour ventiler. C'est possible et c'est aisé puisqu'il n'est besoin de rien d'autre que de trois longueurs de ruban adhésif collées deux à deux sur l'axe de la perceuse, avant le mandrin. Ces bandes forment les pales d'une hélice. Leur longueur, à déterminer expérimentalement, ne dépassera guère le centimètre, pour éviter de gêner l'opérateur. De même, leur position ne fera pas courir de péril à l'outil. Il faut aussi procéder avec prudence lors de la première mise sous tension, puisque le dispositif, bruyant - c'est là son plus gros défaut -



peut surprendre et faire choir l'engin des mains. Le résultat éventuel et non souhaité en est, le plus souvent, la perte d'une mèche.

Ça marche très bien, les copeaux ne résistent pas au courant d'air qui les emporte ! Est-il utile d'ajouter que d'éventuels "perfectionnements" doivent nécessairement prendre en compte la sécurité de l'utilisateur.

88624

* Les boutiques de clés-minute vendent pour leurs clefs éclairantes des piles bouton très bon marché, d'un seul modèle. N'allez pas acheter des piles de montre ou d'appareil photo qui sont hors de prix.