

électronique

n°46

juillet 1992

22 F/160 FB/7,80 FS

mensuel

elet

stéthoscope pour mécanicien
avertisseur thermostatique
foudre électronique
avec circuits imprimés

à lire: comment fonctionnent
le microscope électronique
les cristaux liquides

explorez l'électronique



M2510 - 46 - 22,00 F



PÉDALE INTERRUPTEUR "TREADLITE"



Pédale interrupteur à double détente (Mi-course et fin de course). (2 micro-switches 7A/250V). Avec patin anti-dérapant. Matériel professionnel pour usage intensif. Idéale pour télécommande de perceuse, etc...
La pédale 103.3831 **100,00 F**

FILTRE SECTEUR 10 A



Matériel professionnel. Entrée sur embase CEE. Sorties sur cosses FAST-ON.
Le filtre... 103.3830 **110,00 F**

VENTILATEUR PROFESSIONNEL PAPST



220 V. Dim. 80 x 80 x 38 mm. Parfaitement silencieux. (24 dBA). Sans comparaison avec les ventilateurs standard.
Le ventilateur ... 103.3813 ~~250,00 F~~ **140,00 F**

RELAIS STATIQUE 10A/240 V



Tension de commande : 3,8 à 28 V DC. Commutation au zéro de tension. Matériel professionnel. Sorties sur fast-on.
Le relais statique 103.3785 **100,00 F**

MOTEUR PAS A PAS BIPOLAIRE



De puissance. 200 pas/tour. 1 A / phase - 4 fils. Fourni avec fiche technique détaillée.
Le moteur 103.4302 **190,00 F**

TOURNEVIS DE PRECISION

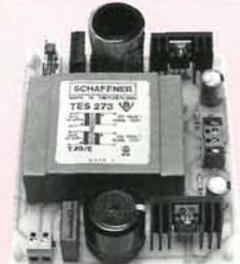


Set de 6 tournevis pour l'électronique. 4 à lame + 2 cruciformes. Embout au molybdène. Manche ergonomique avec bout rotatif. Fourni avec support de rangement.
Le set de 6 tournevis 103.3784 **66,00 F**

CARTES ALIMENTATION EN KIT

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

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



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

3616 SELECTRO

VOILA LE CODE D'APPEL DU SERVEUR MINTEL SELECTRONIC que vous pouvez consulter à partir du 4 juin 1992 !

Il comprend :

- Un service d'assistance et de renseignements techniques
- Un forum **BUS-PC** et **COMM'net**
- Un service des dernières nouveautés et promotions
- Un service de petites annonces classées. Etc...



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

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

OFFRE N°1



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

NOUS VOUS OFFRONS :

- 1 jerrycan 5 l de perchlo suractivé
 - 2 sachets de détachant pour perchlo
 - 1 sachet de 10 gants de protection
 - 1 bac AR-23
 - 6 plaques EPOXY 1 face 200x300 présensibilisé
 - 10 sachets de révélateur positif
 - 1 flacon 1/2 litre étain chimique
 - 1 stylo DALO
- (Ensemble d'une valeur de 691,70 F TTC)

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



3695,00 F

OFFRE N°2



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

NOUS VOUS OFFRONS :

- 3 sachets de perchlo en poudre
 - 2 sachets de détachant pour perchlo
 - 1 sachet de 10 gants de protection
 - 6 plaques EPOXY 1 face 150x200 présensibilisé
 - 3 plaques EPOXY 1 face 100x150 présensibilisé
 - 10 sachets de révélateur positif
 - 1 stylo CIF
 - 1 bac AR-23
- (Ensemble d'une valeur de 430,00 F TTC)

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



2368,00 F

TOUJOURS DES OPPORTUNITES ET PROMOTIONS CHEZ SELECTRONIC !

Envoi de notre lettre d'informations sur simple demande.

CONDITIONS GENERALES DE VENTE : Voir nos publicités annexes.

VENTE PAR CORRESPONDANCE BP 513 - 59022 LILLE CEDEX

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

Selectronic
la passion de l'électronique!

SOMMAIRE ELEX N°46

6 ➤ James Prescott Joule

26 ➤ mots croisés

58 ➤ petites annonces gratuites

I · N · I · T · I · A · T · I · O · N

4 ➤ Rési & Transi : bande dessinée

27 ➤ système K : le multivibrateur astable

10 ➤ **le microscope électronique**

20 ➤ les cristaux liquides

54 ➤ semi-conducteurs enduits d'erreur

R · É · A · L · I · S · A · T · I · O · N · S

8 ➤ avertisseur thermostatique

14 ➤ compte-jours

17 ➤ détecteur de cathode

24 ➤ mini-anémomètre

32 ➤ sirène

34 ➤ borne acoustique

37 ➤ foudre électronique
avec circuits imprimés

43 ➤ indicateur de position

46 ➤ stéthoscope pour mécanicien

50 ➤ circuit "anti-ronfleur (se)"



LES BIDOUILLES DE

DIS DONC...



POURQUOI LA Foudre ABAT-ELLE TEL ARBRE PLUTÔT QUE TEL AUTRE?



... PARCE QU'ILS ONT PLUS DE SÈVE?
NON!
PARCE QU'ILS SONT PLUS HAUTS?
NON!
... MOINS HAUTS?
NON!
BEN ALORS?



LA Foudre PRÉFÈRE UN CHÈNE AUX RACINES PROFONDES ET VERTICALES À UN HÊTRE DONT LES RACINES SE DÉPLOIENT PLUTÔT À FAIBLE PROFONDEUR.



MAIS FAUTE DE CHÈNE, LA Foudre "MANGE" DU HÊTRE. SES RACINES SONT SUFFISAMMENT RAMIFIÉES POUR CONDUIRE LE COURANT VERS LA TERRE AUSSI BIEN QUE CELLES DU CHÈNE!



MAIS QU'EST CE QUI ATTIRE LA Foudre EN PROFONDEUR?
ELLE CHERCHE ET SE FRAIE UN CHEMIN PETIT À PETIT. COMME L'EAU QUI COULE LE LONG D'UNE PENTE



LA PENTE, C'EST L'ÉCART DE POTENTIEL ENTRE LES CHARGES ÉLECTRIQUES DE NUAGES VOISINS. L'ÉCLAIR SE PRODUIT ALORS ENTRE EUX.



ÇA PEUT AUSSI ÊTRE L'ÉCART DE POTENTIEL ENTRE LE NUAGE ET LE SOL.
ON VA FINIR PAR SE FAIRE GRILLER!



ET LA PENTE EST RAIDE?
3 MILLIARDS DE VOLTS, AU MOINS. SI LE NUAGE EST À 1000 m CELA DONNE 3000V PAR mm (MILLIMÈTRE).
... ET C'EST PAS ENORME POUR UN ORAGE ORDINAIRE

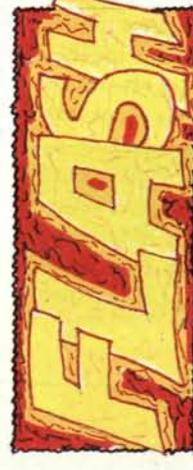
A1

B1

RESI & TRANSI[®]



DESSINS : YVON DOFFAGNE - COULEURS : COOKY F.



J.-P. JOULE

Le 11 octobre 1889 s'est éteint à Sale, près de Manchester, l'un des plus illustres savants dont l'Angleterre puisse s'enorgueillir.

James Prescott Joule naquit à Salford, en 1818. Sa santé délicate ne permettant pas de lui faire suivre l'école, ce fut sa mère qui se chargea de sa première éducation et de son instruction élémentaire. A l'âge de quinze ans, il fut envoyé avec l'un de ses frères pour étudier la chimie sous la direction de l'illustre Dalton, alors Président de la *Manchester Literary and Philosophical Society*. Les leçons d'un pareil maître ne furent certainement pas sans influence sur l'esprit scientifique du jeune disciple; ses premiers travaux sur la constitution des gaz, les mélanges gazeux et l'action de la chaleur sur les gaz et les vapeurs faits en collaboration avec Dalton l'initierent rapidement aux études physiques et chimiques.

Ses recherches personnelles datent de 1838 et portèrent sur le magnétisme. Les *Annales de Sturgeon* renferment la description d'un moteur électrique qu'il imagina. En 1840, à peine âgé de vingt et un ans, il découvrit le phénomène désigné aujourd'hui sous le nom de *saturation magnétique*, et trouva expérimentalement qu'en

excitant indéfiniment un électro-aimant, la force portante tendait vers une limite dont il détermina la valeur et qu'il trouva égale à 140 livres par pouce carré de section du noyau, en tenant compte des surfaces des deux extrémités.

C'est à propos de ces recherches qu'il signala « la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité, d'entreprendre des expériences et de les comparer entre elles, par suite des descriptions trop souvent incomplètes des appareils, et des nombres vagues et souvent arbitraires qui servent à caractériser les courants électriques. Une semblable pratique, ajoute-t-il, pouvait se tolérer alors que la science était encore dans l'enfance, mais dans l'état d'avancement actuel une plus grande précision est rigoureusement exigible. J'ai donc décidé pour ma part, ajoutait-il, d'abandonner mes anciennes dénominations, et d'exprimer

à l'avenir les résultats de mes expériences en faisant usage d'une unité plus scientifique et mieux appropriée. »

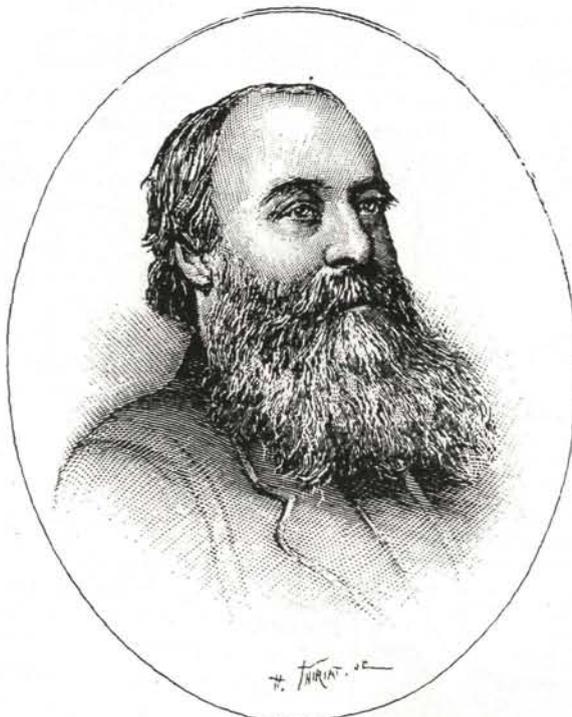
C'est alors qu'il proposa l'emploi du voltamètre et adopta comme unité de quantité d'électricité la quantité capable de décomposer 9 grains d'eau, 9 étant le poids atomique de l'eau d'après la nomenclature chimique alors en usage.

C'est en 1842 que Joule formula la loi qui porte son nom, relative à la quantité de chaleur dégagée dans un conducteur, par le passage d'un courant électrique. Dès le mois de janvier 1843, il définit une machine magnéto-électrique comme un appareil permettant de transformer le travail mécanique en chaleur. Au mois d'août de la même année, lors du meeting tenu à Cork par la *British Association*, il publia les premiers résultats de ses recherches relatives à l'équivalent mécanique de la chaleur.

« Nous devons admettre, dit-il dans ce mémoire, que le comte Rumford avait raison d'attribuer au frottement la chaleur développée par le forage d'un canon. J'ai prouvé expérimentalement qu'il se dégage de la chaleur par le passage d'un courant d'eau dans des tubes étroits. Je ne perdrai pas de temps à répéter et à étendre ces expériences, convaincu que, par la volonté du Créateur, les grands agents de la nature sont indestructibles; chaque fois qu'une force mé-

canique s'exerce quelque part, une quantité équivalente de chaleur est toujours produite. »

D'autres savants tels que Séguin en 1839, Mayer en 1852, etc., étaient arrivés aux mêmes conclusions par le raisonnement, mais c'est Joule qui, le premier, posa le problème d'une façon bien définie et en donna la solution directe. Ce principe, qui nous paraît aujourd'hui si simple, ne fut pas accepté d'emblée par tous les physiciens de l'époque. Faraday lui-même ne s'y rallia qu'après quelques années; il en fut de même pour Miller et Graham. Joule trouva heureusement dans le professeur William Thomson un partisan convaincu et un collaborateur de la première heure; de cette collaboration sortirent de remarquables travaux qui cimentèrent en outre une amitié inaltérable entre les deux grands physiciens.



James Prescott Joule, né à Salford près de Manchester, en 1818, mort à Sale (Angleterre) le 11 octobre 1889.

Ceci est le fac simile d'un article publié dans la revue LA NATURE en 1889, année de la mort du savant, au cours de laquelle le Congrès international des électriciens avait déjà sanctionné le nom de Joule comme unité pratique de travail dans le système C.G.S.

LE SYSTEME DE TELECOMMANDE UNIVERSELLE PAR INFRA ROUGES DE SELECTRONIC

Nous avons conçu un remarquable système universel de télécommande par infra-rouges dont les caractéristiques principales sont les suivantes : Norme RC-5 - Qualité professionnelle - Rapport prix/performance exceptionnel - Système évolutif - Compatibilité BUS I2C prévue

BOITIER DE TELECOMMANDE:

De type TV. Mode universel.
- Prêt à l'emploi.
- 23 touches de commande.
- 32 modes d'adressage possible.
- Dim. : 145 x 70 x 21 mm.
- Alimentation : Pile 9 V alcaline (non livrée)



KIT RECEPTEUR 1 CANAL

Récepteur RC-5 programmable (données et adresses). Très sensible. Haute immunité aux parasites.
- Sortie sur relais 10 A programmable en mode monostable (0,5s) ou en bistable.
- Alimentation directe 220 V.
Prévu pour boîtier "secteur" TC-5 (en option)



KIT RECEPTEUR 8 CANAUX

Récepteur RC-5 programmable géré par micro-contrôleur MC 68705 P3S.
- Sorties sur 8 relais 10 A programmables indépendamment en mode mono-stable ou bistable.
- Visualisation de chaque sortie par LED.
- Alimentation intégrée.
- Prévue pour boîtier RETEX RG-4 (en option).

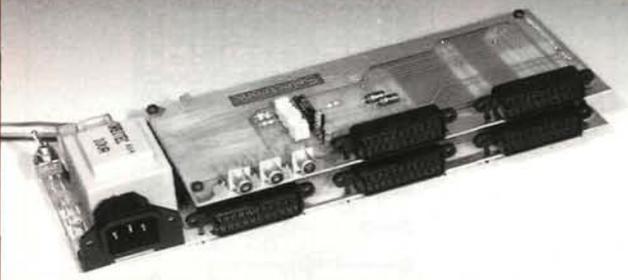


KIT GRADATEUR 600 W

Récepteur infra-rouge programmable norme RC-5.
- Fonctionnement par tout ou rien (impulsion) ou en gradateur (maintenu) avec mémorisation du dernier niveau d'intensité.
- Visualisation de la réception par LED bicolore.
- Alimentation directe 220 V - Charge: 600 W max.
- Prévu pour boîtier TC-5 (en option).



Le boîtier de télécommande 103.2046 **190,00 F** Le kit récepteur 1 canal 103.0970 **198,00 F**
Le boîtier TC-5 103.8917 **30,00 F** Le boîtier RG-4 103.7642 **74,70 F** Le kit récepteur 8 canaux 103.0993 **596,00 F** Le kit récepteur gradateur. 103.0994 **283,00 F**



CONSOLE DE COMMUTATION PERITELEVISION

(Décrite dans le H.P. n° 1794 et 1795)
4 entrées vidéo commutées par processeur spécialisé sur 1 sortie.
Entrées/sortie sur prises péritelvision. Commutation C+ automatique. N'altère pas les signaux.

Le kit (sans boîtier) 103.9190 **445,00 F**
En option : Coffret EF 31/50 103.7652 **156,00 F**

PROMOTION

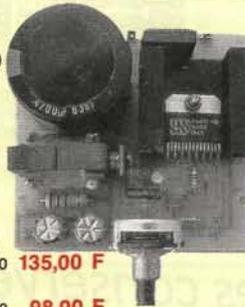
CORDON PERITEL HAUT DE GAMME
21 broches câblées inversées dont 2 vidéo par blindé 75 Ω avec blindages séparés.

Le cordon PRO 103.5404 **49,00 F**
Le lot de 4 103.5531 **165,00 F**



KIT ALIMENTATION A DECOUPE

(Décrite dans le H.P. n° 1792)
Ultra-compacte, c'est l'alim à tout faire : hormis le transfo, tout tient sur une platine de 80 x 85 mm avec filtrage et radiateur !



PROMO

Le kit (sans transfo ni boîtier) 103.9560 **135,00 F**
Le transfo spécial 120 VA 103.3020 **98,00 F**



R-L-C METRE NUMERIQUE MIC-4060 D

Le grand classique des ponts RLC à prix sympa ! (équiv. LCR-3500) (Voir catalogue SELECTRONIC page 2-12)

L'appareil 103.7763 **885,00 F**

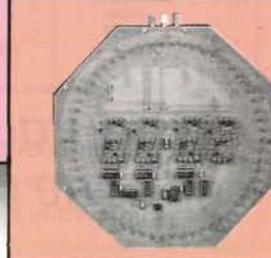
CONNECTEUR POUR CARTE A PUCE

Dispo et pas cher chez SELECTRONIC !
..... 103.9292 **75,00 F**



AC-CLOCK : C'EST REPARTI !

Voici donc la nouvelle version "DFI/AC-CLOCK" de cette superbe horloge de studio :
- Gérée par micro-contrôleur - Heures, minutes, secondes... et la date ! - Décompte des secondes - Autonome avec reconnaissance des années bissextiles - Compatible signaux horaires FRANCE-INTER - Bip sélectionnable avec déclenchement à la demi-heure et aux 4 dernières secondes de l'heure - Alarme journalière - Sortie collecteur ouvert - Sauvegarde par accus (en option) Etc... (Documentation détaillée sur simple demande)
Le kit avec circuit imprimé, plexi rouge spécial, alim. secteur et accessoires 103.4295 **1150,00 F**



POSTE TELEPHONIQUE DIGITAL 2000-10

- A micro-processeur et mémoires
- Affichage LCD des n° et de la durée
- Ampli incorporé - Agréé PTT - Etc, etc...
Très belle fabrication.
Matériel neuf (Quantité limitée)
Version numérotation décimale 103.9318 **439,00 F**
Version DTMF (fréquences vocales) 103.9314 **499,00 F**



PAGE-ALARM CA-06

Système codé de télé-surveillance par radio pour auto, bateau, caravane, etc... fourni avec 2 détecteurs d'ouverture. (Voir catalogue SELECTRONIC page 14-13)
Alim.: 12 V - Portée : jusqu'à 3 km

Le système 103.8685 Prix catalogue **1150,00 F**
MAINTENANT 775,00 F SEULEMENT !



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

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

LOUPE D'ATELIER LUMINEUSE

- Avec éclairage intégré (ampoule 60 W non fournie)
- Douille porcelaine
- Loupe 3 dioptries (φ 10 cm)
Monture orientable type "lampe d'architecte" articulée avec embase à vis

La lampe 103.8707 **385,00 F**



MULTIMETRE DE POCHE KD-320 P

Sa technologie et son nouveau prix le rendent irrésistible !
- 3200 points avec bar-graph
- Changement de gammes automatique
- Mémoire
- V AC et V DC de 0,1 mV à 450 V
- R de 0,1 Ω à 30 MΩ
- Test de diode et de continuité avec bip
- Auto shut off
- Dim.: 12 x 8 x 1,5 cm dans son étui !
Fourni avec cordons test et étui calepin

Le multimètre 103.0788 **345,00 F**
SEULEMENT 245,00 F

KIT LASER à CQL-90

Diode LASER collimatée - Emettant dans le rouge visible P optique : 1,2 mW - Portée : 400 m environ
Fournie avec son kit de contrôle
L'ensemble **PROMOTION** 103.8504 **1350,00 F**



LASER

ETAU A VENTOUSE

- Montage sur rotule
- Fixation très solide par vide d'air sur toute surface plane et lisse
- Ouverture : 7 cm
- Mordaches amovibles en caoutchouc
- Hauteur : 16 cm - Poids : 1,9 kg



L'étau 103.8883 **245,00 F**

ALIMENTATION REGULEE NT-35

- 13,8 VDC / 2,5 A régulés
- 3,5 A pointe
- Protégée contre les court-circuits
- Dim.: 13 x 9 x 17 cm Impeccable.

L'alimentation 103.8884 **120,00 F**



CONDITIONS GENERALES DE VENTE :

★ **Règlement à la commande :**
port et emballage : 2800 F.
FRANCO à partir de 700 F.
★ **Contre-remboursement :**
frais en sus selon taxe en vigueur.

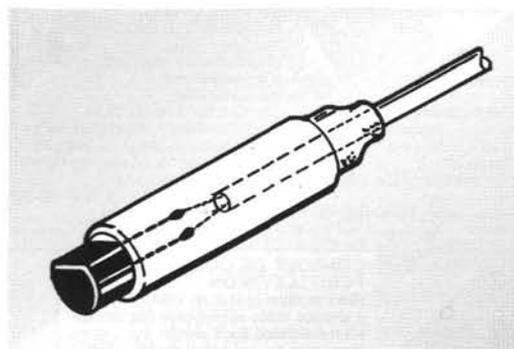
Pour faciliter le traitement de vos commandes, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés.



VENTE PAR CORRESPONDANCE : BP 513 - 59022 LILLE CEDEX

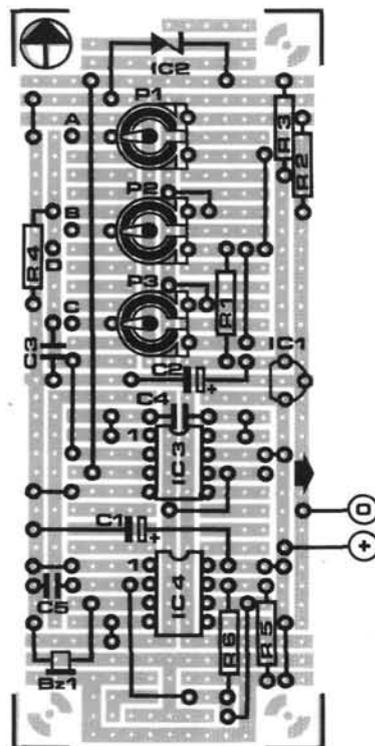
TEL : 20 52 98 52 - FAX : 20 52 12 04

Selectronic
la passion de l'électronique! LX



avertisseur thermostatique

pour tous usages...



Retour à la nature et à une alimentation saine. Mangez les fruits et les légumes de votre jardin. D'accord, mais en hiver ? Eh bien, il faut faire des conserves. Chaque sorte de fruit ou de légume demande une cuisson à une température différente, si on veut les meilleurs résultats. Plutôt que de rester devant le stérilisateur à surveiller le thermomètre, pourquoi ne pas construire cet avertisseur thermostatique qui vous appellera quand il sera temps de réduire le gaz ? Vous ne faites pas de conserves ? Vous faites peut-être de la photo ; alors vous avez besoin de faire chauffer le bain-marie à 30°C ; ou alors vous gravez des circuits imprimés et vous savez que la meilleure température pour le perchlorure est de 40°C...

et pourquoi pas les conserves puisque c'est la saison ?

L'avertisseur thermostatique que nous vous proposons émet un signal sonore quand la température de l'eau atteint l'un des seuils prévus. Les trois seuils de température sont réglables indépendamment. L'étalonnage est des plus faciles, puisqu'il se fait simplement au voltmètre.

mesure de température

Suivant l'utilisation que vous prévoyez pour l'avertisseur, les seuils seront fixés entre 20°C et 100°C, par exemple à 60, 80 et 100°C pour le stérilisateur à conserves. La mesure de la température ne pose plus de problème pour la plupart de nos lecteurs, après les nombreux articles consacrés à ce sujet. Tout ce dont nous avons besoin se trouve sur le schéma de la **figure 1**. Éliminons tout d'abord les choses les plus connues : le circuit intégré IC4 est utilisé à la fois comme oscillateur et comme amplificateur de « puissance » pour attaquer le résonateur piézo qui sert d'avertisseur. Il n'a rien à voir avec le circuit de mesure proprement dit. Venons-en à la mesure

elle-même. Elle est effectuée par un capteur intégré de type LM335, à ne pas confondre avec le LM35, dont le fonctionnement est différent. Le LM335 se comporte comme une diode zener dont la tension caractéristique varie en fonction de la température. Notre capteur est alimenté par un régulateur de tension à travers une résistance série. La tension disponible au point commun à la résistance et au capteur est appliquée à l'entrée non-inverseuse d'un amplificateur opérationnel monté en comparateur.

À quoi va être comparée la tension qui représente la température ? À celle de l'entrée inverseuse, qui est fixée par le commutateur S1 à l'une des trois valeurs déterminées par les potentiomètres P1 à P3. Si la tension délivrée par le capteur dépasse celle du potentiomètre en service, la sortie du comparateur change d'état : elle passe au niveau haut, proche de la tension d'alimentation. La conséquence est que l'oscillateur, bloqué jusque-là par le niveau bas sur son entrée de remise à zéro, commence à osciller. Sa fréquence est fixée dans

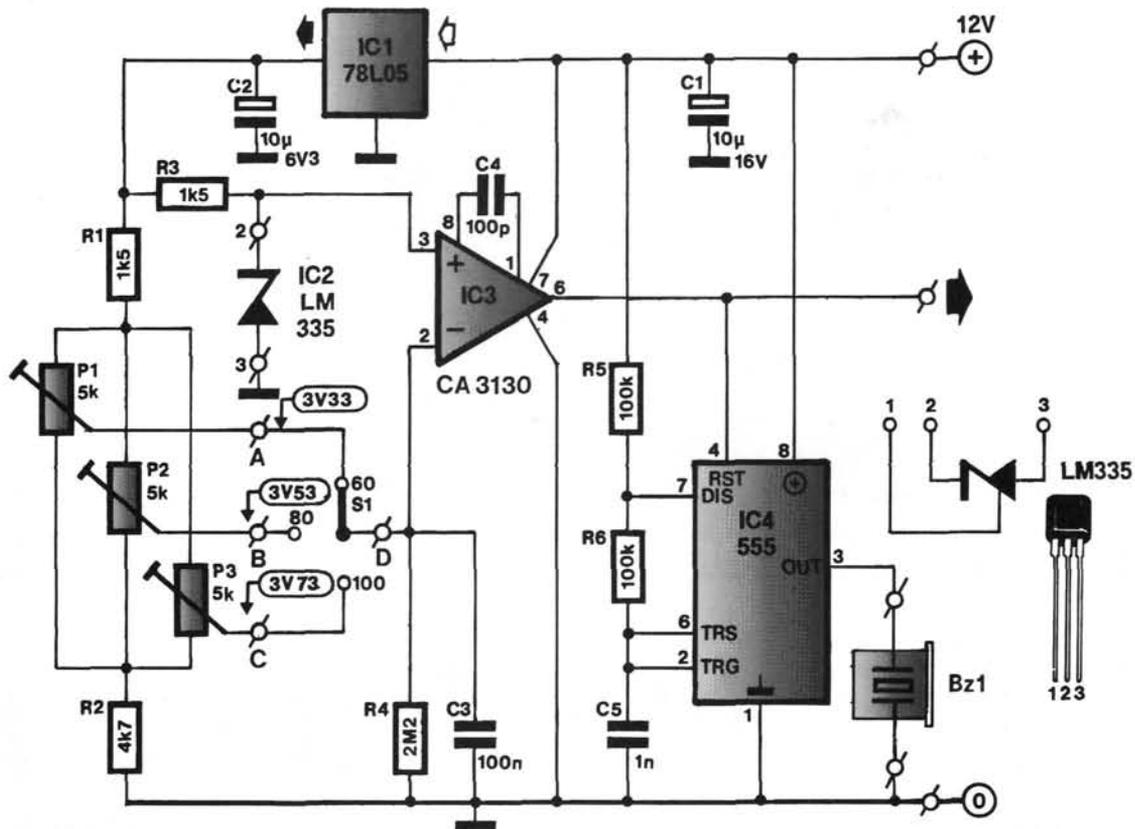


Figure 1 - La mesure de température est confiée à un circuit intégré spécialisé : une sorte de diode zener étalonée en température. Un comparateur, trois tensions de consigne, et le tour est joué. Le signal est donné à la fois sous forme acoustique, par le résonateur, et sous forme électrique, pour d'autres utilisations.

le domaine audible par les résistances R5/R6 et le condensateur C2. Il n'en faut pas plus pour que le résonateur fasse entendre son signal. Voilà tout pour le fonctionnement du thermostat. Vous voulez peut-être savoir aussi comment raccorder le capteur à la platine ? C'est une bonne question car il n'est pas conseillé de laisser le circuit entier dans l'eau bouillante. Le raccordement se fera de préférence par un câble blindé ; en effet, nous travaillons avec de faibles variations de tension, du même ordre de grandeur que les perturbations induites par le secteur omniprésent. Le blindage évitera les déclenchements intempestifs du thermostat. À l'autre bout du câble, le capteur est abrité dans un morceau de tube résistant aux températures qu'on veut surveiller. Une chute de corps de stylo à bille peut faire l'affaire, les soudures et le bout du câble seront noyés dans de la colle à deux composants ou dans une résine polymérisable (comme celle qui sert aux réparations de carrosserie en fibre de verre).

L'étalonnage peut se faire de deux façons : si vous disposez d'un thermomètre pour la gamme de températures qui vous intéresse, il suffit de lire ses indications et de régler les potentiomètres en conséquence. Si vous n'avez pas de thermomètre, vous pouvez régler les potentiomètres pour obtenir les tensions indiquées sur le schéma ; en effet, le capteur de température délivre une information absolue (à une petite déviation près), à savoir une tension de 10 mV par kelvin. Le zéro absolu étant à -273°C , la température d'ébullition de l'eau correspond à $(273^{\circ}\text{C} + 100^{\circ}\text{C}) \times 10$, soit 3730 mV. Le calcul est très simple : 10 mV par degré Celsius, plus 2,730 V pour le décalage du zéro. Nous avons parlé de la sortie acoustique du montage, mais pas de sa sortie électrique, sur la broche 6 du circuit intégré. Elle peut commander un autre circuit, comme un relais après adaptation des niveaux, ou l'entrée d'un automate plus complexe.

86746

liste des composants

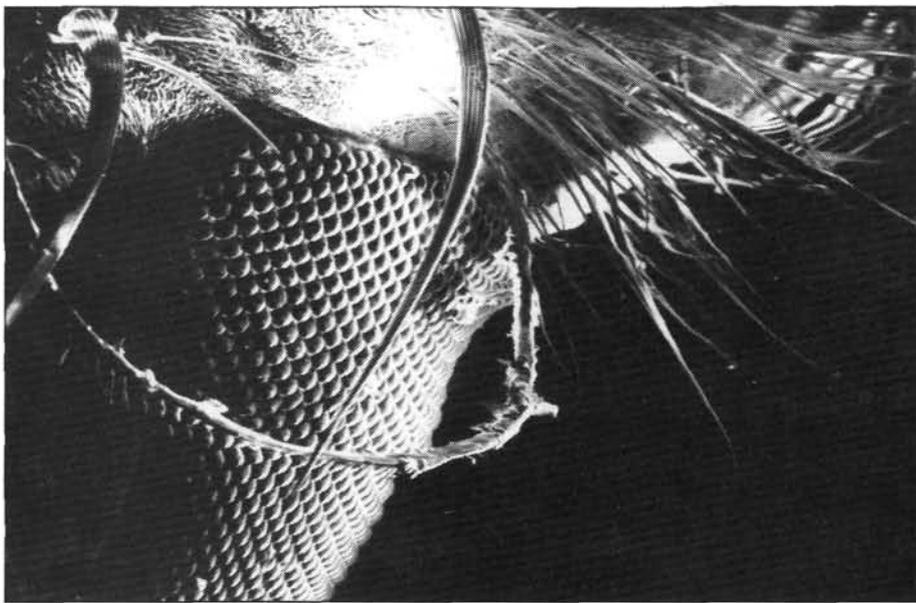
R1, R3 = 1,5 kΩ
 R2 = 4,7 kΩ
 R4 = 2,2 MΩ
 R5, R6 = 100 kΩ
 P1 à P3 = 5 kΩ variable

C1 = 10 μF/16 V
 C2 = 10 μF/6,3 V
 C3 = 100 nF
 C4 = 100 pF
 C5 = 1 nF

IC1 = 78L05
 IC2 = LM335
 IC4 = 555

S1 = commutateur à 30 positions
 Bz = résonateur piézo (sans oscillateur)

platine d'expérimentation de format 1



kilovolts pour nanomètres des électrons pour "voir"

Une photographie de cette revue, regardée à la loupe, montre qu'elle est constituée de points. Un œil nu situé à une distance de 25 cm ne voit pas ces points qui semblent contigus : il ne voit que des nuances de gris ou de noir. Sa **limite de résolution**, c'est-à-dire la plus petite distance entre deux objets qu'il voit séparés⁽¹⁾ est de l'ordre du dixième de millimètre. Le microscope optique permet de diminuer beaucoup cette limite de résolution et un œil exercé y distinguera des "objets" éloignés l'un de l'autre de quelques centièmes voire, très exceptionnellement, de quelques millièmes de microns⁽²⁾ (μm = millionième de mètre). On démontre que le **pouvoir séparateur** (amélioré quand la limite de résolution diminue) de l'ensemble œil-microscope optique dépend, entre autres choses, de la longueur d'onde du rayonnement utilisé pour l'observation. De là à songer à remplacer les photons, particules immatérielles

le microscope

où l'on bombarde au canon une antenne de papillon

(grains d'énergie) associées à une onde lumineuse (en résumé, la lumière visible), par des particules, matérielles cette fois, mais associées à des ondes un million de fois plus courtes, les électrons (ondes d'autant plus courtes que leur vitesse est plus grande) [...*plusieurs ouvrages de physique sont ici résumés...*] Ce songe n'était pas creux : il a donné naissance au microscope électronique et permit des découvertes que l'on peut qualifier de gigantesques, même si elles touchent à l'infiniment petit. Quoique cet appareil permette aussi une analyse très précise de la matière qu'il pénètre, nous nous bornerons à parler des "images" qu'il nous en renvoie.

Il existe, en gros, deux types de microscopes électroniques : à **transmission** et à **balayage**. Pour les microscopes à transmission, le faisceau d'électrons traverse la préparation (toujours très, très mince) sur toute sa surface et en projette une image agrandie sur un écran fluorescent : l'objet est vu par transparence et l'appareil fonctionne, grossièrement dit, comme un projecteur. Les électrons sont animés d'une grande vitesse et les tensions mises en jeu sont de l'ordre de la centaine de kilovolts voire du mégavolt (million de volts), pour certains microscopes à très haute tension. Leur pouvoir de séparation est de 50 à 100 fois celui des microscopes optiques, inférieur cependant à celui de leurs confrères à balayage, qui fonctionnent un peu différemment et dont nous allons voir plus en détail les différentes parties.

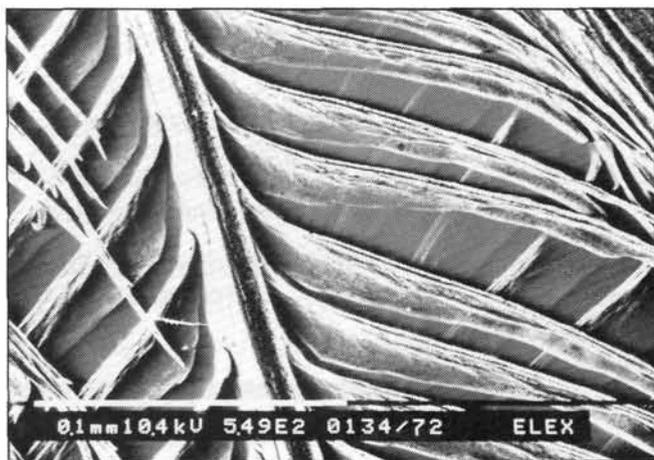


Figure 1 - À première vue, il est difficile de dire ce que représente ce cliché, c'est pourtant d'une antenne de papillon qu'il s'agit. Vous n'en avez d'ailleurs qu'environ deux dixièmes de millimètre, comme vous permet de le constater la ligne blanche qui surmonte l'étiquette. Sur cette dernière, quelques repères décrivent les conditions de la prise de vue : après la longueur (0,1 mm), la tension (10,4 kV) à laquelle est porté le filament (cathode) d'où sont issus les électrons du faisceau : 10400 volts !

Figure 2 - La chambre où l'on place "l'objet" (toujours de petites dimensions) est ouverte. On reconnaît, en haut à gauche, le détecteur qui capte les électrons secondaires, émis par la préparation. La grille qui le recouvre permet d'éliminer de l'observation les électrons primaires rétrodiffusés, réémis.

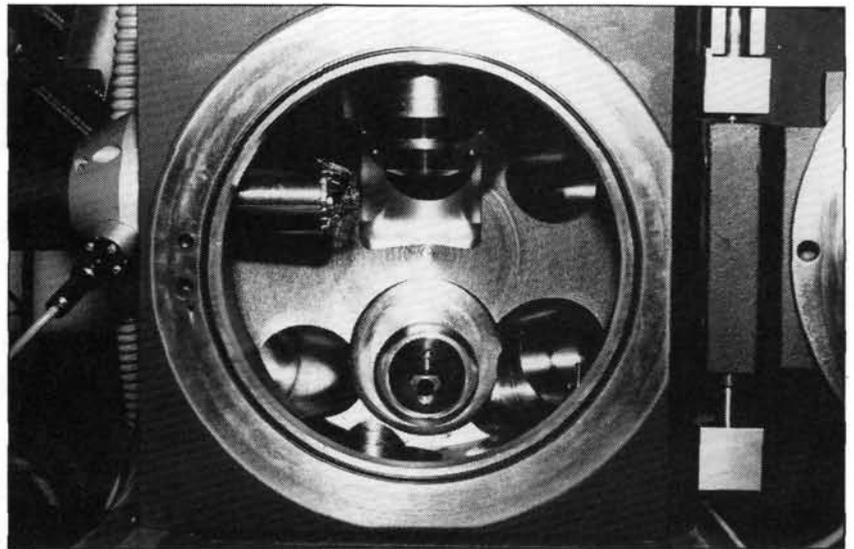
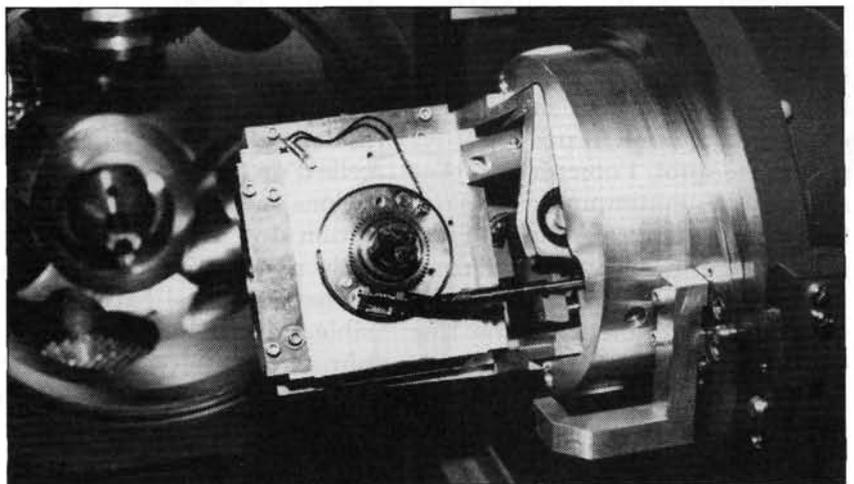


Figure 3 - La préparation est fixée sur la platine porte-objet, elle-même solidaire du mécanisme grâce auquel on la manœuvre de l'extérieur, contenu dans l'imposante porte. Il est ainsi possible de l'orienter et de la présenter au faisceau sous différents angles.



électronique

Dans ce type de microscopes on "éclaire" l'objet à observer avec un pinceau (faisceau très fin) d'électrons, au lieu de photons. La production du pinceau est à la charge du canon à électrons. Ensuite, comme le pinceau est constitué de particules matérielles, il va sans dire qu'il se déplace mieux s'il n'en rencontre pas d'autres sur son trajet : le microscope est donc pourvu d'une pompe, qui permet de créer à l'intérieur un vide poussé. Il n'y a pas à aller très loin pour rencontrer un dispositif semblable. Si vous n'avez pas d'oscilloscope ou d'ordinateur, au moins avez vous déjà vu un téléviseur : tous ces appareils sont dotés d'un canon à électrons, et d'une enceinte où ceux-ci peuvent se déplacer dans le vide. Le vide y est fait une fois pour toutes. L'intérieur du microscope, à la différence de celui du tube de télévision, est accessible. Il comporte une chambre dans laquelle on place "l'objet" à étudier sur une platine qui peut être mobilisée de l'extérieur. Un fois l'objet prêt

à être bombardé, depuis le tableau de commande, on lance la pompe à vide. Le vide établi, on effectue différents réglages, en observant leurs effets sur un écran de contrôle. Sur la **figure 1** vous pouvez voir à quels résultats on arrive avec un microscope électronique à balayage dont le pouvoir de résolution (pouvoir séparateur) et la profondeur de champ sont très grands : il ne s'agit pas d'une plume, encore moins

d'une feuille d'arbre, non, c'est une petite portion d'une des antennes d'un lépidoptère adulte, décédé, rasurez-vous, de mort naturelle (un papillon quoi). Les parties vues jusqu'ici sont communes à tous les types de microscopes électroniques. Le microscope électronique à balayage se distingue maintenant du microscope électronique à transmission par un **détecteur** dont le rôle, capital, est de

(1) Pour évacuer le problème de la distance à laquelle l'observateur se trouve, on parle plus volontiers de "distance angulaire" : gardez votre œil à 25 cm de la feuille et si la géométrie est votre dada, calculez l'angle que font les deux droites qui joignent votre œil aux deux points les plus proches l'un de l'autre que vous distinguez séparés.

(2) En (ultra)microscopie optique, si l'on peut parfois "voir" des objets dont les dimensions sont de l'ordre du milliardième de mètre (nanomètre), on ne peut en distinguer la forme et encore moins les détails. On voit où ils sont, seules leur existence et leur position sont mises en évidence.



Figure 4 - L'intérieur d'une EPROM (circuit de mémoire programmable effaçable) dont la santé laisse beaucoup à désirer : elle présente un fil de connexion brûlé et quelques cratères qui ne disent rien qui vailent.

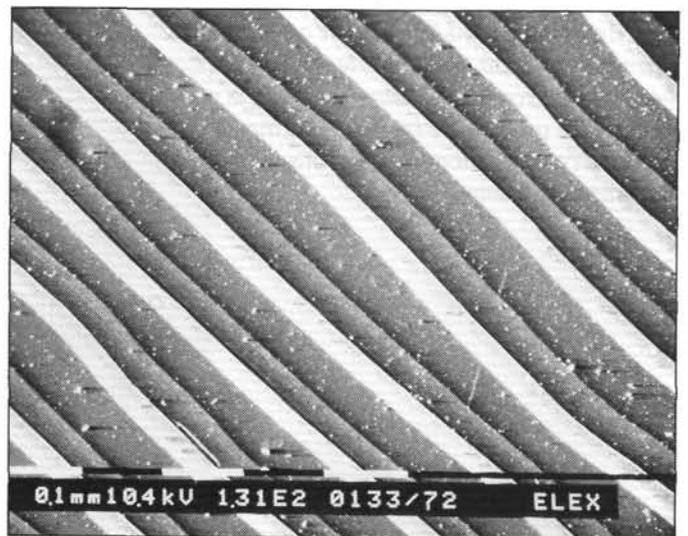


Figure 6 - Le sillon de ce microsillon qui paraissait propre à l'œil nu est cependant couvert de poussières.

capter les électrons secondaires, émis par la préparation lorsqu'elle est bombardée. Ce détecteur est visible sur le **figure 2** sous la forme d'un tube dont l'extrémité est recouverte d'une grille métallique portée à un potentiel positif de quelques centaines de volts par rapport à la terre. Pour commencer, un microscope électronique ne peut pas regarder n'importe quoi, l'objet à observer nécessite un minimum de **préparation** (d'où son nom), déterminante pour la qualité de l'image. On commence donc par le recouvrir, s'il n'est pas conducteur, d'une fine couche métallique destinée à améliorer le rendement en électrons secondaires émis lors du bombardement par le faisceau d'électrons issus du canon, comme nous le verrons

plus loin. L'or est utilisé dans la plupart des cas à cause de la qualité de surface particulièrement régulière qu'il offre, condition essentielle d'une bonne prise de vue. On utilise aussi le carbone. Cette préparation est ensuite posée sur une platine d'examen, mobilisable de l'extérieur et elle-même fixée sur une porte métallique qui ne diffère guère de celle d'un coffre-fort (**figure 3**). Rappelons en effet que toute la manipulation doit être effectuée sous un vide poussé ce qui nécessite une étanchéité aussi parfaite que possible. Comme le vide est long à établir, certains microscopes disposent d'un sas qui permet de limiter les contacts avec l'extérieur au minimum.

Une fois la porte fermée et le tube (ou le sas) vidé à l'aide de la pompe, la préparation peut être "balayée". Elle l'est, point par point, un peu comme l'écran d'un téléviseur, par un faisceau très fin d'électrons, de quelques dixièmes de nanomètres⁽³⁾. Sous l'effet du bombardement l'objet examiné émet lui-même des électrons secondaires vers un détecteur. Il en existe plusieurs types, nous n'en décrivons qu'un, fait d'une substance luminescente (un **scintillateur**), qui produit des photons envoyés à leur tour, par l'intermédiaire d'un guide de lumière vers un **photomultiplicateur**. Celui-ci, une cellule photoémissive, produit à partir des photons une quantité réglable d'électrons dirigés, enfin, vers un écran fluorescent. Le flux d'électrons émis par la préparation peut ainsi être amplifié en fonction des besoins : la clarté de son image sur l'écran en dépend.

Certains microscopes comme le STEM (*Scanning Transmission Electron Microscope*, microscope électronique à balayage et à transmission), allient les deux techniques. Il est possible de positionner le détecteur non plus à côté, mais au-dessous de la

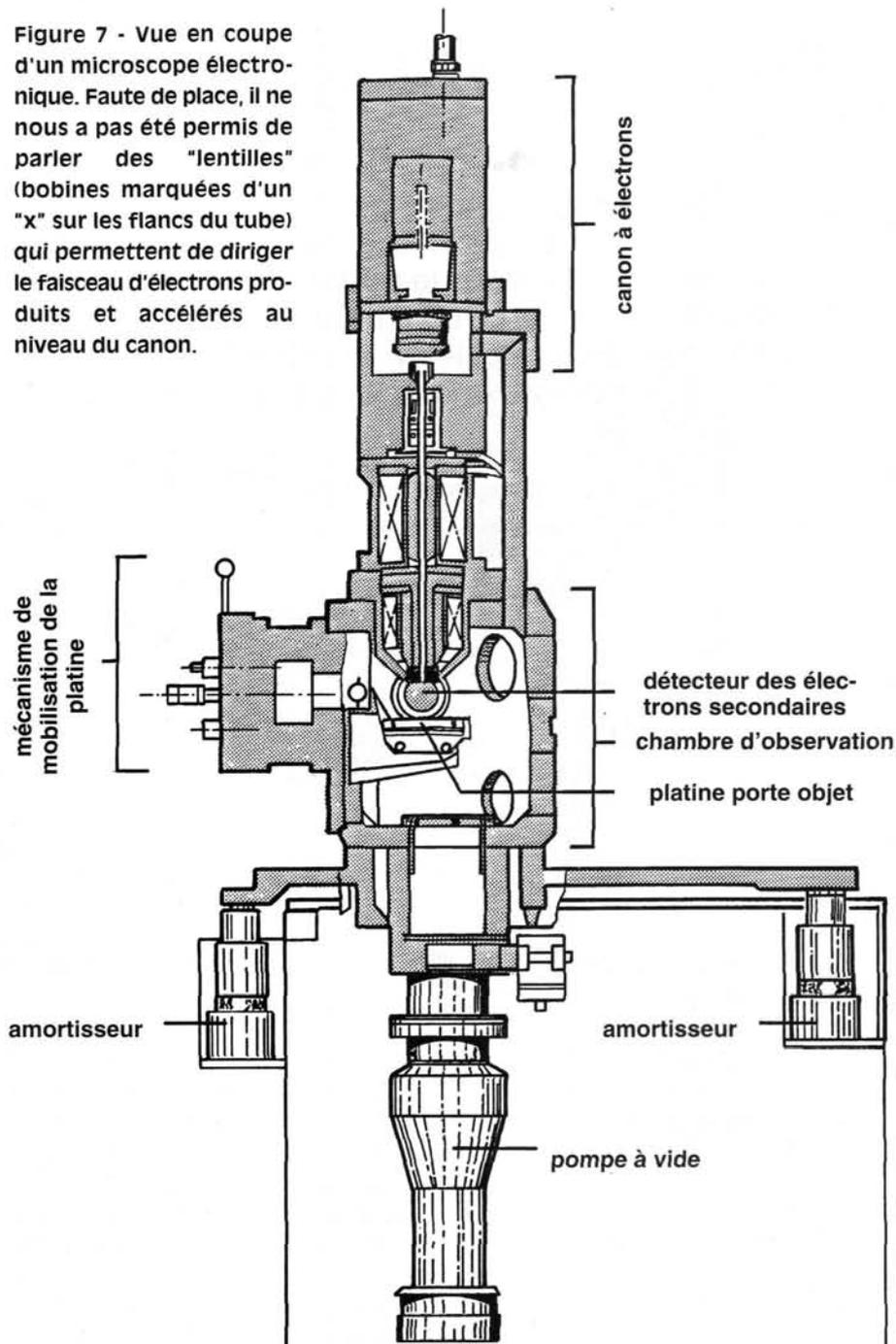


Figure 5 - Vue d'ensemble du microscope électronique. Sur la droite le microscope à proprement parler dont la porte est ouverte. Le tableau de commande, sur la gauche, permet de régler le grossissement, la qualité de l'image, la pompe à vide, les modes de balayage etc... C'est un peu différent d'un microscope optique.

préparation. Les électrons détectés sont alors ceux qui ne sont pas arrêtés. Cette méthode permet d'améliorer la résolution jusqu'à 5 nm. Elle sort cependant du cadre que nous nous sommes fixé pour cet article. Revenons au balayage simple. Le diamètre du faisceau d'électrons limite le pouvoir de résolution de l'appareil aux environs de 10 nm et les électrons qui traversent la préparation ne sont pas non plus sans influence sur cette qualité. La construction de l'image sur l'écran de contrôle est synchronisée sur les mouvements du pinceau. L'amplitude des mouvements de va-et-vient du pinceau sur la préparation est aussi faible que le **grandissement** obtenu est important. Pour imager notre propos, nous pouvons dire que le pinceau se comporte comme le balancier d'une horloge : même si la partie du balancier la plus proche de l'axe se meut très peu, celle qui en est la plus éloignée se déplace beaucoup. De même les très petits mouvements du pinceau d'électrons sur la préparation se traduisent sur l'écran par des déplacements de grande amplitude (tant mieux si ça vous fait penser au pantographe). Le résultat est une image agrandie sur l'écran de contrôle, qu'il ne reste plus qu'à photographier.

Il est difficile, en si peu d'espace, de faire le tour de la question, de montrer le fonctionnement d'un appareil qui permet de voir, sans que l'œil y ait sa part. La radio et la télé permettent d'entendre et de reconnaître des choses qui sont audibles et reconnaissables sans leur truchement. Il est possible avec des instruments comme les microscopes électroniques d'aller là où nous ne pourrions (jamais) aller. Il est possible de douter de la réalité des images que nous proposons en illustration... Comme il l'était, avant l'invention de l'avion ou du satellite, des images de la terre que nous donnaient les cartographes : de même que les marins le constataient pour les cartes, les biologistes, les chimistes, les métallurgistes, pour ne citer qu'eux, sont unanimes : ça marche !

Figure 7 - Vue en coupe d'un microscope électronique. Faute de place, il ne nous a pas été permis de parler des "lentilles" (bobines marquées d'un "x" sur les flancs du tube) qui permettent de diriger le faisceau d'électrons produits et accélérés au niveau du canon.



limites de résolution

Œil.....	0,1 mm
Loupe.....	5 μm
Microscope optique.....	200 nm
Microscope électronique.....	0,1 nm*

*de l'ordre du diamètre de l'atome

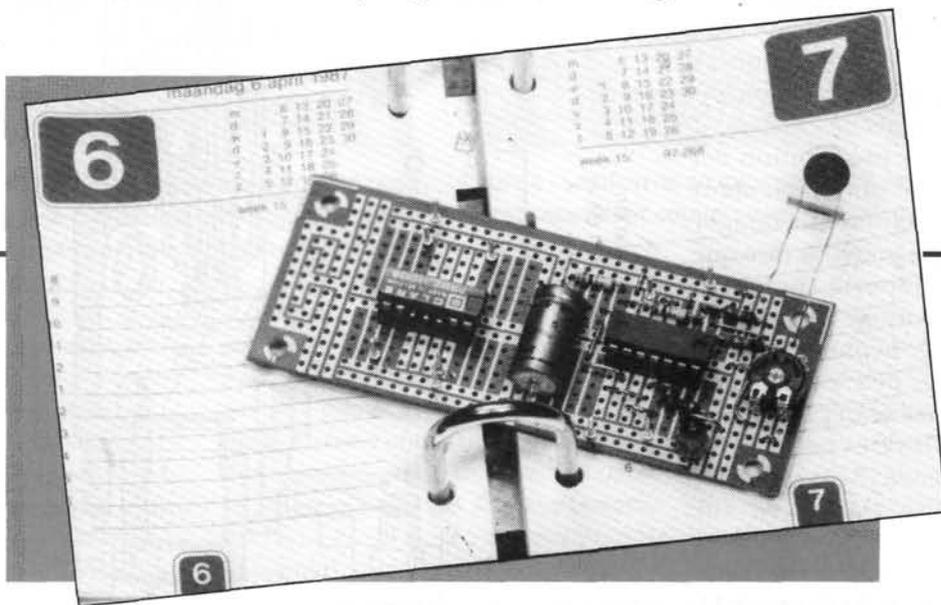


remerciements : Nous tenons à remercier le CETEHOR de Besançon, en la personne de Monsieur Christian BURON, dont le soutien technique et théorique nous a été du plus grand secours.

(3)Nanomètre = milliardième de mètre, le dixième de nanomètre correspond à l'angström, unité qui n'est plus légale.

compte-jours

L'utilité d'un montage dont la sortie change d'état quelque temps après le lever ou le coucher du soleil n'est pas à démontrer. Nous le publions en outre à cause de son intérêt didactique et parce qu'il permet, éventuellement, de rendre à la vie active une calculette, précocement abandonnée, qu'il utilise comme unité de comptage et d'affichage.



Si vous possédez une calculette du type décrit (inutilisée !), vous saurez à l'avenir comment disposer d'une de ses fonctions automatiquement. Tous les modèles ne conviennent malheureusement pas mais l'universalité de l'interface dont le montage est pourvu, un relais *reed*, autorise de nombreuses applications.

période de 24 h

Lorsque le jour se lève, la résistance de R1 chute, puisque, comme vous le montre la figure 1, elle dépend de la lumière (on l'appelle *Light Dependent Resistor*, pour favoriser les anglophones qui sont plutôt handicapés de la langue). La tension à l'entrée de l'opérateur N1 en profite pour prendre de la hauteur : elle est alors assez peu différente de la tension d'alimentation pour que la sortie, sur la broche 2, prenne l'état bas

(= niveau logique "zéro"), peu éloigné du potentiel de la masse. Le condensateur électrochimique C1, qui a pris le temps de se charger quand le circuit était dans l'obscurité, en profite pour se décharger lentement, puisque deux résistances de 10 MΩ limitent son débit. La tension aux bornes de ce condensateur, et donc à l'entrée du second opérateur, baisse si lentement qu'il lui faut presque une heure pour être reconnue pour un niveau logique 0. À ce moment-là, la sortie de N2 (broche 4) prend l'état haut (niveau logique "un"). Ce changement d'état a deux sortes d'effets : la sortie du circuit (broche 6 de N3) passe à 0, signe qu'un nouveau jour s'est levé, ce dont témoigne à sa façon la LED D1, qui s'éteint, puisque la sortie commune des opérateurs N5 et N6 est à 1.

(1) Le nyctémère ici n'a rien à voir avec l'illustre Hémère (voir fête d'). C'est un espace de temps comprenant un jour (*héméra*, en grec, "jour" et *nuktos* "nuit"), soit 24 heures en principe sous nos latitudes. Rien à voir non plus avec l'incestueuse injonction qui a donné son nom au groupe de musique N.T.M.

enregistrement électronique du nycthémère⁽¹⁾

L'obscurité retombée, la résistance de R1 augmente assez pour que la tension à l'entrée de N1 soit prise pour un 0 par cet opérateur, dont la sortie passe donc à 1. Le condensateur se recharge aussi lentement qu'il s'était déchargé et, au bout d'une heure environ, la LED D1 se rallume et la sortie de N3 repasse au niveau logique 1. Pourquoi retarder le processus d'une heure ? Vous devez bien vous douter qu'il ne faut pas que le circuit réponde à de trop brèves variations de l'éclairement (phares d'une voiture ou ombre passagère, par exemple) et puisqu'il compte les jours, il n'en est pas à une heure près.

Après ce que nous venons de dire, il paraît que la situation géographique de la photorésistance est importante. Le problème est sociologique ! Le composant doit, dans le présent cas de figure, ignorer les bienfaits de la civilisation qui font nos jours et nos nuits. Son choix, à l'opposé, n'a pas d'importance puisque la présence de P1 permet d'adapter le pont diviseur

aux besoins. C'est grâce à ce potentiomètre que le seuil de réponse du circuit à l'éclairement est réglé. Il est d'ailleurs conseillé d'effectuer ce réglage avant le câblage du condensateur, de façon à ne pas être contraint d'attendre une heure entre chaque retouche du curseur. Comme la position de celui-ci dépend des conditions locales, sa détermination est bien sûr laissée à vos talents d'expérimentateur.

Un mot encore sur C1 : son choix, contrairement à celui de la cellule photoconductrice (autre nom de la LDR) n'est pas indifférent. La qualité qui le détermine est un courant de fuite minimum. Si celui-ci était supérieur au courant de charge ou de décharge, la durée du retard imposé au circuit tendrait vers l'infini, ce qui n'est pas souhaitable, c'est le moins que l'on puisse dire. Pour limiter les dégâts, la tension de service de ce composant (63 V) est beaucoup plus élevée que la tension à laquelle il est soumis.

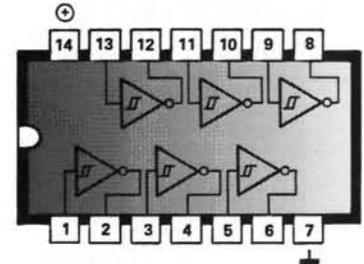


Figure 2 - Le relais reed ne permet pas seulement de piloter une calculatrice par l'intermédiaire de sa touche de facteur constant, il rend possible toutes les applications nécessitant une commutation jour/nuit.

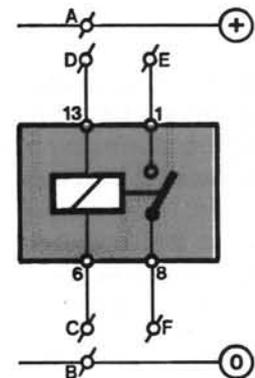
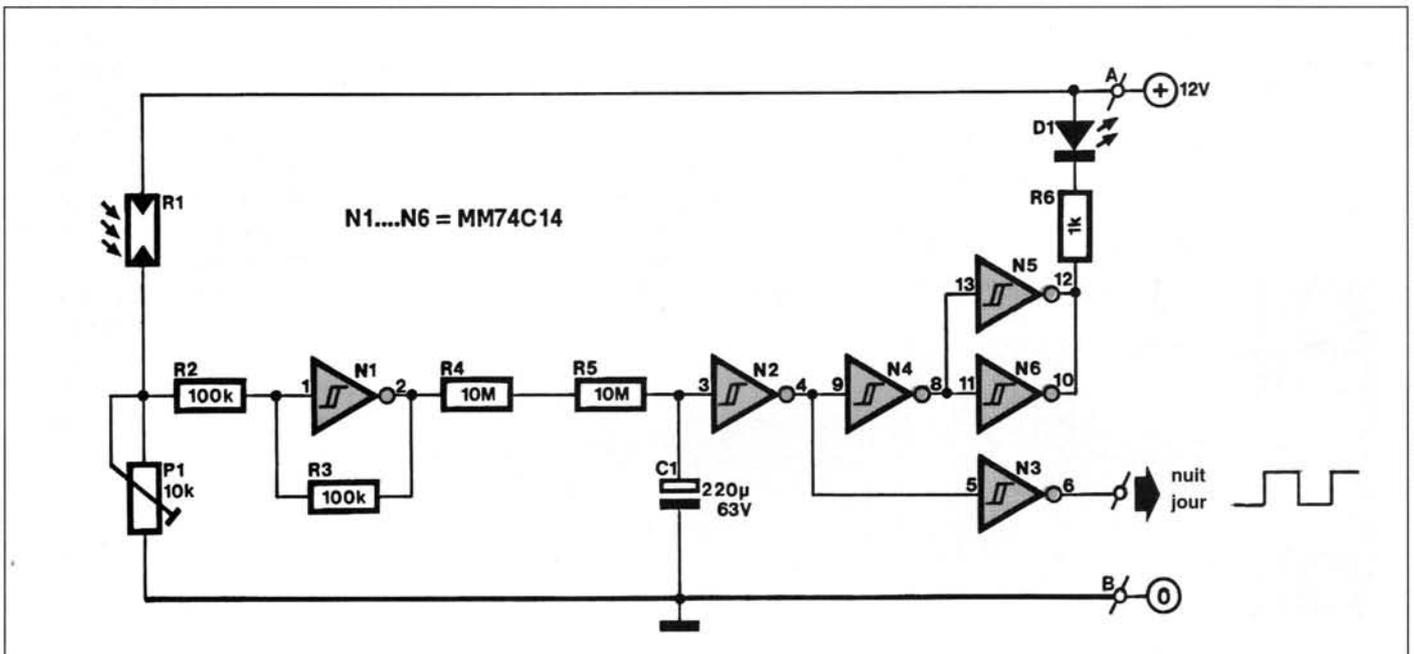


Figure 1 - Ce circuit, associé à un relais reed et à une calculatrice, permet de compter, décompter les jours qui séparent d'un jour J... Il n'est cependant pas limité à cette application.



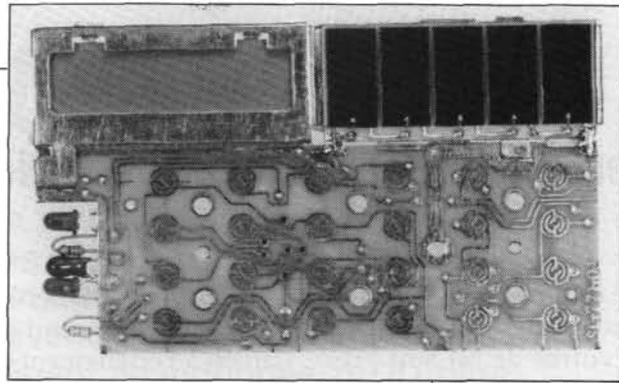
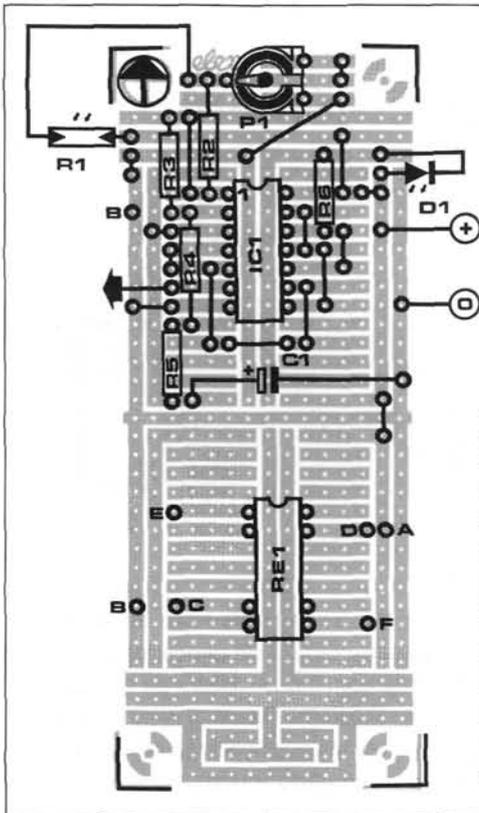


Figure 3 - Le composant intégré, isolé sur la moitié inférieure de la platine, est un relais PRME 15002B (relais reed). Il est câblé par des ponts en fil, suivant les besoins, entre la sortie du circuit et la masse, ou entre le 12 V et la sortie. Dans un cas, le contact au repos est ouvert, dans l'autre, il est fermé.

- R1 = LDR
- R2, R3 = 100 k Ω
- R4, R5 = 10 M Ω
- R6 = 1 k Ω
- P1 = 10 k Ω , ajustable
- C1 = 220 μ F/63 V (63 V : voir le texte)
- D1 = LED
- IC1 = [MM] 74 C 14 (sextuple trigger-inverseur ou CD40106 ou MC14584)
- Re1 = relais Reed (Clare 15002 B, ou Günther, ou...)
- 1 platine d'expérimentation de format 1

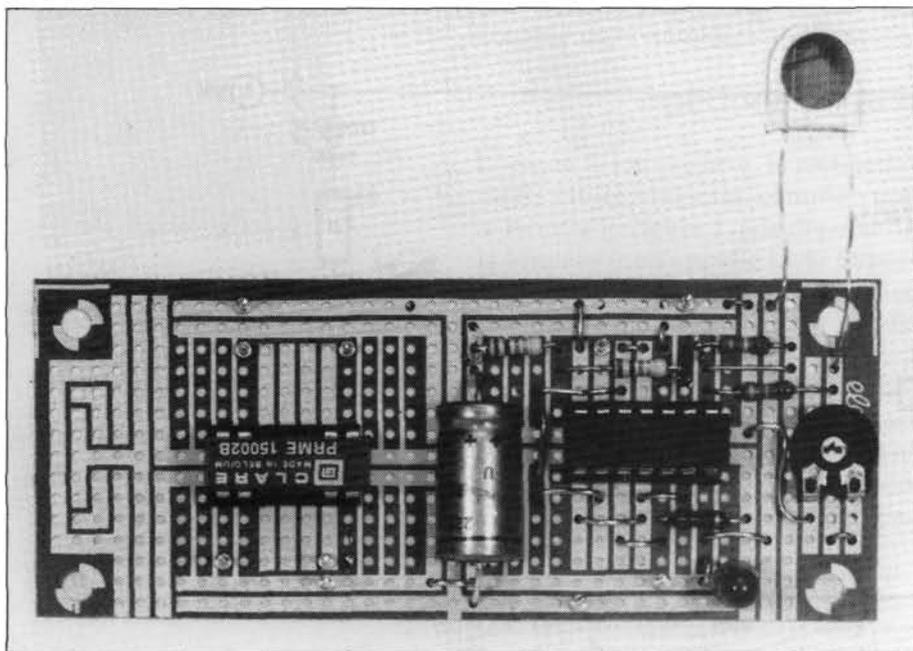
unité de comptage et d'affichage

Comme nous l'avons dit plus haut, le compte-jours nécessite l'unité de comptage et d'affichage d'une calculette, sauvée du rebut, de préférence. Un relais reed sert ici d'interface. La liaison n'est malheureusement pas possible avec toutes les "babasses" qui doivent impérativement posséder une touche de facteur constant (" + 1 " ou " - 1 "). Les contacts du relais, notés E et F sur la

figure 2, viennent se connecter en parallèle sur celle-ci. La bobine, contacts C et D, est évidemment branchée entre la sortie (broche 6) du circuit et sa masse. Après réglage, le dispositif peut commencer à compter ou à décompter et afficher sur l'écran de la calculette le nombre de jours passés ou restant, depuis... ou avant... À vous de voir.

Le dispositif peut évidemment trouver d'autres applications, (il est, de ce point de vue, assez universel) et allumer ou éteindre une lampe, par exemple, ou mettre sous tension un appareil. Dans la plupart des cas, à la suite du relais reed un autre intermédiaire est alors nécessaire : un second relais dont le pouvoir de coupure et la tension de service soient compatibles avec les courants et les tensions circulant dans le circuit commandé. Suivant les applications, il est possible de câbler le relais reed pour qu'il soit NO (ouvert au repos, *Normally Open*), ou NC (fermé au repos, *Normally Closed*). Celui-ci peut en effet être branché entre le "plus" de l'alimentation et la sortie du circuit, ou entre la sortie du circuit et la masse. Pour obtenir les mêmes effets (non pour la LED), on peut intervertir les positions de R1 et P1. Notez pour terminer que le circuit intégré n'est pas un 74[n'importe quoi]14, mais un 74 C 14 et qu'il peut donc être alimenté entre 3 V et 15 V : la tension de 12 V proposée, qui lui convient, serait excessive pour un 74 LS, ou un 74 HCT (auxquels il ne faut pas plus de 5 V), pour ne citer que ces familles.

87628



plus ne cherchez la cathode

Pour tester une diode ou en identifier les broches (anode-cathode), un ohmmètre, même rudimentaire, suffit.

À quoi bon un montage particulier puisqu'il suffit de mesurer la résistance de la diode dans un sens, puis dans l'autre ? Si l'aiguille dévie fortement, quel que soit le sens de branchement du composant, c'est qu'il est bon pour la poubelle.

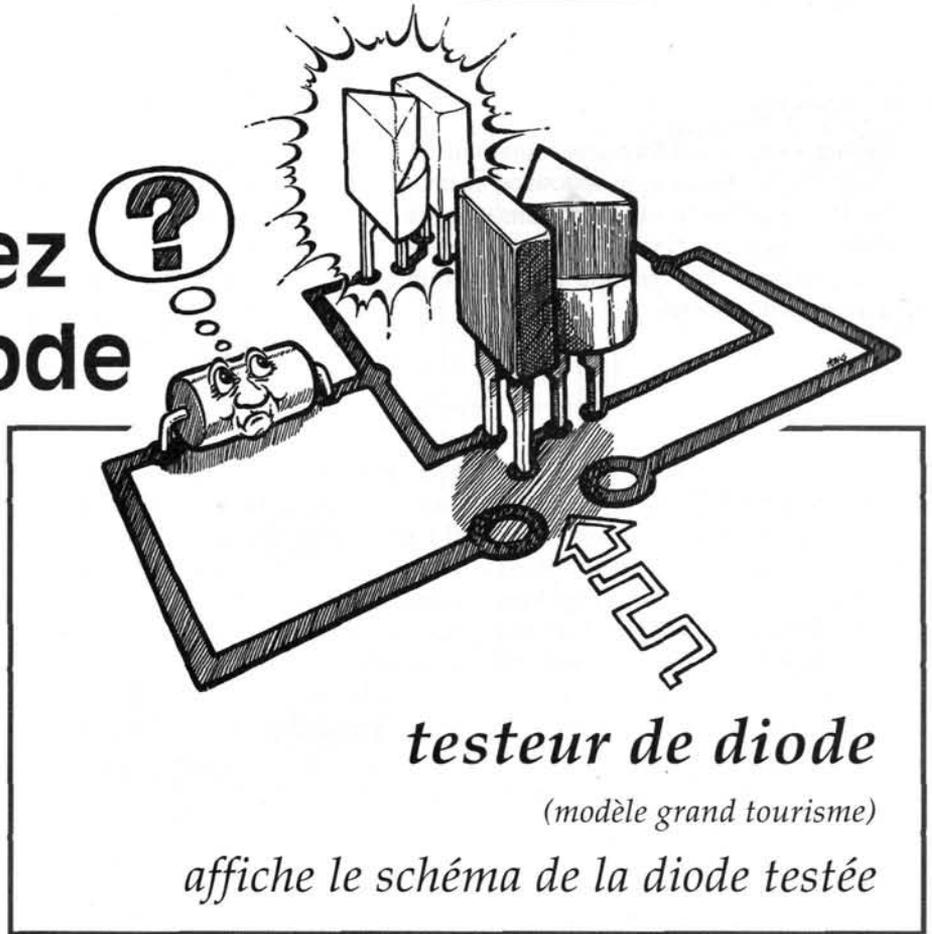
Si elle ne dévie que pour un sens de branchement de la diode, c'est que l'anode est reliée au moins et la cathode au plus de l'ohmmètre.

Alors ?

Cette méthode, assurément bonne, devient vite lassante si l'on a acheté les composants au kilo, ce qui arrive aux gros consommateurs ou à ceux qui ont voulu bénéficier des avantages d'une offre promotionnelle. Il devient alors nécessaire de simplifier le protocole opératoire, pour gagner un temps précieux et s'en sortir plus élégamment. L'électronique est là pour nous faciliter l'existence et non pour nous la compliquer : profitons-en. Les composants utiles sont vite collectés : un circuit intégré, deux diodes, quatre LED, deux résistances et deux condensateurs.

principe

La figure 1 présente une version simplifiée du circuit destinée à en simplifier la présentation. De quoi retourne-t-il ? Deux LED sont



câblées en série avec la diode à tester D_t . Le circuit des LED ne fait pas obstacle au courant. Qu'il circule dans un sens et c'est led1 qui s'allume ; qu'il circule dans l'autre, et c'est led2, jamais les deux. Si nous ajoutons D_t , ce bel équilibre est rompu car sa présence introduit un troisième cas de figure : que cette diode soit branchée en opposition et plus aucun

Figure 1 - Si la diode à tester (D_t) et la polarité de la tension de mesure sont d'accord, une des deux LED doit s'éclairer (il faut penser à limiter le courant dans les LED). La LED qui s'éclaire est câblée comme D_t . Pour que ça marche à tous les coups, il faut dans les cas 1a ou 1d, inverser la tension ou retourner D_t , et c'est justement ce que nous voulons éviter.

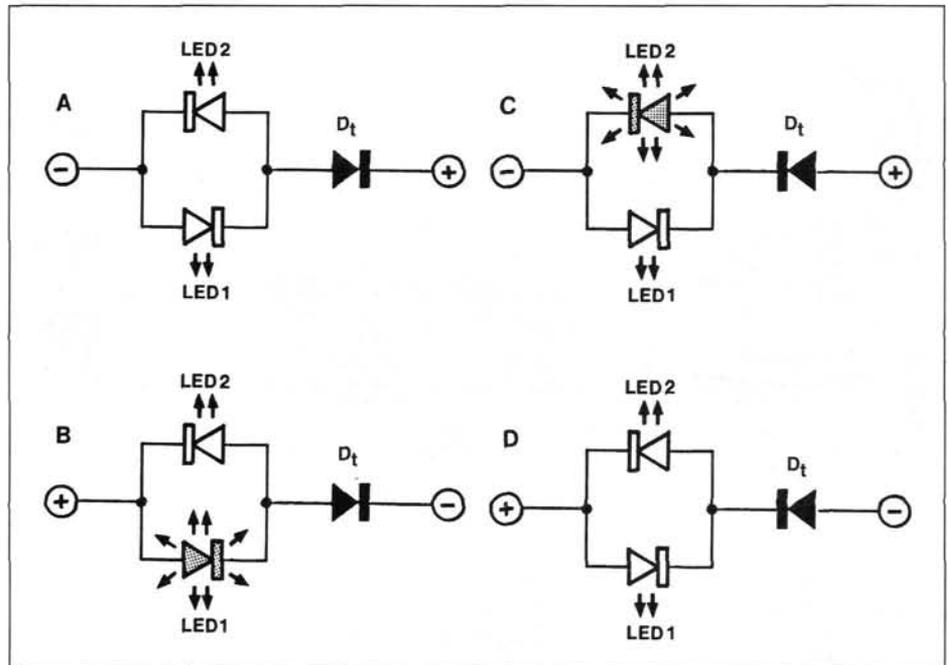
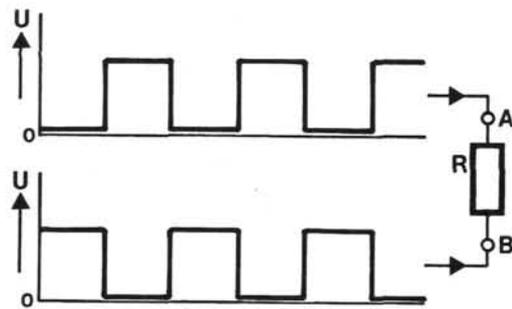


Figure 2 - Et si, au lieu d'une seule tension nous en utilisons deux, en opposition de phase, le courant passera tantôt dans un sens tantôt dans l'autre. La solution alternative est la bonne... Encore faut-il qu'il y ait un minimum de courant.



courant ne circule (cas 1a et 1b), aucune des deux LED ne brille. Qu'à cela ne tienne, pour qu'elles nous indiquent brillamment dans quel sens la diode est câblée, où est son anode et où sa cathode, nous ferons passer le courant tantôt dans un sens (1b) tantôt dans l'autre (1c). Ceci ne présente aucune difficulté pour qui dispose de deux signaux rectangulaires, symétriques et déphasés de 180° l'un par rapport à l'autre. C'est compliqué ? Pas autant que ça n'en a l'air : en fait, nous fabriquerons un signal rectangulaire et nous l'inverserons, nous aurons ainsi la chose et son "contraire". La figure 2 vous montre à quoi cela ressemble. Sur cette figure les connexions A et B correspondent aux plus et au moins du circuit de la figure 1. Ces bornes sont alternativement à zéro et à un.

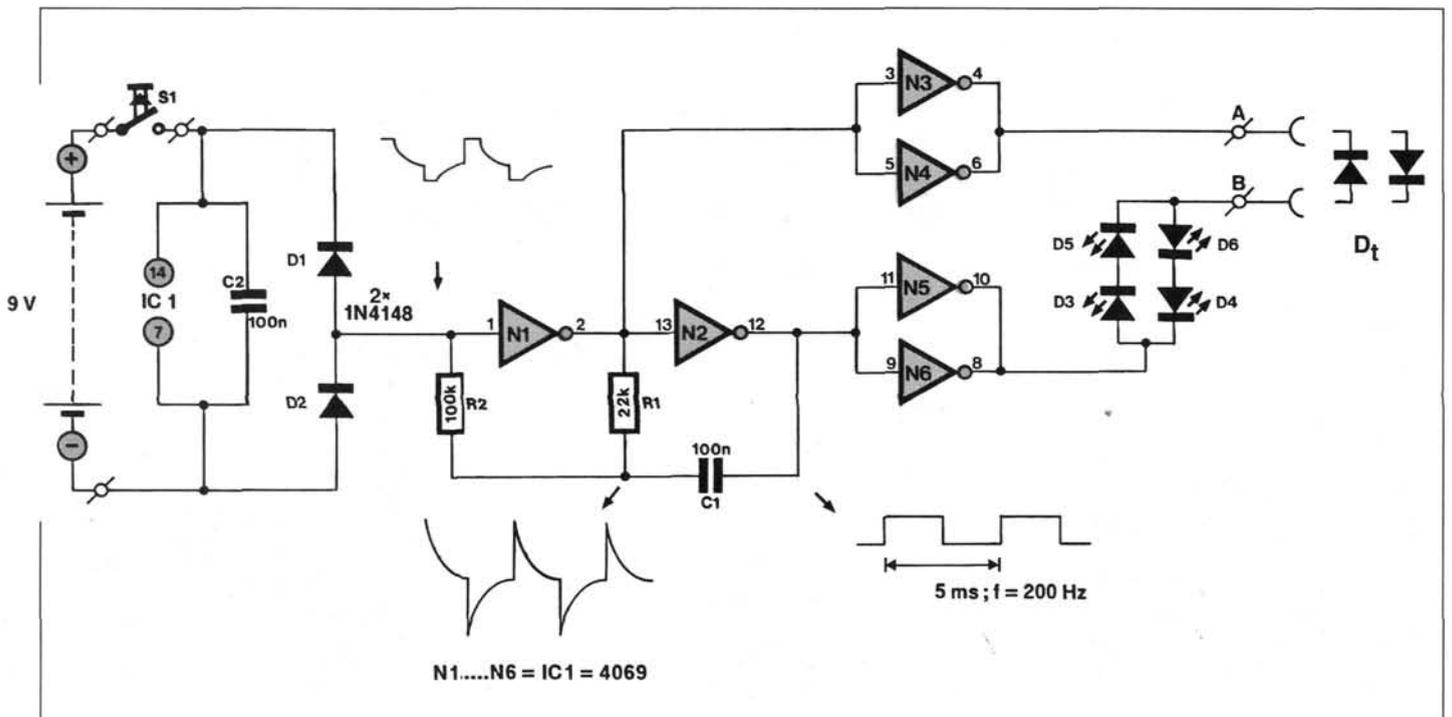
Si la borne A est à 0 V, il y a une tension sur B et si la borne B est à 0 V, il y a de la tension en A. Nous avons donc, une fois par période, les cas (1b) et (1c) qui permettront d'identifier la cathode et l'anode de la diode à tester.

opposition de phase sans supplément

L'oscillateur utilisé dans ce circuit (figure 3) délivre sans se faire prier les deux tensions nécessaires. C'est un oscillateur tout ce qu'il y a de plus ordinaire, pourvu seulement d'une seconde sortie. Sur les deux sorties (broche 2/13 et broche 12 du circuit intégré) les tensions sont rectangulaires, quasiment symétriques et en opposition de phase. Leur fréquence, pour les résistances choisies et la

capacité de C1, est d'environ 200 Hz. C'est suffisant pour donner l'impression que les LED D3 et D5 ou D4 et D6 brillent en continu. Vous avez bien lu. Les led1 et led2 de la figure 1 sont remplacées par deux paires de LED. Si vous pensez que c'est pour faire marcher le commerce que nous avons doublé de la sorte, vous avez (presque) tout compris. Enfin, si le commerce n'avait que ça pour marcher... Vous ne regardez pas les dessins humoristiques ? Le commerce propose des LED de forme triangulaire et rectangulaire : nous pouvons donc avec deux LED convenablement disposées dessiner le symbole d'une diode (figure 4), la triangulaire pour l'anode et la quadrangulaire pour la cathode. Encore ne faut-il pas se tromper en câblant : si A et B sont intervertis, le "schéma"

Figure 3 - À part le fait qu'il délivre deux signaux rectangulaires en opposition de phase sur ses sorties, "ordinaire" (broche 12) et "extraordinaire", (broche 2/13) cet oscillateur ne présente pas grande originalité. Grâce aux deux paires d'inverseurs-tampons qui suivent, les signaux peuvent alimenter les deux paires de LED "dessinatrices" en série avec la diode à tester.



liste des

composants

R1 = 22 kΩ
R2 = 100 kΩ

C1, C2 = 100 nF

D1, D2 = 1N4148

D3, D6 = LED

(voir le texte)

IC1 = 4069 (sextuple inverseur)

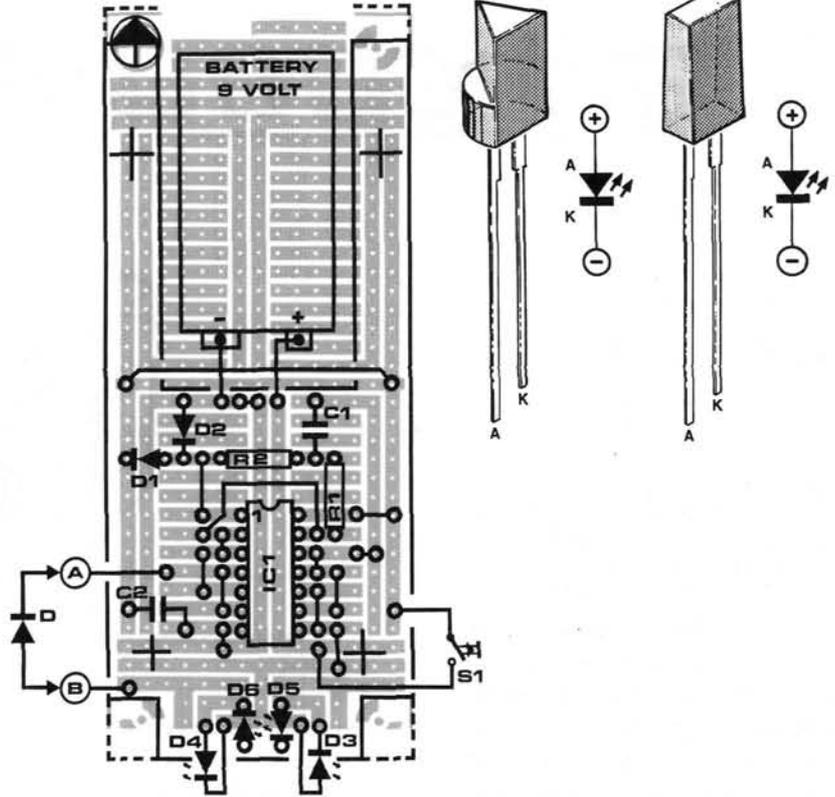
S1 = bouton poussoir ouvert au repos

1 platine d'expérimentation de format 1

éclairé ne correspond pas à la diode testée. On peut bien sûr tester le circuit à l'aide d'une diode dont les broches sont connues. Si la lecture ne lui correspond pas, la correction est facile.

Les LED ne sont évidemment pas pourvues des traditionnelles résistances de limitation de courant, puisqu'elles sont alimentées par les couples d'inverseurs N3/N4 et N5/N6 dont le débit ne peut pas mettre leur vie en danger. Une pile de 9 V alimente le circuit, qui n'est mis sous tension que lorsque l'on pousse S1, ouvert au repos. De cette façon, les jours de la pile ne sont pas comptés. On peut bien sûr préférer une lecture clignotante : il suffit alors d'augmenter la capacité de C1, c'est-à-dire d'augmenter la période des oscillations voire même de diminuer leur fréquence.

86787



LA PUBLICITÉ, ÇA COMPTE

AUTANT POUR VOUS

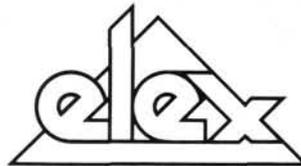
QUE POUR NOUS

Cet espace aurait pu être le vôtre!

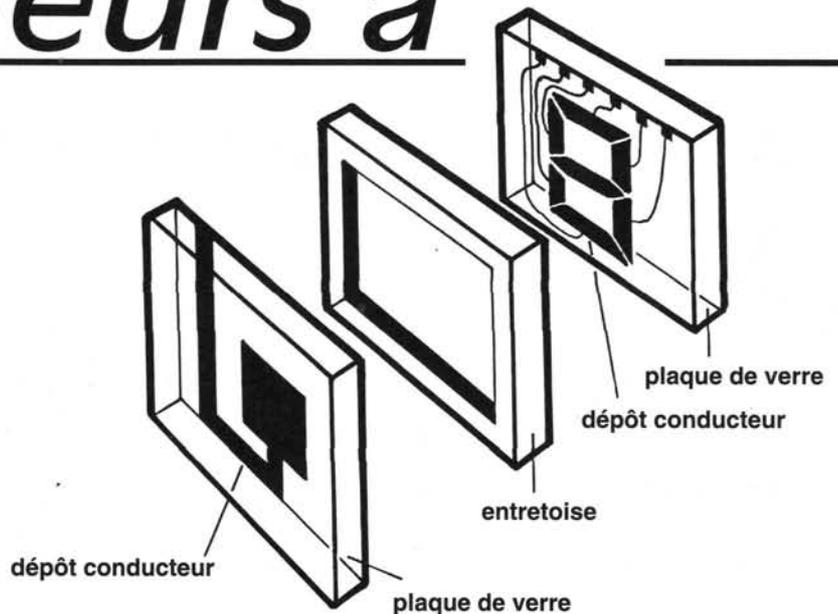
Téléphonez-moi:

BRIGITTE HENNERON

20 · 48 · 68 · 04



afficheurs à



Deux plaques de verre séparées par un liquide dont les propriétés sont celles des cristaux. Le liquide est à la fois le poisson et l'eau de cet "aquarium" dont le contenu peut s'animer sélectivement sous l'effet du champ électrique engendré lorsque les dépôts métalliques sont soumis à une tension.

– Elle n'affiche plus rien ma montre, l'écran LCD doit être fichu.

– Tu as dû monter la pile à l'envers. D'ailleurs on ne dit pas "écran LCD", le "D" signifie déjà "écran". *Liquid Crystal Display* signifie écran ou afficheur à cristal liquide...

– Cristal liquide ? Comment un cristal peut-il être liquide ?

– Tu n'as pas lu le numéro 13 d'ELEX ?

– Je ne connaissais pas encore la revue quand ce numéro-là est paru.

– Dommage...

– Alors, ce cristal ?

– Ce n'est pas un cristal.

– Faudrait savoir !

– C'est un liquide dont les propriétés optiques sont celles d'un cristal, un liquide optiquement anisotrope.

– Tout de suite les grands mots ! C'est liquide, ça doit être fait avec du pastis ?

– ... voyons d'abord *isotrope*, qui est le contraire d'*anisotrope*. Dans un milieu optiquement isotrope (*isos*, égal, et *tropê*, tour) la lumière se déplace à la même vitesse dans toutes les directions.

– "Optiquement" isotrope ? Pourquoi, il y a d'autres isotropies ?

– Bien sûr, mécanique par exemple. Si le bois par exemple était mécaniquement isotrope, il se fendrait dans tous les sens aussi facilement (ou aussi difficilement).

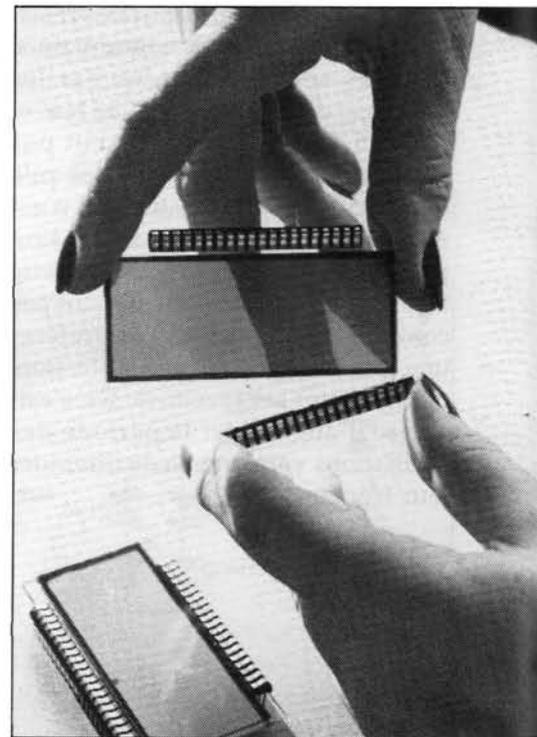
– Fendant ! Comme la sciure ?

– Confondant !... En optique, la hache est un rayon lumineux. Si le milieu qu'il parcourt est anisotrope,

il le traverse plus facilement dans un sens. Dans un cristal liquide, les molécules sont très longues et l'ensemble, ou une partie de celles-ci, sont orientées parallèlement les unes aux autres, un peu comme le sont les nervures du bois. Lorsqu'un rayon lumineux traverse le liquide parallèlement à la direction des molécules, il n'est pas arrêté et, compte tenu de la faible épaisseur de l'écran, les choses sont limpides. Si maintenant on perturbe l'ordre dans lequel les molécules sont rangées, elles font obstacle à la progression du rayon et celui-ci subit des modifications(*) qui permettent de les "voir".

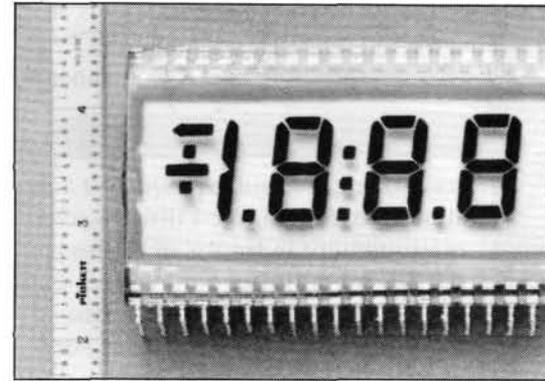
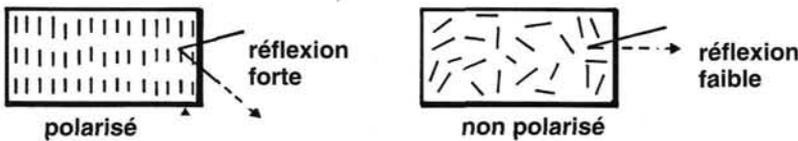
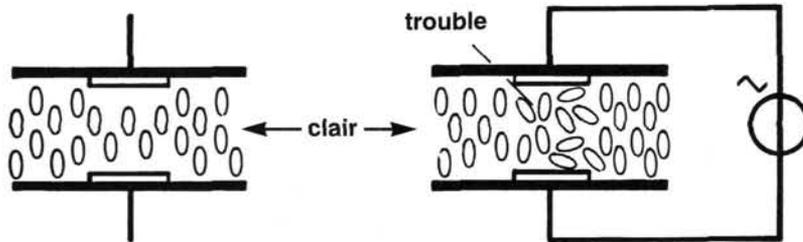
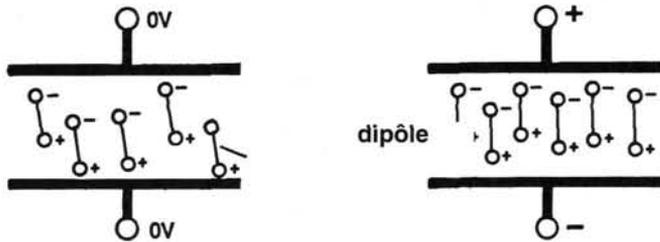
– Et comment troubler leur arrangement ?

– En les soumettant à un champ électrique. Les molécules d'un cristal liquide sont en effet *polaires*.



(*)La modification subie par le faisceau lumineux qui traverse un tel milieu est de deux ordres : il y a d'abord double réfraction puisque le milieu est biréfringent. Ceci veut dire que le faisceau se dédouble et que les deux faisceaux résultant sont brisés – il y a réfraction (brisure) lorsque, par exemple, un rayon passe de l'air dans l'eau, le rayon dans l'eau semble ne pas être dans le prolongement du rayon dans l'air. Vous le comprendrez en trempant simplement un bâton dans l'eau, il vous apparaîtra brisé – ensuite, les deux faisceaux résultant transportent de la lumière polarisée. Un rayon de lumière polarisée, pour parler simplement, est un rayon que, dans certaines conditions, un miroir ne pourra pas réfléchir (voir ELEX numéro 13, page 10, pour les détails).

cristaux liquides



faibles excitations extérieures électriques(**), pour ce qui nous concerne.

– Quels cristaux liquides utilise-t-on pour les afficheurs ?

– Ceux qui sont "cristaux liquides" à des températures usuelles. Ils doivent fonctionner correctement entre 0°C et 50°C. Tu as bien dû remarquer qu'en hiver, les indications de ta montre n'étaient pas toujours lisibles : les cristaux liquides craignent le froid. Ils craignent aussi le chaud qui peut affecter leur durée de vie. Il est important surtout que les molécules utilisées répondent rapidement au phénomène qui les commande et que leur conductibilité soit très basse.

– Mais comment produit-on le champ électrique qui les mobilise et comment peut-il être aussi sélectif, l'afficheur de ma montre n'est qu'une plaque de verre, il n'y a pas de conducteurs. Même par transparence, je n'ai rien vu.

– Ceci explique peut-être pourquoi ta montre ne fonctionne plus... Donc, si après l'avoir démontée tu l'avais mieux observée, tu te serais rendu compte que la plaque de verre était double et emprisonnait un liquide : c'est un récipient. Par transparence, la face interne de la plaque supérieure (ou inférieure) laisse deviner un ou plusieurs dessins qui rappellent, à s'y méprendre, les segments d'afficheurs à LED. Ces dessins sont faits d'un dépôt métallique très mince, au point d'être transparent, plus visible si tu regardes l'objet sous un

– Elles ne sont donc pas électriquement neutres ?

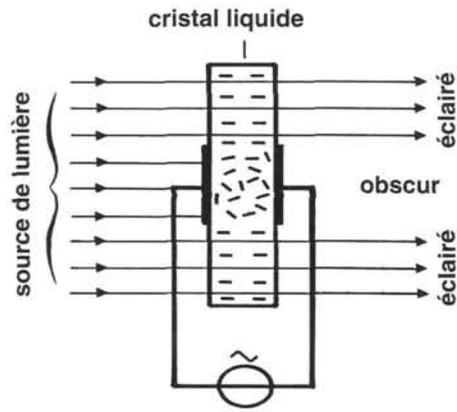
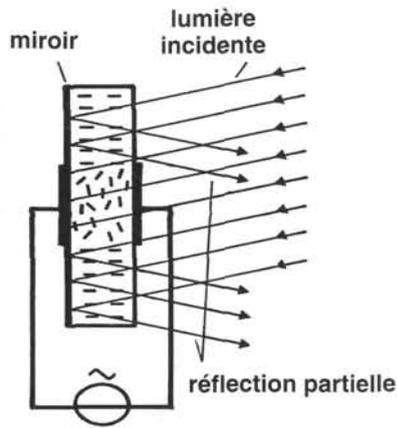
– Si, globalement, ce ne sont pas des ions : les charges électriques portées par la molécule s'équilibrent mais ne sont pas disposées régulièrement le long de celle-ci, si bien qu'une de ses extrémités est plus négative, et l'autre, bien sûr, plus positive. Le grand axe de la molécule, placée dans un champ électrique, s'oriente parallèlement aux lignes du champ ; si le champ est alternatif, la molécule a toutes les chances de tourner. Comme elle n'est pas seule à changer de position un certain désordre en résulte.

– Est-ce toujours ainsi que cela fonctionne ?

– Non, il existe plusieurs sortes de cristaux liquides. Dans certains, par exemple, les molécules s'alignent dans une direction perpendiculaire

au champ électrique. Elles sont polarisées "ventre-dos" et non plus "pied-tête", comme précédemment. Dans d'autres, les molécules sont réparties dans des plans parallèles et les axes des molécules d'un même plan sont parallèles, mais d'un plan à un autre, la direction générale des molécules tourne régulièrement. La structure de l'ensemble est torsadée (*twisted*, disent les anglophones). Certaines structures varient en fonction de la température, d'où l'utilisation des cristaux liquides pour la mesure de celle-ci, en biologie notamment... La physique des cristaux liquides est un vaste domaine, où s'est illustré notamment le prix Nobel de physique dont le nom est sur toutes les lèvres. On peut dire, pour résumer, qu'en matière d'affichage, on fait appel à la sensibilité de leurs propriétés optiques à de

(**)Dictionnaire de physique de Elie Levy, sous la direction de François Le Lionnais, aux P. U. F.



certain angle. L'autre plaque est aussi métallisée, comme l'illustre schématiquement la figure, et toutes ces parties métalliques sont reliées par des conducteurs très fins (indiscernables) aux connecteurs situés sur le bord. L'établissement d'une tension (alternative de préférence, la durée de vie du dispositif en est améliorée) entre l'électrode commune et une ou plusieurs des électrodes du dessin provoque un assombrissement du ou des segments concernés.

- Ce n'est pas très lumineux !
- C'est le moins que l'on puisse dire, ces afficheurs n'éclairent pas mais le

contraste qu'ils offrent à la lecture augmente avec la lumière qu'ils reçoivent : ils sont, de ce point de vue, comme la revue sur laquelle notre dialogue est imprimé, d'autant plus lisibles qu'ils sont mieux éclairés. Exactement le contraire de l'écran de ton téléviseur dont la lumière trop crue du jour efface l'image au regard, ou des LED, qui donnent beaucoup mieux la nuit. On ne peut pas reprocher aux LCD de ne pas fournir de lumière : un écran est conçu pour éclairer l'esprit (donner des informations) et non le paysage. On peut d'autant moins le leur

reprocher qu'ils sont très économes, en énergie et en volume.

- J'ai pourtant vu des écrans à cristaux liquides visibles dans l'obscurité.

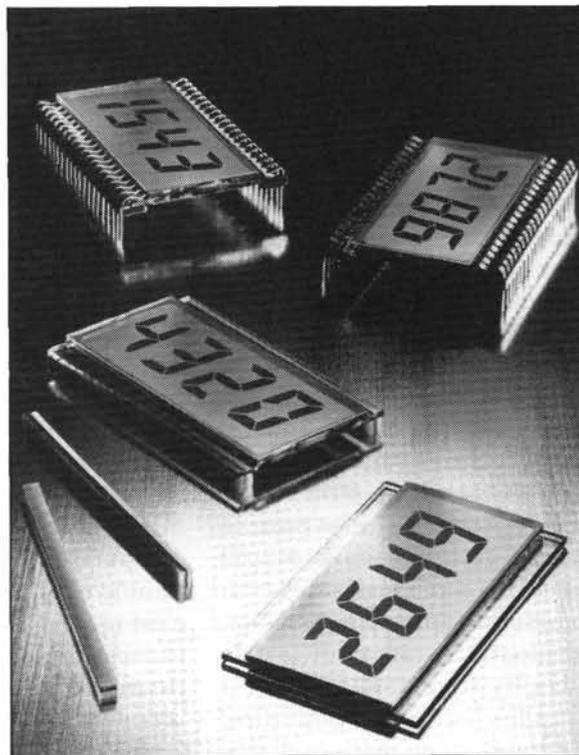
- C'est vrai, certains écrans sont éclairés par l'arrière. Cette source lumineuse auxiliaire permet d'améliorer le contraste, on parle alors de *mode transmission*, mais dans la plupart des autres cas, où la lumière ambiante suffit, les afficheurs sont à *mode réflexion*, la lumière est réfléchiée ou non suivant l'état optique des cristaux liquides qu'elle rencontre. Les deux modes peuvent être associés, comme dans le mot *transflexion*, qui les désigne.

- À quand la télé à cristaux liquides ?

- Le type d'afficheur dont nous parlons a déjà quelques années derrière lui. Il ne diffère cependant pas dans son principe de ceux qui remplaceront peut-être les tubes de télévision. Les LCD équipent déjà la plupart des ordinateurs portables et certains affichent en couleur. On a même vu sur le marché de petits téléviseurs couleur à cristaux liquides, mais pour de plus grands écrans, il semble qu'il faille attendre encore, la rapidité de réponse des cristaux liquides utilisés laisse encore à désirer.

- Est-ce qu'ils seront fiables ?

- Tu veux sans doute parler de leur durée de vie. Il est assez difficile de savoir si un produit qui n'est pas encore commercialisé vivra vieux. C'est sans doute aussi le problème. Les constructeurs ne peuvent pas se permettre de lancer sur le marché un produit coûteux dont la durée de vie serait trop brève. Attendons. 87715



À GENÈVE

Loisirs électroniques

Servette  LESA S.A.

composants, instruments, outillage, kits

13, rue de la Servette - CH-1201 GENEVE

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

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**

COMPOSANTS DIFFUSION
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

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

VENTE COMPTOIR ET
CORRESPONDANCE

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

Composants électroniques/Micro-Informatique

 **J. REBOUL**

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

VOUS VENDEZ DU MATÉRIEL D'ÉLECTRONIQUE ?
DES KITS ? DES ACCESSOIRES ?
ACHETEZ CET ESPACE PUBLICITAIRE
VOUS EN FEREZ UN...

point de rencontre

ENTRE VOUS ET LES NOUVEAUX
LECTEURS D'



LES CARRÉS D'ADRESSES

COMPOSANTS ▲ OUTILLAGE ▲ CATALOGUES ▲ KITS ▲ MATÉRIEL

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

ELECTRON SHOP

20-23 Avenue De La République

CLERMONT-FERRAND

Tél : 73.92.73.11

SVE ELECTRONIC
LE SERVICE N°1

**TOUS VOS COMPOSANTS
11000 PRODUITS EN STOCK**

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

LYON 3

60Crs DE LA LIBERTE

78.71.75.66

FAX 78.95.12.18



arquite composants

SAINT-SARDOS
82600 VERDUN SUR GARONNE
Tél : 63 64 46 91 Fax: 63 64 38 39

Spécialisé vente par correspondance
Qualité + Prix+Rapidité

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

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

**We did it again
SCHÉMA III**

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

Et ça continue

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

Fête 80 %

Information sur cette offre
Minitel : 3617 LAYO Rubrique LOGI

LAYO FRANCE

Château de Garamache - Vallée de Saubebonne
83400 HYÈRES

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



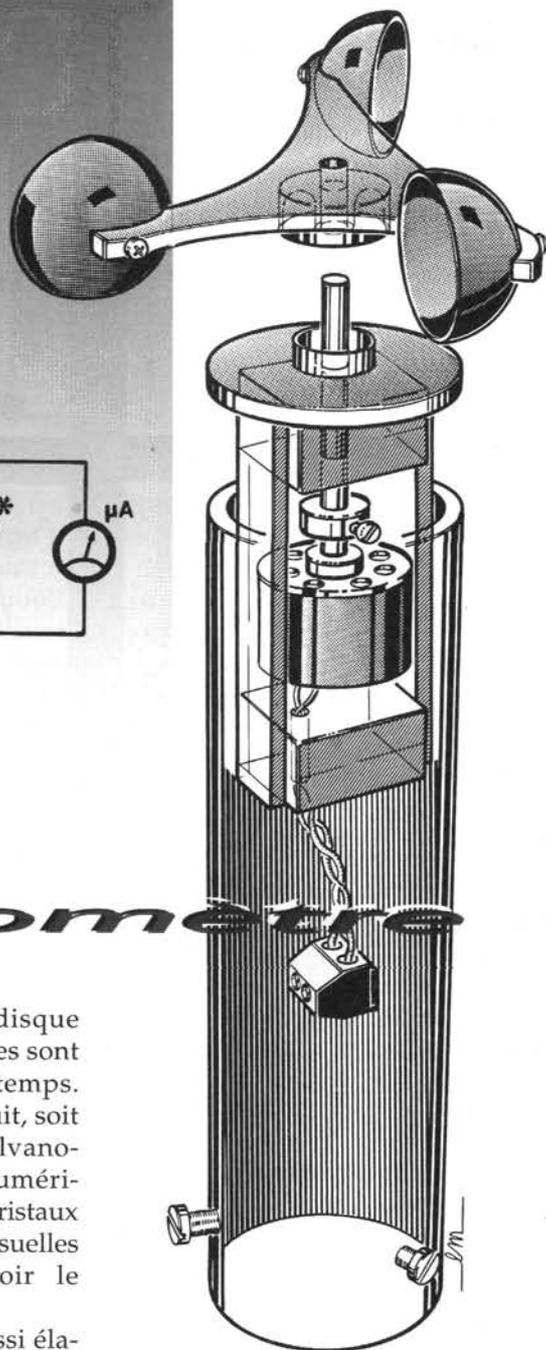
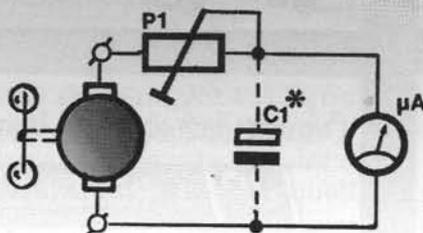
Composants électroniques
Dépositaire de grandes marques
Professionnel et grand public
RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE

B.H. ELECTRONIQUE

164 à 166 av. Ar. Briand - 92220 BAGNEUX
Tél. (1) 48 64 21 59 • Fax (1) 45 38 07 08

SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS

N'y a-t-il que les adeptes de la voile, ou les fanatiques de la météorologie (du lycée Bourdelle à Montauban ou d'ailleurs) à vouloir connaître la vitesse du vent ? Il semble que le commun des mortels en soit aussi curieux. Encore faut-il que l'appareil qui en permet la mesure soit abordable, financièrement et techniquement ! Nous donnons ici quelques pistes permettant une réalisation à moindres frais (frais : force 5 à 6).



mini-anémomètre

Depuis le numéro 27, en novembre 1990, ELEX ne s'est plus préoccupé du vent. De la mesure de sa vitesse en tout cas, il semble se soucier comme d'une guigne. Non que le sujet soit inintéressant, mais cette grandeur est, électroniquement, d'accès malaisé, si l'on met l'accent sur la maniabilité et la facilité d'emploi de l'appareil de mesure. En effet, de quoi se compose un anémomètre (du grec *anemos*, vent) puisque tel est le nom de l'objet ? D'une partie mécanique en rotation libre autour d'un axe et d'une partie électronique. La partie mécanique est constituée d'un disque, sur lequel des secteurs opaques alternent avec des secteurs transparents, solidaire d'une roue à godets que l'air peut faire tourner autour de son axe. Le disque, en tournant entre les deux dents d'une cellule photo-électrique à fourche, ferme ou ouvre cet interrupteur optique selon qu'il intercale des zones opaques ou transparentes entre le récepteur (un phototransistor) et l'émetteur (une diode électroluminescente). La vitesse de rotation du disque est donc traduite en impulsions électriques dont le nombre lui est proportionnel. Plus

le vent est rapide, plus le disque tourne vite et plus nombreuses sont les impulsions par unité de temps. La suite du montage les traduit, soit analogiquement, pour un galvanomètre à cadre mobile, soit numériquement pour un afficheur à cristaux liquides ou à LED, en unités usuelles (m/s; km/h; beaufort : voir le tableau).

Il est clair qu'un montage aussi élaboré sort des limites fixées pour l'instant à ELEX. Il y faudrait un plein cornet de *chips* peu habitués à nos colonnes et dont le moindre ne serait pas une EPROM. Nous pouvons cependant vous proposer une solution, moins précise, mais plus abordable.

magnétophone à cassette

Si vous avez récupéré un magnétophone à cassette, hors d'usage ou remplacé par un appareil beaucoup plus performant, il est temps de le démonter et d'en sortir le moteur. C'est une chose très intéressante qu'un moteur électrique de magnétophone : lorsqu'on applique une tension à ses bornes, il tourne, et réciproquement, si l'on entraîne son

Figure 1 - Voilà une façon de fabriquer un anémomètre. Elle est accessible à un bon bricoleur (on le devient en bricolant, s'instruisant de ses échecs). Une description plus exacte n'est pas possible puisque la construction dépend dans une large mesure du moteur que vous pourrez récupérer. Il faut en tout cas que l'axe de celui-ci se laisse assez facilement mobiliser : un des modèles que nous avons essayés au laboratoire nécessitait un vent de force 6 pour daigner commencer à tourner...

axe, on peut mesurer une tension à ses bornes. Ce moteur est donc réversible et peut travailler en dynamo, pas des plus efficaces, mais assez pour notre projet.

Tableau 1 - À l'aide des données de ce tableau et du compteur de vitesse d'une voiture, vous pourrez, un jour de calme plat, étalonner votre anémomètre de manière très acceptable.

Force (beaufort)	Vitesse (m/s)	Vitesse (km/h)	
0	<1	<1	calme - la fumée s'élève verticalement
1	0 à 2	1 à 5	très légère brise - la direction du vent est révélée par le sens de la fumée (une girouette reste immobile)
2	2 à 3	6 à 11	légère brise - le souffle du vent est perceptible sur le visage (une girouette ordinaire est mise en mouvement)
3	3 à 5	12 à 19	petite brise - les feuilles et les petites branches sont constamment agitées. Pavillons légers déployés.
4	5 à 8	20 à 28	jolie brise - le vent soulève la poussière et les papiers
5	8 à 11	29 à 38	bonne brise - les arbustes en feuilles balancent. Des vaguelettes créées se forment sur les lacs ou les étangs.
6	11 à 14	39 à 49	vent frais - les grandes branches et les fils télégraphiques bougent. L'usage des parapluies devient difficile.
7	14 à 17	50 à 61	grand frais - les arbres entiers sont agités. Il est pénible de marcher contre le vent.
8	17 à 20	62 à 74	coup de vent - les petites branches des arbres sont brisées.
9	20 à 24	75 à 88	fort coup de vent - le vent peut endommager les constructions légères (cheminées, ardoises arrachées)
10	24 à 28	89 à 102	tempête - rare à l'intérieur des terres. Graves dégâts aux constructions.
11	28 à 32	103 à 117	violente tempête - Très rare. Dommages étendus.
12	>32	>118	ouragan

Il souffle un vent de discordance entre les différentes sources consultées pour l'échelle de Beaufort (du nom du petit-fils d'Henti IV, l'amiral François de Vendôme, duc de Beaufort 1616-1669). Nous nous en sommes tenus aux indications de l'*Encyclopædia Universalis*, lesquelles ont paru conformes à ce que les loups de mer (pas si vieux que ça !) en cale sèche à la rédaction d'Ellex ont appris jadis dans leurs cours de météorologie.

construction

Vous commencez à voir où nous voulons en venir ? Cette dynamo est le cœur d'un moulin à vent dont il faut construire les ailes. Celles-ci sont faites d'un fil de cuivre rigide de 4 mm², par exemple, sur lequel sont attachées des demi-balles de ping-pong. La figure 1 donne une idée de l'ensemble. Le moteur peut, par exemple, être fixé dans un tube de PVC. Comme l'appareil doit travailler à l'extérieur et par tous les temps (à moins que vous n'ayez chez vous une soufflerie), il est recommandé de soigner l'étanchéité.

Deux fils sont ensuite soudés aux bornes de la dynamo pour y raccorder un microampèremètre, en série avec un potentiomètre ajustable de 100 Ω qui permet l'étalonnage. Comme la précision de la lecture dépend de la taille du cadran, il ne faut pas le prendre trop petit... À moins d'utiliser un module numérique universel, ou d'en récupérer un. L'ennui dans ce cas est qu'il faut en plus prévoir une alimentation.

étalonnage

C'est là que ça se corse. Pour étalonner un appareil, il faut en principe

en posséder déjà un, dit étalon : ça ne court pas les rues ; si vous disposez d'une soufflerie, pas de problème, là c'est la vitesse du vent qui est étalonnée : il n'y en a pas à tous les carrefours. Que faire alors ? Nous pouvons vous proposer une méthode, qui n'est pas des plus précises, certes, mais qui est à la portée du plus grand nombre. Elle ne nécessite que l'assistance d'un chauffeur et de sa voiture. Vous prenez donc la route, un jour où le vent est tombé aussi complètement que possible. Il faut à la fois conduire en scrutant le compteur du véhicule, maintenir l'appareil à l'extérieur et noter les indications respectives et simultanées du compteur du véhicule et du microampèremètre, ce qui est plus facile à plusieurs ! Réglez bien sûr le potentiomètre pour que le maximum de déviation obtenue corresponde à un vent de force 12. Si l'aiguille du galvanomètre danse trop pour permettre la lecture - vous aurez eu soin de vous en assurer avant le départ, avec un ventilateur par exemple - un condensateur aux bornes de l'instrument de mesure permet de la stabiliser.

Arrivé là, si votre montage vous donne satisfaction, pourquoi ne prendriez-vous pas contact avec Monsieur Labeadays, au club météo du lycée A. Bourdelle, 3 place Herriot 82017 Montauban Cedex, pour lui servir de correspondant ? 87678

elex-abc

interrupteur optique

Appelé aussi cellule ou photocoupleur à fourche, un interrupteur optique est un dispositif composé d'une diode photoémettrice et d'un photorécepteur, transistor (ou diode). Le récepteur est passant lorsqu'il reçoit la lumière de l'émetteur et bloqué lorsque cette lumière ne lui parvient plus. Cet interrupteur permet donc la détection rapide d'un objet opaque, sans contrainte mécanique (sans frottements). On trouve des interrupteurs en un seul boîtier, en forme de fourche, mais on peut aussi les réaliser assez facilement en achetant les deux composants séparément.

EPROM

Une Erasable and Programmable Read Only Memory, est une mémoire programmable et effaçable, accessible seulement en lecture dans le dispositif où elle est incluse. La programmation, à l'aide d'un appareil spécial permet d'y écrire des données (programme informatique utilisable par un microprocesseur) qui ne nécessitent pas d'alimentation pour être conservées (à la différence des mémoires dites volatiles). Pour en effacer le contenu, on expose la fenêtre dont elle est dotée aux rayons ultra-violet, après quoi il est possible d'y entrer un nouveau programme.

Quand donc
est paru ce montage
dans Elex ?



C'est simple !

tapez 3615  sur votre minitel

Consultez la table des matières où figurent tous les articles parus dans Elex depuis le n° 1.

Vous y trouverez également

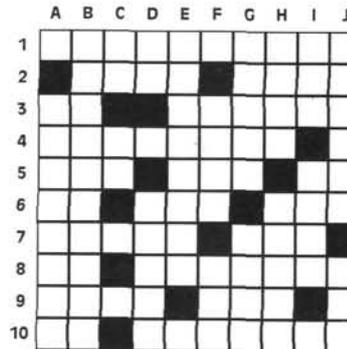
- le service abonnement et anciens numéros,
- le catalogue des livres Publitronec,
- la base des données de composants,
- les petites annonces,
- le forum des questions techniques

CONNECTEZ-VOUS

MOTS CROISÉS

GRILLE n° 7

Horizontalement



1. Elles gardent leurs distances. - 2. Fit un coup. - Panne quand il est insignifiant. - 3. Avalé. - Ni grave ni aigu. - 4. Instables. - 5. Logique transistorisée. - Interrupteur à lame souple. - Tout le monde en connaît le début, personne la fin. - 6. Part de tarte. - Bardot. - [...-...-...] (morse) - 7. Dur et noir. - On y fait ce qui nous plaît. - 8. Résistance de charge (acronyme anglais). - Vibra. - 9. Morceau de vers (mélangé). - Monnaie de compte de la Communauté européenne. - 10. En matière de. - Le grand frère (ou la vieille tante) d'Elex.

Verticalement

solution de la grille n° 6
parue dans ELEX n°45 p. 24

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

- A. Lourde même déchargée. - B. Variables. - C. Demi-rôle. - Tube luminescent. - D. Mi-article, mi-préposition. - Electrode positive. - E. Traines. - F. Bout de ficelle. - Communauté économique européenne. - G. Fin des emmerdes. - Rolling stone - H. Montesquieu leur trouvait de l'esprit. - On en fait des planches et des armées. - I. Choisi. - Ensemble de tous les poils. - J. Propageais. - En bol ou en coussin.

Cruciverbistes, vos propres grilles (pas forcément 10 x 10) sont les bienvenues, avec vos définitions. Si le présent appel reste sans suite, cette rubrique sera supprimée !

pratiques

élégantes

pas chères

**les cassettes
de rangement**



PRIX UNITAIRE : 48 F

FORFAIT PORT 1 CASSETTE : 15 F
ET EMBALLAGE 2 CASSETTES OU PLUS : 30 F



le multivibrateur astable

son et lumière
électroniques

Les transistors-commutateurs du mois dernier vont nous servir pour construire un oscillateur. Le nombre des composants nécessaires est limité, contrairement à celui des applications possibles. La plage des fréquences est assez vaste pour couvrir des domaines aussi variés que les générateurs de signaux à haute fréquence, de signaux audio, la commande de relais ou de lumières clignotantes.

astable, bistable, monostable,

ces trois adjectifs, associés au substantif **multivibrateur** désignent trois circuits fondamentaux de logique électronique. Un multivibrateur présente en permanence à sa sortie (ou au deux, s'il en a deux) l'une ou l'autre de deux valeurs de tension : zéro ou une valeur proche de la tension d'alimentation. Le mot stable dans les désignations indique si les sorties retournent de préférence à l'un des états. Un monostable peut être écarté de son état de repos, mais il y revient au bout d'un certain temps. Un bistable reste dans l'état où l'a mis la dernière commande. Que l'état stable soit au niveau haut ou au niveau bas est sans importance.

Un multivibrateur astable est un indéfini, un éternel insatisfait. Il ne se trouve pas bien dans l'état où il est, alors il le quitte ; sitôt arrivé à l'état opposé, il a la nostalgie de l'état précédent et il y retourne. Le mot état signifie niveau logique : présence ou absence

de tension. L'alternance régulière de niveaux hauts et bas, de uns et de zéros, sur les sorties du multivibrateur s'appelle une oscillation. Si la fréquence de l'oscillation est assez élevée, elle peut produire un son dans un haut-parleur. Tous les circuits qui produisent des oscillations périodiques s'appellent des oscillateurs, quelle que soit la forme des ondes qu'ils produisent. Le multivibrateur est un oscillateur particulier qui produit un signal rectangulaire.

oscillation, fréquence, période

Avant d'attaquer le circuit, il faut rappeler quelques définitions relatives aux oscillateurs. La **figure 1a** montre l'évolution (quelconque) d'une tension en fonction du temps. L'échantillon représenté est irrégulier et la forme ne se répète pas. Il est impossible de déterminer une fréquence pour ce signal qui

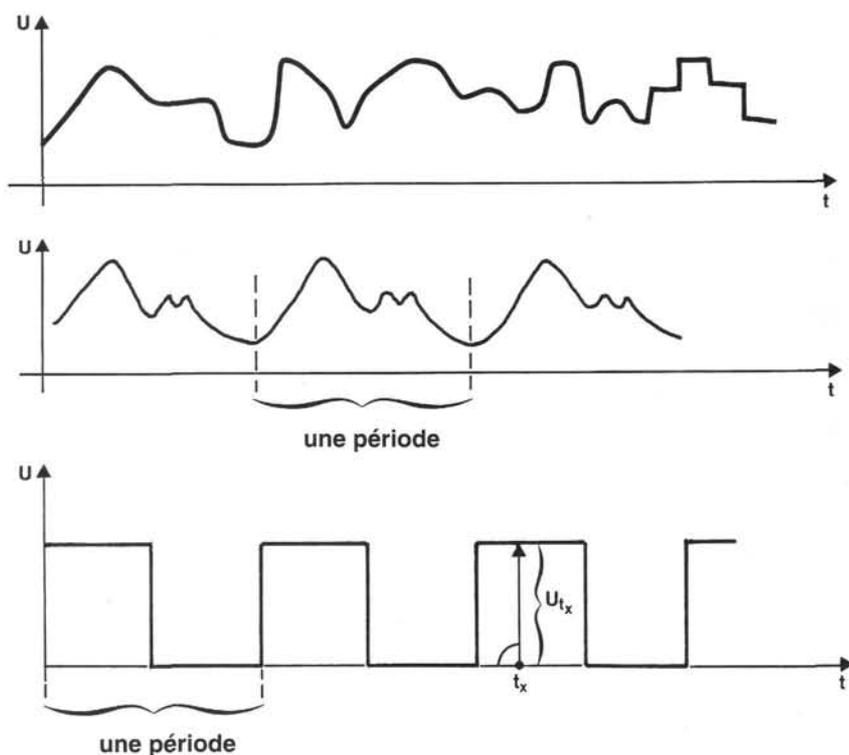


Figure 1 - On représente des tensions électriques continuellement variables dans un système de coordonnées dont l'axe horizontal (x) représente le temps. À chaque point, quelconque, de l'axe des temps, la tension peut être déduite de la distance verticale entre le point correspondant de la courbe et l'axe horizontal. Il y a une différence importante entre les signaux périodiques et les signaux non-périodiques. La figure 1b montre un signal périodique : une même forme se répète constamment. Le temps que demande cette répétition s'appelle une période. Le signal produit par le multivibrateur astable est une tension périodique particulière, il s'agit d'un signal rectangulaire.

aller-retour

ne se répète pas, qui n'est pas **périodique**. La figure 1b, au contraire, représente un signal qui se répète périodiquement, même si la forme d'une période n'est ni simple ni régulière. La période se définit comme l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux apparitions de la même tension, évoluant dans le même sens. Le nombre des périodes qui se produisent en une seconde s'appelle la fréquence. L'unité de fréquence est le hertz. La fréquence est de un hertz (1 Hz) quand la période dure exactement une seconde. Plus le nombre de hertz est élevé, plus la période est courte. Le kilohertz (1 kHz) est le premier multiple du hertz, il représente 1000 périodes par seconde. Il est suivi par le mégahertz, un million de périodes par seconde. La période est une notion plus mathématique que physique, ce qu'on observe en réalité, ce sont des oscillations. Où est la différence ? Imaginez une lame de scie à métaux serrée par une extrémité dans un étau. Vous l'écartez de sa position et vous la lâchez, elle oscille. Il ne vous viendrait pas à l'idée de dire qu'elle fabrique des « périodes ». Ce que nous observons, c'est un mouvement de va et vient de part et d'autre de la position de repos. Une oscillation est constituée par un mouvement vers la droite, un mouvement vers la gauche, et le retour à la position de repos.

C'est la représentation mathématique (graphique) d'une oscillation qu'on appelle une période : on représente sur une échelle graduée en temps la position de l'extrémité de la lame à chaque instant. Pour indiquer la fréquence, il est indifférent de parler de périodes ou d'oscillations par seconde. La figure 1c représente la tension, en fonction du temps, à l'une des sorties du multivibrateur astable. Ce qui est remarquable dans ce diagramme temps-tension, c'est la régularité du tracé : il s'agit d'une oscillation rectangulaire. Il est vrai que cette représentation est un peu idéalisée ; la réalité est légèrement différente, nous allons voir pourquoi.

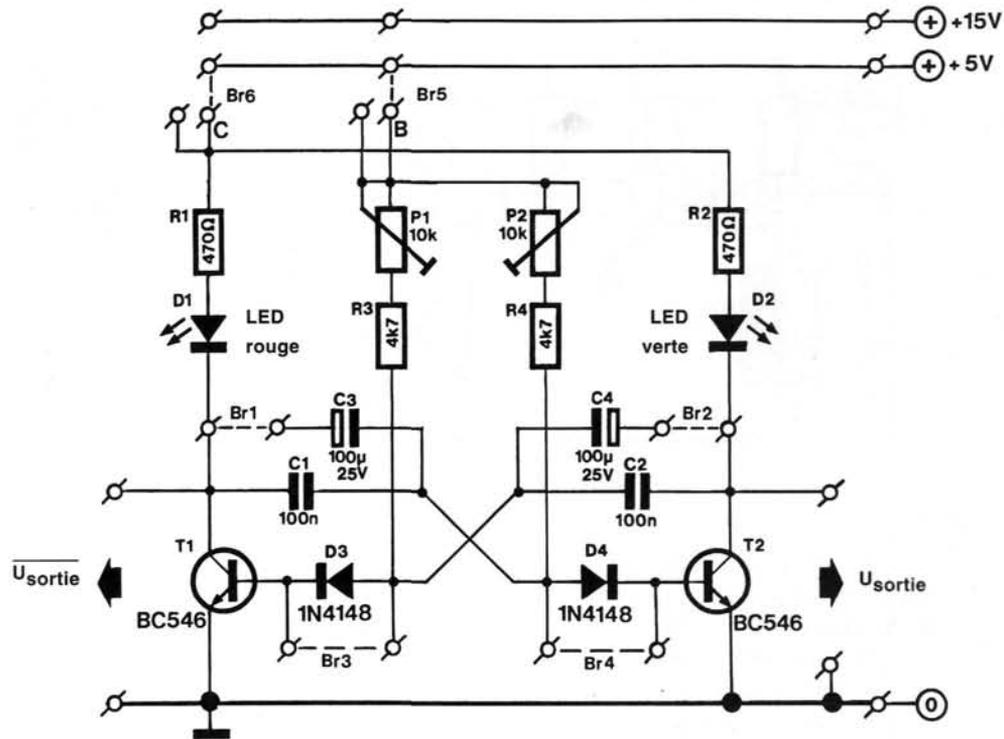
oscillateur et bascule

L'électronique permet de fabriquer un très grand nombre de types de circuits oscillants. Le multivibrateur astable a ceci de particulier qu'il passe brutalement d'un état d'équilibre à un autre ; on dit qu'il bascule, on appelle les multivibrateurs des **bascules**. Intéressons-nous maintenant à la bascule astable représentée sur la **figure 2**. Heureusement, les phénomènes qui s'y produisent sont plus faciles à comprendre qu'à expliquer.

Il ne s'agit pas de demander un billet de chemin de fer, mais du trajet du signal dans le montage à deux transistors de la figure 2. La conception symétrique du circuit est évidente. Les deux transistors travaillent en mode de commutation, mode que nous connaissons bien. Cela signifie que la tension sur leur collecteur est soit nulle (ou presque) soit égale à la tension d'alimentation (ou presque). Pour comprendre ce qui se passe dans le montage, nous choisissons un point quelconque du diagramme temps-tension et nous cherchons quels sont, à cet instant précis, l'état des transistors, les tensions et les courants. Un composant dont nous n'avons pas encore signalé la présence apparaît ici : le condensateur. Pour comprendre le fonctionnement du multivibrateur, il faut nous rappeler l'une de ses propriétés, sa faculté de stocker une charge.

La **figure 3** montre un condensateur connecté à une résistance en série. Une tension déterminée est appliquée au pôle du condensateur repéré par U_C . Le condensateur se charge à cette tension. Pour cela la charge doit entrer dans le condensateur. Un déplacement de charge n'est autre qu'un courant. Si le condensateur est vide, le courant est important ; il diminue au fur et à mesure que le condensateur se charge, pour s'annuler quand il est com-

Figure 2 - Le schéma du multivibrateur astable. La symétrie est évidente et elle confère au schéma son côté artistique. Les nombreux ponts de câblage sont destinés à permettre différentes expérimentations dont nous reparlerons. Pour que le montage fonctionne, il est indispensable de placer les ponts B et C sur la tension d'alimentation. Si les ponts 1 et 2 sont absents, la fréquence est assez haute pour produire un signal audible par l'intermédiaire d'un amplificateur et d'un haut-parleur. Les résistances R3 et R4, dites résistances-talons, évitent que les potentiomètres, en fin de course, appliquent la tension d'alimentation directement sur les bases des transistors.



escarpolette

plètement chargé. Ce courant traverse aussi la résistance R et il peut y être mesuré. La deuxième partie de la figure 3 montre le comportement de la tension et du courant depuis la mise sous tension jusqu'à la fin de la charge du condensateur.

La figure 4 montre deux phases dans lesquelles les transistors sont représentés comme des interrupteurs. Dans le premier cas, l'interrupteur (transistor) de gauche est fermé, parce qu'une tension de 0,7 V est appliquée à sa base par R3. La résistance R4 permet au condensateur C2 de se charger à cette tension faible par rapport à la masse, avec la polarité indiquée par le schéma. Comme T1 conduit, le condensateur C1 se charge à travers R2 (son autre pôle est mis à la masse par la conduction de T1). La tension au pôle positif de C1 croît (à une vitesse déterminée par sa capacité) jusqu'à ce que le transistor T2 se mette à conduire, c'est-à-dire jusqu'à 0,7 V. L'entrée en conduction de T1 rend négatif par rapport à la masse le potentiel de la borne marquée - de C2, si bien que T1, dont la base est au même potentiel, se bloque. La situation est maintenant celle du deuxième schéma : les rôles sont inversés, le phénomène va se répéter, avec des polarités inversées sur les condensateurs.

Pour mettre en mouvement notre bascule, il faut et il suffit qu'elle soit câblée sans erreur et que la tension d'alimentation soit appliquée par deux ponts en fil. Vous pourrez vérifier par la suite que la valeur de la tension, 5 V ou 15 V, n'a pas grande influence sur le fonctionnement. Placez d'abord les ponts 5 et 6 pour relier les points B et C à la tension d'alimentation. Comme les condensateurs

C1 et C2 déterminent la fréquence et que nous voulons utiliser notre multivibrateur comme circuit de clignotant, nous plaçons aussi les ponts 1 et 2. Des condensateurs de forte capacité demandent plus de temps pour se charger, ce qui diminue la vitesse de commutation des transistors T1 et T2. Deux condensateurs connectés en parallèle (C1 avec C3, C2 avec C4) présentent une capacité égale à la somme des deux capacités.

Figure 3 - Après la fermeture de l'interrupteur S le condensateur C se charge jusqu'à la tension U. On peut le vérifier en connectant un voltmètre en parallèle sur le condensateur. L'augmentation de la tension n'est pas linéaire, mais exponentielle. La résistance R représente la jonction base-émetteur d'un transistor du multivibrateur. Au début de la charge, le

courant est intense, pour devenir de plus en plus faible, à mesure que la charge emmagasinée par le condensateur augmente. Le courant traverse la résistance et peut être mesuré soit par un ampèremètre en série, soit par un voltmètre en parallèle sur la résistance. La courbe du courant est symétrique de la courbe de la tension.

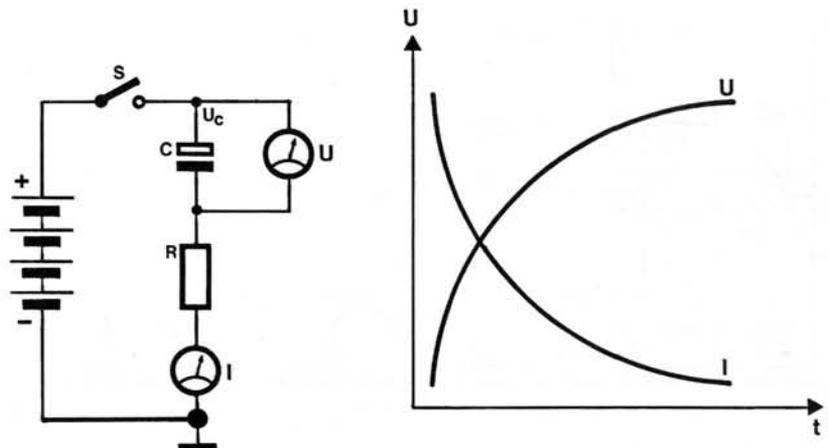
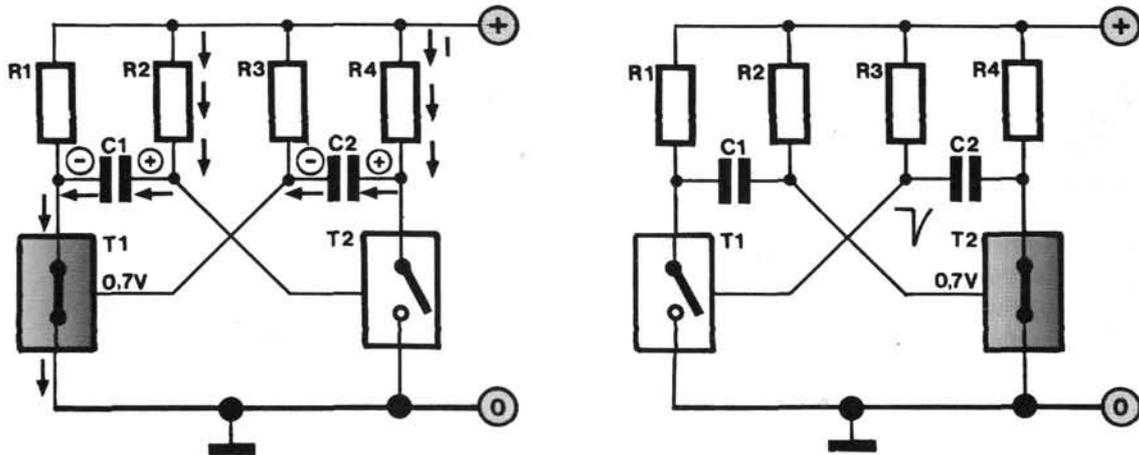


Figure 4 - Les deux états électriques du multivibrateur sont symétriques. Ils permettent les oscillations du montage.



Dès la mise sous tension, le multivibrateur doit osciller à une fréquence de quelques hertz. Pour mettre le fonctionnement en évidence sans appareil de mesure, nous avons prévu des diodes électroluminescentes dans le circuit de charge des collecteurs. Elles doivent s'allumer à tour de rôle : ça marche !

Le réglage des potentiomètres P1 et P2, en modifiant la résistance de charge des condensateurs, permet de modifier leur temps de charge. Cela signifie que la LED de droite va s'allumer plus ou moins longtemps que celle de gauche. Si le réglage diffère d'un potentiomètre à l'autre, la tension

mesurée sur un des collecteurs prend l'allure de la figure 5.

On caractérise une oscillation rectangulaire par le rapport entre le temps actif et le temps de pause. Le merlon du créneau, l'état haut de la sortie, s'appelle impulsion, l'embrasure, ou l'état bas, s'appelle pause. On appelle communément *rapport cyclique* le rapport, exprimé en pourcentage, entre la durée de l'impulsion et celle de la période. Un signal carré, dont la durée d'impulsion est égale à celle de la pause a donc un rapport cyclique de 50%. Le signal rectangulaire de notre multivibrateur sera carré si les deux potentiomètres, P1 et P2, sont réglés à la même valeur. Tout comme pour la

résistance de charge, un changement de la valeur des condensateurs provoque une modification du rapport cyclique. Le changement du rapport entre les deux capacités provoque à la fois une variation du rapport cyclique et une variation de la fréquence. Pour obtenir une modification du rapport cyclique sans modification de la fréquence, il faut compenser la réduction d'une capacité par une augmentation de l'autre.

Si vous disposez d'un oscilloscope à deux traces (ou d'une extension double trace), vous pouvez constater que les deux sorties du multivibrateur sont complémentaires : l'une est haute quand l'autre est basse, et Lycée de

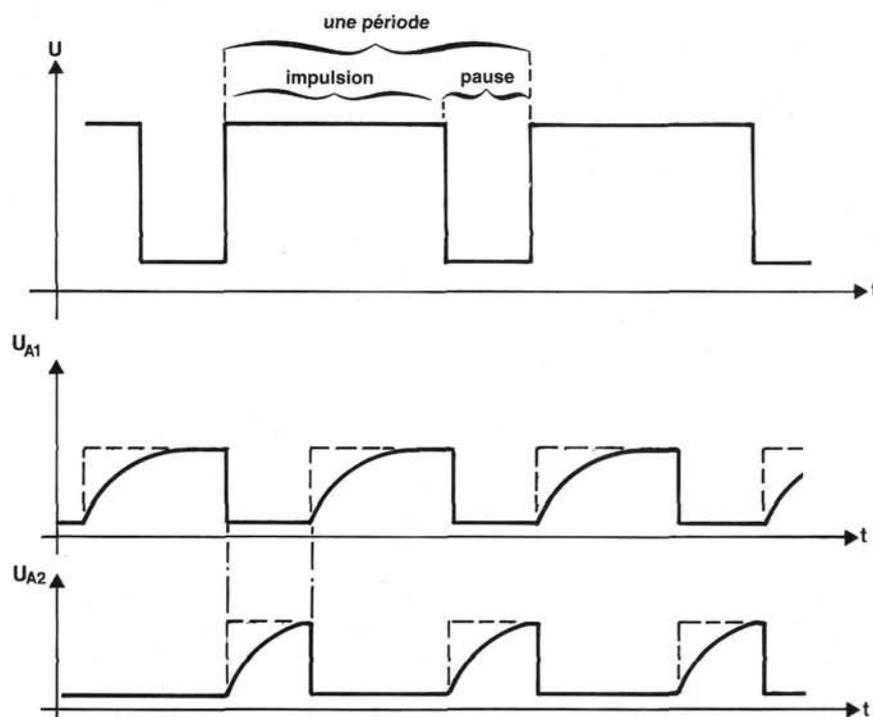
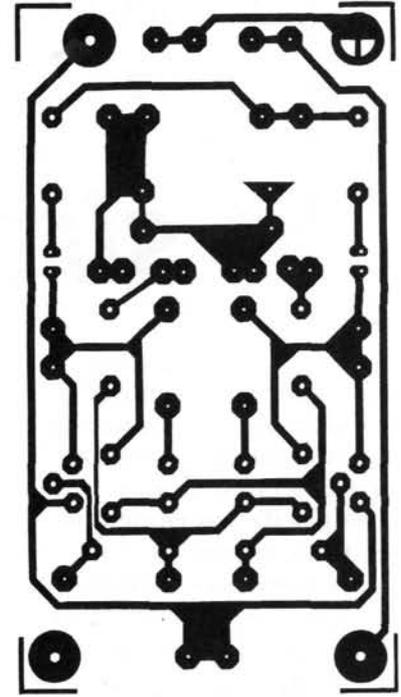
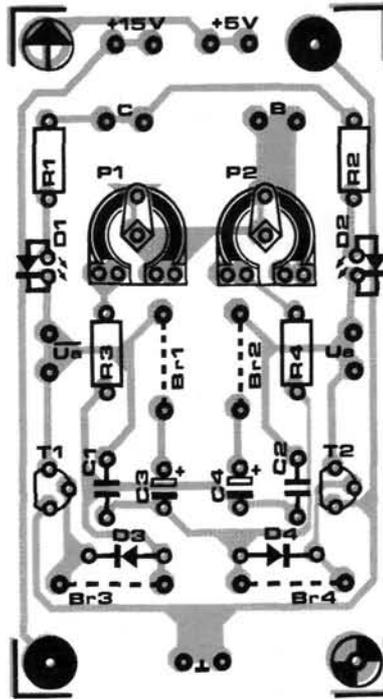
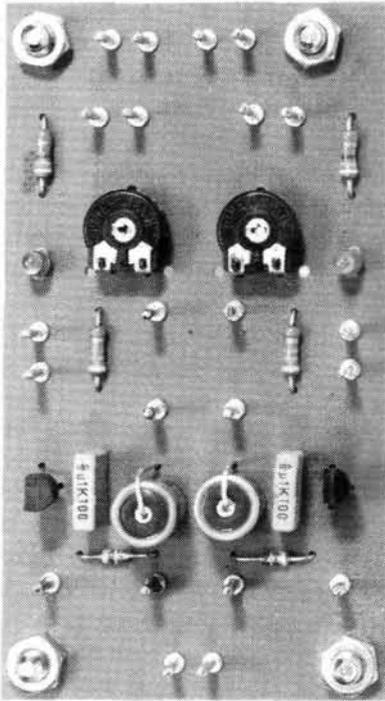


Figure 5 - Un signal rectangulaire avec des états haut et bas de durée différente, comme en produit notre multivibrateur quand les potentiomètres P1 et P2 sont réglés différemment.

Figure 6 - Le signal d'une sortie est de niveau opposé à celui de l'autre. On dit que les sorties sont complémentaires. Comme le condensateur ne se charge pas instantanément (voir la figure 3), les fronts montants des courbes sont arrondis et non raides comme sur les diagrammes théoriques.

Figures 7 et 8 - Le dessin du cuivre et le plan d'implantation des composants vous permettront de graver et d'équiper votre platine. La symétrie du montage pratique reflète celle du schéma théorique.



Versailles. Puisque vous en êtes à observer l'écran de votre oscilloscope, vous constatez que la forme d'onde n'est pas exactement celle des différents dessins, parfaitement rectangulaire. Les fronts montants ne sont pas aussi raides qu'ils le devraient, mais arrondis comme sur la figure 6. Cette forme correspond à la description qui est donnée plus haut de la charge des condensateurs : progressive et non brutale.

Cette platine fonctionne déjà comme clignotant à deux LED. Elle vous permet de vous familiariser avec les multivibrateurs monostables, et de voir comment les valeurs des composants

influencent sur la fréquence et la durée des impulsions. Le prochain épisode de la série utilisera la même platine et les mêmes composants pour la construction d'une bascule, ou multivibrateur, bistable. Vous avez peut-être déjà une idée de la façon d'utiliser ce multivibrateur pour commander une lampe ou un relais ; sinon voyez le montage de sirène dans ce même numéro. Les enseignements que vous tirerez de vos manipulations vous permettront d'adapter à vos besoins les schémas que nous vous proposons.

86725

liste des composants

R1,R2 = 470 Ω
R3,R4 = 4,7 kΩ
P1,P2 = 10 kΩ pot. min.

C1,C2 = 100 nF
C3,C4 = 100 μF/25 V

T1,T2 = BC546 (547)
D1,D2 = LED
(rouge ou verte)

1 circuit imprimé
22 picots à souder
4 fiches banane

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.

pour vous percer les tympans sans baladeur :
une sirène à la Kojak

sirène

Vous n'allez pas récolter de *bis* ni voir s'allumer des briquets quand vous ferez retentir cette sirène. Notez bien que le but n'est pas de réjouir les oreilles de vos contemporains, mais de les avertir de choses désagréables, comme un incendie, un vol, votre arrivée sur une *meule* sans pot d'échappement... Elle convient parfaitement pour équiper des appareils dont le résonateur piézo est un peu trop timide.

multivibrateur astable

Si vous avez jeté un œil à l'article *système K*, vous avez une idée de ce qu'est un multivibrateur, variété astable. Vous ne serez pas dépaysés, car c'est un multivibrateur qui va constituer l'essentiel de cette sirène. Nous ne nous étendrons pas sur le principe de fonctionnement du mul-

tivibrateur astable, largement décrit dans l'autre article cité. Sur le schéma de la **figure 1**, les deux transistors du multivibrateur sont faciles à reconnaître, il s'agit de T3 et T4, avec leurs liaisons croisées par des condensateurs entre bases et collecteurs. À quoi servent les autres transistors ? En y regardant de plus près, on constate que C2 n'est pas connecté, comme il le devrait, au collecteur de T4, mais à celui de T5. En fait, T4 et T5 forment une sorte de darlington. Pas vraiment un darlington, car si c'était le cas leurs collecteurs seraient reliés. Pourtant leur fonctionnement s'approche de celui du darlington : la base de T5 est alimentée par l'émetteur de T4, ce qui donne à l'ensemble un gain en courant important, nécessaire pour attaquer le haut-parleur. Si nous considérons que T5 prend le relais

de T4, qu'ils forment un seul commutateur à eux deux, le montage est conforme au schéma *standard*.

Le multivibrateur produit un son aigu et perçant. Il s'agit d'un signal rectangulaire, qui alimente en tout ou rien la bobine du haut-parleur. Le rendement est important et le volume sonore élevé.

la modulation

Le son d'une sirène n'est pas continu, il varie périodiquement en hauteur et en volume. Pour imiter ce son particulier, il va donc falloir, d'une façon ou d'une autre, moduler la fréquence et l'amplitude du multivibrateur. Dans notre montage, la modulation est due à un générateur de dents de scie qui produit un signal de quelques hertz de fréquence, comme celui de la **figure 2** : une tension qui croît régulièrement, puis s'annule brusquement. Nous appliquons cette tension au point commun des résistances R7 et R8 : la fréquence du multivibrateur varie au même rythme que la dent de scie. Le son devient de plus en plus aigu, puis reprend brusquement sa fréquence la plus basse. Comme ce phénomène se reproduit plusieurs fois par seconde, le haut-parleur émet le

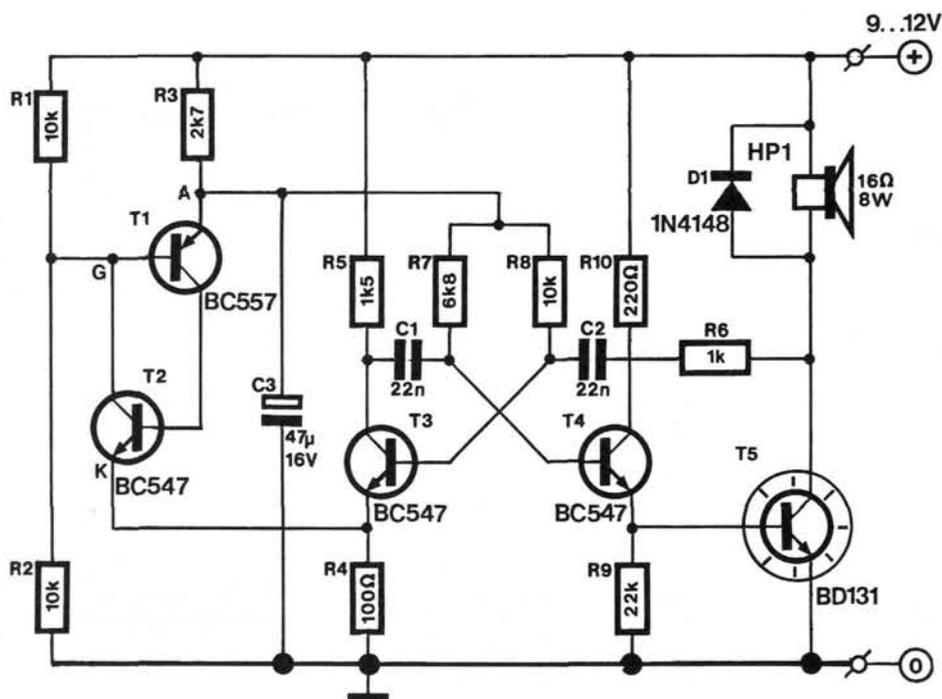


Figure 1 - Le boucan de notre sirène est dû à un multivibrateur astable, tel qu'il est décrit plus loin. La modulation est produite par une tension en dent de scie, dont le générateur exploite une sorte de thyristor maison. L'un des transistors du multivibrateur est remplacé par un assemblage en pseudo-darlington de deux composants, dont l'un de puissance. Cet étage de puissance travaille en commutation, ce qui fait passer un courant intense dans la bobine du haut-parleur.

Figure 2 - Le signal produit par T1 et T2 a la forme d'une dent de scie. Le condensateur C3 se charge lentement à travers R3, puis se décharge rapidement par la jonction anode-cathode du thyristor reconstitué.

son caractéristique de la sirène de police américaine.

La modulation, la tension en dent de scie, est l'affaire des transistors T1 et T2, associés au condensateur C3. L'assemblage inhabituel des deux transistors T1 et T2 reconstitue un semi-conducteur que nous utilisons moins souvent que les transistors : un thyristor au fonctionnement un peu particulier. Si la tension sur l'émetteur du transistor PNP dépasse la tension de la gâchette, le courant passe par l'espace anode-cathode. Comme l'indiquent les repères du schéma, nous appelons anode l'émetteur du transistor PNP, gâchette sa base (reliée au collecteur du transistor NPN), cathode l'émetteur du transistor NPN. Comme la jonction A-K reste conductrice même quand la tension de la gâchette cesse d'être inférieure à celle de l'anode, le condensateur continue de se décharger à travers R4. Le thyristor ne se bloque que quand le courant s'annule. À partir de ce moment, le condensateur peut recommencer à se charger à travers R3 : c'est la partie ascendante, lente, de la dent de scie. Quand la tension du condensateur dépasse à nouveau celle de la gâchette, la décharge survient : c'est la partie descendante, raide, de la dent de scie. Cette tension en dent de scie est ajoutée par les résistances R5 et R7 à celle des bases des transistors T1 et T2, ce qui modifie leur point de fonctionnement, donc la fréquence du basculement du multivibrateur instable.

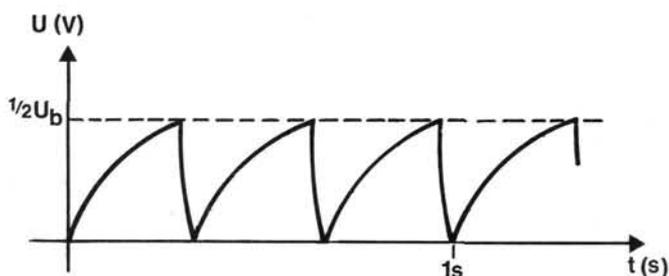
Résumons : le condensateur C3 se charge à travers R3, le thyristor T1-T2 le décharge à travers R4. La tension de référence appliquée à la

gâchette du thyristor est fixée par le diviseur R1/R2, elle est donc égale à la moitié de la tension d'alimentation.

La diode D1 remplit la même fonction que dans la commande de relais : l'inductance de la bobine du haut-parleur produit une surtension à chaque ouverture du circuit, autrement dit à chaque front descendant du signal du multivibrateur. Cette surtension risquerait de détruire le transistor de sortie, si elle n'était pas court-circuitée par la diode. La fréquence du signal en dent de scie peut être diminuée par une augmentation de la valeur de R3. Les condensateurs C1 et C2 influent sur la fréquence du multivibrateur. Si vous voulez la modifier, il faut changer la valeur des deux condensateurs en même temps.

du bruit en boîte

L'installation des composants sur une platine de format 1, conformément à la figure 3, ne pose pas de problème. Grâce au petit nombre de composants, il n'est pas difficile de loger le montage dans un coffret de petites dimensions. Si vous utilisez la sirène sur un vélo, il faut l'alimenter par deux piles plates de 4,5 V, car la consommation de l'étage de puissance (T5 et le haut-parleur) n'est pas vraiment modérée (150 à 200 mA). Le haut-parleur doit encaisser une puissance de 8 W (huit !) ; il peut être installé dans un coffret si vous voulez augmenter le rendement sonore. Comme T5 est assez fortement sollicité, il faut l'équiper d'un petit radiateur.



liste des composants

R1,R2,R8 = 10 k Ω

R3 = 2,7 k Ω

R4 = 100 k Ω

R5 = 1,5 k Ω

R6 = 1 k Ω

R7 = 6,8 k Ω

R9 = 22 k Ω

R10 = 220 Ω

C1,C2 = 22 nF

C3 = 47 μ F/16 V

T1 = BC557

T2 à T4 = BC547

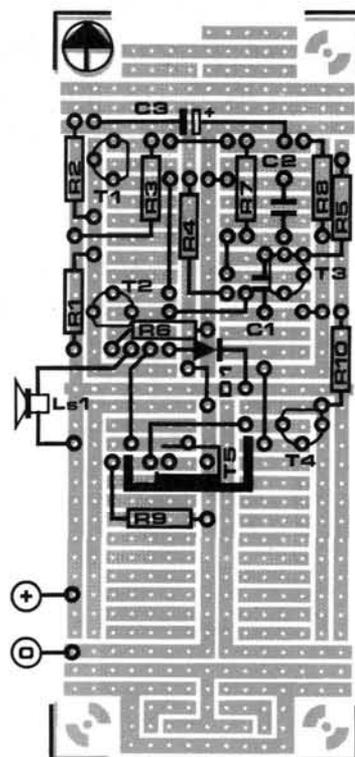
T5 = BD131

D1 = 1N4148

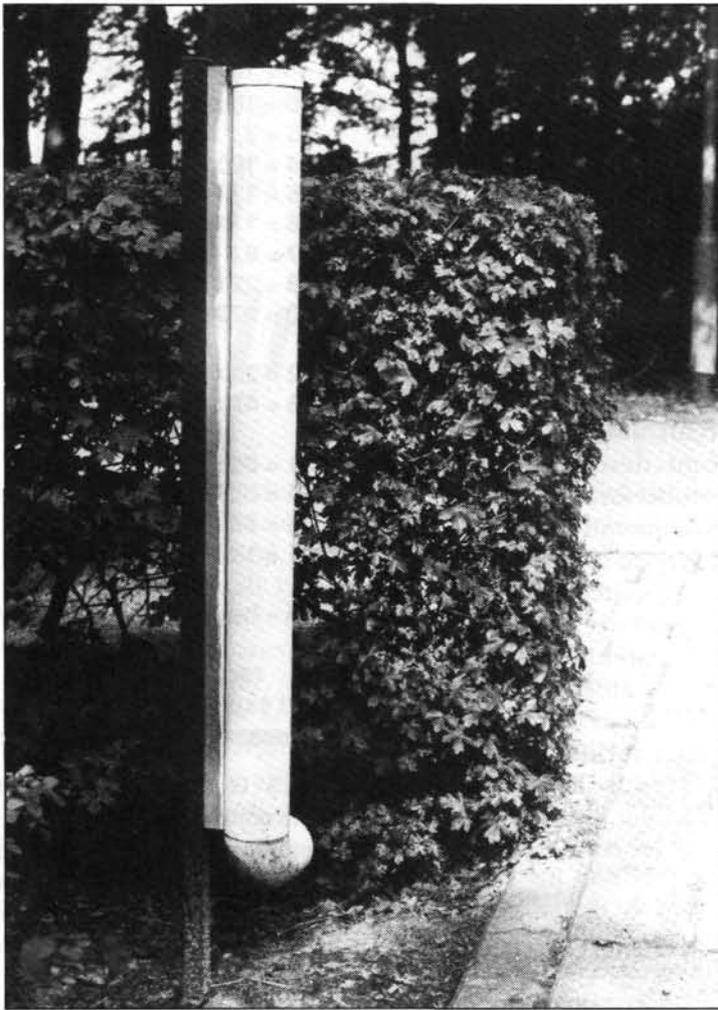
HP1(LS1) = haut-parleur 16 Ω /8 W

radiateur pour T5
platine d'expérimentation de format 1

Figure 3 - Le circuit proprement dit n'est pas encombrant, mais il faut penser aux dimensions du haut-parleur. Il doit supporter une puissance de 8 W au minimum, et présenter une impédance de 16 Ω . Comme ce genre de bête ne court pas les rues, le plus simple est de le remplacer par un montage en série de deux ou quatre haut-parleurs, chacun de 4 Ω ou de 8 Ω d'impédance, et du quart ou de la moitié de la puissance. Dans tous les cas, il faut prévoir un radiateur pour le transistor de puissance T5.



86751



balise sonore

Ce que nous n'apercevons pas dans ce que nous percevons peut poser de grands problèmes aux personnes qui sont privées d'un de leurs sens, aux aveugles en particulier.

Certains centres d'hébergement sont entourés de grands parcs, clos par des haies dont les entrées ne sont pas toujours faciles à trouver, à qui n'a pas les repères de la vue.

L'objectif de la balise décrite ici est de signaler à un aveugle ou à un malvoyant, un endroit stratégique que ses appareils (cane, ouïe, odorat...) ne lui permettent pas de trouver facilement. Le prototype de ce montage fonctionne ainsi depuis quelques temps au voisinage d'un centre spécialisé, dont les habitants avaient de la peine à retrouver le chemin d'accès depuis la rue.

Les charges auxquelles le montage a à satisfaire ne sont pas très nombreuses. En premier lieu, comme il est placé à l'extérieur, il va sans dire qu'il doit se contenter de piles pour son alimentation. Il faut donc viser un circuit dont la consommation soit des plus réduites. Il est évidemment toujours possible de tirer des fils, le problème est que dans un cas semblable, il faut les enterrer, soigneusement et sur une grande distance, à l'abri de l'humidité... Nous y avons renoncé. Ensuite, le montage est sonore. Vous nous direz qu'une pollution de plus ou de moins... Vous ne vouliez tout de même pas, et

notre projet l'excluait, que nous installions une corne de brume ! Non, la balise doit remplir sa tâche avec autant de discrétion que possible. Le montage produit donc des sortes de "plop" répétés à intervalles réguliers d'environ une seconde, dans un tube ouvert à une de ses extrémités, qui le protège et limite à une direction la propagation du son.

Certains trouveront à redire à l'aspect de notre balise : qu'ils se rassurent, un jardinier lui a fait tisser, depuis la photo, un manteau végétal des plus attrayants. Des solutions plus heureuses existent. Bon, il est temps de passer aux applications.

le schéma

Le multivibrateur de la **figure 1** n'est pas des plus courants. Si vous décidez de le méditer avant que nous ne le commentions, faites abstraction de l'inductance L1 sur le rôle (nécessaire) de laquelle nous reviendrons plus tard : remplacez-la en attendant par un court-circuit.

liste des

composants

- R1 = 33 Ω
- R2 = 39 Ω
- R3 = 2,7 MΩ
- P1 = 5 MΩ, ajustable

- C1 = 4700 μF/16 V
- C2 = 470 nF
- C3 = 220 nF

- T1 = BC 557 B
- T2 = BC 547 B
- L1 = 270 μH (self de choc)

Hp = haut-parleur, 8 Ω/0,2 W
 platine d'expérimentation de format 1
 coupleur 9 V pour 6 piles R6

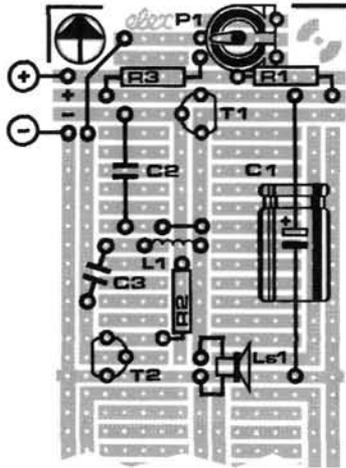


Figure 3 - Le circuit sera monté en un tournemain. Prenez le temps de vérifier que vous n'intervertissez ni les transistors ni leurs broches et ne montez surtout pas le condensateur C1 à l'envers. Comme le circuit doit vivre à l'extérieur, étamez les pistes avec un peu de soudure, juste après les essais. S'il y a corrosion, ce ne sont pas les pistes mais l'étain qui en fera d'abord les frais.

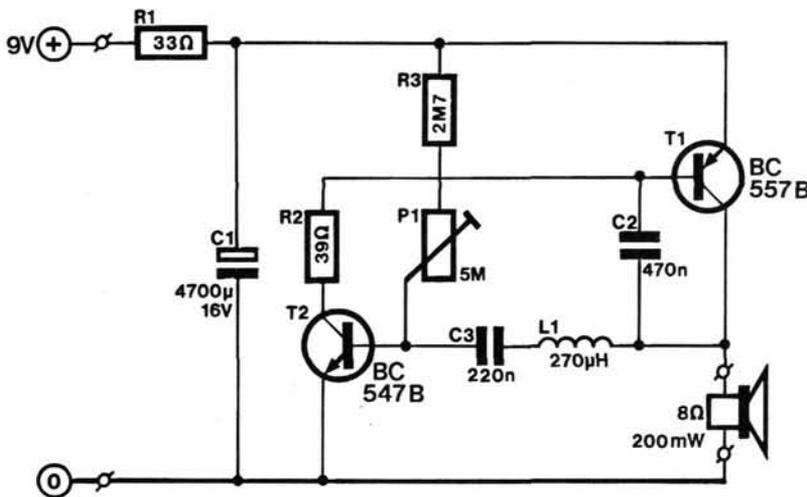


Figure 1 - Est-ce vraiment un multivibrateur ? Pour son étude, faites une croix sur l'inductance dont le rôle est d'étouffer d'éventuelles oscillations de haute fréquence qui n'ont pas leur place ici.

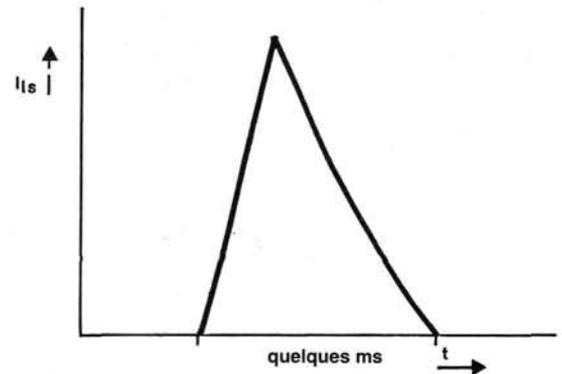


Figure 2 - La variation, en fonction du temps, de l'intensité du courant qui traverse la bobine du haut-parleur, à cette allure : une augmentation très rapide suivie d'une diminution à peine plus lente. Cette impulsion a une durée totale de quelques dixièmes de milliseconde toutes les secondes environ.

Prenons les choses à leur départ : le condensateur C3 n'est pas chargé. Son courant de charge lent est limité par R3 et P1. Sa seconde armature est à la masse, à travers la très faible résistance de la bobine du haut-parleur. À un moment donné, la tension qui règne sur la base de T2, devient suffisante pour que celui-ci conduise. C'est là que ça devient intéressant, puisque ce transistor commande, par l'intermédiaire de R2, la base de T1 (un PNP, si vous ne l'aviez pas remarqué). Celui-ci conduit donc aussi, avec les multiples effets, quasiment simultanés, que cela entraîne. En premier lieu, le courant important qui le traverse parcourt aussi la bobine du haut-parleur, qui se retrouve avec une tension de 8,3 V à ses bornes, alors que la fermeture de T1 la réduisait à zéro. Cette brusque variation mobilise sa

membrane et permet à C3 de se vider en une toute petite fraction de seconde. La base de T2 se retrouve dans les conditions initiales et ce transistor se bloque. Le "coup de jus" que le haut-parleur a pris a donc été d'une grande brièveté, et le son produit, vu sa durée, a toutes les chances de passer complètement inaperçu. Il est vrai que nous avons nous-même passé sous silence le rôle de C2, qui se charge dès que le haut-parleur est alimenté. Ainsi, la fermeture de T2, conséquence directe du passage du courant dans la bobine du haut-parleur, ne bloque pas immédiatement T1 : le condensateur C2 lui permet encore de conduire, assez longtemps pour que le bruit se maintienne et évoque à l'oreille une chute d'eau de la taille d'une (très grosse) goutte de pluie. Le courant ne traverse en tout cas le haut-par-

leur que pendant quelques fractions de milliseconde (figure 2). Puis tout reprend comme devant : au bout d'un seconde environ, C3 est à nouveau chargé, T2 conduit alors et ainsi de suite. Bien que ce circuit n'en ait pas les apparences, il fonctionne comme un multivibrateur.

Un mot maintenant sur le composant un peu bizarre qu'est ici L1. Comme nous venons de le voir, cette bobine n'est pas nécessaire au fonctionnement de l'appareil et dans le cas du prototype, son absence n'a été la cause d'aucun incident. À quoi bon alors ! C'est simple, un circuit semblable est susceptible de se mettre à osciller à haute fréquence, ce que l'inductance L1 ne lui permettra en aucun cas. La probabilité qu'il oscille est d'environ une fois sur dix. Quelques lecteurs seulement

devraient donc le constater, une fois le montage achevé, en court-circuitant L1.

construction

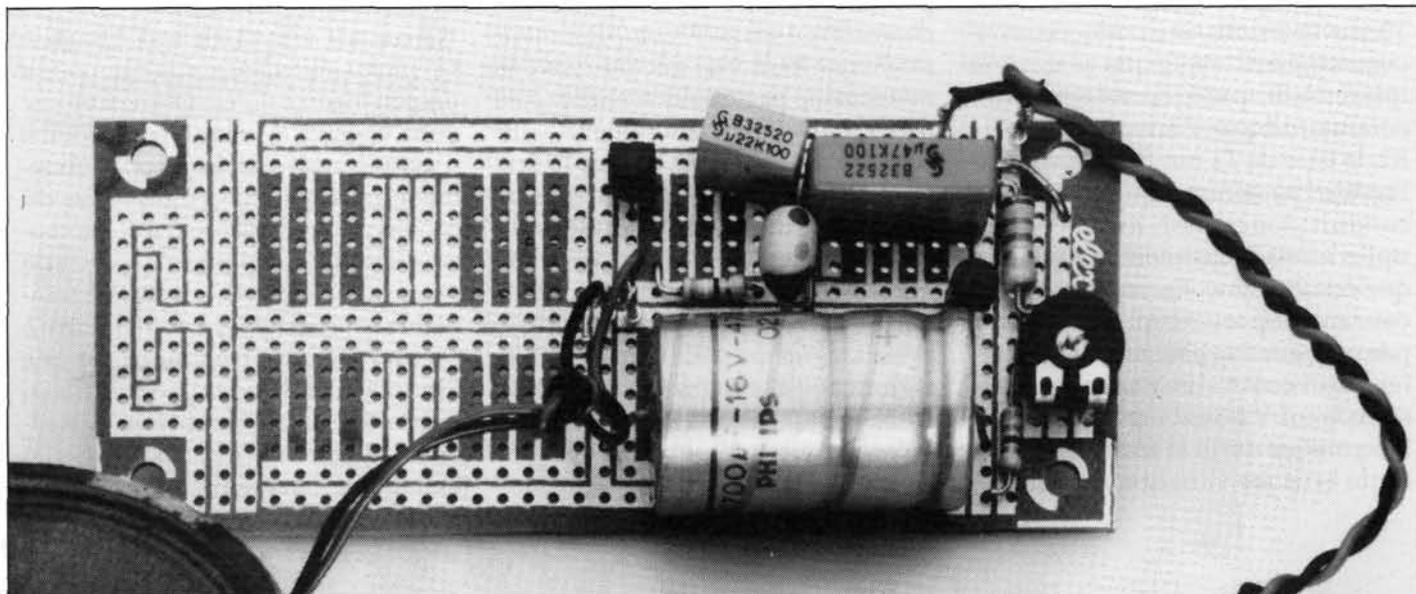
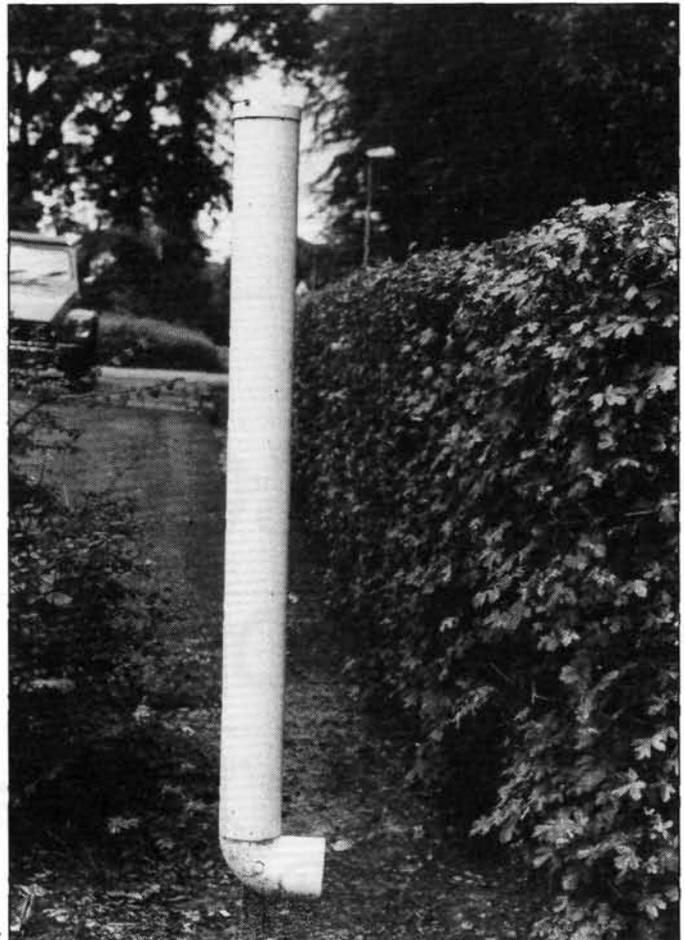
La dizaine de composants que comporte le circuit tient sur une moitié de platine d'expérimentation de format 1, comme le montre l'implantation de la **figure 3**. Il ne faut pas cent sept ans pour les installer et sauf erreur de votre part, tout doit fonctionner à la mise sous tension. Pour la connexion de l'alimentation et du haut-parleur, utilisez des languettes ou des cosses "poignard" et des *clips faston*, c'est ce qu'il y a de plus pratique.

réglages ultimes et installation

Réglage est un bien grand mot puisque le potentiomètre ne sert qu'à donner son rythme à l'instrument. Suivant la position du curseur, les tolérances des composants et les goûts de chacun, les "plops" seront séparés par des intervalles de 0,5 s à 1,5 s. L'installation du circuit est une autre paire de manches (à air). Elle dépend surtout de ce qui passe par la tête du réalisateur, qui n'a pas besoin de brider son imagination quant aux matériaux à utiliser. Le prototype, pour sa part, est fixé, platine, boîtier de piles et haut-parleur compris, sur un châssis de *pertinax* et de laiton, le tout enfermé dans une boîte de conserve (vide). Un emballage de matière plastique lui assure une protection suffisante contre l'humidité. Le montage ainsi habillé, a trouvé à se loger dans un magni-

fique tuyau en PVC de 1 m de long et 0,08 m de diamètre, bouché à une de ses extrémités, l'autre étant terminée par un coude à 90°, ce qui permet d'orienter le son. De cette façon la balise ne nuit pas aux oreilles du voisinage, tout en remplissant sa tâche au mieux. Les photos vous donnent une idée de ce que nous décrivons. Une fixation solide doit garantir l'objet contre les vols... Il n'y a pas beaucoup de souci à se faire pour la maintenance : inutile de

prévoir une trappe de visite, par exemple, pour le changement des piles. Bien que les impulsions de courant qui mettent en branle le haut-parleur soient relativement intenses, la consommation moyenne du dispositif est très faible et régularisée par R1 et C1. Une demi-douzaine de piles de lampe torche (R6) lui permettront de tenir une bonne année.



Les jeux de lumière spectaculaires attirent toujours l'attention du public, tous les fils de pub le savent. En dehors de la publicité, ils sont utilisés couramment dans les discothèques et les théâtres. Le montage dont la description suit comporte un nombre quelconque de tubes à éclats et permet d'imiter de façon impressionnante les éclairs de la foudre.



Foudre Electronique

pour le théâtre et les discothèques

Il existe, pour produire des effets de lumière, des montages de tubes à éclats sordides et de tubes à éclats d'orgues. On trouve les plus simples dans les discothèques, sous la forme d'orgues lumineuses, dont le rythme ou l'intensité peuvent être modulés par la musique. Les plus récents des jeux de lumière utilisent le laser. Le faisceau peut être réfléchi par les faces d'une boule, ou projeté sur un écran ou un rideau de fumée pour former des images animées. Le tube à éclats, auquel nous allons nous intéresser aujourd'hui, est utilisé habituellement pour des stroboscopes. L'application que nous vous en proposons est nettement

plus spectaculaire, et beaucoup moins répandue : il s'agit de produire des éclairs de durée relativement longue, comme ceux de la foudre. Elle peut servir dans un théâtre, pour *La Tempête* ou dans une boîte de nuit (qu'on pourrait appeler aussi *boîte à rythmes* ou, quand les danseurs sont moches, de *boîtes de lait condensé*) pour en mettre plein la vue aux *paumés du petit matin*. Pour reproduire l'éclair de la foudre, le montage doit pouvoir produire non pas un éclair comme un flash, ni une suite d'éclairs distincts comme un stroboscope, mais une suite d'éclairs qui se succèdent sans intervalle entre eux, pour donner

l'impression d'un éclair de longue durée. Pour le son, les petits amplificateurs ordinaires de quatre ou cinq cents watts feront l'affaire. Ce jeu de lumière, appelons-le comme ça, est conçu pour piloter dix tubes à éclats, mais il est extensible à un nombre quelconque de tubes. Le résultat, avec dix tubes, est littéralement éblouissant. Les essais au laboratoire ont été menés avec des tubes de soudeur, et ont fourni un résultat de plus, comme les anniversaires, les départs de sages-femmes ou de rédacteurs, à des promenades qui ramènent bien en-dessous des trente-cinq heures la durée hebdomadaire du travail.*

*Lecteur attentif, du auras toi-même redoublé la lettre "d" partout où elle s'est substituée accidentellement à la lettre "t" au début de cet article.

commande, et applique une impulsion à la gâchette du thyristor. Le thyristor reste conducteur, après l'impulsion de gâchette, aussi longtemps que le courant qui le traverse est supérieur à une valeur déterminée, dite courant de maintien. Le courant s'annule quand le condensateur C6 est déchargé, c'est à ce moment que le thyristor se bloque. Le condensateur C5 court-circuite les impulsions parasites (les tubes à éclats en produisent beaucoup) qui risqueraient de provoquer des déclenchements intempestifs du flash.

le schéma, 2^e partie

Le schéma de la figure 2 représente l'alimentation et le circuit de commande. La partie alimentation est toute simple, la partie commande

n'est guère plus compliquée. Il s'agit seulement d'un générateur d'horloge (IC2) et d'un compteur décimal (IC1). Chacune des dix sorties du compteur (Q0 à Q9) passe à l'état haut à son tour. Pour que le compteur puisse prendre successivement les dix états, il faut et il suffit que son entrée voie des impulsions. Nous ne les appliquons pas à l'entrée d'horloge (CLK), mais à l'entrée de validation (ENA). Ce choix résulte de la configuration interne du compteur : les entrées sont combinées par des circuits logiques et l'une accepte des fronts montants, l'autre des fronts descendants. Plutôt que d'inverser le signal de sortie de notre oscillateur pour l'appliquer à l'entrée d'horloge, nous l'appliquons à l'entrée de validation, qui est suivie dans le circuit intégré par un inverseur.

L'oscillateur est un 555 à tout faire, comme nous en utilisons souvent. Sa fréquence est déterminée par P1, R1, R2 et C1 ; le potentiomètre sert à la régler. C'est de la fréquence de l'oscillateur que dépend le temps nécessaire au compteur pour passer en revue les dix états possibles. Comme les dix sorties du compteur doivent commander chacune un éclair, la fréquence de l'oscillateur détermine l'intervalle de temps qui va séparer un éclair du suivant. En d'autres termes : plus la valeur de P1 sera faible, plus vite les éclairs vont se succéder.

Le but n'est pas, comme pour un stroboscope, de répéter les éclairs continuellement. Dans ce circuit, une fois parcourus les dix états possibles, le compteur s'arrête. Le blocage est obtenu par la diode D1. Au moment où le compteur enregistre sa dixième

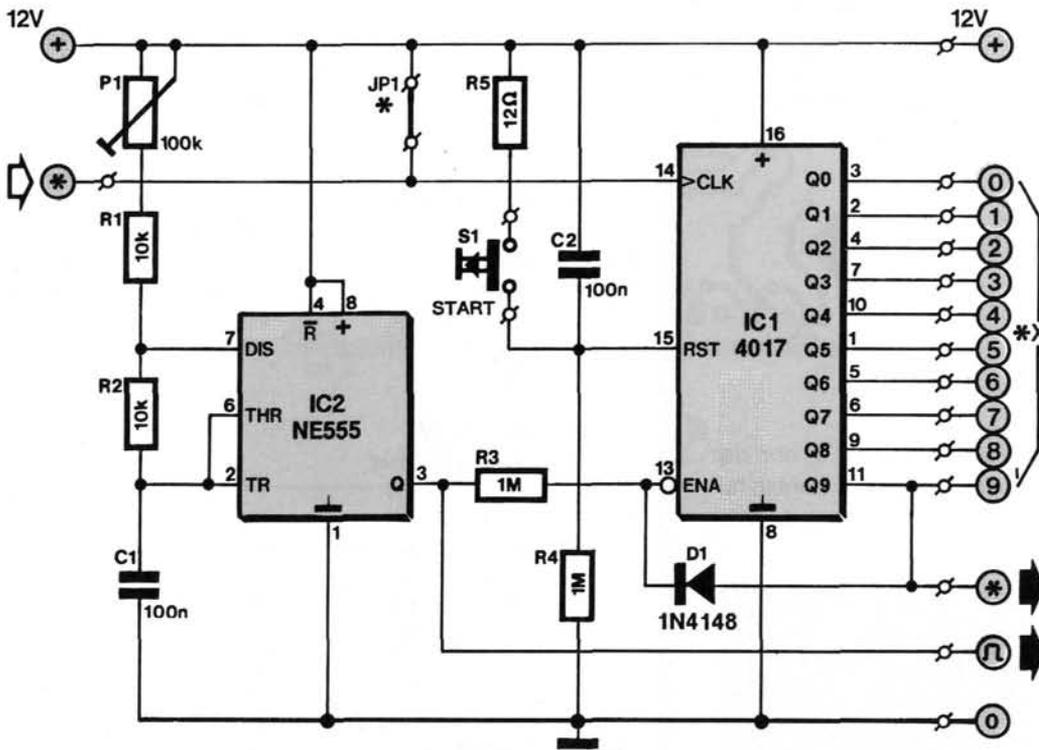
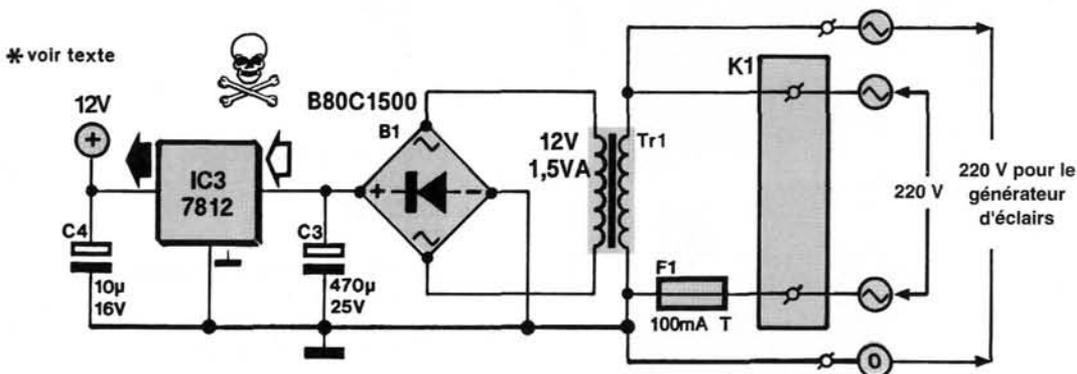


Figure 2 - L'alimentation et le circuit de commande des éclairs. Les dix tubes sont déclenchés en rafale par le compteur décimal IC1. Les autres questions pertinentes trouvent une réponse satisfaisante dans le texte.



me impulsion, par le passage à 1 de sa sortie Q9, une tension positive est appliquée par D1 à l'entrée de validation (broche 13). Nous l'avons vu, cette entrée est suivie d'un inverseur interne au circuit intégré. De ce fait, le comptage est arrêté par le niveau haut, la dixième impulsion est la dernière.

Le blocage du compteur ne peut être supprimé que par une remise à zéro. Une pression sur le poussoir S1 remet à zéro toutes les sorties du compteur, donc aussi la sortie Q9 qui bloque le comptage. Comme les impulsions continuent d'arriver, le comptage reprend jusqu'au blocage suivant. En dehors des pressions sur la touche, l'entrée de remise à zéro est maintenue au potentiel de la masse par la résistance R4. Le condensateur C2 joue un double rôle : d'une part il absorbe les rebonds éventuels de la touche de commande, pour éviter de déclencher deux fois la foudre par une seule pression ; d'autre part il commande une remise à zéro du compteur lors de la mise sous tension. Attention de ne pas maintenir

le doigt sur le poussoir, cela pourrait déclencher un deuxième éclair aussitôt après le premier.

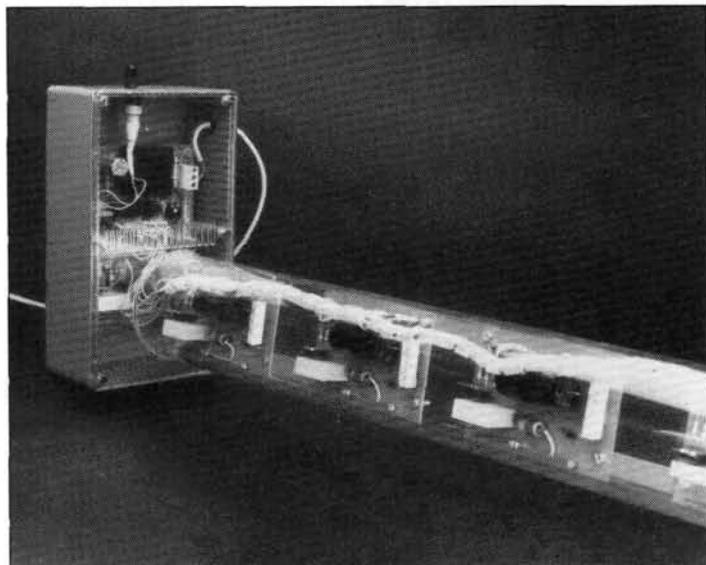
La partie alimentation est banale quant au schéma : un transformateur, un redresseur et un régulateur, tous classiques. La construction appelle plus de commentaires, pour les considérations de sécurité. Il faut prendre pour ce montage beaucoup plus de précautions que vous n'en prenez pour les montages habituels. C'est la signification des crânes sur les deux schémas, tout contact avec le montage sous tension présente un risque mortel. Nous reviendrons plus loin sur ce chapitre de la sécurité.

L'alimentation se contente d'un transformateur de 1,5 VA qui transforme la tension du secteur en une autre de 12 V. Cette tension alternative subit un redressement des deux alternances, puis un lissage par le condensateur C3. Les quelque 17 V de tension continue filtrée sont stabilisés à 12 V par le régulateur tripolaire 7812. Si vous essayez l'alimentation avant la mise en boî-

te de la platine, alimentez-la par un transformateur d'isolement 220 V/220 V. Si vous ne disposez pas de ce genre d'accessoire de laboratoire, vous pouvez en improviser un avec deux transformateurs abaisseurs identiques. Vous les couplez entre eux par les secondaires, vous alimentez le premier par son primaire, et vous récupérez au primaire du deuxième une tension de 220 V isolée du secteur. Une autre solution consiste à tester votre platine avant d'y installer le transformateur. Dans ce cas vous l'alimenterez par un transformateur extérieur connecté à la place du secondaire sur la platine. Dans les deux cas, le but est d'alimenter le montage sans relier sa masse au secteur, comme elle le sera en fonctionnement normal.

Vous risquez de trouver, avec certains transformateurs, une tension redressée notablement supérieure à 17 V. C'est normal pour ces petits transformateurs quand ils sont à peine chargés, c'est sans risque pour le régulateur qui supporte 35 V en entrée. Le condensateur C4 découple

Figure 7 - Les dix générateurs d'éclairs sont enfermés à l'abri des doigts dans un tube isolant mais transparent. La photo semble faire un écho graphique à la Gotlib au jeu de mot scabreux du titre. Ce photographe ne pense qu'à ça !



liste des composants

R1,R2 = 10 kΩ
 R3,R4 = 1 MΩ
 R5 = 12 Ω
 R6 = 100 kΩ
 R7 = 270 Ω
 R8 = 470 Ω
 R9 = 470 Ω/5 W
 P1 = 10 kΩ variable

C1,C2,C5 = 100 nF
 C3 = 470 μF/25 V radial
 C4 = 10 μF/16 V
 C6 = 220 nF/400 V
 C7 = 10 μF/350 V

D1 = 1N4148
 D2 = zener 100 V/1 W
 D3 = 1N4007
 T1 = BC547B
 IC1 = 4017
 IC2 = NE555
 IC3 = 7812

S1 = poussoir à fermeture
 Th1 = TIC126D
 B1 = B80C1500
 Tr1 = 12 V/1,5 VA
 Tr2 = transformateur d'impulsion
 La1 = tube à éclats
 F1 = fusible 100 mA retardé avec support pour circuit imprimé
 K1 = bornier à 3 points

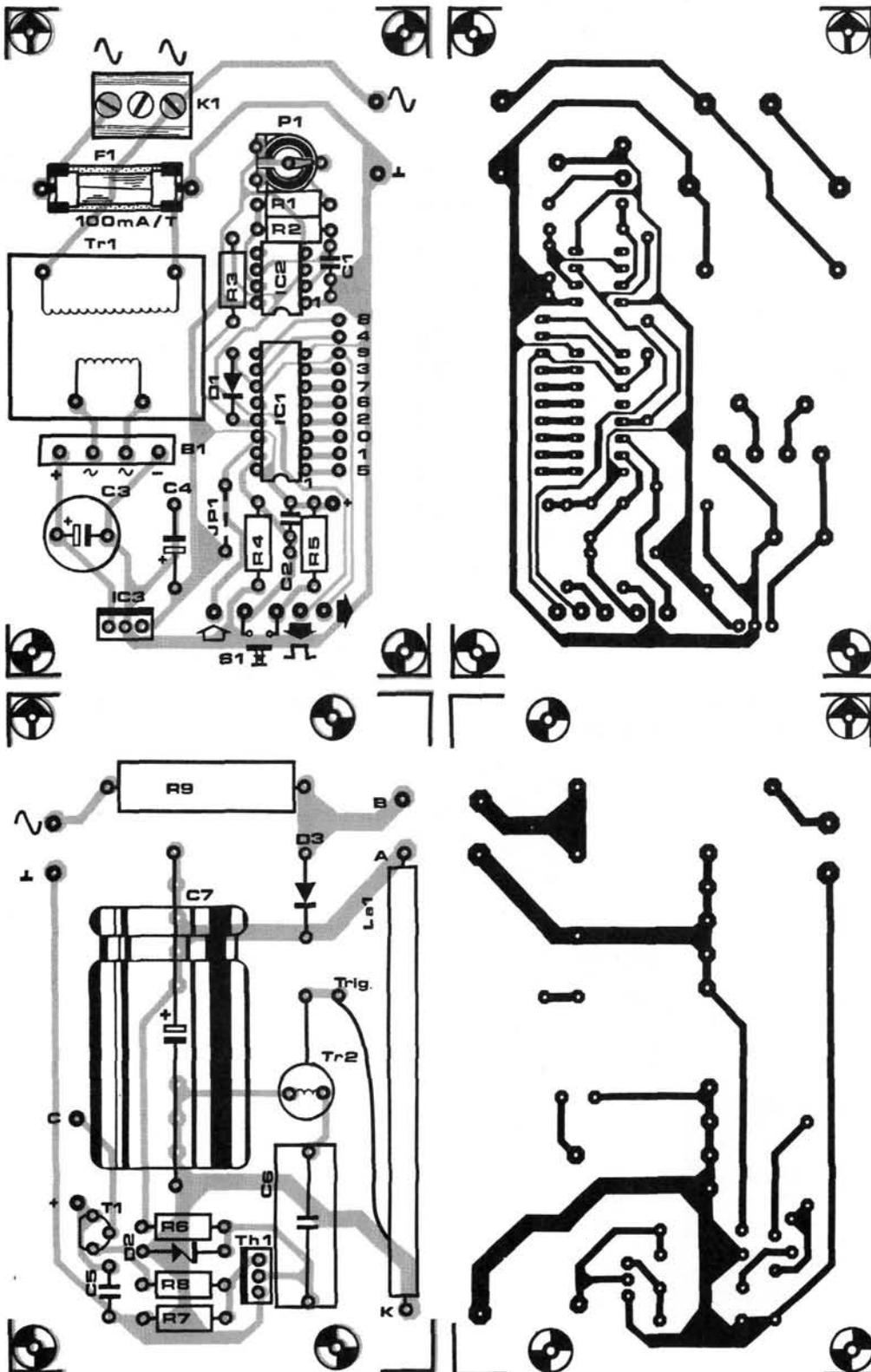
la sortie du régulateur et protège le montage contre les pointes que la partie à haute tension ne manquera pas de produire.

Une autre partie importante de l'alimentation est le fusible F1. Il doit être prévu pour une intensité de 100 mA, mais être de type retardé, pour supporter les pointes d'intensité que demande la charge des condensateurs. Pour ce qui est du transformateur, la présence ou

l'absence du fusible est parfaitement équivalente. Les enroulements de ces modèles minuscules ont une telle impédance (inductance et résistance dans le même sac) que, même avec le secondaire en court-circuit, ils sont incapables de pomper sur le secteur plus du double de leur puissance nominale. Il faut noter en passant qu'ils ne peuvent guère consommer

moins du double de leur puissance nominale.

Revenons au calibre du fusible. La valeur de 100 mA convient si vous montez un seul tube à éclat. Si vous en montez dix, il ne résistera pas à l'appel de courant des dix condensateurs C7 d'alimentation des tubes. En effet, les dix condensateurs devront se charger pendant la même alternance positive du secteur. La sécurité n'est assurée que si le calibre



Figures 3 et 4 - Il est hors de question de monter ces circuits à haute tension sur des platines d'expérimentation. Les circuits imprimés ci-contre éviteront les erreurs de câblage et les fils mobiles. Les pistes par lesquelles se décharge le condensateur ont été dessinées plus larges que les autres, parce que l'intensité est forte. Veillez à ne pas laisser de court-circuits de soudure entre les pistes, car vous risqueriez de provoquer des éclairs involontaires.

est tout juste supérieur à l'intensité normale. Notez soigneusement la valeur sur la platine, pour éviter de remplacer un fusible mort par un autre, de calibre trop élevé.

la construction : sécurité d'abord

C'est toujours pour des raisons de sécurité que le montage est réparti sur deux platines. Les figures 3 et 4 montrent l'implantation des composants de l'une et de l'autre. Les figures 5 à 7 sont des photos des prototypes. La procédure la plus sage consiste à tester un par un les générateurs d'éclairs, avec un fusible de 100 mA. Ne touchez les circuits que lorsqu'ils sont débranchés ; ne perdez pas de vue que la masse est reliée au secteur, comme le montrent les figures 1 et 2. Tout le montage est porté au potentiel du secteur, ce qui représente un danger de mort en cas de contact direct. Le montage sera installé définitivement dans un tube transparent (altuglas) et un coffret en PVC, le tout collé pour éviter tout risque de contact. Pour les tests, même avec un transformateur d'isolement, soyez extrêmement prudent. Renvoyez les gosses à leurs poupées, ne travaillez que sur une table en bois ou en matière plastique, ne touchez pas d'objets métalliques comme les conduites de chauffage central, ne posez qu'une main à la fois sur le montage, méfiez-vous des

condensateurs C7 qui peuvent rester chargés à une tension désagréable une fois débranchés. Déchargez-les avec une ampoule de 40 ou 60 W/220 V avant de retravailler sur le montage. Ne vous contentez pas d'un interrupteur, retirez la fiche secteur de sa prise avant d'ouvrir le coffret.

Munissez le cordon du secteur d'un dispositif anti-traction convenable. Le bouton poussoir de déclenchement doit être correctement isolé pour les hautes tensions. Si vous voulez rendre le potentiomètre accessible de l'extérieur, il faut que ce soit un modèle à axe en matière plastique. Toutes les parties métalliques, y compris le canon fileté de fixation, doivent être à l'intérieur du coffret.

Les connexions entre les platines sont de deux sortes. D'abord le raccordement au secteur, par un fil isolé à deux conducteurs arrivant au bornier K1 ; un autre fil double isolé part de la platine 1, après le fusible, pour s'en aller alimenter en parallèle tous les générateurs d'éclairs (platines 2). Ensuite les entrées de déclenchement : chacune est reliée à une des sorties du compteur (Q1 à Q9). Il ne faut pas oublier l'alimentation de 12 V, en parallèle pour tous les modules. Pour l'utilisation de dix tubes, n'oubliez pas de mettre en place le pont en fil JP1 de la figure 4.

Le circuit de commande de la figure 2 est prévu pour la commande de dix tubes, mais vous pouvez augmenter ce nombre à volonté. Pour chaque groupe de neuf supplémentaire, il faut construire une platine de commande légèrement différente. Sur chacune de ces platines à partir de la deuxième, le pont en fil JP1 est supprimé, de même que l'oscillateur à 555. En effet, c'est la même horloge qui commande tous les générateurs d'éclairs. C'est à cet usage qu'ont été prévues trois sorties dont nous n'avons pas encore parlé. La première se trouve en haut à gauche de la figure 2, repérée par un astérisque. C'est l'entrée d'horloge du compteur de la deuxième platine et des suivantes. Les deux autres se trouvent à droite du schéma, repérées par des flèches noires. Celle du bas, qui porte le symbole d'une impulsion d'horloge, doit être reliée à la borne homologue des autres platines. Ainsi le signal d'horloge de la première platine attaque les autres par leur résistance R3, se substituant à IC2, absent. La deuxième de ces bornes de droite, repérée par une flèche noire et un astérisque, est reliée à l'entrée CLK de la platine suivante.

Les platines ainsi reliées en cascade vont fonctionner à tour de rôle : la deuxième ne comptera que lorsque la première sera bloquée, la troisième quand la deuxième sera bloquée, etc. Il vaut mieux ne pas utiliser la première sortie (Q0) des platines à partir de la deuxième, car elle se déclencherait à chaque remise à zéro de l'ensemble par le bouton poussoir.

Les platines de commande supplémentaires seront dépourvues de S1 et de R5, mais toutes seront reliées en parallèle aux deux bornes du poussoir.

896066

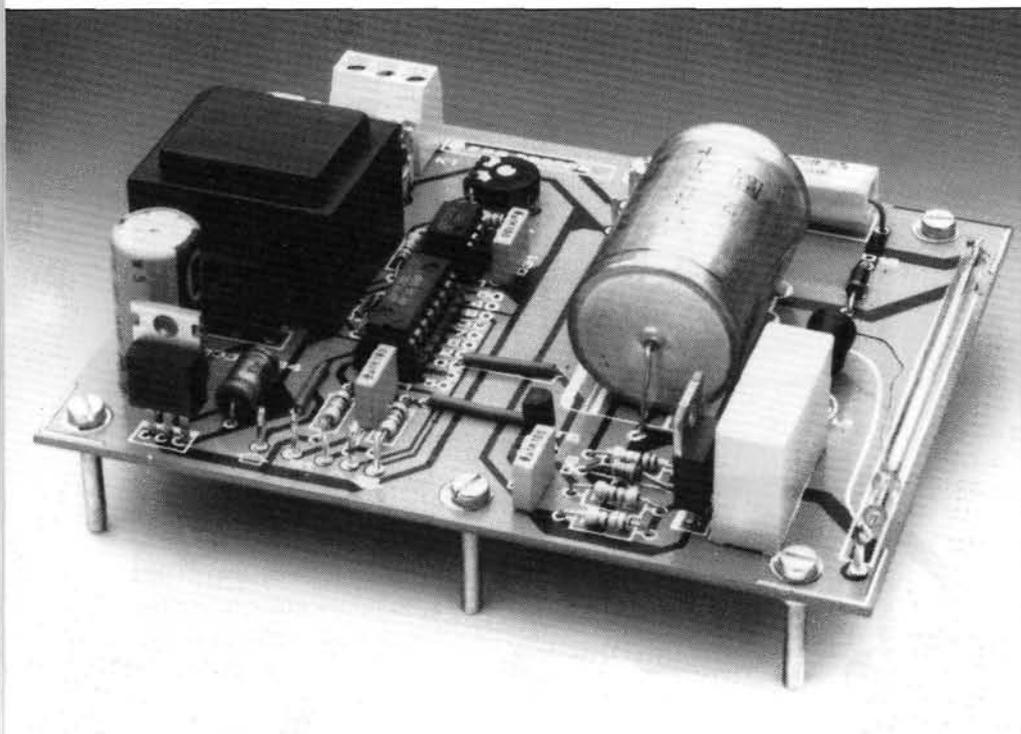


Figure 5 - Les deux platines avant leur séparation, pour les premiers tests.

indicateur

pour servo-mécanismes

de position

Vous connaissez bien le problème. Vous commandez un appareil à distance grâce à un servo-moteur, mais vous ne savez pas dans quelle position se trouve effectivement l'organe télécommandé. Il peut s'agir d'une antenne orientable, d'une vanne d'eau ou de chauffage ou... Ce petit montage vous permet de connaître à tout instant la position de l'axe que vous avez fait tourner à distance.

Le premier problème est de transformer une position en un signal électrique. Nous pourrions installer sur l'axe un disque percé de trous ; de part et d'autre du disque, une source de lumière et un phototransistor. Si le disque tourne, le passage des trous devant le phototransistor provoque des impulsions de tension que nous pourrions compter. Il existe une autre possibilité : un potentiomètre, qui peut être à axe rotatif pour capter la rotation d'un axe, ou rectiligne pour capter une translation. La variation de résistance peut être transformée facilement en une variation de tension ou d'intensité. C'est ce système qu'utilise le circuit que nous décrivons ici. Il est probable que vous aurez un petit travail mécanique à réaliser pour transformer le mouvement de l'appareil à surveiller en un mouvement du potentiomètre. Tous les

procédés sont bons, vous choisirez entre les poulies, les bielles et les roues dentées en fonc-

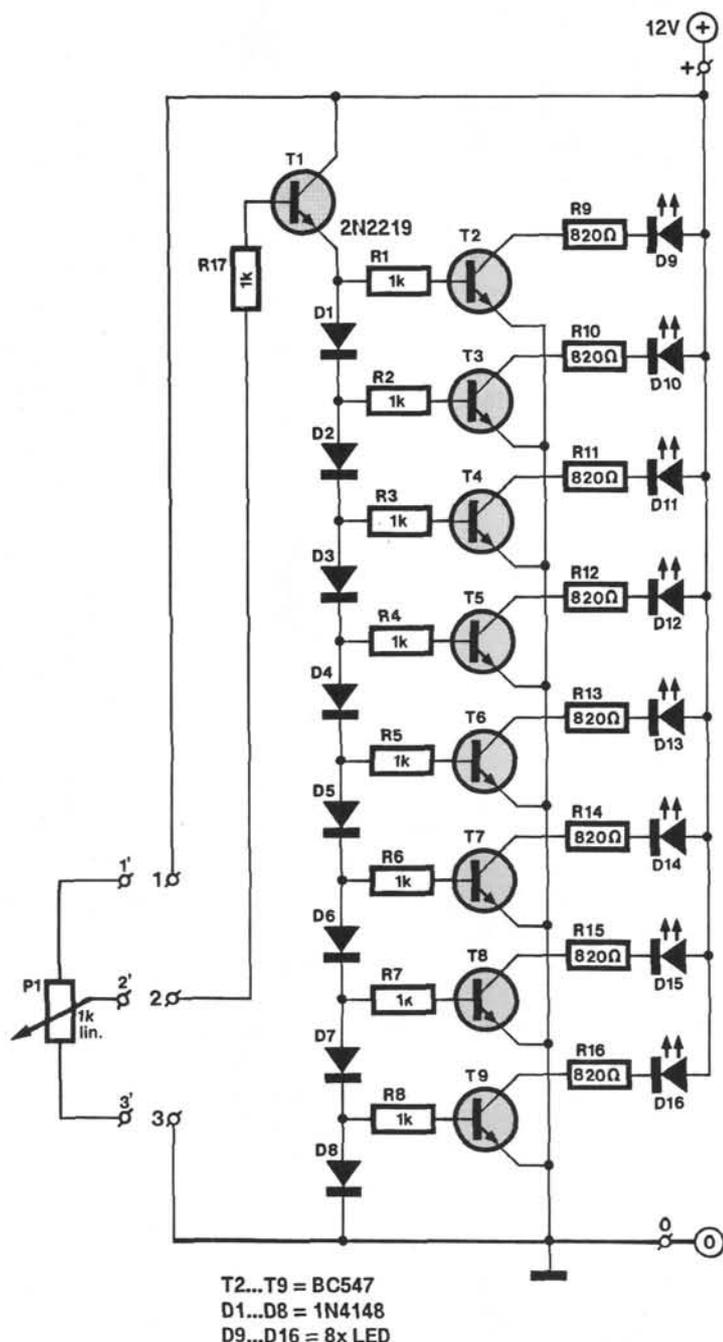


Figure 1 - La partie électronique de l'indicateur de position. La partie mécanique dépend de l'appareil à surveiller.

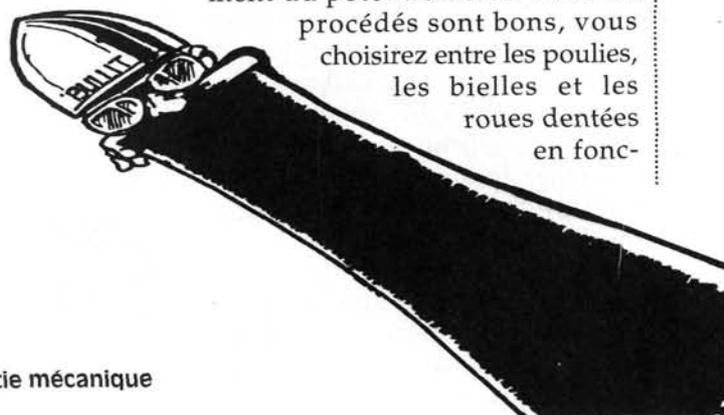


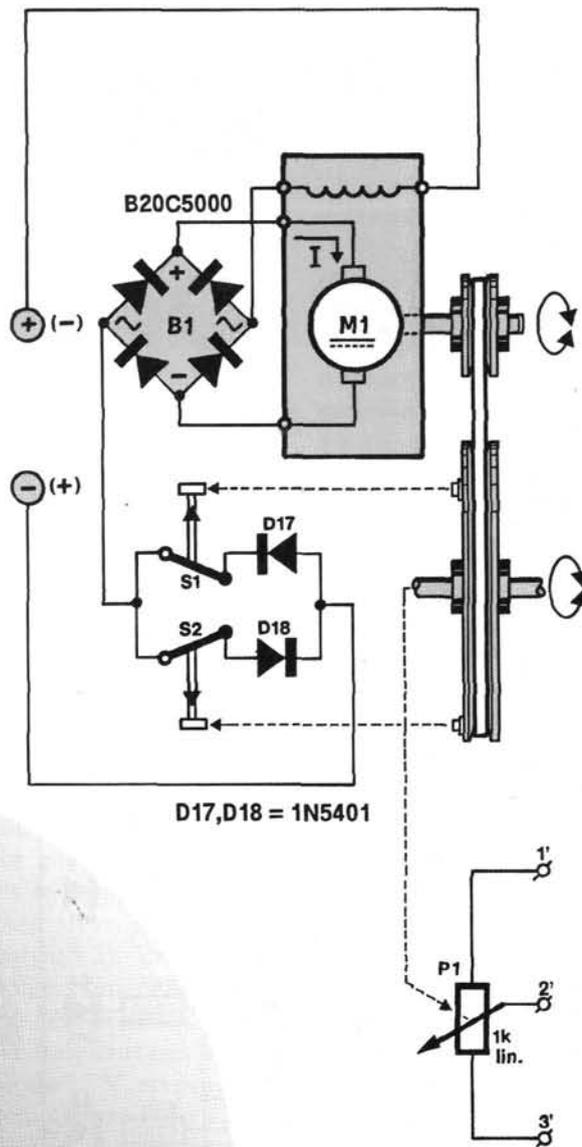
Figure 2 - L'indicateur de position comprend une bonne part de travail mécanique. Les contacts de fin de course empêchent le moteur de causer des dégâts au potentiomètre ou au reste de l'installation en dépassant les limites permises. Tous les géomètres savent que passé les bornes, il n'y a plus de limite.

tion des caractéristiques de l'appareil.

Le schéma de l'indicateur de position est représenté par la figure 1. L'axe du potentiomètre P1 est assujéti à celui dont nous voulons connaître la position. Comment cela fonctionne-t-il ? La tension du curseur du potentiomètre dépend de la position de l'axe, elle commande la tension de l'émetteur du transistor T1. L'utilisation de l'émetteur-suiveur dispense le potentiomètre de fournir le courant de base nécessaire aux transistors T2 à T9. Si ce courant, variable, devait traverser le potentiomètre et les fils qui le relie au circuit, l'indication serait faussée par les chutes de tension accumulées. Ici au contraire, le courant est fourni par l'émetteur de T1, dont la tension suit celle de la base (au décalage de 0,6 V près). Comme le courant de base est 100 à 200 fois plus faible que le courant d'émetteur, il ne perturbe pas le fonctionnement.

Il s'agit bien d'un montage en émetteur-suiveur ; la résistance en série dans le circuit de la base ne sert qu'à limiter l'intensité dans le cas où la tension du potentiomètre excéderait la somme des seuils de tension des diodes D1 à D8. Si la tension de l'émetteur est inférieure à 0,6 V, aucun des transistors ne voit une tension suffisante sur sa base, aucune LED ne s'allume. À partir de 0,6 V, le transistor T2 peut conduire et D9 s'allume. Pour que D1 conduise, il faut que la tension atteigne 1,2 V : la somme du seuil de D1 et du seuil de la jonction base-émetteur de T3. Si la tension sur l'émetteur de T1 atteint 1,2 V, D10 s'allume. Si la tension atteint 1,8 V, ce sera au tour de T4 de conduire et de D11 de s'allumer. De même, les autres LED vont s'allumer au fur et à mesure que la tension passera les seuils successifs de 0,6 V.

Le but recherché est atteint : la rangée de LED allumées s'allonge à mesure que la tension du curseur augmente, jusqu'à 4,8 V. La rotation



de l'axe après que D16 est allumée n'a pas de sens mais reste possible. D'où l'utilité de la résistance R17 en série dans le circuit de base, mais aussi des contacts de fin de course S1 et S2 insérés dans le circuit du moteur.

La figure 2 représente le principe de l'installation du moteur, des contacts de fin de course et du potentiomètre. Le moteur M1 est un modèle à courant continu à excitation séparée, ou à aimant permanent. Dans le cas d'un moteur à aimant permanent, l'enroulement du stator n'existe pas, ni le pont de diodes B1. Le moteur à aimant permanent permet l'inversion du sens de rotation par inversion de la polarité de l'alimentation. Ce n'est pas le cas du moteur série, dont les deux enroulements changent de sens en même temps ; cela lui permet de fonctionner aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu.

Dans notre cas, c'est un inconvénient puisque nous voulons pouvoir changer le sens de rotation. Si vous voulez utiliser un moteur série (moteur d'essuie-glaces de récupération par exemple), il faudra modifier le câblage et ajouter le pont redresseur B1. Quelle que soit la polarité de l'alimentation, le rotor reste parcouru par un courant de même sens ; comme le courant du stator change de sens, le moteur change de sens de rotation.

Pour éviter que le moteur tourne au-delà des limites mécaniques, les interrupteurs S1 et S2 entrent en service, avec les diodes D17 et D18. Supposons que la borne supérieure est positive et que le moteur tourne jusqu'à ce qu'un ergot ouvre l'interrupteur S2. Comme D17 est bloquée, la liaison au pôle négatif est coupée et le moteur s'arrête. Il n'est pas immobilisé pour autant : si la borne

supérieure devient négative, D17 est passante et permet au moteur de tourner dans l'autre sens. Dès que l'ergot quitte sa position de fin de course, S2 se ferme ; dès que l'autre ergot ouvre S1, le moteur s'arrête, il est prêt à revenir dans l'autre sens. Les butées de fin de course et la démultiplication doivent être combinées de telle façon que D9 s'allume pour l'une des positions extrêmes et D9 à D16 pour l'autre. La figure 3 montre la disposition des composants sur une platine d'expérimentation de petit format (attention aux 5 ponts en fil). Ce montage se prête bien à un exercice de dessin de circuit imprimé, où les LED seraient disposées sur un cercle pour reproduire un mouvement rotatif.

Les détails de la partie mécanique sont à définir dans chaque situation particulière. À vous de jouer avec les poulies, courroies, engrenages de Meccano ou de vieux réveils... C'est peut-être l'occasion de voir comment calculer le diamètre des poulies ou le nombre de dents des pignons pour obtenir l'angle de rotation correct de l'axe du potentiomètre. Nous appellerons n1 le nombre de rotations de la poulie motrice, d1 son diamètre, n2 le nombre de rotations de la poulie réceptrice, d2 son diamètre. La formule qui les lie est :

$$d2 = \frac{d1 \times n1}{n2}$$

Attention : le débattement d'un axe de potentiomètre n'est que de trois quarts de tour. Dans le cas des pignons et roues dentées, il suffit de remplacer les diamètres par les nombres de dents respectifs. Pour finir, quelques mots sur le pont de diodes du moteur. Nous ne sommes plus dans le domaine de l'électronique, mais déjà dans celui de l'électrotechnique. Les courants mis en oeuvre sont importants à notre échelle : un moteur d'essuie-glace consomme 4 à 5

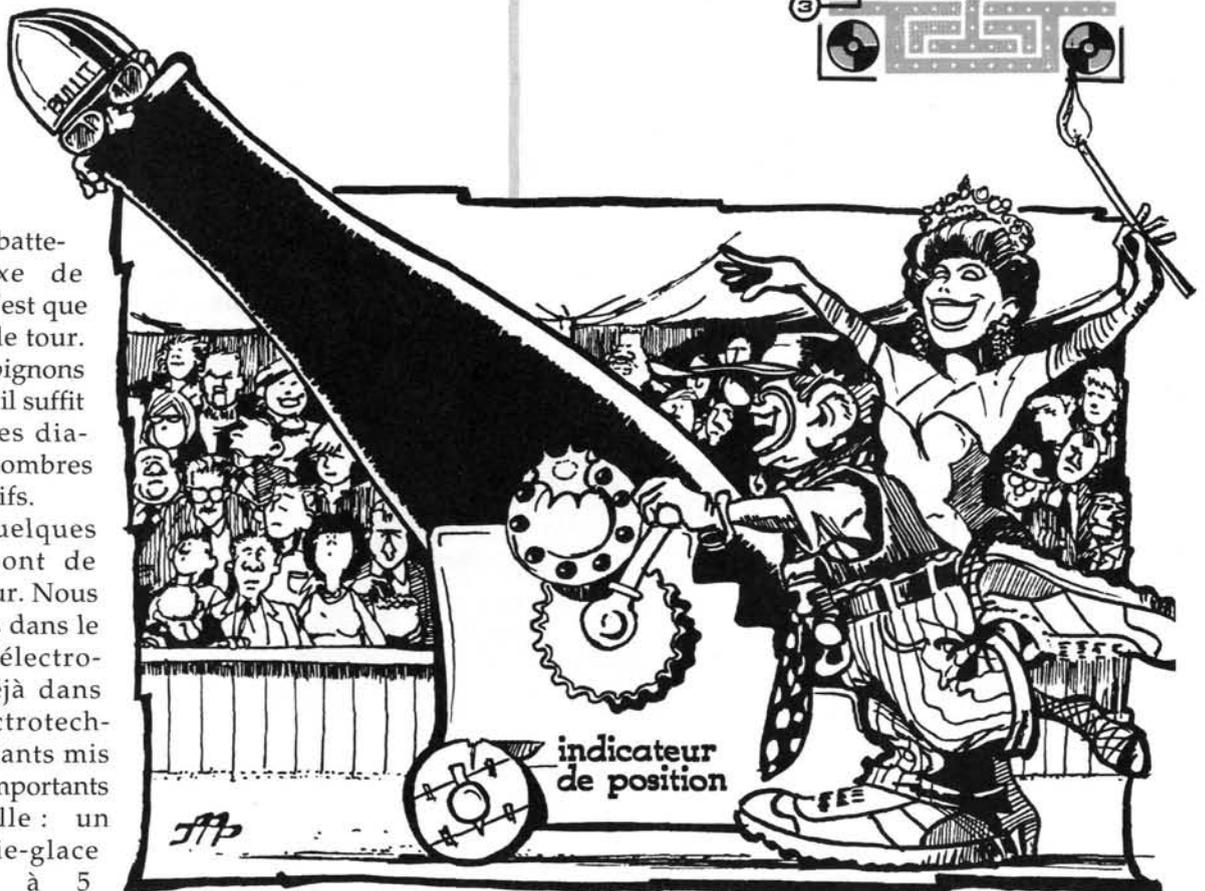
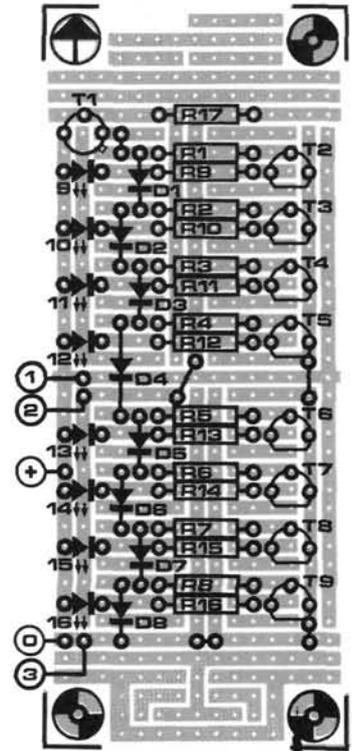
ampères. Le pont B20C5000 supporte 5 ampères, les diodes 1N5401 (D17 et D18) 3 ampères. Si le moteur que vous utilisez consomme plus de 3 A, il faudra choisir des composants adaptés, en tenant compte du fait qu'au démarrage un moteur consomme plusieurs fois son courant nominal.

87614

Figure 3 - Le montage sur une platine d'expérimentation ne pose pas de problème particulier. La cathode des diodes 1N4148 est repérée par un anneau, celle des LED correspond à la broche la plus courte, au méplat sur le corps, à la plus volumineuse des deux électrodes visibles par transparence.

liste des composants

- R1 à R8, R17 = 1 kΩ
- R9 à R16 = 820 Ω
- P1 = 1 kΩ lin.
- D1 à D8 = 1 N4148
- D9 à D16 = LED
- T1 = 2N2219
- T2 à T9 = BC547



Nombreux sont, parmi nos lecteurs électroniques, ceux qui s'intéressent aussi aux moteurs de voiture, par goût ou par nécessité. Pour le dépannage des moteurs, comme pour celui des montages électroniques, l'essentiel est de poser un diagnostic. Pour cela il faut observer et mesurer. Le stéthoscope pour mécanicien que nous vous proposons permet d'écouter ce qui se passe à l'intérieur du moteur et d'en tirer des conclusions auxquelles vous n'arriveriez par aucun autre moyen.

stéthoscope



pour mécano

Si vous voulez contrôler les jeux ou les frottements à l'intérieur d'un bloc moteur, il vaut mieux le faire à l'oreille que démonter le tout. La condition est de pouvoir distinguer les bruits internes, malgré le vacarme que fait le moteur en tournant. Mis à part celui de la bielle coulée ou de la courroie détendue, un diagnostic sérieux dans ces conditions n'est pas possible.

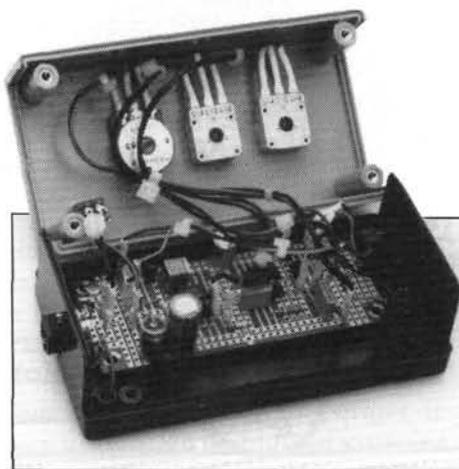
Le remède à cet état de choses consiste à éliminer tous les bruits extérieurs pour pouvoir concentrer son attention sur les sources supposées du défaut. Le stéthoscope de mécanicien utilise un microphone qui vient en contact, directement ou par l'intermédiaire d'une tige métallique, avec les pièces suspectes du moteur. Le microphone est protégé, aussi bien que possible, contre les bruits ambiants, pour ne réagir qu'aux bruits captés par contact. Il est connecté à un amplificateur sélectif qui permet de séparer, là encore, les bruits intéressants des autres. La sortie de l'amplificateur attaque un casque qui isole les oreilles du bruit de fonctionnement du moteur, de telle façon que seul le bruit du stéthoscope est audible.

Hormis le microphone et le casque, le stéthoscope se compose de trois parties. Vous les trouverez sur le schéma de la **figure 1**. Tout ce qui se trouve à gauche de R4 constitue un amplificateur de microphone à grand gain. À droite se trouve un réglage de tonalité sélectif qui joue aussi le rôle d'amplificateur. Enfin les deux transistors T1 et T2 forment l'étage de puissance pouche-poule qui attaque le casque.

Passons aux détails du schéma. Le microphone à électret comporte un amplificateur intégré qui reçoit sa tension d'alimentation positive par

R1 et R2. Le signal audio est prélevé sur la connexion supérieure du micro par le condensateur C8 et amplifié par le transistor T3. Le condensateur laisse passer le signal audio mais bloque la tension continue qui viendrait modifier la polarisation de la base du transistor et perturber son fonctionnement. À la sortie de ce premier étage amplificateur, C2 a une fonction identique à celle de C8.

Le réseau R1/C1 forme un filtre qui lisse les petites variations de la tension d'alimentation (le bruit) et les empêche d'atteindre le préamplificateur. Dans ce genre d'amplificateurs à grand gain, un réseau de découplage de l'alimentation est nécessaire pour éviter une réaction des étages de sortie sur l'étage d'entrée, et les oscillations qui pourraient en résulter. Un étage de sortie sollicité à pleine puissance peut faire fluctuer l'alimentation ; si les fluctuations parviennent à l'étage d'entrée, elles ne manqueront pas d'y être amplifiées et de parvenir à nouveau à l'étage de sortie. C'est ainsi que naissent les oscillations et que leur amplitude augmente.



Il vaut mieux des culbuteurs qui claquent que des soupapes qui ne ferment pas

(vieux proverbe de la région de Poissy)

Le premier étage du préamplificateur est organisé autour de T3. La polarisation de la base est réglée suivant un principe inhabituel chez eux mais courant dans l'industrie, du fait de l'économie de composants qu'il permet. La résistance R9 n'est pas connectée au pôle positif de l'alimentation, mais au collecteur du transistor. L'avantage du procédé est que l'intensité du courant collecteur-émetteur est pratiquement indépendante de la température et du gain en courant du transistor. Que se passe-t-il exactement ? Supposons que le transistor s'échauffe pour une raison ou une autre. Sa résistance interne diminue et il consomme donc plus de courant. Comme l'intensité du courant de collecteur augmente, la chute de tension dans R8 augmente et la tension de collecteur diminue. Comme la résistance de

polarisation de la base, R9, est alimentée par le collecteur, le courant de base diminue aussi, avec lui le courant de collecteur, ce qui a tendance à remettre les choses en ordre, à stabiliser le système. L'augmentation du courant de collecteur provoque une diminution du courant de base, qui elle-même tend à faire diminuer le courant de collecteur : les variations de température sont compensées automatiquement. Ce procédé s'appelle polarisation glissante de la base.

Le signal amplifié par T3 est transmis par C2 à l'entrée de l'amplificateur opérationnel IC1. Le gain de cet amplificateur est fixé par R3 et P1, connectés entre la sortie et l'entrée inverseuse. Le potentiomètre P1, qui fait office de réglage de volume, est accessible de l'extérieur. Le condensateur C3 n'a aucun rôle de correc-

tion de tonalité, il empêche l'amplificateur d'osciller à haute fréquence, et d'amplifier les champs d'émetteurs de radio qui pourraient se trouver ou passer au voisinage.

Le deuxième amplificateur opérationnel et les composants qui l'entourent forment ce que nous avons appelé un amplificateur sélectif. La partie qui est chargée du réglage de tonalité est constituée de deux réseaux RC : P3 et C5 d'une part, P2, R5 et C4 d'autre part. Ce filtre permet de favoriser particulièrement l'une des fréquences du domaine qui nous intéresse, de 0 à 5000 Hz. Si nous attaquons le stéthoscope avec un générateur de fonctions et que nous mesurons la tension de sortie en fonction de la fréquence, la courbe obtenue présente un pic important pour une fréquence donnée. La position de ce pic, ou la fréquence la

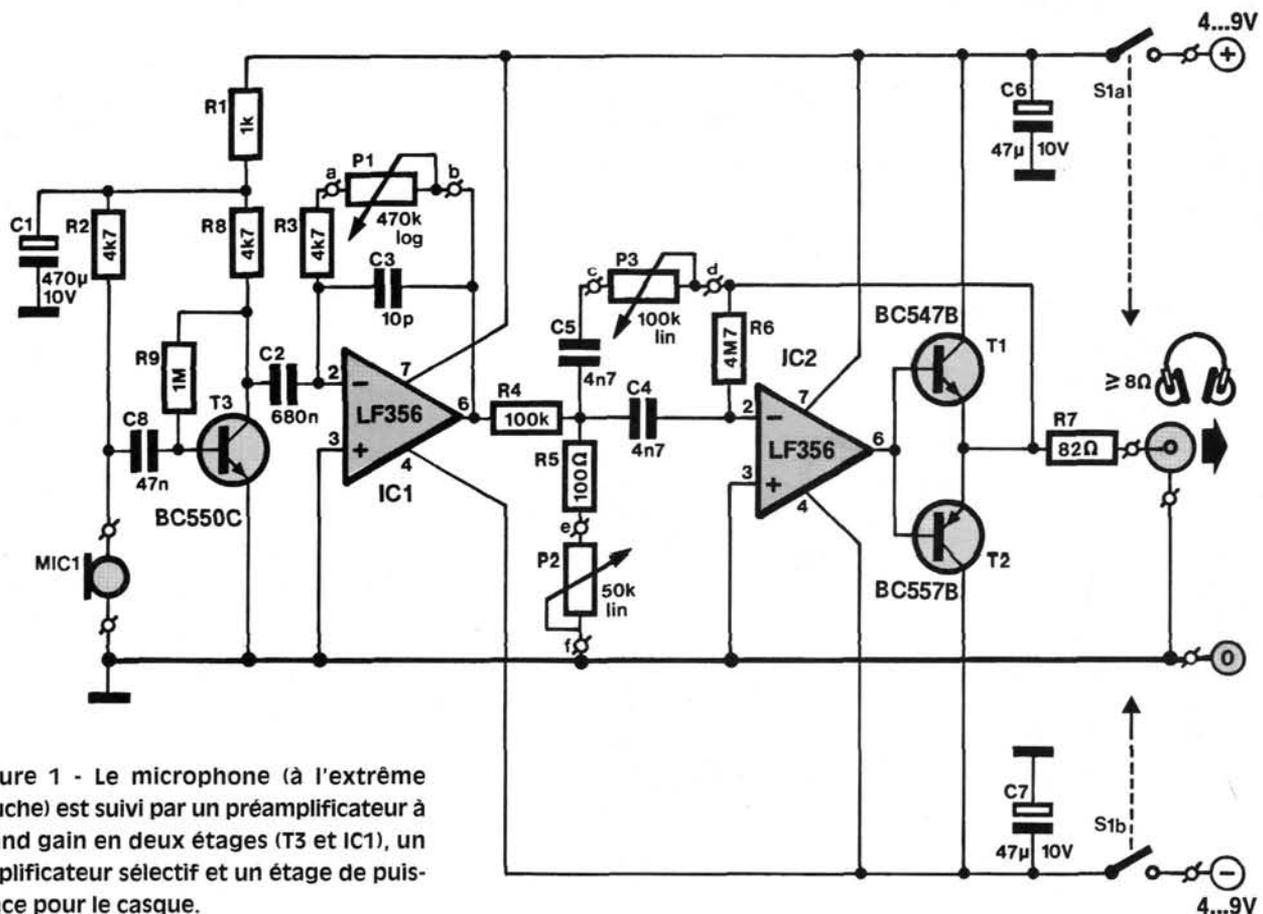


Figure 1 - Le microphone (à l'extrême gauche) est suivi par un préamplificateur à grand gain en deux étages (T3 et IC1), un amplificateur sélectif et un étage de puissance pour le casque.

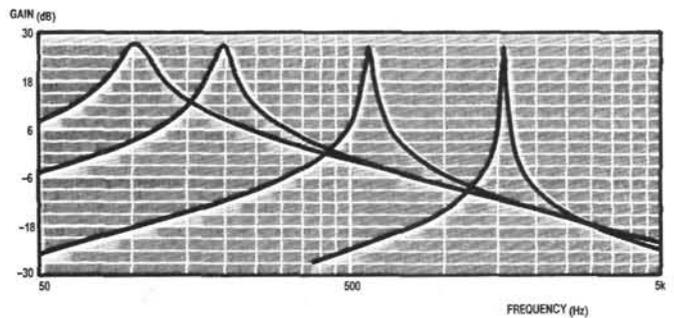
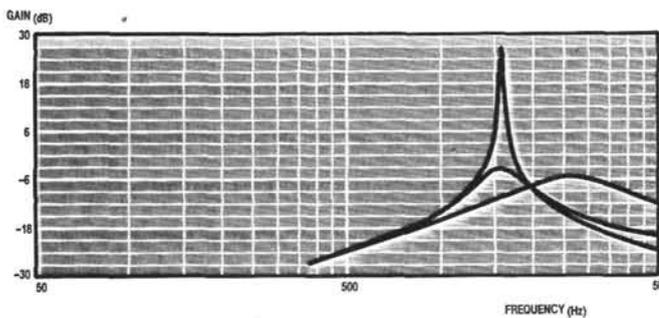


Figure 2 - Ces courbes montrent comment l'amplificateur peut être accordé sur différentes fréquences au moyen de P2.
 Figure 3 - Le réglage de P3 permet de modifier la largeur du pic de la courbe. Il influe aussi sur la position du pic : ces trois courbes sont obtenues sans modification du réglage de P2. En pratique il faut toujours régler les deux potentiomètres en même temps.

plus favorisée, peut être fixée par le potentiomètre P2 (figure 2). Le potentiomètre P3 sert, lui, à déterminer la largeur de la bande, et sa hauteur par voie de conséquence (figure 3). Il faut remarquer que le réglage de P3 influe aussi sur la position du pic, et que le réglage de P2 agit sur la forme du pic en même temps que sur sa position. En pra-

tique il faudra manœuvrer les deux potentiomètres pour obtenir le réglage optimal. La sortie d'IC2 attaque un étage en émetteur suiveur symétrique. Le gain en tension de l'émetteur suiveur est invariablement de 1, il est surtout destiné à amplifier le courant pour attaquer des charges à faible impédance. La résistance de contre-réac-

tion, R6, est connectée de façon inhabituelle : on s'attend à la trouver à la sortie de l'amplificateur opérationnel (broche 6). Connectée comme elle l'est ici, à la sortie de l'étage pouche-poule, elle prend en compte, pour le soumettre à la correction de la contre-réaction, le signal délivré par les transistors. De ce fait, le décalage de tension des bases et les distorsions éventuelles sont corrigés aussi. De plus, le signal de sortie devient pratiquement indépendant de la charge connectée.

construction et test

Le montage est assez simple pour trouver place sur une platine d'expérimentation de format 1. Vous soudez les composants dans l'ordre habituel : résistances, condensateurs et semi-conducteurs pour finir ; ces derniers sont ceux qui supportent le moins bien la chaleur du fer à souder.

Exécutez de préférence en fil blindé les liaisons entre la platine et les potentiomètres. C'est valable aussi pour la liaison entre le microphone et le stéthoscope, et entre le stéthoscope et le casque.

L'alimentation est confiée à deux piles de 4 à 9 V ou à une alimentation symétrique. Le casque aura une impédance de 8 ohms au moins. Il devra arrêter autant que possible les bruits extérieurs ; les petits modèles



Faute de place, nous ne pourrions pas publier ici le dessin humoristique représentant la scène qui fait suite à celle-ci et dans laquelle le testeur répond à sa rombière :

« Tu me brouilles l'écoute ! Je suis sur la culasse... »

pour baladeurs ne conviennent pas car ils ne couvrent pas les oreilles. Le microphone doit être recouvert d'une pastille de matière plastique qui le rendra complètement insensible aux vibrations de l'air. Il ne réagira plus qu'aux vibrations transmises mécaniquement par contact à son boîtier. Vous pouvez aussi y coller une tige métallique pour obtenir une sorte de sonde sonore. La sonde ressemblera au stéthoscope que beaucoup de mécaniciens ont déjà dans leur caisse à outils : ils posent un tournevis à un endroit précis du bloc et leur oreille contre le manche. Ils sélectionnent ainsi un son particulier dans un océan de bruits. Pour notre stéthoscope, la tige rend la manipulation plus facile pour le mécanicien, mais aussi plus sûre pour le microphone, qui ne sera pas soumis à la chaleur du moteur en marche.

Le coffret qui abritera l'ensemble devra être en métal ou en plastique solide car le garage est un milieu agressif pour l'électronique.

Une fois le montage mis en marche, on vérifie qu'il capte les bruits par contact et les amplifie. On vérifie que le réglage de P2 (fréquence du pic) et de P3 (largeur et amplitude du pic) permet de sélectionner un bruit parmi les autres. Le réglage de volume se fait simplement par P1.

Si le circuit ne fonctionne pas correctement du premier coup, vérifiez d'abord la platine et la disposition des composants. Si tout semble correct, vérifiez la présence des deux tensions d'alimentation. Vous pouvez ensuite mesurer la tension en différents points de la platine : émetteur de T3, 0 V ; base de T3, 0,6 V ; collecteur de T3, quelques volts. Sur les amplificateurs opérationnels, seules les broches d'alimentation présentent une tension différente de celle de la masse ; la tension de toutes les autres broches, de même que celle des bases et des émetteurs des transistors de sortie, est pratiquement nulle.

Une dernière remarque sur les oscillations éventuelles de l'alimentation (*motor-boating*) : la valeur des condensateurs C6 et C7 convient pour des sources à faible résistance interne comme des piles. Si vous uti-

lisez une source à résistance interne forte comme des blocs secteurs à quatre sous, vous risquez d'entendre ces oscillations à basse fréquence. Il faudrait alors porter à 1000 μ F la valeur de C6 et C7. Le problème ne se pose pas si vous utilisez une alimentation de laboratoire correctement réglée.

Si au contraire le montage fait entendre des oscillations à haute fréquence, qui se remarquent par une distorsion du son pour certaines positions des potentiomètres, la valeur de R6 peut être réduite. Éventuellement, vous pouvez ajouter un condensateur de quelques dizaines de picofarads en parallèle sur R6. Vous pouvez mettre en évidence au voltmètre ces oscillations à haute fréquence, au moyen d'une sonde connectée sur la sortie du stéthoscope. La sonde est constituée d'un condensateur de 0,01 μ F en série avec une diode au germanium (AA119 p. ex.). Reliez les deux extré-

mités de la sonde en parallèle sur la sortie du stéthoscope, entre les émetteurs des transistors et la masse, puis connectez un voltmètre aux bornes de la diode.

Bien que le montage soit destiné d'abord à l'auscultation des blocs-moteurs, il peut servir aussi à détecter des fuites si le microphone est appliqué sur la vanne d'arrivée d'une conduite d'eau. Il vous reste à vous faire l'oreille pour distinguer l'un de l'autre la musique de la pompe à huile, le galop des culbuteurs, le chuintement des segments, le cliquetis des axes de pistons.

896085

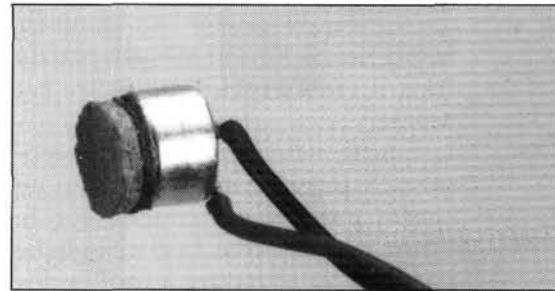


Figure 4 - La disposition des composants sur une platine d'expérimentation de format 1. Les liaisons entre la platine et les potentiomètres seront de préférence en fil blindé.

liste des composants

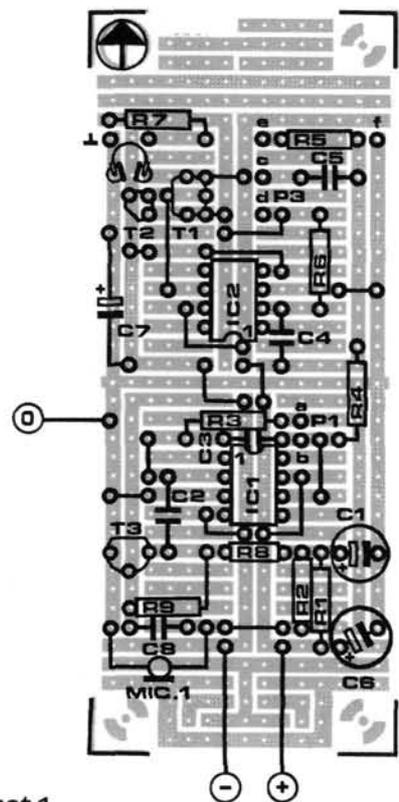
- R1 = 1 k Ω
- R2, R3, R8 = 4,7 k Ω
- R4 = 100 k Ω
- R5 = 100 Ω
- R6 = 4,7 M Ω
- R7 = 82 Ω
- R9 = 1 M Ω
- P1 = 470 k Ω pot. log.
- P2 = 50 k Ω pot. lin.
- P3 = 100 k Ω pot. lin.

- C1 = 470 μ F/10 V
- C2 = 680 nF
- C3 = 10 pF
- C4, C5 = 4,7 nF
- C6, C7 = 47 μ F/10 V
- C8 = 47 nF

- T1 = BC547B
- T2 = BC557B
- T3 = BC550C
- IC1, IC2 = LF356

S1 = interrupteur double

1 platine d'expérimentation de format 1



Le sommeil est notre bien le plus précieux. Comme tous les biens, il arrive qu'il se partage, il arrive même que certains ou certaines le tirent tout à eux, comme la couverture. Si votre voisin de lit, voire de palier, ronfle comme un bienheureux, le partage est en effet inégal : à l'un les rêves, à l'autre l'insomnie. Nous exploitons le problème en électroniciens. Nous ne le réglons bien évidemment pas, il nous sert de prétexte à un montage auquel vous pouvez trouver d'autres applications. Voici le cahier des charges : détection d'un changement de position permettant la mise en alerte d'un circuit d'observation susceptible, en fonction de la réponse du sujet observé, de lui en fournir une de son cru. Cessez de secouer votre ronfleur et profitez de l'insomnie qu'à peu de frais il vous procure pour lire cet article⁽¹⁾.

Le fonctionnement de ce circuit repose sur le principe qu'un dormeur ne ronfle pas s'il est couché sur le ventre ou sur le côté. Ceci n'implique pas qu'il va se mettre à ronfler dès qu'il tournera le nez au plafond, ou que les personnes qui dorment toujours sur le dos ronflent obligatoirement. Le ronflement ne doit d'autre part être détecté qu'à partir du moment où son intensité est suffisante pour en permettre le classement au rayon des nuisances sonores ou des tapages nocturnes de type domestique. L'appareil est donc conçu de façon à ne pas fonctionner, si le délinquant est allongé sur le ventre ou sur le côté⁽²⁾.

L'appareil se met en alerte dès que le dormeur dresse ses batteries : première étape du processus. Ensuite, si son sommeil n'est pas trop bruyant, le circuit veille sans intervenir. Les premiers ronflements pourtant sont interceptés, il s'émeut alors et sort de sa réserve. La façon dont il peut le faire est un chapitre à part. Nous pouvons déjà dire que, tel que nous l'avons conçu, il se met à son tour à ronfler, voire à siffler. L'expérience montre cependant qu'on peut ronfler comme une rai-

CESSEZ DE

RONFLER!

électronique et oto-rhino-laryngologie

« Dormir, rêver peut-être. » D'accord, Hamlet, mais à condition de ne pas ronfler sinon les sirènes te tireront du sommeil, aussi profond soit-il.

nette ou un ouaouaron (cf. épisodes récents de la bande dessinée

Rési et Transi - c'est une grenouille mugissante, puisqu'il faut tout vous dire !). Dans ce deuxième cas, le bruit produit par le résonateur risque de ne pas être à la hauteur. C'est pourquoi l'activation simultanée d'un relais est prévue. Les dispositifs commandés par celui-ci dépendront d'un certain nombre de facteurs, tels que la profondeur du sommeil du dormeur, l'intensité sonore de ses ronflements (de 37 à 87,5 dB (*ibid.*)), l'éloignement des voisins etc. Le dormeur de type "meunier-de-la-chanson", ronflant à 75 dB (mesure faite au laboratoire d'ELEX où un nommé Gaston fait quelquefois des piges) est évidemment le cas le plus désespéré, donc le plus beau à traiter. Les dispositifs envisageables sont variés : la mise en branle d'un gong ou, plus vulgairement, d'une sonnette de porte d'entrée, l'éclairage du dormeur à l'aide d'un stroboscope ou d'un flash, ou l'allumage de sa lampe de chevet (un autre exemple est proposé *infra*⁽³⁾).

Vous n'utiliserez les procédés tels que décharge électrique (à éviter autant que possible, même si elle est réputée inoffensive), déversement de liquides ou appel automatique de police secours et des pompiers, que si le dormeur souffre d'un SAS (« syndrome d'apnée du sommeil » (*ibid.*)). Et encore...

Le plus difficile à régler est la détection de la position du dormeur. Le circuit ne doit se mettre en marche que s'il est en supination (renversé sur le dos, ça veut dire). Après mûre réflexion, nous nous sommes décidés à équiper le ronfleur d'un bandeau de tête, comme en portent ces victimes de la civilisation qu'on appelle "joggeurs" (le mot viendrait-il de "joug" ?). Pourquoi un tel bandeau ? Pour maintenir un bouton poussoir ou un interrupteur à mercure, à contacts ouverts, lorsque la personne est couchée sur le ventre ou sur le côté, et fermés lorsqu'elle gît sur le dos. Cet interrupteur, S1 sur la figure 1, commande l'alimentation du circuit. Soit dit en passant :

(1) Si les ronfleurs vous font souffrir, ou si vous ronflez vous-même, consultez l'essai paru sous le titre « Le ronfleur approuvé » (éditions du Seuil, collection Point Virgule) : sa seule lecture est thérapeutique. En déclenchant le rire, il le (la) réveillera et vous vous rendormirez détendue (l).

(2) Nous prions l'Association des Ronfleurs en Posture Ventrale (ARPV) et les Adorateurs du Tenseur de la Synoviale du Genou (ATSG) de nous pardonner cette exclusion.

(3) *Infra* c'est ainsi que l'on dit "plus bas" quand on est pressé. En plus, ça fait distingué. *Ibidem*, ou *Ibid.* ou *Ib.* veut dire "dans le même ouvrage", celui dont on a donné les références supra (plus haut).

le mercure est dangereux, directement et par ses vapeurs (le mercure est en fusion à la température ordinaire !). Vous trouverez pour le tube qui le contient une position sûre et telle qu'il ne puisse se briser : le but de l'opération n'est pas d'empoisonner le ronfleur. Pour les mêmes raisons, ne soyez pas trop avare de fil lorsque vous reliez l'interrupteur au circuit, et disposez-les de façon que le dormeur ne s'y empêtre pas. Si vous utilisez comme détecteur de position un simple bouton poussoir, rappelons qu'il établit le contact lorsque le dormeur est sur le dos : vous le lui mettez donc derrière la tête, et ce n'est pas évident. Pensez-y en l'achetant.

le fonctionnement

Il est grand temps que le dormeur se mette à ronfler. Il est donc couché sur le dos et S1, poussoir ou à mercure, est fermé. L'oreille du circuit, constituée d'un microphone à électret, est tendue (elle est sous tension

aussi). L'entrée non inverseuse de A1 (broche 3) est à environ 4 V. Comme l'amplification en continu de A1 est de un (le circuit, en continu est "ouvert" par C2), la même tension règne sur sa sortie (broche 1). Les mêmes causes engendrant les mêmes effets, nous retrouvons cette tension continue à la sortie de l'amplificateur A2. La façon dont cet amplificateur est câblé peut éventuellement vous poser problème : réfléchissez-y, sachant que le circuit fonctionne comme nous le disons. Expérimentez, et si vous ne trouvez pas l'explication, rangez-le au rayon des questions en suspens. La réponse vous sera certainement donnée à l'occasion d'un autre montage.

Pardonnez cette parenthèse, il ne s'agit pas de s'arrêter en si bon che-

(4) Vous voyez donc que, zéro, c'est pas rien.



min : cette tension de 4 V, appliquée aux entrées du déclencheur (trigger) de Schmitt N1, va en faire basculer la sortie... C'est faux : la sortie de N1 reste au 1 logique. Les 4 V qui viennent de A1, à travers A2, sur l'entrée

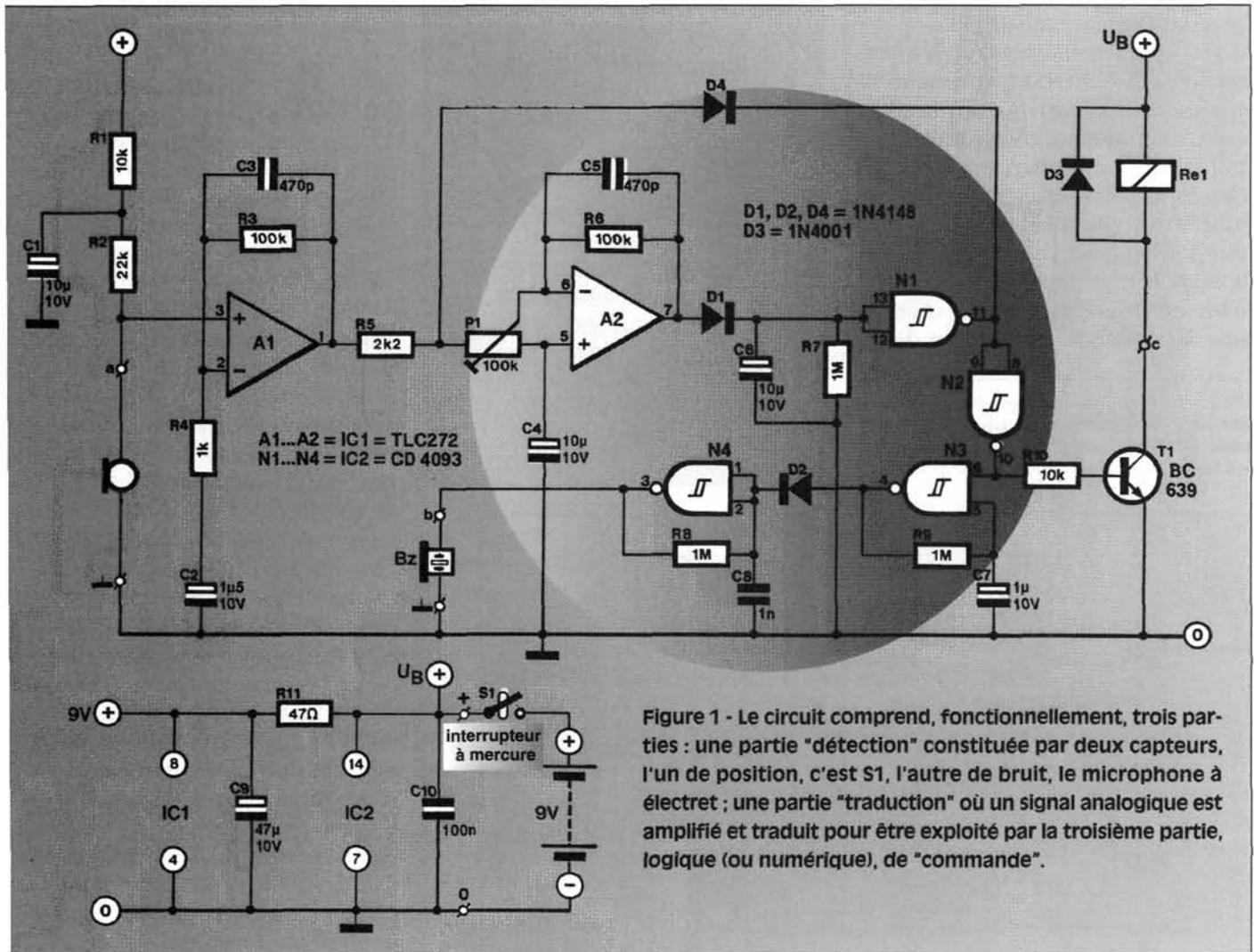


Figure 1 - Le circuit comprend, fonctionnellement, trois parties : une partie "détection" constituée par deux capteurs, l'un de position, c'est S1, l'autre de bruit, le microphone à électret ; une partie "traduction" où un signal analogique est amplifié et traduit pour être exploité par la troisième partie, logique (ou numérique), de "commande".

de N1, ne tombent pas du ciel ! La paire de résistances (R1 et R2), située sur la ligne d'alimentation du microphone, est en effet prévue pour permettre, en collaboration avec la résistance de celui-ci, que la tension régnant au repos sur l'entrée de N1, reste juste au-dessous du seuil de basculement de cet opérateur. Une tension inférieure ou égale à 4 V, représente encore un niveau logique bas, un 0, pour l'entrée de N1⁽⁴⁾. C'est aussi bien comme ça, puisqu'il n'est pas encore question de tapage.

Le niveau haut en sortie de N1 est, lui au contraire, suffisant (à peine inférieur à la tension d'alimentation) pour être reconnu comme tel par l'entrée de l'inverseur N2. La tension qui règne sur la sortie de N2 est donc de (presque) 0 V et représente un niveau logique indiscutablement bas (ce qui n'a rien de péjoratif). Le reste du circuit profite de cet état de la sortie de N2 pour dormir sans ronfler : les oscillateurs construits autour de N3 et N4, ne sont pas excités, et le transistor T1 reste bloqué, faute de tension sur sa base, moyennant quoi le relais (Re1) ne colle pas.

Quels changements peuvent maintenant survenir ? Le dormeur se tourne sur le ventre ou sur le côté : électroniquement, c'est plutôt frustrant, puisque ce changement coupe l'alimentation du montage en ouvrant S1. Nous allons donc supposer que, bien calé par ses deux oreilles, le maxillaire inférieur retombant sur la poitrine, tandis que son nez se retrousse en pavillon d'ins-

trument à vent, le dormeur commence enfin à ronfler. Le microphone n'attendait que ça pour superposer à la tension continue présente sur l'entrée non inverseuse de A1, une petite tension alternative. Nous le savons depuis longtemps, pour ce type de tension un condensateur n'est pas un obstacle, et C2 n'échappe pas à la règle. Le gain de A1 prend alors toute sa signification, il est proche de 100. Le signal amplifié est transmis à A2, dont le potentiomètre P1 permet de régler le taux d'amplification (en alternatif). La sensibilité du circuit peut ainsi être adaptée à celle des voisins les plus immédiats du dormeur. La tension obtenue à la sortie de A2 traverse ensuite la diode redresseuse D1 et arrive à l'entrée de l'opérateur N1. Elle correspond maintenant tout à fait à un niveau logique haut. Un état

bas s'établit donc à la sortie de N1, en conséquence de quoi celle de N2 passe à 1 : le transistor T1 se sature et permet au courant de traverser la bobine du relais Re1 qui colle ; l'oscillateur construit autour de N3 produit de son côté une tension carrée d'une fréquence de 1 Hz. Une demi-seconde par seconde donc, l'oscillateur suivant (autour de N4) alimente un résonateur piézoélectrique, qu'il fait ronfler dans les aigus au voisinage du kHz.

Que redresse la diode D2 ? Rien bien sûr, elle n'est là que pour éviter aux oscillations de N4 une influence directe sur N3. Quel dispositif le relais commandera-t-il ? C'est à vous de voir. Pensez cependant que vous disposez là d'une occasion inespérée : les bonnes vieilles sirènes des casernes de pompiers sont condamnées par le progrès⁽⁵⁾, donnez-leur une seconde vie.

Avons-nous fini ? Le ronfleur piézoélectrique et la sirène que vous aurez sauvée couvrent les pollutions sonores engendrées par le dormeur... Faut-il attendre l'usure des piles pour que cesse la musique ?

peu mais bon

Le phénomène est auto-entretenu : le microphone se nourrit aussi de musique, et sa sensibilité aux pépielements du résonateur et/ou au mugissement de la sirène est certaine. Si le dormeur ne daigne pas changer de position, le concert va durer toute la nuit, même si le ronfleur n'y mêle plus son clairon. Ne vous inquiétez pas, tout est prévu. La liaison établie par la diode D4 entre les sorties de A1 et de N1, assistée d'une combinaison RC à la sortie de A2 (R7 et C6) vont nous tirer cette écharde du pied (de lit). Lorsque la sortie de N1 passe à 0, la tension présente au point de rencontre de R5 et P1, tend à y rétablir le niveau par l'intermédiaire de D4. Nous verrons donc la tension baisser sur l'anode de D4 et le signal éviter A2 : la sortie de N1, en retour, devrait de nouveau se mettre au repos (état logique haut). La diode D4 est donc l'alliée du dormeur (celui qui ronfle), dont le sommeil, s'il ne tenait qu'à elle, ne serait pas troublé. Son solo pourrait se prolonger tant qu'il resterait sur le dos.

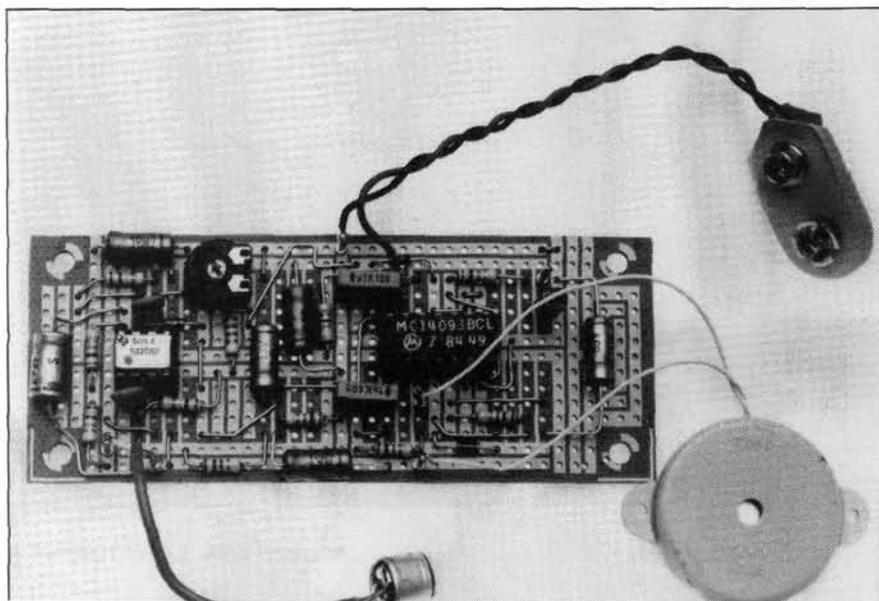
elex-abc

diode de roue libre

Toute variation du champ magnétique à l'intérieur d'une bobine engendre une tension, donc un courant, qui s'oppose à cette variation. Plus la variation est rapide, plus la tension aux bornes de la bobine est importante. Pour éviter que ce générateur, né de la coupure du courant, n'endommage le circuit auquel il est raccordé, on le boucle à l'aide d'une diode, dite diode de roue libre^(*). Le courant peut ainsi circuler et l'énergie emmagasinée dans la bobine se dissiper progressivement.

* Imaginez ce que ça donne, à vélo, lorsqu'il n'y a pas de roue libre et que l'on cesse brusquement de pédaler...

⁽⁵⁾Ces malheureuses sont progressivement remplacées par de cruels RASI déclenchés par d'abominables CTI (Récepteurs d'Appel Sélectif Individuel et Centres de Traitement des Alertes).



liste des

composants

L'ordre est heureusement rétabli par la combinaison RC : aussi longtemps que C6 garde sa charge, la tension présente sur l'entrée de N1 permet à sa sortie de rester basse, donc active. Une dizaine de secondes suffisent pour que le niveau retombe au-dessous du seuil de déclenchement du *trigger* de Schmitt : l'état de l'entrée finit par être reconnu pour un niveau 0 et celui de la sortie bascule, enfin, à 1. Il est ainsi possible, uniquement en augmentant ou en diminuant la capacité de C6, d'allonger ou de raccourcir la durée de fonctionnement du "réveil".

Il nous reste à commenter brièvement quelques petits aménagements rendus nécessaires par le fait que le circuit comprend deux parties : une partie analogique, le circuit audio en amont de la diode D1, et une partie logique, de D1 à la fin du circuit. Ces aménagements consistent à "séparer", c'est-à-dire à découpler les alimentations pour éviter que la demande de l'une ait des effets parasites sur l'autre. Les composants en jeu sont deux filtres passe-bas constitués par C9 et R11 d'une part et de l'autre par C1 et R1.

construction

La platine de la **figure 2** est bien remplie, n'est-elle pas ? Pourtant tous les composants n'y figurent pas. Certains restent à l'extérieur. Ces composants sont (comme l'eut dit Dalila) : le relais ET sa **diode de roue libre** D3, le résonateur piézoélectrique, la pile et le microphone. Des petites lettres, dont vous trouverez la correspondance sur la **figure 1**, repèrent l'arrivée des liaisons. Comment relie-t-on un microphone à une platine ? Par du câble blindé, de préférence à tout autre type de fil qui risque de pêcher des "bruits" sans intérêt pour votre problème : des parasites pour tout dire. Les autres liaisons seront bien sûr en fil ordinaire.

Un mot sur l'installation du circuit dans la chambre (ou sous la tente)

- R1, R10 = 10 k Ω
- R2 = 22 k Ω
- R3, R6 = 100 k Ω
- R4 = 1 k Ω
- R5 = 2,2 k Ω
- R7 à R9 = 1 M Ω
- R11 = 47 Ω
- P1 = 100 k Ω ajustable

- C1, C4, C6 = 10 μ F/10 V
- C2 = 1,5 μ F/10 V
- C3, C5 = 470 pF
- C7 = 1 μ F/10 V
- C8 = 1 nF
- C9 = 47 μ F/10 V
- C10 = 100 nF

- T1 = BC 639
- D1, D2, D4 = 1 N 4148
- D3 = 1 N 4001
- IC1 = TLC 272
- (double amplificateur opérationnel CMOS)
- IC2 = CD 4093
- (quadruple opérateur ET-NON à 2 entrées, à trigger de Schmitt)

- S1 = interrupteur mercure (ou poussoir)

- microphone à électret
- résonateur piézoélectrique
- relais 6 V
- pile de 9 V et connecteur à pression
- platine d'expérimentation de format 1

du *stertor simplex*⁽⁶⁾ : la position du microphone et celle de l'interrupteur, poussoir ou à mercure, seront déterminées expérimentalement. Il est d'ailleurs possible que la résistance de votre microphone soit trop élevée ou trop basse et que le réglage du circuit s'avère impossible : modifiez R2 en conséquence. Commencez par remplacer cette résistance par un potentiomètre de 47 k Ω . Ensuite, par tâtonnements, déterminez la position du curseur qui permette un fonctionnement satisfaisant du circuit : la limite est atteinte lorsque la broche 11 de IC2 reste à 1 (un peu moins de 9 V), au repos, c'est-à-dire dans un silence nocturne de bonne qualité.

87660

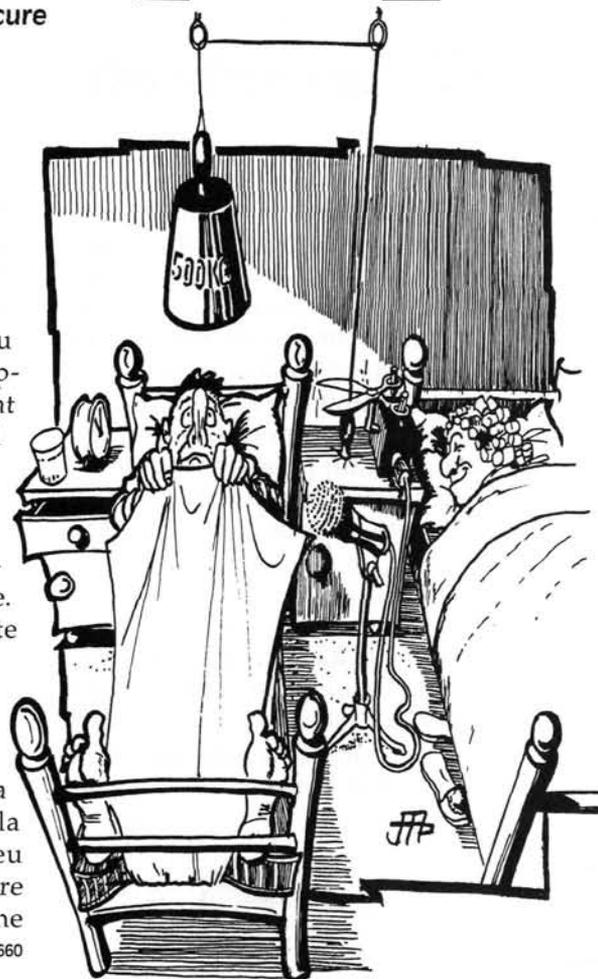
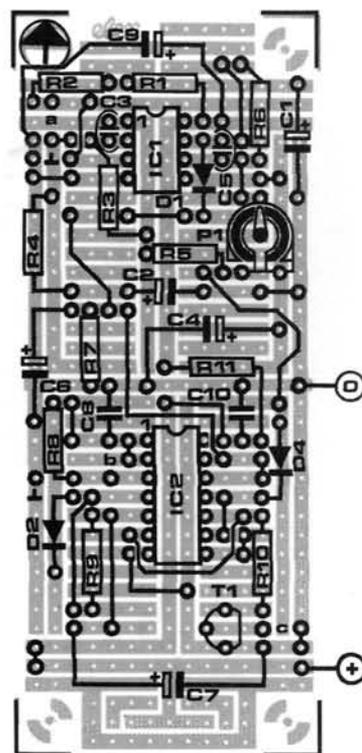
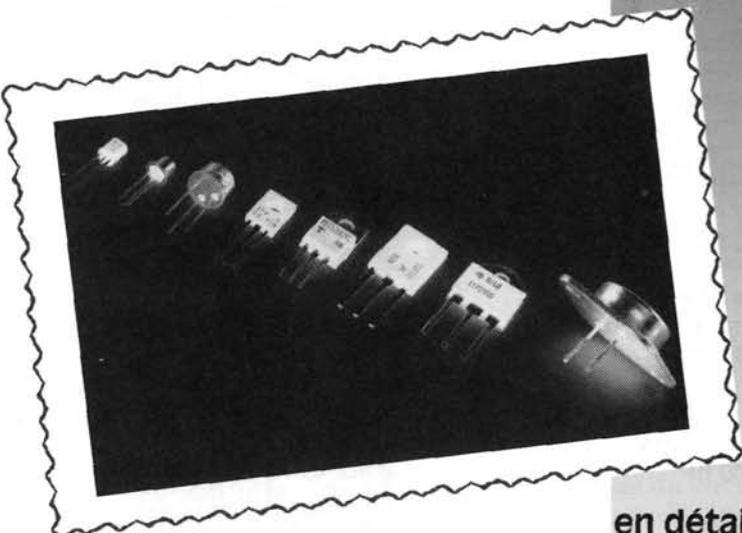


Figure 2 - Les liaisons avec les composants extérieurs sont repérées avec des petites lettres dont vous trouverez la correspondance sur la figure 1. N'utilisez pas, pour le microphone, de "fil de pêche", mais du câble blindé.

(6) Du latin *stertere*, ronfler en dormant ou dormir en ronflant ; le latin est une langue synthétique malgré son grand âge. Vous avez constaté, Mesdames, que votre mari ne ronfle que s'il est couché sur le dos. Vous avez constaté aussi qu'aussitôt dérangé, il se recouche sur le dos. Voici donc, pour vous remercier du mal que vous vous donnez à lire toutes ces notes de bas de page dont les rédacteurs croient devoir agrémenter leurs articles, un autre moyen - d'après Cavanna - de faire cesser le ronflement : écarter lui les jambes. Sous l'effet de la gravité, les bijoux de famille s'affaissent et obturent le fondement ; le tirage est coupé, le ronflement s'arrête.



Parmi les causes possibles de mauvais fonctionnement d'un montage, il y a l'inversion du collecteur et de l'émetteur d'un transistor. Dans ces conditions, il fonctionne encore normalement, mais ses caractéristiques, notamment le gain en courant, sont fortement dégradées. Pour comprendre ce qui se passe quand le rotsisnart est monté à l'envers, commençons par voir en détail comment il fonctionne à l'endroit.

Transistors à l'envers

des semi-conducteurs qui fonctionnent à moitié

Tous ceux qui ont assemblé des montages électroniques se sont trouvés devant ces trois possibilités, une fois la dernière soudure faite :
 – ça marche ! et youpi !
 – ça ne marche pas du tout. Le plus souvent, c'est dû à une faute grossière : circuit intégré à l'envers dans (ou sur) son support, tension d'alimentation de polarité inverse, ou interrupteur resté ouvert. Ce genre de défaut se détecte et se corrige facilement.

– ça marche un peu de temps en temps. C'est là que les choses se corsent.

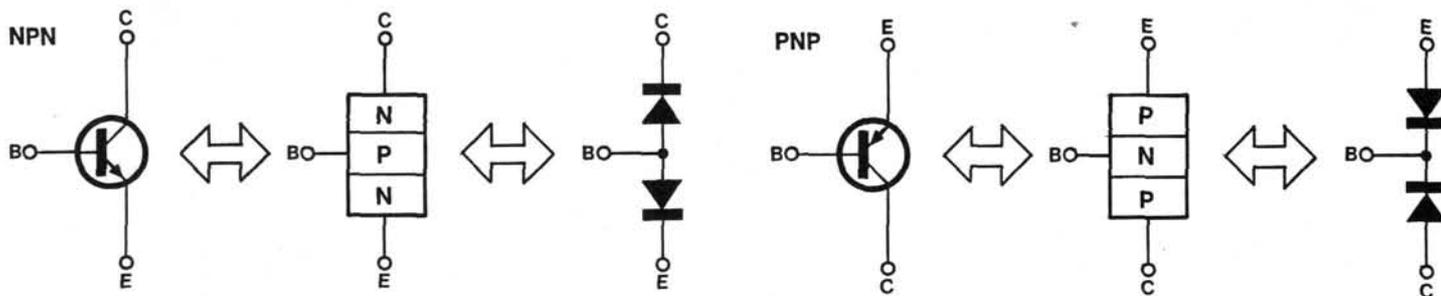
Comme le Tour de France approche, faisons une comparaison avec la recherche d'une crevasion dans une chambre à air : on trouve plus facilement un gros trou qu'une zone poreuse.

Les transistors sont faits de silicium (le germanium a eu son heure), le silicium n'est autre que du sable, mais le sable ordinaire ne convient pas pour la fabrication de transistors. Toutes les molécules doivent être rangées ou alignées, le silicium doit être **mono-cristallin**. Un transistor comporte trois couches de silicium, qui ne sont pas simplement superposées. Lors de la fabrication,

les cristaux sont « dopés » ; une quantité infime d'impuretés, de métaux étrangers, y est ajoutée. Ce sont ces impuretés qui permettent le fonctionnement du transistor : le silicium pur est un isolant parfait qui ne permettrait jamais à un transistor de fonctionner. Suivant la nature de l'impureté que reçoit le silicium, il libère des électrons (type N) ou bien il en accepte (type P).

Les trois couches d'un transistor sont alternativement de type N et P, pour constituer des dispositifs NPN ou PNP, comme le montre la **figure 1**. Chaque jonction constitue une diode ordinaire, le transistor peut être considéré comme un assemblage de deux diodes en série tête-bêche. C'est vrai pour le test de transistors au

Figure 1 - Un transistor est un sandwich de trois couches de matériau semi-conducteur (silicium P et N). Vu de l'extérieur, il répond au multimètre comme le feraient deux diodes.



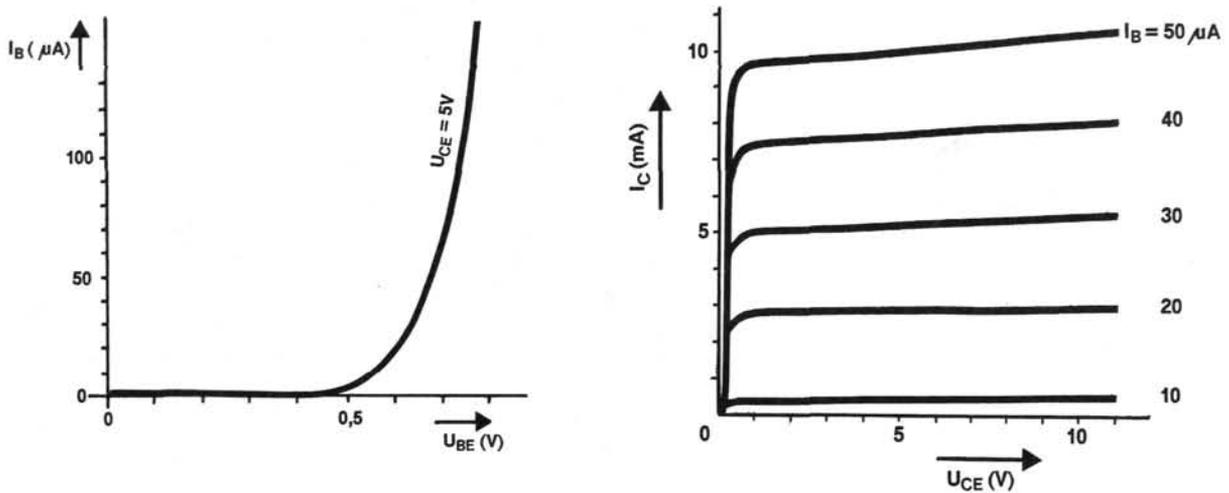


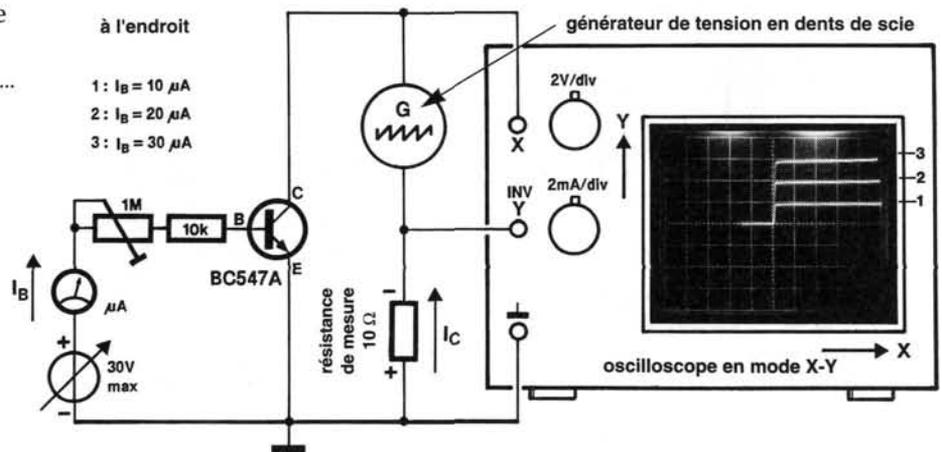
Figure 2 - Les deux caractéristiques importantes d'un transistor. En a, la caractéristique d'entrée, c'est-à-dire l'intensité du courant de base en fonction de la tension ; en b, la caractéristique de sortie montre que le courant de collecteur dépend peu de la tension collecteur-émetteur, mais principalement de l'intensité du courant de base.

multimètre, mais pas pour le fonctionnement. Si on ne peut pas remplacer un transistor par deux diodes, c'est parce que la couche qui forme la base doit être très mince par rapport à l'émetteur et au collecteur. Du fait de la structure symétrique, on pourrait supposer qu'il est indifférent que l'une ou l'autre connexion extrême soit prise comme collecteur ou comme émetteur. Il n'en est rien. Pour que le gain en courant soit appréciable, il faut que le collecteur soit beaucoup moins dopé (chargé en impuretés) que l'émetteur. La figure 2 montre les caractéristiques d'un transistor NPN connecté normalement. La caractéristique d'entrée représente le courant de base en fonction de la tension base-émetteur. La jonction base-émetteur se comporte comme une diode : jusqu'à un seuil de 0,5 à 0,6 V, aucun courant ne passe, ou presque. Passé ce seuil, le courant augmente très rapidement pour une faible augmentation de la tension, pour se stabiliser à une valeur presque constante.

Le diagramme b de la figure 2 montre la caractéristique de sortie, c'est-à-dire l'intensité du courant de collecteur en fonction du courant de base. À chaque valeur du courant de base correspond une intensité du courant de collecteur, le rapport entre ces deux intensités (I_C/I_B) s'appelle le gain en courant. Notez que pour un courant de base donné la tension collecteur-émetteur est pratiquement sans effet sur le courant de collecteur. Ces caractéristiques ne sont valables que jusqu'à un certain point ; passé une certaine tension, le transistor « claque » : le courant de collecteur augmente jusqu'à la destruction des jonctions. Une installation de mesure comme celle de la figure 3 permet de tracer sur un écran d'oscilloscope les courbes de la figure 2. Le potentiomètre permet de fixer l'intensité du courant de base. Un générateur de dents de scie fait varier constamment la tension entre environ -3 V et

+10 V. Cette tension collecteur-émetteur est utilisée d'autre part pour attaquer l'entrée horizontale (X) de l'oscilloscope. Le courant de collecteur correspondant est mesuré par la chute de tension qu'il provoque à travers une résistance de 10 Ω ; cette tension, image du courant, est appliquée à l'entrée verticale (Y) de l'oscilloscope. Pour obtenir une image à l'endroit sur l'écran, il faut inverser le signal Y, ce que permettent la plupart des oscilloscopes. La photo de la figure 3 montre le comportement du transistor pour 3 courants de base différents. Elle résulte de trois mesures différentes, et de la superposition de trois prises de vues. Même un photographe amateur, pourvu qu'il dispose d'un pied stable, peut réaliser ce genre de photo. Quand, en plus, on dispose d'un Polaroid, le résultat est garanti. Nous voyons que pour un courant de base de 20 μA, ligne du milieu, le courant de collecteur est de 4 mA

Figure 3 - Le montage de test qui permet de tracer la caractéristique d'un transistor sur un écran d'oscilloscope. La photo est obtenue par trois prises de vues successives.



le transistor en commutateur

environ ; le gain est donc de $0,004/0,0002 = 200$. La figure 4 représente le test du transistor à l'envers, avec le même dispositif de mesure. Les diagrammes qui en résultent ressemblent un peu à ceux de la figure 3, mais avec des différences importantes. Tout d'abord le courant de base doit être beaucoup plus intense que précédemment pour provoquer un courant de collecteur (ici d'émetteur) notable. Pour que le courant soit de 4 mA, comme dans le montage normal, il faut porter le courant de base à 1,5 mA au lieu de 20 μ A. Le gain est donc de $4/1,5 = 2,66$. Cette différence de gain est due, comme nous l'indiquions au début, à la différence de dopage entre le collecteur et l'émetteur.

Une deuxième différence est la courbure prononcée des trois courbes dans la partie droite, c'est-à-dire pour les tensions les plus fortes. À partir de 6 V environ, le courant de collecteur (émetteur) croît rapidement sans que le courant de base ait augmenté. L'explication tient ici aus-

si à la différence de structure des deux diodes qui constituent le transistor. Leurs caractéristiques sont différentes, notamment leur tenue en tension inverse. La jonction base-collecteur est bloquée en fonctionnement normal, elle doit donc supporter des tensions inverses importantes, d'environ 30 V pour le BC547 de notre exemple. Par contre, la jonction base-émetteur est toujours polarisée dans le sens direct pour le fonctionnement normal ; le fabricant n'attache aucune importance à sa tenue en tension inverse. Connectée à l'envers, cette jonction travaille en blocage, mais comme sa tenue est limitée à une tension de 5 ou 6 V, elle se comporte comme une diode zener. Le courant passe sans encombre à travers cette diode zener et la jonction base-collecteur (émetteur) polarisée dans le sens passant. Suivant le montage où ce transistor est monté, suivant la tension d'alimentation et la charge de collecteur ou d'émetteur, le transistor risque de trépasser.

Le transistor est utilisable aussi dans un circuit non-linéaire, en tout ou rien ; qu'arrive-t-il si le collecteur et l'émetteur sont intervertis ? Le circuit de mesure est celui de la figure 5. Les transistors utilisés en commutation sont pilotés par des courants de base relativement importants, qui provoquent la saturation et donnent une tension de déchet collecteur-émetteur minimale. Ce courant circule par la résistance de 10 k Ω quand l'entrée est au niveau haut. Il provoque l'entrée en conduction du transistor et la tension du collecteur passe au niveau de la masse (la trace inférieure de l'écran). Suivant la loi d'Ohm, le courant de collecteur est égal à $5 \text{ V}/10 \text{ k}\Omega = 0,5 \text{ mA}$. Dans cet exemple de calcul, la tension collecteur-émetteur (de 0,2 V environ) est négligée. Le courant de collecteur, si on le calcule en fonction du gain et du courant de base, devrait être beaucoup plus important, mais il est limité par la tension d'alimentation et la résistance de collecteur : on dit que le transistor est saturé. Du fait de cette saturation, il faut un certain temps, après l'annulation du courant de base, pour que la tension de collecteur reprenne sa valeur « haute » (effet de stockage des charges dans

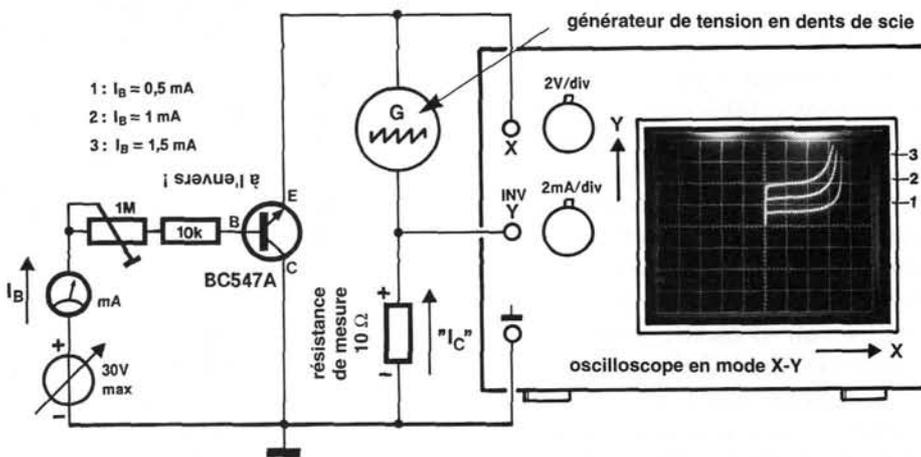


Figure 4 - Même installation de mesure que pour la figure 3, mais le transistor est à l'envers. Comme il fallait s'y attendre, les courbes sont totalement différentes.

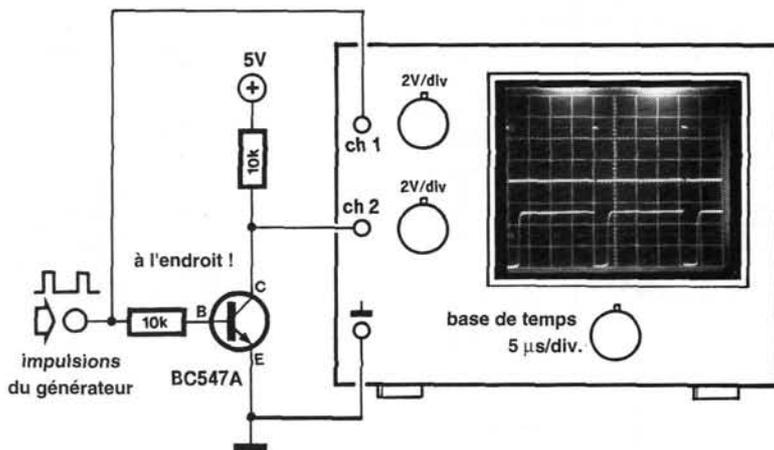
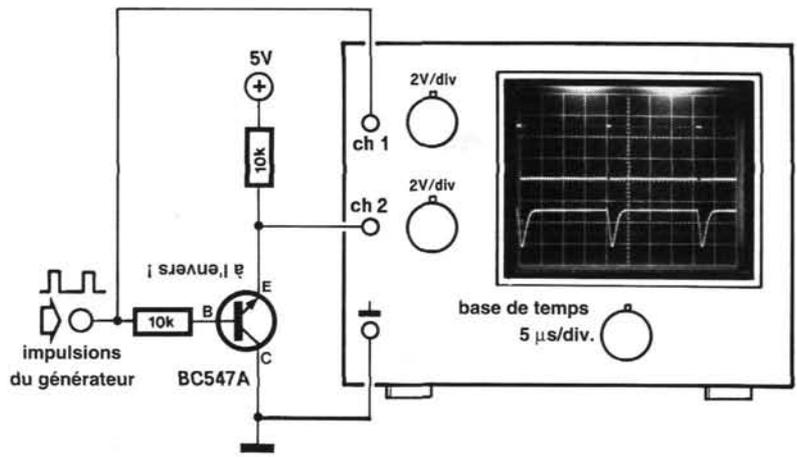


Figure 5 - Ce montage met en évidence le fonctionnement du transistor en commutation. La source de signaux de commande est un générateur rectangulaire.

Figure 6 - Même connecté à l'envers, un transistor peut fonctionner en commutateur. Si la tension de zener n'est pas atteinte par la tension d'alimentation, le transistor risque d'avoir trop de puissance à dissiper du fait de la tension collecteur-émetteur trop importante.



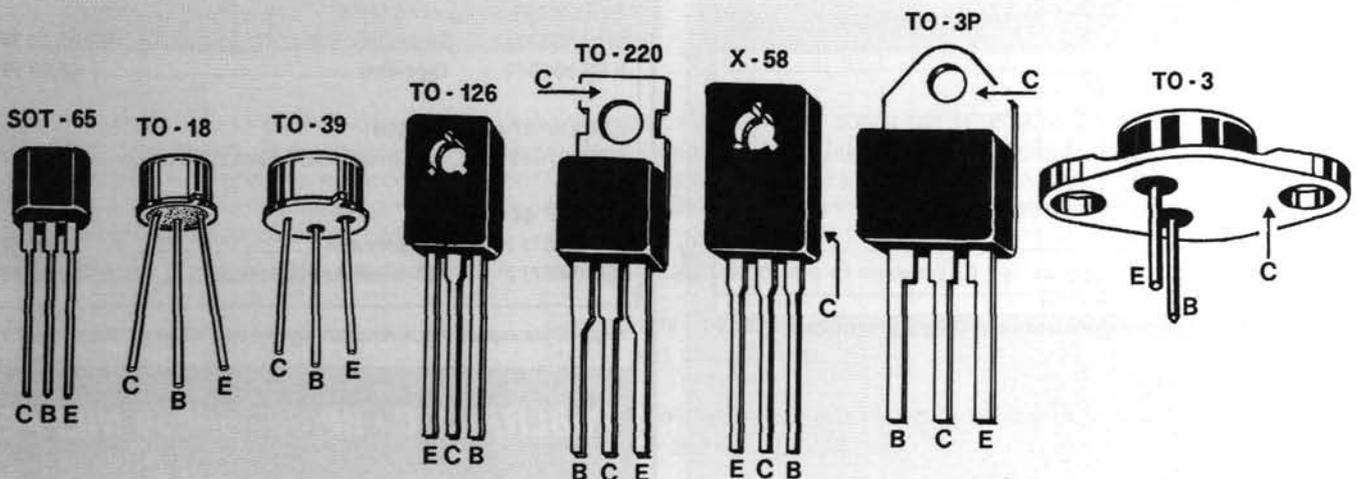
le brochage des transistors

la base). C'est ce qui explique le front montant incliné, et non vertical, de la courbe inférieure de l'écran. Le même circuit de mesure est utilisé sur la **figure 6**, avec un transistor connecté à l'envers. La trace inférieure montre que la tension de collecteur n'atteint jamais le niveau de la masse et que les fronts descendants et montants sont « paresseux ». Le gain du transistor à l'envers est tellement faible que le transistor n'atteint jamais la saturation. La réaction aux impulsions de commande est lente et le commutateur ne fonctionne pas normalement. Si on augmente la résistance de base, les creux de la courbe s'approcheront encore moins de la masse, le transistor commutera encore moins bien. L'effet zener de la jonction base-émetteur (devenue base collecteur) ne se manifestera pas dans un circuit logique dont la tension d'alimenta-

tion est de 5 V. Pour des tensions d'alimentation supérieures, de 12 V ou 15 V par exemple, il faut s'en remettre à la résistance d'émetteur ou de collecteur pour éviter des surintensités mortelles. Le risque n'est pas nul car les relais ont habituellement des résistances faibles, plus faibles que les charges de collecteur en régime linéaire. Le « ex » d'alex signifie expérimentation, c'est pourquoi nous concluons cet article par quelques informations pratiques : le brochage des principaux transistors en **figure 7**. Il est toujours préférable de prévoir que de réparer, ces indications vous permettront de vérifier le brochage des transistors avant de les implanter. La plupart des transistors utilisés dans alex (de type BC) sont logés dans des boîtiers en plastique avec, vus du côté plat, le collecteur à gauche, la base au milieu, l'émet-

teur à droite. Cette disposition est indépendante de la polarité des transistors (PNP ou NPN). Attention, il existe quelques exceptions, que nous nous efforçons de signaler dans les schémas des réalisations. Les transistors anciens au germanium ont un boîtier métallique ou en verre peint en noir. Sur ces modèles, la base est au milieu et le collecteur est repéré par un point de peinture rouge. La partie métallique des transistors, qu'elle soit prévue ou non pour le montage d'un refroidisseur, est reliée le plus souvent au collecteur. C'est pourquoi il faut parfois prévoir des accessoires isolants. Pour les modèles métalliques à deux broches, le collecteur ne peut pas être connecté autrement que par le boîtier. Il existe quelques types à quatre fils ; le quatrième fil est relié au boîtier, lequel est isolé du transistor, mais est prévu pour servir de blindage.

Figure 7 - Quelques types de boîtiers de transistors avec les brochages les plus courants.



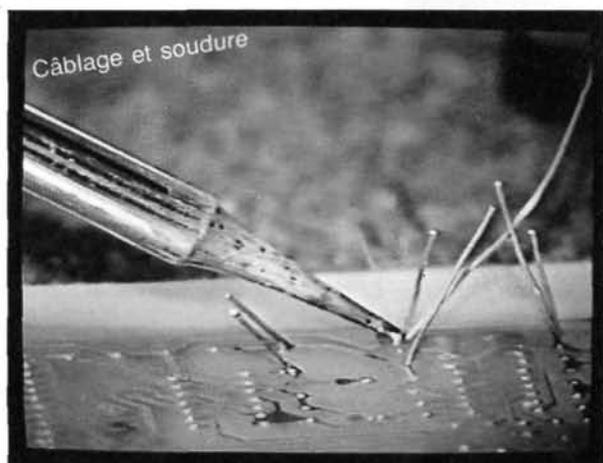
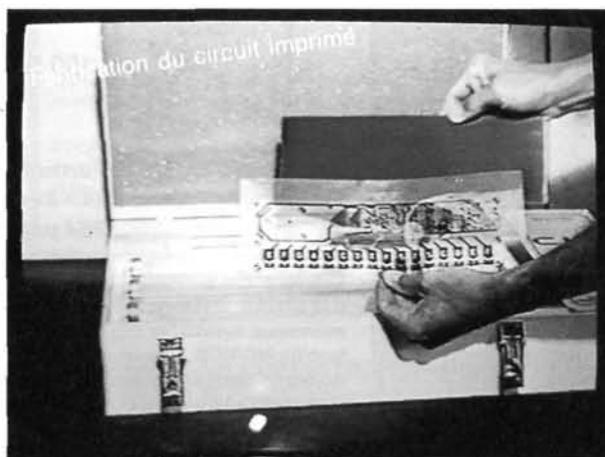
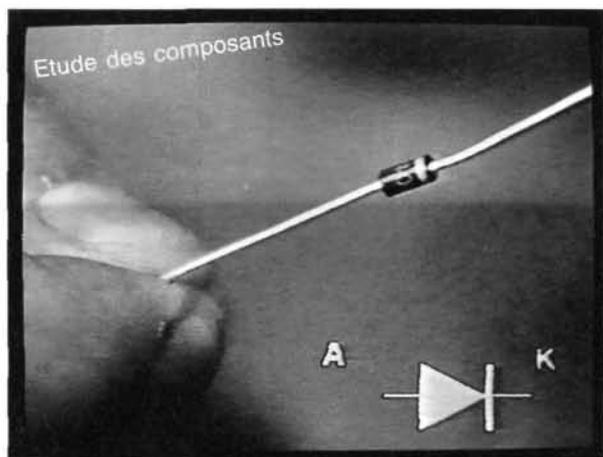
L'ENSEIGNEMENT DE L'ELECTRONIQUE DEVIENT

clair agréable efficace

avec la cassette vidéo d'initiation
"La Conquête de l'Electronique"



Ce film de quatre épisodes se déroule autour de la réalisation d'un mini-orgue électronique. Chaque épisode de quelques minutes peut être suivi de façon indépendante et répétée, en groupe ou individuellement. L'objectif est de permettre de visualiser les diverses manipulations importantes en électronique, et de montrer comment organiser un projet de montage, étape par étape.



L'impact de la vidéo didactique n'est plus à démontrer. Ce film a été conçu par la rédaction de la revue ELEX, avec le concours d'enseignants de technologie, et de fabricants d'outillage pour l'électronique. Il a été réalisé par une équipe de professionnels de l'audiovisuel. Les interventions animées de RESI et TRANSI, les deux personnages de bande dessinée, soulignent les moments forts du film, le rendant amusant, plus captivant et contribuent ainsi à augmenter son efficacité pédagogique.

Ne vous privez pas plus longtemps de cet avantage ! Utilisez le bon ci-dessous

Nom _____
Adresse _____

Commande la cassette vidéo* _____ x 167 FF* =
Forfait port et emballage = 30.00 FF
TOTAL =

Joindre votre règlement par chèque bancaire ou postal.
* Indiquer PAL ou SECAM.

PUBLITRONIC

Z.A.E. - B.P. 60 - 59850 NIEPPE - Tél. : 20.48.64.64.

* PROFITEZ-EN ! Baisse de TVA et de matières premières (167F au lieu de 179F.)