

électronique

n° 53

mars 1993

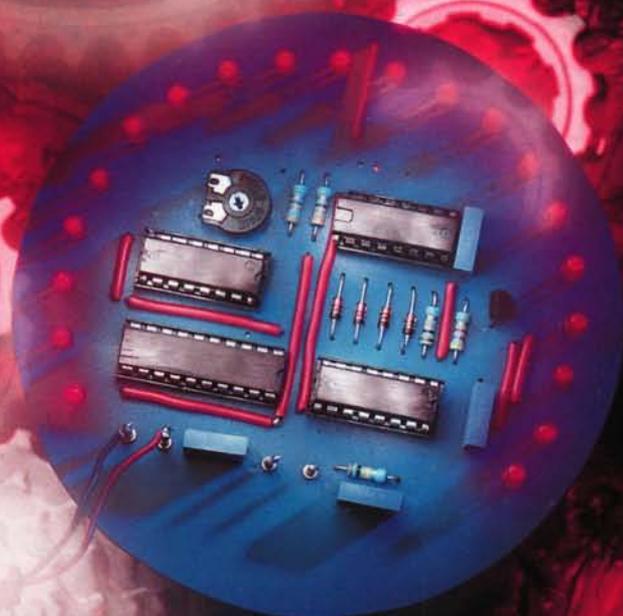
23 FF/168 FB/8,20 FS
mensuel

élect

nouvelle série :
**le calcul des
composants**

mieux connaître :
les récepteurs radio

tachymètre analogique pour bicyclette



**générateur
de fonctions B. F.**

récepteur VHF

**réalisations avec dessins
de circuit imprimé**

explorez l'électronique

M2510 - 53 - 23,00 F



ALARME AUTOMOBILE

CA-6000 SYSTEME 2 FILS A TELECOMMANDE

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

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

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

CA-6000 101.3480 476F39 HT 565F00 TTC

CARACTERISTIQUES:

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



ACCESSOIRES OPTIONNELS:

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

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

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

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

VIDEO

CABLE PERITEL PROFESSIONNEL

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

Les coaxes et blindés sont à blindages séparés.
- 6 x coax 75 W vidéo - 4 x blindés BF
- 4 x tensions de commutation

Le mètre
101.3415 37F94 HT 45F00 TTC

Les 10 m
101.3417 303F54 HT 360F00 TTC

PLUS QUE JAMAIS ETONNIFIANT!

- 1 x quartz 3,2768 MHz - 4 x DL-470
- 1 x Cordon spécial péritelvision - 1 x alimentation secteur 12 V - 1 x quartz 4,000 MHz - 1 x 68705

L'ensemble
101.3298 119F00 TTC

Par 10 seulement 115F00 TTC

LASER



POINTEUR LASER INNOX

Puissance d'émission: 0,9 mW min.
Longueur d'onde: 670 nm (rouge)
Alimentation: 2 piles R1 ("N") fournies
Autonomie: 2 heures en continu.
Le pointeur INNOX
101.3610 716F69 HT 850F00 TTC

MESURE

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

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

L'alimentation AL 924
101.3937 2276F56 HT 2700F00 TTC

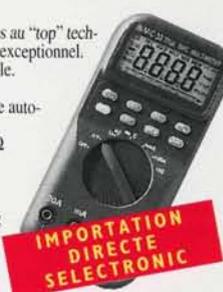


MULTIMETRES M.I.C.

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

MIC-35
2000 points. Changement de gamme automatique ou manuel.
R 0,1 Ω à 20 MΩ
Test de continuité
Test de diodes
DATA hold
Dim.: 176x82x32 mm Poids: 220 g

MIC-37
101.1729 333F05 HT 395F00 TTC



MIC-37
4000 points avec bar-graph. Mesures relatives. Mémoire des MIN et MAX. Changement de gamme automatique ou manuel.

R 0,1 Ω à 40 MΩ
C 1 pF à 40 μF
F 0,1 Hz à 600 kHz
Test de continuité
Test de diodes
DATA hold
Dim.: 176x82x32 mm Poids: 280 g

MIC-37
101.1740 502F53 HT 596F00 TTC

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

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



OFFRE N° 1

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

TOTAL 3695F00 TTC

NOUS VOUS OFFRONS:
- 6 plaques EPOXY 1 face 200x300 présensibilisé
- 10 sachets de révélateur positif
- 1 jerrycan 5L de perchlo suractivé
- 2 sachets de détachant pour perchlo
- 1 sachet de 10 gants de protection
- 1 bac AR-23
- 1 flacon 1/2 L étain chimique
- 1 stylo DALO
(Ensemble d'une valeur de 691F70 TTC)

OFFRE N° 1 LE TOUT
101.3750 3115F51 HT 3695F00 TTC
Forfait PORT (transporteur) et EMBALLAGE en sus 150F00 TTC



OFFRE N° 2

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

TOTAL 2368F00 TTC

NOUS VOUS OFFRONS:
- 6 plaques EPOXY 1 face 150x200 présensibilisé
- 3 plaques EPOXY 1 face 100x150 présensibilisé
- 10 sachets de révélateur positif
- 3 sachets de perchlo en poudre
- 2 sachets de détachant pour perchlo
- 1 sachet de 10 gants de protection
- 1 bac AR-23
- 1 stylo CIF
(Ensemble d'une valeur de 430F00 TTC)

OFFRE N° 2 LE TOUT
101.3640 1996F63 HT 2368F00 TTC
Forfait PORT (transporteur) et EMBALLAGE en sus 150F00 TTC

3616 SELECTRO

Voilà le code d'appel du serveur Minitel SELECTRONIC. Il vous offre:
- un service d'assistance et de renseignements techniques
- les dernières nouveautés et promotions
- des informations, des petites annonces classées etc...
- TELECHARGEZ UN ASSEMBLEUR 68705 POUR PC
- TESTEZ VOS CONNAISSANCES EN ELECTRONIQUE ET GAGNEZ UN SUPERBE MULTIMETRE!



CONDITIONS GENERALES DE VENTE

REGLEMENT A LA COMMANDE: Forfait port et emballage 28F00 TTC
FRANCO à partir de 700F00
CONTRE-REMBOURSEMENT: Frais en sus selon la taxe en vigueur.
Pour faciliter le traitement de votre commande, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés.



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



Selectronic
LA PASSION DE L'ELECTRONIQUE

Rési & Transi : bande dessinée	4
Le calcul des composants : bases	8
Commander un relais : quoi ? comment ?	16
Les radio-récepteurs : quoi ? comment ?	26
La mire TV : quoi ? comment ?	36
Liaisons radio sous-marines : quoi ? comment ?	44
Mesures de tension et de courant	52
Nouveautés	56
Astuce : rallonge souple pour axe de potentiomètre	58
Petites Annonces Gratuites	60

au sommaire d'alex 53, mars 1993

- 6 un avertisseur d'allumage de veilleuses pour l'automobile
- 10 une alarme anti-poison
- 14 un marieur de transistors
- 18 une commande d'antenne motorisée pour l'automobile
- 21 un tachymètre analogique pour bicyclette, avec dessin de circuit imprimé !
- 32 une antenne FM "papillon"
- 39 un récepteur VHF - première partie avec dessin de circuit imprimé !
- 47 un générateur de fonctions B.F. première partie : carré et triangle

Annonces: AG ELECTRONIQUE p. 54 -
 B.H. ÉLECTRONIQUE p. 55 -
 CIF p. 59 - COMPOSIUM p. 55 -
 DIPTAL p. 7 - EURO COMPOSANTS p. 54 -
 FITEC p. 57 - HB COMPOSANTS p. 54 -
 JACKSON DIFFUSION ELECTRONIQUE p. 55 -
 J.REBOUL p. 55 - LAYO FRANCE p. 55 - LOISIRS ELECTRONIQUES p. 55 -
 MAGNÉTIK FRANCE p. 25 - MICROPROCESSOR p. 55 -
 NICE COMPOSANTS DIFFUSION p. 55 -
 PUBLITRONIC pp. 58, 59, 60, 61, 62 et 63 -
 SÉLECTRONIC pp. 2, 61, 62 et 64 - SPESYS p. 55 - SVE ELECTRONIC p. 55 -
 TSME p. 55 - URS MEYER ELECTRONIC SA p. 55 -



LES BIDOUILLES DE

DIS DONC...

SI ON REVENAIT UN PEU À LA VIDEO?



D'ACCORD. OÙ EN ÉTAIT-ON ?



AU MONTAGE PROFESSIONNEL!

AH OUI. IL Y A UNE SACRÉE DIFFÉRENCE.

AH BON?



DÉJÀ, EN PROFESSIONNEL, ON EMPLOIE D'AUTRES FORMAT QUE LE FORMAT "GRAND PUBLIC" QU'ON A VU JUSQU'ICI. TOI, C'EST DU V.H.S. SECAM.

OUAIS. ET ALORS?



LES "PROS" TRAVAILLENT PLUTÔT EN U-MATIC OU EN BETAMAX. EN TOUS CAS, EN PAL



QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ?



POUR NE PAS NOUS NOYER DANS LES DÉTAILS, NOUS NE PARLERONS QUE DE L'U-MATIC. TU CONSTATES/RAS QUE LA BANDE EST PLUS LARGE EN U-MATIC (3/4 de Pouce) QU'EN V.H.S. (1/2 Pouce).



JE VOIS!



ÇA SIGNIFIE: MEILLEURE QUALITÉ D'IMAGE, ADICTIONNCTION D'UNE SECONDE PISTE, SON, PAR EX...



ON Y STOCKE ÉVIDEMMENT PLUS D'INFORMATIONS.

AVEC TON MATÉRIEL V.H.S., NOUS N'AVIONS PU FAIRE QU'UN MONTAGE IMPRÉCIS, TU TE SOUVIENS?



QUAND TU FAIS TON MONTAGE DE MAGNÉTOSCOPE À MAGNÉTOSCOPE, LES VITESSES DE DÉFILEMENT DES BANDES ET DE ROTATION DES TÊTES NE SONT PAS PARFAITEMENT SYNCHRONISÉES, D'ACCORD?



SI TU LE DIS...



... CE QUI FAIT QUE LES TÊTES DE LECTURE ET D'ENREGISTREMENT VONT LIRE OU ENREGISTRER APPROXIMATIVEMENT LES IMAGES CHOISIES. COMME CECI :



RESI & TRANSI[®]



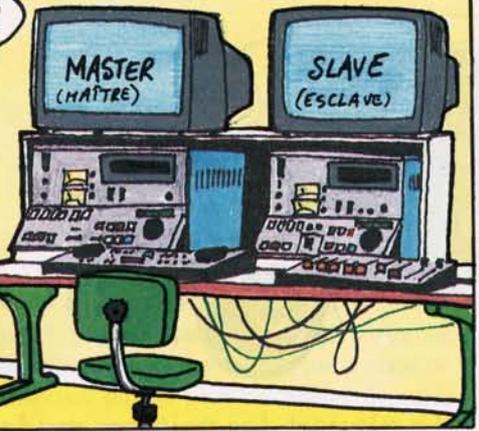
DESSINS : YVON DOFFAGNE - COULEURS : COOKY F.

CE QUI DONNE UNE IMPRÉCISION SOUVENT GÉNANTE. ALORS QU'EN "PRO", CE N'EST PAS LE CAS.



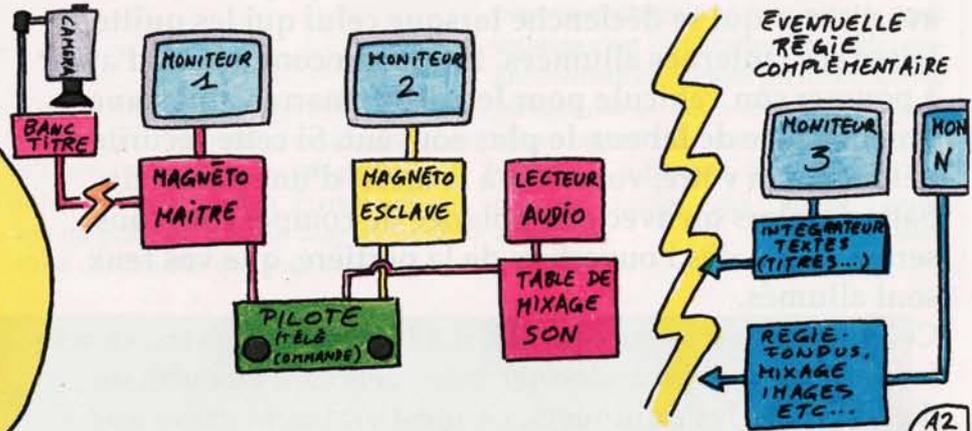
EN U-MATIC, ON MONTE À LA TRAME (1/2 IMAGE) PRÈS. GRÂCE À CE BANC DE MONTAGE

FICHTE! IL FAUT UN BREVET DE PILOTE!!

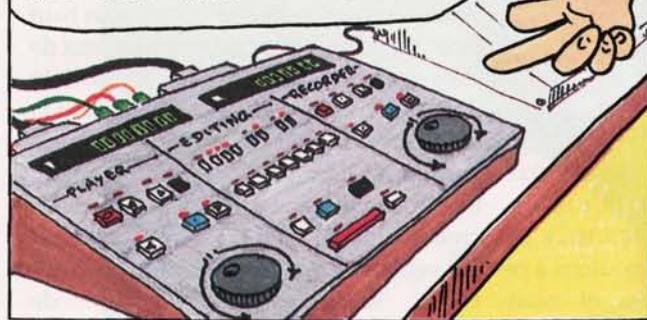


VOILÀ LE SCHEMA DE L'INSTALLATION...

MAZETTE!...



C'EST CE PILOTE, (TÉLÉCOMMANDE) LA PIÈCE MAÎTRESSE DU BANC. C'EST LUI QUI VA SYNCHRONISER NOS DEUX MAGNÉTOSCOPES.



ON POURRAIT PAS DEMANDER AU CHEF D'EN ACHETER UN?

CETTE FOIS, C'EST DÉCIDÉ, JE VAIS LE TUER!!...

HE!.. NON!.. ET MON GRAND RÔLE?

"BEN... C'EST TRÈS CHER!"



ON SE CALME! D'ABORD, ÇA PEUT SE LOUER... OU MÊME...



... DANS CERTAINS DÉPARTEMENTS, DES OFFICES CULTURELS EN METTENT À LA DISPOSITION DES ASSOCIATIONS-

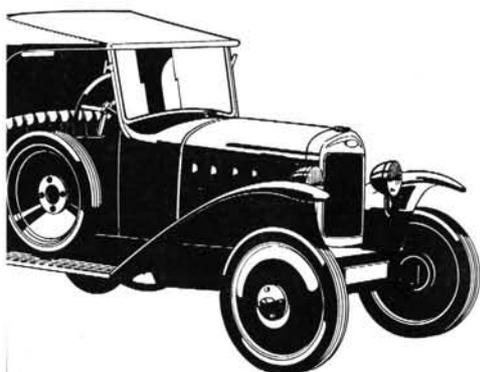
RENSEIGNEZ-VOUS.

QUANT À NOUS, J'AI PRIS RENDEZ-VOUS POUR LE MOIS PROCHAIN-



À SUIVRE... (B2)

avertisseur d'allumage de lanternes pour automobiles



La plupart des voitures modernes sont équipées d'un avertisseur qui se déclenche lorsque celui qui les quitte laisse ses lanternes allumées. Il évite au conducteur d'avoir à pousser son véhicule pour le faire démarrer, après une dure journée de labeur, le plus souvent. Si cette sécurité fait défaut sur la vôtre, vous êtes à la merci d'une panne de batterie, alors qu'avec une poignée de composants vous seriez averti, dès l'ouverture de la portière, que vos feux sont allumés.

Cet incident est assez courant. Il a bien dû vous arriver, une fois ou l'autre, d'abandonner votre véhicule en oubliant d'en souffler les quinquets. Ce n'est vraiment grave que lorsqu'ils cessent d'eux-mêmes de briller après avoir épuisé la batterie. La chance aidant, le jour où ça se produit, il pleut ou il neige et on a un rendez-vous urgent : pas le temps de remettre en charge, il faut pousser. Cessons l'évocation cruelle de si tristes souvenirs et revenons à l'objet de cet article.

lorsqu'ouvrant la portière alors que les feux sont encore allumés, nous quitterons notre auto. Le responsable du bruit est un ronfleur électronique qui fonctionne en continu, comme vous le voyez sur la figure 1. Il s'excite dès qu'un interrupteur commandé par une portière se ferme, soit dès qu'une portière de la voiture s'ouvre. Les deux composants du "circuit" sont câblés, d'un côté, entre l'ampoule du plafonnier et l'interrupteur sus-nommé (dit "interrupteur de feuillure"), de l'autre, entre les feux de stationnement (oui, nous y reviendrons) et leur levier de commande. Le principe de fonctionnement est des plus simples : aussi longtemps que la portière est fermée et que les feux sont allumés, la tension qui règne au point A est de 12 V. Il ne se passe rien dans cette situation, puisque l'interrupteur de la portière est ouvert. Lorsque, toutes choses restant par ailleurs identiques, la portière s'ouvre, le courant traverse D1 de A vers B, de sorte que le ronfleur, alimenté, se réveille et ronfle. Pour qu'il se rendorme en silence, il n'y a que deux solutions : éteindre les feux ou refermer la portière. La première aura sans doute la préférence.

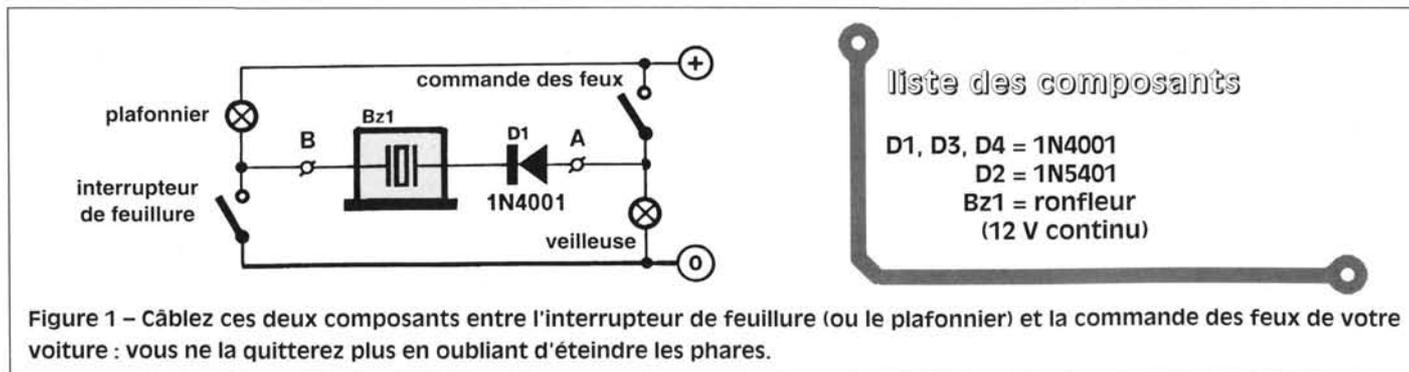
La diode D1, câblée en série avec le ronfleur, a pour fonction de le protéger d'une alimentation en inverse lorsque tous les interrupteurs sont ouverts.

Vous vous êtes peut-être étonné plus haut de ce que nous avons câblé sur les feux de stationnement au lieu de nous prendre sur les phares ou les codes. C'est pourtant la meilleure solution puisque, dans la plupart des cas, les veilleuses s'allument en même temps que les phares ou les feux de croisement. S'il est nécessaire qu'à l'arrêt les veilleuses restent allumées, le bruit vous servira de témoin de fonctionnement.

BZZZZ...

Il y a plusieurs façons de résoudre le problème mais comme vous semblez pressé, nous prendrons la plus simple, la plus efficace et la moins coûteuse. « Comment ça, trois montages ? » Non, bien sûr, un seul suffira.

(LE RESPONSABLE DU BRUITAGE DES ARTICLES VIENT DE PARTIR POUR CINECITA. LA DIRECTION VOUS PRÉSENTE SES EXCUSES POUR LA PAUVRETÉ DE CELUI-CI.) Bzzz : ajoutons à ce bruit quelques harmoniques et nous obtiendrons le signal qui se déclenchera



liste des composants

D1, D3, D4 = 1N4001
D2 = 1N5401
Bz1 = ronfleur
(12 V continu)

Figure 1 - Câblez ces deux composants entre l'interrupteur de feuillure (ou le plafonnier) et la commande des feux de votre voiture : vous ne la quitterez plus en oubliant d'éteindre les phares.

Figure 2 – Si vous ne souhaitez pas que le dispositif soit aussi commandé par la portière du passager, la diode D2 en isolera l'interrupteur.

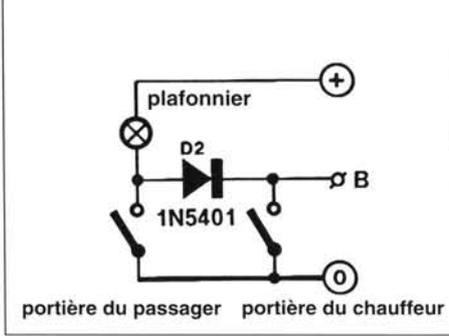


Figure 3 – Pour les voitures dont les feux de stationnement sont, suivant les cas, à droite ou à gauche, les diodes D3 et D4 éviteront d'avoir à choisir.

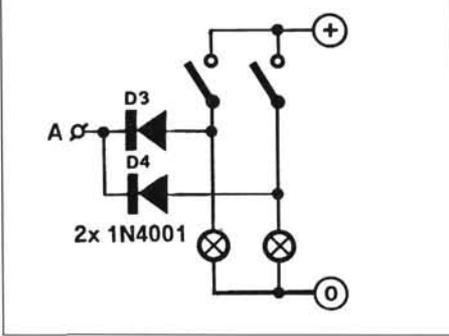
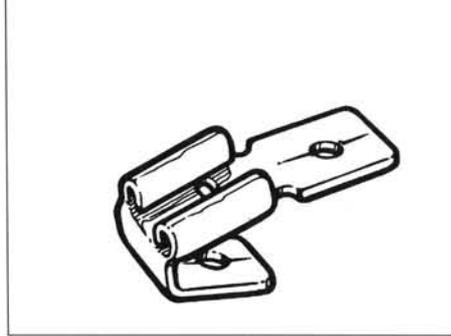


Figure 4 – Cette cosse fast-on de reprise vous permettra d'effectuer facilement et rapidement vos dérivations sans risques pour le câblage d'origine.



Pour qui désire que le dispositif ne réagisse pas à l'ouverture de la portière du passager, la figure 2 indique comment procéder. Ça ne lui coûtera qu'une diode branchée entre les deux interrupteurs de portière. La fonction de D2 est identique à celle de D1, elle ne laisse pas passer le courant lorsque la portière du passager est ouverte, c'est-à-dire quand l'interrupteur se ferme de son côté.

Pour finir, nous traitons le cas des voitures qui, en stationnement, n'utilisent pas les veilleuses. Elles laissent allumé en continu l'un ou l'autre des clignotants. Pour

éviter d'être obligé de choisir un côté, on câble une paire de diodes (D3 et D4 sur la figure 3) entre l'interrupteur de mise en veilleuse (le clignotant, habituellement) et le point A de la figure 1.

montage

Vu le nombre impressionnant de composants que comporte ce circuit, nous n'avons pas cru bon de vous proposer de schéma d'implantation. Prenez une plaquette pastillée comme base et servez-vous des conseils que nous avons donnés

dans de précédents numéros (le numéro 49 page 45 par exemple). Vous ne devriez avoir de problème que si vous ne disposez pas du plan de câblage de votre voiture, avec le code des couleurs des fils pour vous y retrouver. Sans plan, la seule solution c'est l'ohmmètre. Travaillez soigneusement en prenant un maximum de précautions et faites usage de doubles cosses comme celle que nous avons représentée sur la figure 4. Elles donnent des contacts fiables que votre voiture appréciera.

886048



01410 CHEZERY
Tel. : 50 56 94 97
Fax : 50 56 95 17

Chassez vos idées noires.

9 coloris disponibles.

40 modèles différents.





De nombreux lecteurs nous demandent de faire une place au calcul. Ces premières pages les décevront peut-être, mais il nous a paru essentiel de prendre les choses à leur commencement. Nous évoluerons assez vite sans chercher à atteindre de sommets : la pose de passerelles au-dessus des abîmes permettra au plus grand nombre de les franchir sans encombre. Certains exprimeront leur satisfaction de voir ainsi les choses reprises à partir de la loi d'Ohm, d'autres, beaucoup plus savants ou au-dessus de ça protesteront : si les choses leur paraissent faciles, qu'ils s'y arrêtent cependant, le temps d'un rafraîchissement ou d'une remise en ordre, ou pour nous critiquer. Ce n'est pas parce que la critique est facile qu'il faut s'en abstenir, surtout ici, où tous les risques sont pour nous...

Commençons les travaux, par la loi d'Ohm, comme nous l'avons dit : vous connaissez les signes, [-] pour la multiplication, [:] pour la division ? Nous utilisons aussi π (pi) = 3,14.

bases de calcul

ou

camp de base

calculs de base

tension, courant, résistance

La loi d'Ohm est de loin la loi la plus importante en électricité. Elle exprime que la différence de potentiel U entre les extrémités d'un conducteur (ordinaire) est proportionnelle à l'intensité I du courant qui le traverse : $U = R \cdot I$

La différence de potentiel, vous lirez aussi « la tension aux bornes », la « tension sur », s'exprime en volts (V); l'intensité du courant, on lit souvent « le courant » ou « l'intensité », s'exprime en ampères (A). Le rapport entre tension et intensité (ou la pente de la droite d'équation $U = R \cdot I$ qui représente les variations de la tension en fonction de celles de l'intensité) est appelé résistance du conducteur. Elle dépend de ses dimensions et du matériau dont il est fait, de sa température, tenue pour constante ici. La résistance s'exprime en ohms (Ω).

exemple

La différence de potentiel entre les extrémités d'une résistance de 100 Ω est de 20 V, quelle est l'intensité du courant qui traverse cette résistance ?

$$I = U : R = 20 : 100 = 0,2 \text{ A}$$

Comme les résistances sont assez souvent de l'ordre du millier d'ohms et les intensité de celui du millième d'ampère, vous trouverez parfois : $I = 20 : 0,1 = 200 \text{ mA}$ Lorsque l'intensité est exprimée en milliampères, les résistances doivent l'être en kilohms (100 = 0,1 k Ω).

résistances

Les composants de l'électronique qui font l'objet des calculs les plus fréquents sont certainement les résistances. Elles sont uti-

lisées en diviseurs de tension, câblées en série et/ou en parallèle. Le calcul de la résistance équivalente R_e à celles de la figure 1 ne nécessite qu'une addition :

$$R_e = R1 + R2 + R3 + \text{etc.}$$

« etc. » s'il y en a d'autres. Il en est ainsi parce l'intensité du courant est la même partout et que la tension aux bornes de l'ensemble est égale à la somme des tensions aux bornes de chacune des résistances.

Si les résistances sont câblées en parallèle, comme sur la figure 2, la résistance équivalente est plus longue à calculer puisque le courant se divise entre les branches. La différence de potentiel U entre les extrémités de chacune des résistances est la même et la somme des intensités des courants qui traversent chacune des résistances $I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$ est égale à l'intensité du courant I du circuit principal. L'application de la loi d'Ohm à chacune des branches devrait vous permettre d'établir le résultat suivant :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \text{etc.} \text{ où } R_e = U : I$$

exemple

Quelle est la résistance équivalente à quatre résistances de 10 Ω , 20 Ω , 30 Ω et encore 10 Ω , câblées comme sur la figure 2 :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{10} = 0,28$$

$$R_e = 3,5 \Omega$$

Lorsqu'il n'y a que deux résistances en parallèle, la résistance équivalente s'écrit : $R_e = (R1 \cdot R2) : (R1 + R2)$

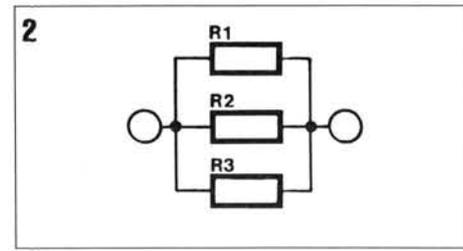
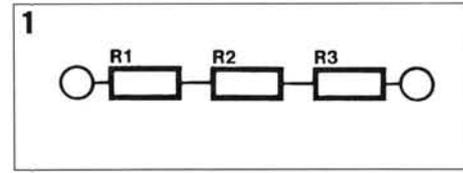
condensateurs

Rangeons pour l'instant de côté ce que nous venons de dire sur les résistances et parlons des condensateurs qui s'associent aussi en série ou en parallèle. La capacité équivalente à une série de condensateurs (figure 3) s'écrit comme suit :

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \text{etc}$$

Lorsque les condensateurs sont en parallèle, regardez la figure 4, vous pouvez imaginer, en tassant verticalement le dessin, que vous n'avez qu'un seul condensateur de plus grande capacité C_e qui s'écrit : $C_e = C1 + C2 + C3 + \text{etc.}$

À courant constant, une fois la tension établie à ses bornes, le condensateur ouvre le circuit, il équivaut à une résistance infinie. En alternatif, vous avez pu lire régulièrement dans nos colonnes, que le condensateur équivalait à un court-circuit si la fréquence était très grande. On ne parle pas de la résistance, mais de l'impédance d'un condensateur. Le calcul (d'une par-





Pour celles, en parallèle, de la figure 6 :

$$\frac{1}{L_e} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \text{etc}$$

de même que pour deux bobines en parallèle : $L_e = (L_1 \cdot L_2) : (L_1 + L_2)$

La « résistance » d'une bobine, comme celle d'un condensateur, dépend de la fréquence de la tension qu'elle a à ses bornes. Cette « résistance » qu'une bobine oppose au passage du courant alternatif (en sus de la résistance du fil qui la constitue), nous l'appelons réactance inductive. Son comportement est l'inverse de celui de la réactance capacitive. Là où la réactance d'un condensateur est maximale, celle d'une bobine est minimale : si la réactance d'un condensateur est infinie à courant constant, celle d'une bobine est nulle. Il ne faut cependant pas oublier qu'une bobine est un conducteur, un fil électrique enroulé en hélice, il a donc une résistance « pure » dont il faut parfois tenir compte. La réactance inductive X_L (en ohms) d'une bobine d'inductance L , exprimée en henrys (H) que traverse un courant de fréquence f (en hertz) s'écrit : $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

exemple

Soit une tension alternative de 100 Hz établie aux bornes d'une bobine de 500 mH (ou 0,5 H) d'inductance. Quelle est sa réactance ?

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 0,5$$

(C'est quasiment le double de la moitié de 100 fois 3,14!)

circuits LC

Comme nous l'avons vu dans l'article de l'an dernier cité (décembre 1992), si les condensateurs et les bobines sont utilisés séparément, ils le sont aussi en association, en série, comme sur la figure 7 ou en parallèle, comme sur la figure 8. De tels circuits présentent à une fréquence donnée une impédance Z (« résistance totale » au passage du courant alternatif) tout à

fait remarquable. À cette fréquence, la fréquence de résonance notée f_0 , pour des composants parfaits, l'impédance du circuit est nulle ou infinie, selon que l'on a à faire à un circuit résonant série ou parallèle (dit « bouchon »). Pourquoi en est-il ainsi ? Nous ne pouvons que résumer ce qui a été dit dans l'article cité plus haut, à savoir que bobine et condensateur provoquent des déphasages entre le courant et la tension qui sont opposés : la tension aux bornes d'un condensateur est déphasée de 90° en retard sur l'intensité, alors qu'elle l'est, mais en avance, aux bornes d'une bobine. À la fréquence de résonance, les réactances de la bobine et du condensateur sont égales, en conséquence de quoi le circuit résonne. Nous voilà bien avancés et nous n'irons, faute de place, que jusqu'à vous indiquer la relation établie entre la capacité C , l'inductance L et f_0 , la fréquence de résonance :

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

exemple

À quelle fréquence f_0 un circuit parallèle composé d'un condensateur de 1 nF de capacité et d'une bobine de 1 mH résonnera-t-il ?

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{10^{-9} \cdot 10^{-3}}} = 159 \text{ kHz}$$

Voilà, c'est tout pour aujourd'hui. Ce survol n'entre pas dans les détails, mais il devrait vous suffire à résoudre un grand nombre de problèmes. Pour la suite, nous avons pris rendez-vous avec Messieurs De Morgan et Kar-nough (dont nous avons eu des nouvelles depuis la lettre de M. Taraud), Kirchoff et ses lois, Thévenin et Norton son inévitable compère. D'autres personnes encore, qui toutes ont laissé (ou non) leur nom à des lois ou des techniques qui permettent de mettre les circuits en chiffres. Vos suggestions, sur carte postale sans enveloppe de préférence, sont bien sûr les bienvenues.

896022

tie) de cette impédance, la réactance X_C , exprimée en ohms, d'un condensateur de capacité C (en farads), soumis à une tension alternative de fréquence f (en hertz), s'écrit :

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

exemple

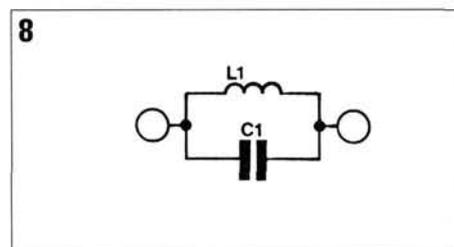
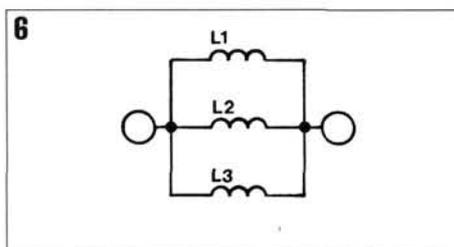
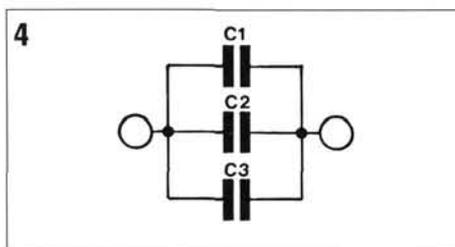
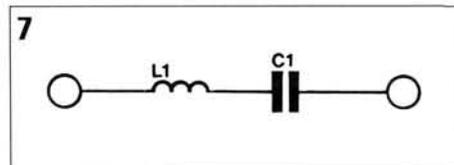
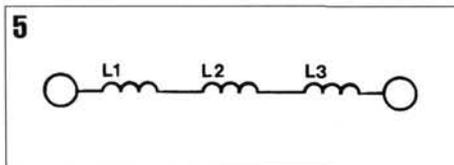
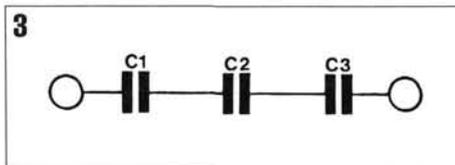
Quelle est la réactance d'un condensateur de 1 mF (0,001 F) à une fréquence de 10 Hz ?

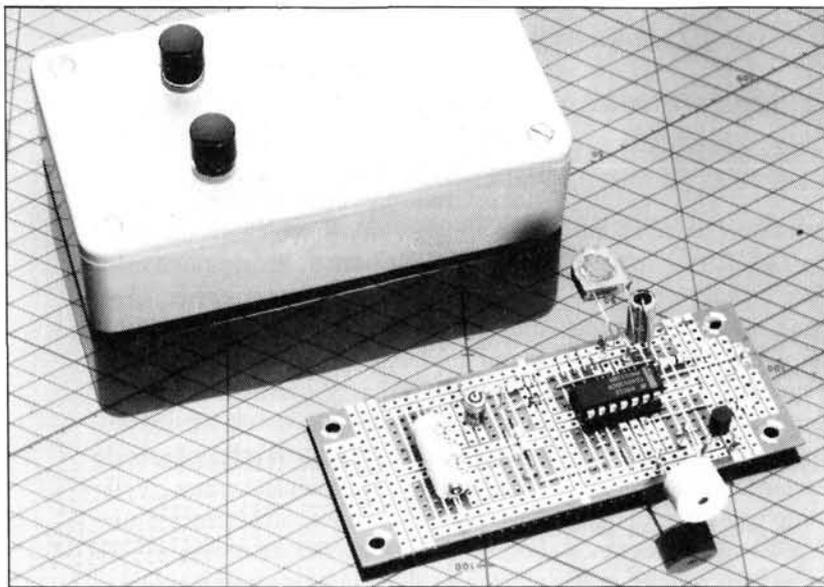
$$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 0,001} = 16 \Omega$$

bobines

Le calcul de l'inductance, (auto-inductance ou coefficient de self induction) L_e de la bobine équivalente à un ensemble de bobines câblées en série ou en parallèle est identique à celui de sa résistance. Pour les bobines en série de la figure 5, nous avons ainsi :

$$L_e = L_1 + L_2 + L_3 + \text{etc.}$$





alarme anti-poison

Pour empêcher Bébé de se servir dans l'armoire aux poisons^o, rangez-y ce montage : il vous avertira bruyamment aussitôt que la porte, en s'ouvrant, aura laissé entrer assez de lumière ! Une frontière dangereuse a été franchie.

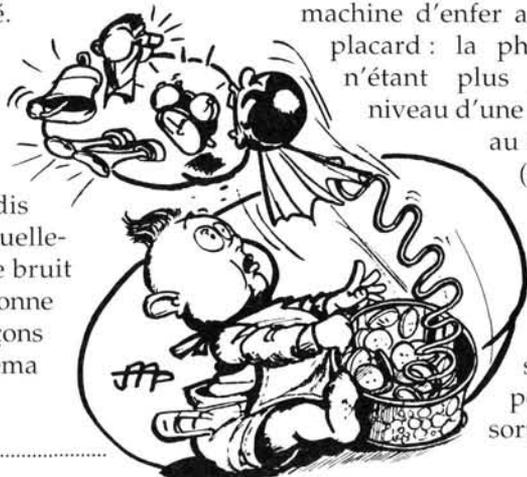
o il y en a quelques uns dans une maison !

Les bambins ont ceci de commun avec les botanistes et les chimistes¹, qu'il leur faut non seulement voir, sentir et toucher, mais encore goûter. Ceux qui les assistent dans leur découverte du monde ne peuvent pas toujours les suivre, ils ont leurs occupations, et les accidents sont malheureusement fréquents.

détection de lumière

La plupart des récipients dont le contenu peut présenter un danger pour les enfants sont rangés dans des placards où la lumière ne pénètre pas. Ou presque pas... pour qu'elle y rentre, il faut en ouvrir la porte. Le présent montage utilise cette propriété, conjuguée à celle d'une photorésistance : disposé au milieu des objets interdits, il émet un sifflement s'il est éclairé.

Les assistants de l'explorateur sont alors prévenus de la nécessité d'une surveillance rapprochée, tandis que l'intrus, éventuellement effrayé par le bruit désagréable, abandonne sa quête. Commençons la nôtre sur le schéma de la figure 1.



Nous avons donc à faire à une "sonnette" dont le bouton est une LDR. Un doigt de lumière sur ce composant en diminue considérablement la résistance, et la tension, sur la broche 1 de l'opérateur ET-NON N1, tend vers celle de l'alimentation : le niveau logique est 1. Celui de la broche 2 est lui aussi passé à 1, depuis que le condensateur C1 s'est chargé à travers la résistance R2, peu de temps donc après la mise sous tension. La condition nécessaire et suffisante pour que la sortie d'un opérateur ET-NON soit à 0 est que toutes ses entrées soient à 1 (figure 2). S'il n'y a comme ici que deux entrées, toutes deux au niveau logique 1, le niveau logique de la sortie est donc 0, qui correspond au potentiel de la masse du circuit.

Il nous faut maintenant remonter dans le temps, au moment où cette machine d'enfer a été mise au placard : la photorésistance n'étant plus éclairée, le niveau d'une broche de N1 au moins est à 0 (broche 1, ce n'est pas tout à fait un 0 V), condition nécessaire et suffisante pour que la sortie de l'opéra-

teur ET-NON soit à 1. Ces 9 V sur la broche 3 de N1 ont permis au condensateur C2 de se charger à travers D1 et R4. Pourquoi pas à travers R3 ? Tout simplement parce que le courant qui traverse cette résistance est si petit (200 fois moins grand si l'on considère le rapport des résistances) que nous pouvons le négliger. Nous avons donc un état haut (1) à l'entrée de N2 et un état bas (0) à sa sortie. C'est bien là une position de repos dont l'effet est de bloquer le transistor T1 et d'empêcher le buzzer de "buzzer". Revenons à la broche 3 dont le niveau logique est 0 depuis que la porte a été ouverte. L'extrémité de R3 reliée à la sortie de N3 est quasiment au potentiel de la masse, en conséquence de quoi le condensateur C2, que nous venons de voir se charger, va se décharger à travers elle cette fois, puisque D1 bloque le chemin en amont de R4, et beaucoup plus lentement qu'il ne s'était chargé. Si on lui en laisse le temps, quelques secondes, la tension à ses bornes va baisser suffisamment pour que N2 la considère comme un 0. Si ses deux entrées sont à 0, l'opérateur ET-NON fait passer sa sortie à 1. C'est plus qu'il n'en faut à

⁽¹⁾ Les médecins ne goûtent plus guère les urines de leurs patients pour en connaître la saveur et leurs collègues sorciers africains s'en remettent aux fourmis pour diagnostiquer certains diabètes.

Figure 1 - Les entrées des opérateurs N3 et N4, inutilisées, doivent être portées, soit au potentiel de la masse, soit à celui de l'alimentation, pour éviter qu'ils n'aillent poser à leurs voisins des questions existentielles et en perturbent ainsi le fonctionnement. Ne nous demandez pas pourquoi nous avons disposé deux interrupteurs au lieu d'un : comme la vente d'ELEX n'est pas interdite aux mineurs de moins de 36 mois, nous ne pouvons pas donner la réponse.

Figure 2 - Le brochage du 4093, quadruple opérateur ET-NON à deux entrées et à "déclencheur" de Schmitt, et sa table de vérité, tels que les donnent les constructeurs.

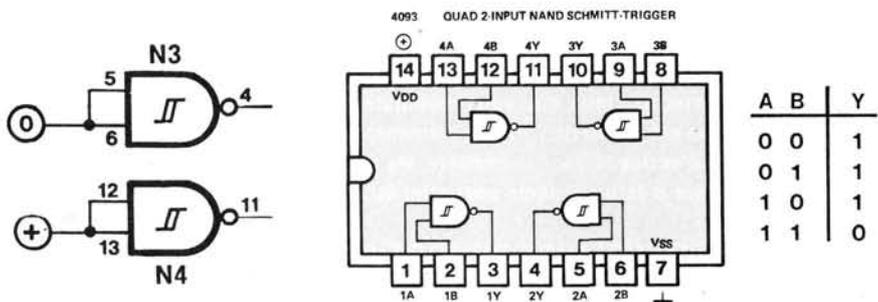
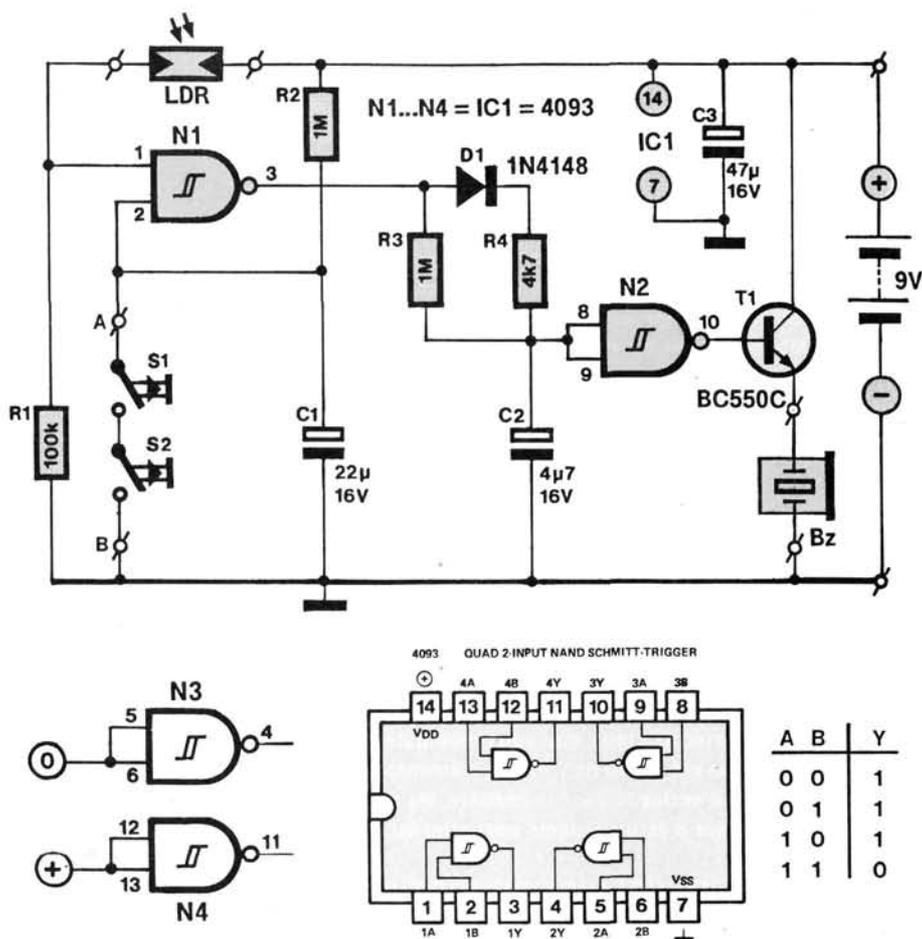
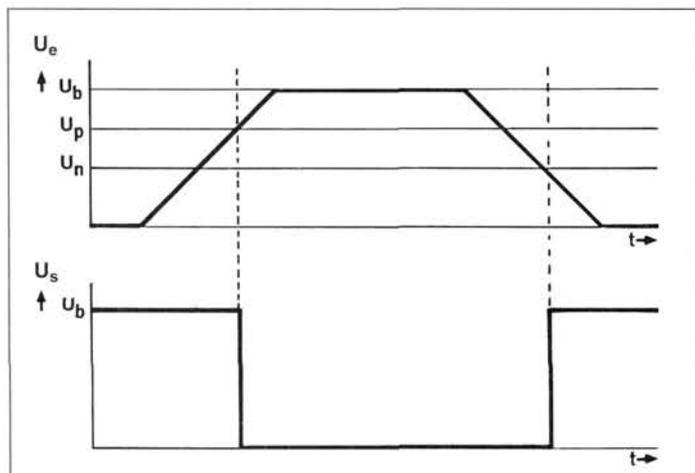
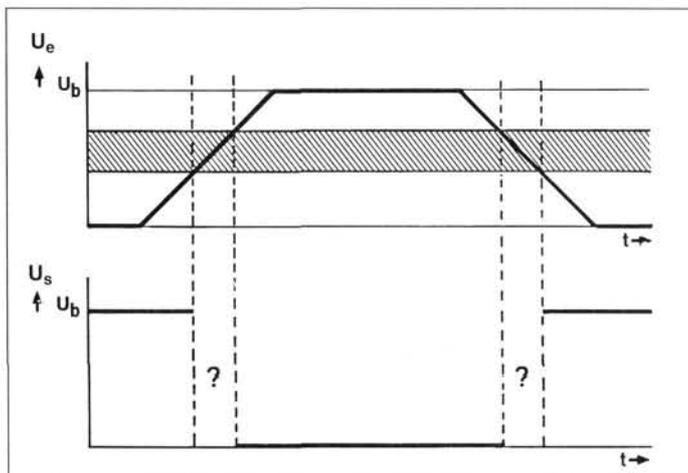


Figure 3 - Un opérateur ET-NON ordinaire comme le 4011 répond bien si les potentiels régnant sur les entrées ne stagnent pas dans la zone grise dite d'indétermination.

Figure 4 - Pour un opérateur ET-NON dont les entrées sont à Trigger de Schmitt les tensions sont (un peu) comme la pression du doigt sur la détente (appelée abusivement gâchette) de certaines armes à feu : les pressions insuffisantes ne déclenchent rien et la détente doit revenir au-delà de la position qui a déclenché la percussion pour être à nouveau efficace. C'est un dispositif à seuils.

T1 pour se saturer et alimenter l'oscillateur intégré du résonateur piézo-électrique, qui ameut les indigènes et fait (peut-être) fuir l'explorateur. La temporisation est bien sûr nécessaire puisque l'alarme ne doit pas se déclencher chaque fois que le personnel autorisé ouvre le buffet. Il est temps de le refermer, mais aussi de faire cesser le vacarme. Pour cela, la solution la plus simple consiste à remettre à 0 une des entrées de N1. La sortie revient alors à 1 et C2 peut refaire le plein assez vite. Une brève pression sur les deux boutons poussoirs S1 et S2, ouverts au repos,

court-circuite C1 à la masse. Lorsqu'on relâche les boutons, avec les valeurs de composants données ici, il faut quelques quarante secondes au condensateur pour retrouver une charge qui permette au circuit de répondre uniquement à l'éclairement de la photorésistance. Pendant ce temps, la porte peut rester ouverte sans que l'alarme se déclenche : quiconque connaît la manœuvre est donc autorisé à prolonger ses recherches dans le placard.



bruit

Tout composant est un générateur de bruit, le mot est explicite (si vous écoutez un vieux microsillon, le bruit, ce sont les grattements et le signal utile, la musique). Contentons-nous de savoir que le bruit est dû à l'agitation des électrons (bruit thermique), associé au déplacement des porteurs de charges (bruit de grenaille) et aux imperfections du matériau semi-conducteur. Moins le bruit est élevé (on l'exprime en décibels) moins il a d'influence sur le fonctionnement d'un montage. Ici, il n'a évidemment aucune incidence : il ne masque aucune "information".

électricité statique

On sait depuis longtemps (on en trouve témoignage pour l'ambre jaune six siècles avant notre ère) que tous les corps sont électrisables par frottements. Si les charges ne peuvent être éliminées par mise à la terre de leur support, par exemple, elles donnent lieu à des différences de potentiel qui peuvent être importantes. C'est ainsi que l'on introduit d'ordinaire à l'étude de l'électricité statique. Il ne s'agit pas ici de frottements mais du champ électrique entre les armatures du condensateur formé par la terre (chargée négativement) et l'ionosphère (chargée positivement). Ce champ est de 100 V/m : si vous êtes convenablement isolé de la terre et à une distance de 10 m du sol, votre potentiel est de 1000 V par rapport à celui-ci. Si le circuit CMOS que vous manipulez n'est pas au même potentiel, vous concevez que le risque est grand de voir son condensateur d'entrée claquer (discrètement). Pour éviter ce genre d'accident dans l'industrie, les techniciens portent un bracelet relié à la terre qui leur permet d'être au même potentiel qu'elle.

radial (par opposition à axial)

No long oration... Les broches d'une résistance sont axiales, dans le prolongement du grand axe de la résistance, de chaque côté de son corps, celles d'un condensateur peuvent être radiales, plantées (comme deux jambes) sur un diamètre d'une base du composant : le corps du composant est d'un côté et les broches de l'autre... Pour cuire un rôti, vaut-il mieux disposer d'une broche radiale ou d'une broche axiale ?

les composants

Depuis que nous accommodons le 4093 à nos sauces, nous ne l'avons guère abordé en soi. Il est peut-être temps de le faire et de présenter plus amplement ce circuit. D'abord son nom, c'est tout simplement un *Quad 2-input "NAND" Schmitt Trigger* (aucune vulgarité ici) puisqu'il contient Quatre opérateurs ET-NON à deux entrées, dont le déclenchement ou le dé clic (*trigger*) est assez particulier pour que le nom de Schmitt y soit associé, avec le petit dessin symbolisant un cycle d'hystérésis (figure 2). Voyons d'abord comment fonctionne un opérateur ET-NON tout simple, un de ceux contenus dans un 4011 par exemple, qui a le même brochage. En électronique logique (binaire et positive), on affecte au potentiel de la masse (V_{ss}) la valeur 0 et à celui de l'alimentation (V_{dd}) du circuit, la valeur 1. Lorsque, par exemple, les deux entrées d'un opérateur sont reliées ensemble et à la masse (niveau logique 0), la tension qui règne sur la sortie a même valeur

que celle de l'alimentation (on a là un inverseur). La sortie passe à 0 V si l'on porte les entrées à V_{dd} (niveau logique 1). Aux entrées d'un opérateur, les tensions sont rarement aussi franchement définies. Un état bas est le plus souvent supérieur à 0 V et un état haut, plutôt inférieur à V_{dd} : l'opérateur doit s'en accommoder. Pour qu'il n'y ait pas d'ambiguïté et que les tensions aux entrées soient bien interprétées par le circuit, des limites sont fixées. Toutes les tensions inférieures à une tension donnée sont considérées comme des états bas et toutes les tensions supérieures à une autre tension sont considérées comme des états hauts. Comme les limites ne se recouvrent pas, pour les tensions intermédiaires, le niveau logique n'est pas défini⁽²⁾. Ceci veut dire que lorsque la tension sur une de ses entrées est supérieure à la tension prise pour

⁽²⁾Dans une langue oubliée même des linguistes, indéterminé se disait *sōr* qui a donné l'expression bien connue pour désigner les réponses de ce type : ni états hauts ni états bas.

limite supérieure du 0 et inférieure à la tension prise pour limite inférieure du 1, l'opérateur ignore à quel état, haut ou bas, il a à faire, il répond au petit bonheur la chance (figure 3). Un tel circuit logique ne peut être utilisé que dans un montage où les tensions présentes à ses entrées lui restent compréhensibles. Dans un montage où il est prévu qu'elles évoluent lentement, elles traversent évidemment la zone dans laquelle elle n'ont aucun (ou tous les) sens pour lui et, pendant cette traversée, le résultat obtenu en sortie est aléatoire.

Ne venons-nous pas de décrire ce qui se passe aux entrées de N1 et N2 lorsque les condensateurs C1 et C2 se chargent ou lorsque la résistance de la LDR augmente ou diminue en fonction de la quantité de lumière qu'elle reçoit. Il n'est donc pas possible d'utiliser un 4011 pour cette alarme. C'est pourquoi nous avons choisi un circuit dont les entrées sont à *trigger* de Schmitt : la sortie d'un de ses opérateurs ne bascule, le cas échéant, que lorsque la tension à l'entrée, croissante, atteint un niveau U_p , ou décroissante, un niveau U_n . La différence entre ces deux niveaux est appelée *hystérésis*⁽³⁾. Cette hystérésis, ce retard est introduit pour que la sortie ne change pas pour de brèves impulsions parasites aux entrées. Les tensions de déclenchement, les seuils hauts et bas, sont fonction de la tension d'utilisation et de la fabrication. Si le circuit est alimenté sous 10 V par exemple, le seuil U_p est de 4,43 V chez un fabricant et de 6,8 V chez un autre. Nos lecteurs connaissent depuis longtemps les LDR (pour la dernière fois *Light Dependent Resistor*), photorésistances ou résistances photosensibles ou encore cellules photoconductrices, dont la résistance varie de plus de 10 M Ω à l'obscurité à moins de 300 Ω

⁽³⁾L'épouse de Monsieur Schmitt ne s'appelait pas Thérèse et n'était pas hystérique. En grec, *ustērēsis* signifie "manque, pénurie, indigence" et vient d'un verbe qui veut dire "être en retard".

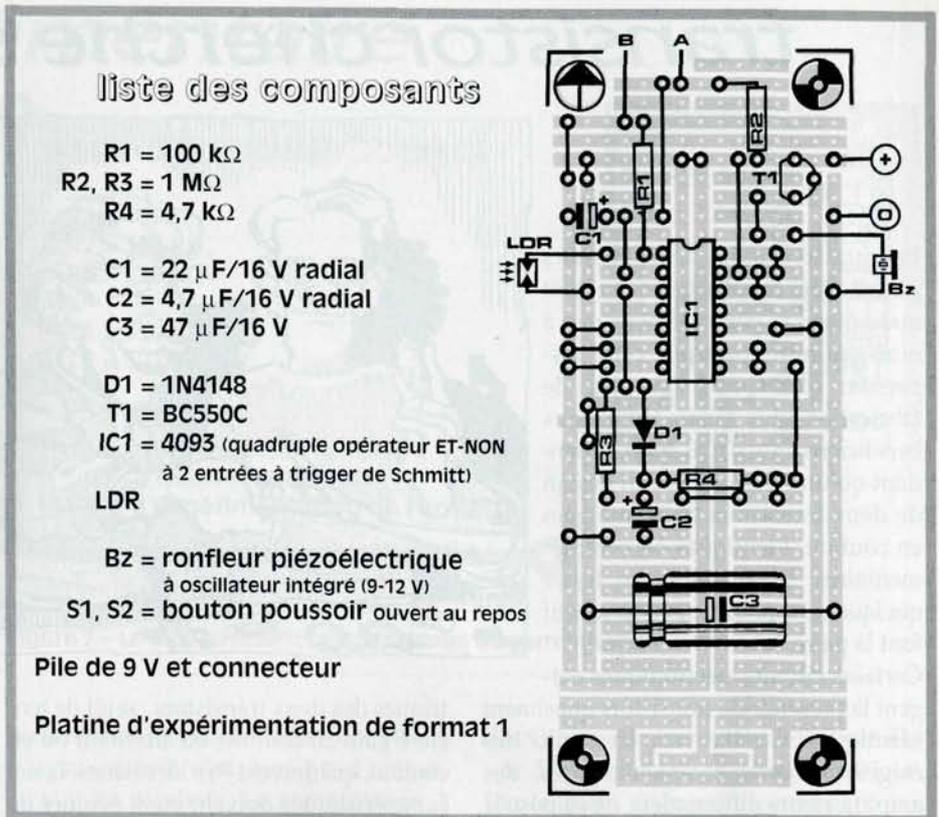
Figure 5 - La lecture de cet article est sans doute plus longue que son câblage. Il est recommandé d'utiliser un support de circuit intégré pour les circuits en technologie CMOS en général et le 4093 en particulier. Le support peut en outre vous permettre d'expérimenter avec un 4011 dont le brochage est identique.

lorsqu'elles sont éclairées. Celles que vous trouvez chez votre fournisseur peuvent différer quant au prix et à la qualité de fabrication, électriquement elles sont à peu près toutes identiques. Il semble que certains modèles ne soient plus fabriqués (LDR 07 et LDR 0305 entre autres) c'est pourquoi nous ne vous en recommanderons aucun pour aujourd'hui.

Le transistor enfin est un BC 550. C'est un proche parent du BC 547 dont il se distingue par un plus faible bruit. Il est peu différent de ses collègues de la série BC et, pourvu que vous choisissiez un NPN, vous pouvez sans problème en mettre un autre à sa place.

construction

Tous les composants tiennent sur une platine d'expérimentation de format 1. Leur implantation vous est donnée sur la figure 5. Comme à l'accoutumée, il est conseillé d'établir les ponts de câblage avant de placer les composants. Pour le circuit intégré, il est beaucoup plus raisonnable de l'installer sur un support que de le

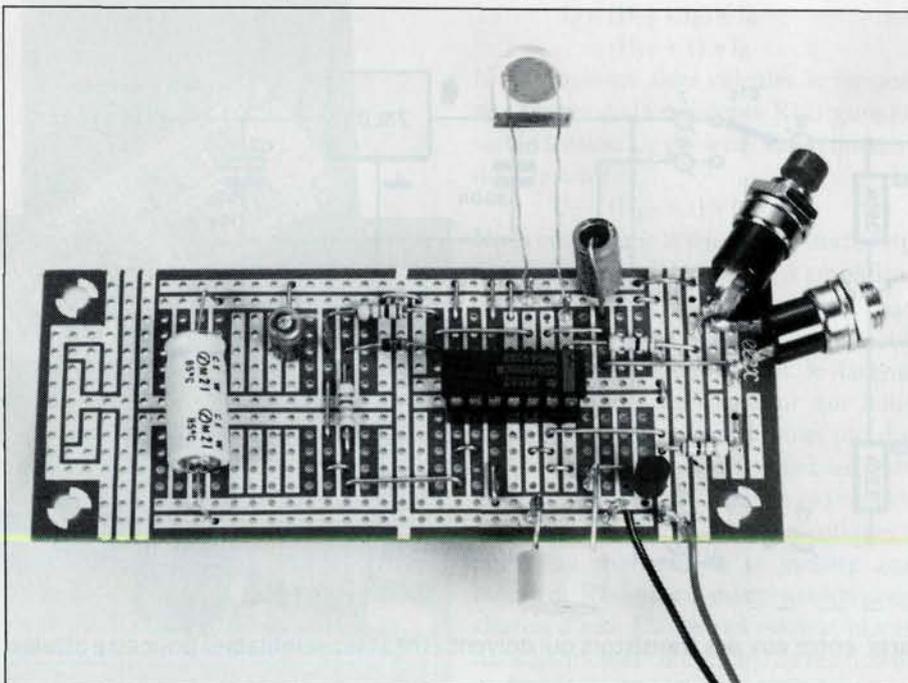


souder directement par ses broches. Le 4093 est en effet un circuit CMOS et l'entrée de ses opérateurs est assimilable à un petit condensateur à très faible courant de fuite. Si on ne prend aucune précaution spéciale, cette entrée peut se charger à une tension électrostatique élevée, ce qui provoque un claquage destructeur du diélectrique et une avarie irréversible du circuit, malgré les protections dont le constructeur l'a doté. Il n'y a cependant pas d'angoisse à avoir. Si les précautions dont on s'entoure

dans l'industrie sont indispensables vu le nombre de circuits manipulés et le coût des pannes, celle que nous vous proposons de prendre est suffisante.

La LDR et le résonateur piézoélectrique ne sont pas soudés directement sur la platine : il faut que l'une soit accessible à la lumière et l'autre à l'oreille de toute une maisonnée. C'est pourquoi on les fixe sur le boîtier avec les deux poussoirs de mise en veilleuse. Pourquoi un "boîtier" ? Ne serait-il pas mieux que le circuit soit dans un des récipients ou une des boîtes dont on veut éviter les dangers au jeune chercheur, préalablement vidé, et décoré de manière à attirer son œil et sa main. Il existe de très belles boîtes de savon par exemple. Commencez alors par tester les goûts de l'enfant en matière de décorations, ils ne sont pas forcément les vôtres. De même (peut-on considérer un voleur comme un adulte ?) si vous utilisez le montage comme antivol. Ses applications ne se limitent d'ailleurs pas à cela : vous pourrez par exemple, sans pour autant vous enfermer dans le réfrigérateur ou le congélateur, contrôler que la loupiote qui en éclaire l'intérieur est éteinte lorsque la porte est close. Cette vérification effectuée, le montage avertira d'une mauvaise fermeture de ces bahuts.

87612



transistor cherche son égal ou



Les caractéristiques des transistors sont souvent très dispersées, ce dont nous n'avons généralement pas à nous plaindre, puisqu'à cette dispersion correspond un coût de fabrication plus faible, dont nous bénéficions à l'achat. Il arrive cependant qu'un électronicien ait besoin de deux transistors de même gain en courant, identiques ou complémentaires. Il faut alors en tester quelques uns pour trouver ceux qui font la paire.

Certains circuits électroniques exigent la présence de transistors quasiment identiques. C'est le cas en audio des étages de sortie complémentaires, des amplificateurs différentiels, où se pose le problème de l'appariement des transistors. Pour ces sortes de montage, il est souvent absolument nécessaire que les caractéristiques des transistors concourent, à moins de mettre en œuvre générateurs de courant constant, contre réaction...

Pour l'appariement, on tient bien évidemment compte des caractéristiques élec-

triques des deux transistors : seuil de tension, gain en courant, en alternatif ou en continu, qui doivent être identiques. Leurs caractéristiques doivent aussi évoluer de la même façon dans un assez large domaine de températures : se pose ainsi le problème de leur stabilité thermique.

Les fabricants ont la possibilité de sélectionner les transistors en cours de fabrication : ceux qui viennent du même **wafer** (sorte de "gaufre" dans laquelle les transistors sont découpés) ont des caractéristiques très peu dispersées. On les retrouve

ensuite dans le commerce sous un même emballage, moyennant bien sûr un bon supplément de prix. D'autres restent leur vie durant siamois, ou **appariés**, puisqu'ils sont sur la même puce, composants uniques d'un même circuit intégré. Dans ce cas, leurs comportements sont en tous points identiques. De plus, comme ils sont sur le même substrat, la température des uns retentit immédiatement sur celle des autres : plus besoin de s'occuper de celle-ci pour les réglages.

On peut trouver dans ces réseaux intégrés différents transistors, aussi bien NPN que PNP. Le CA3046 offre pour sa part cinq NPN quasiment identiques, sous un même emballage. Certains réseaux contiennent des combinaisons de NPN et de PNP, comme le CA3096 qui regroupe dans un même boîtier trois d'une sorte et deux de l'autre. L'utilisateur dispose ainsi de transistors, complémentaires ou non, reliés thermiquement par construction. Cette solution idéale n'est pas toujours à portée de main ou de bourse. Il est quel-

appariement de transistors

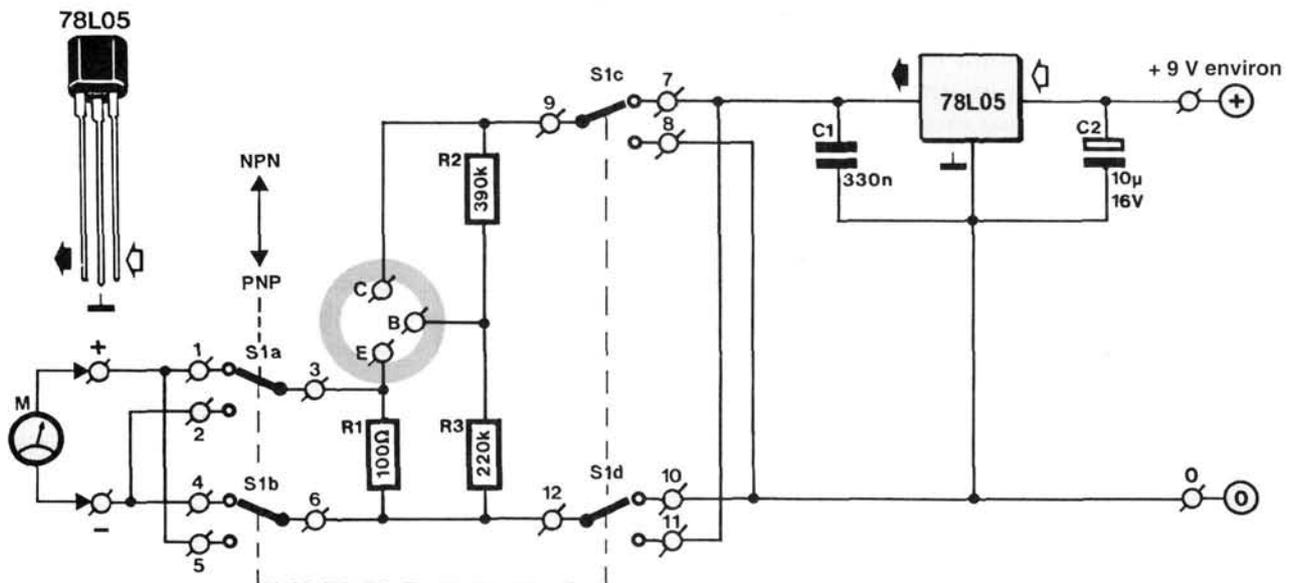


Figure 1 - Ce banc de test permet de comparer entre eux des transistors qui doivent être assez semblables pour être attelés ensemble.

son complémentaire

quelquefois plus intéressant, voire nécessaire, de fabriquer soi-même sa solution que de l'acheter dans le commerce, comme disent les chimistes. Si vous disposez de quelques transistors du même type, c'est bien le diable s'il n'y a pas dans le tas une paire de "jumeaux", homozygotes (issus du même œuf ou *wafer*) ou hétérozygotes). Le présent montage en permet la sélection. Ensuite, une petite lame de métal ou même une goutte de colle leur assure une liaison thermique satisfaisante.

apparier

Le circuit de la **figure 1** brille par sa simplicité. Rien de moins compliqué en effet que la comparaison du gain de divers transistors. Il suffit de trois résistances, d'un régulateur de tension, accompagné de ses inévitables condensateurs (quel est leur rôle?), et d'un commutateur. Un voltmètre bien sûr vient compléter l'ensemble. Le régulateur fournit une tension continue et propre de 5 V qui permet une bonne reproductibilité de la mesure : les éven-

liste des composants

R1 = 100 Ω
R2 = 390 kΩ
R3 = 220 kΩ

C1 = 330 nF
C2 = 10 μF/16 V

IC1 = 78L05
S1 = commutateur rotatif,
à quatre inverseurs
Platine d'expérimentation de format 1

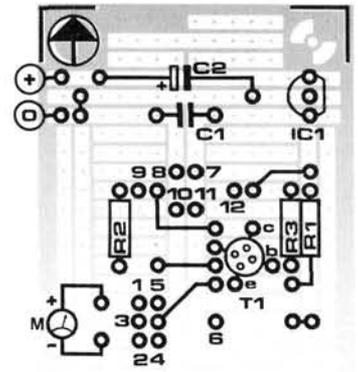


Figure 2 – Le plus difficile ici est le câblage du commutateur.

tuels défauts de l'alimentation, une pile de 9 V par exemple, n'ont ainsi pas d'influence sur les résultats. Le commutateur à quatre circuits S1 offre la possibilité de passer facilement de transistors NPN à PNP.

Avant de regarder plus en détail le fonctionnement du dispositif, rappelons brièvement quelques propriétés des transistors. Leur courant d'émetteur I_E est égal à leur courant de collecteur I_C augmenté du courant de base I_B dont il n'est le plus souvent pas tenu compte, puisqu'il est relativement très petit. Le courant de collecteur dépend du facteur d'amplification H_{FE} , nous avons :

$$I_C = H_{FE} \times I_B$$

Le courant d'émetteur est donc :

$$I_E = (H_{FE} \times I_B) + I_B \\ = (H_{FE} + 1) \times I_B$$

Nous pouvons alors calculer la tension aux bornes de la résistance R1 (figure 1), soit la tension U_E présente sur l'émetteur du transistor :

$$U_E = (H_{FE} + 1) \times I_B \times R1$$

Nous voyons que la tension de "sortie" du montage dépend du facteur d'amplification du transistor, de son courant de base et de la résistance R1. Comme nous l'avons dit plus haut, c'est le facteur d'amplification du transistor qui nous intéresse. La formule ne permet pas d'y accéder, puisque le courant de base reste inconnu. Ne nous en soucions pas : considérons les transistors comme identiques à partir du moment où la mesure aux bornes de R1 donne la même tension pour chacun d'eux. L'essentiel est que, placés dans les mêmes conditions, ils réagissent de la même façon*. Point besoin donc

d'un voltmètre à résistance d'entrée élevée. Qu'il soit analogique ou numérique, l'instrument de mesure convient, si ses indications permettent la comparaison.

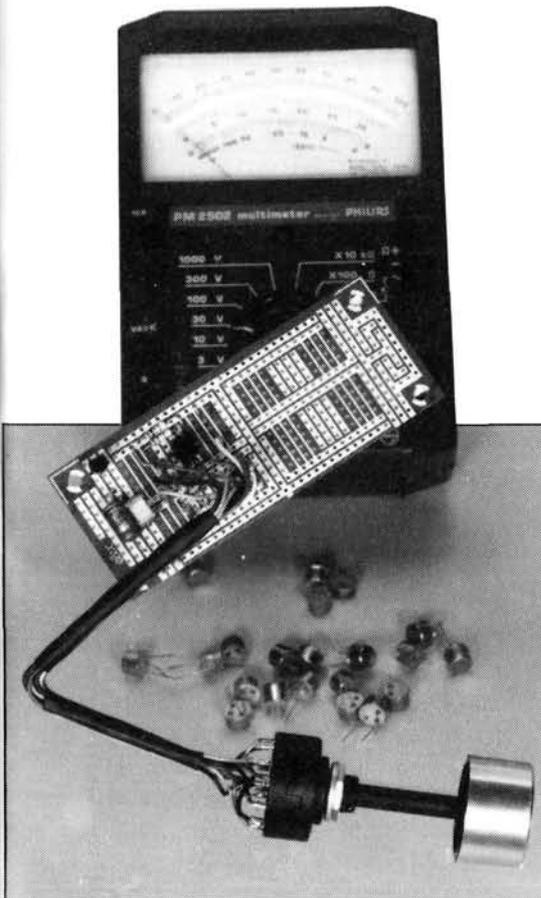
Le montage ne permet pas seulement de sélectionner deux transistors identiques. Si vous avez besoin d'une paire complémentaire NPN/PNP, le commutateur permet d'opérer. Testez le PNP qui convient à votre montage, notez la tension mesurée, puis commutez S1 en position NPN et cherchez le transistor qui affiche la même valeur. Ou inversement, commencez par tester le NPN.

construction

Le circuit n'est pas de construction plus compliquée que de conception. Les composants tiennent sur une platine d'expérimentation de format 1 sur laquelle prend place un support de transistor. Ces supports (contacts en bronze-béryllium nickelé, laiton étamé, voire doré), disponibles chez tous les détaillants, sont plus pratiques et plus fiables que les pinces crocodiles, dans le cas présent. Le multimètre est raccordé aux endroits indiqués sur la platine. Le plus difficile, c'est peut-être de relier le commutateur. L'opération ne nécessite pas moins de douze fils. Les points d'arrivée de ces fils sont numérotés sur la **figure 2**. L'alimentation, comme nous l'avons dit, se contente d'une pile de 9 V.

886011

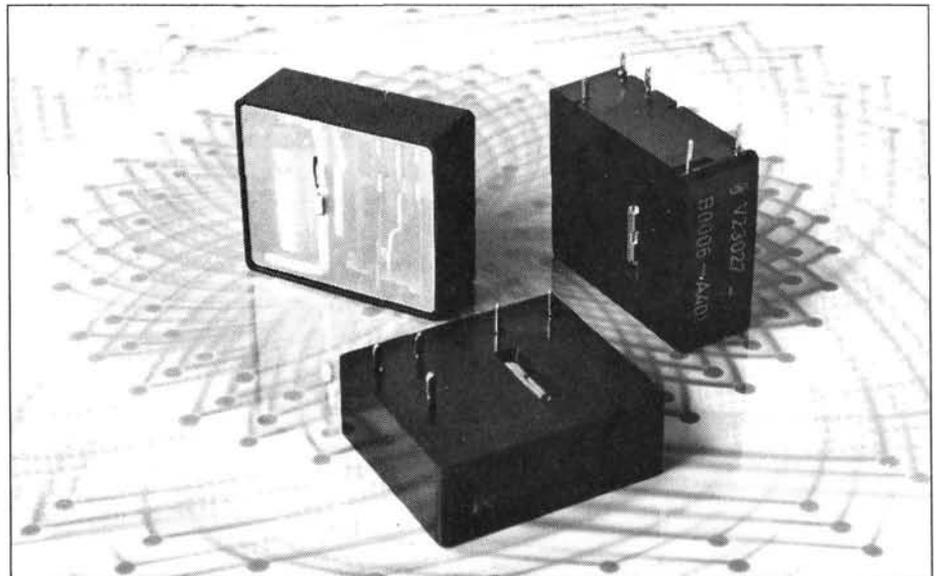
* Tant mieux si nos propos soulèvent des objections!



Un relais répond toujours aux sollicitations de son circuit de commande avec un retard relativement important. Certains dispositifs de protection ne le supportent pas. Comment faire pour y remédier ? Comprendre d'abord ce qui se passe à la commutation.

accélérateur de réponse pour relais électromagnétique

UNE COMMANDE de relais ressemble à ce que nous avons dessiné sur la figure 1. On câble l'engin dans le circuit de collecteur d'un transistor qui fonctionne en relais statique commandé par sa base. Une diode de roue libre court-circuite le relais de telle façon que le transistor ne subisse pas une surtension fatale lorsqu'il se bloque. La fonction précise de cette diode ne peut être expliquée que si nous savons ce qui se passe dans une bobine. Un relais électromagnétique n'est après tout pas autre chose qu'une bobine dans laquelle un courant engendre un champ magnétique qui commande une armature mobilisant des contacts : il y a ouverture ou fermeture d'un interrupteur. Lorsqu'on coupe le courant, la variation de flux



magnétique qui résulte de la variation de courant engendre dans la bobine une force électromotrice importante qui tente d'y maintenir le courant. Si celui-ci ne trouve pas son chemin, il y a danger pour les composants, voire pour la bobine dont l'isolant peut claquer.

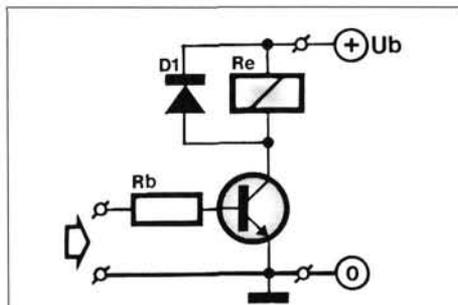


Figure 1 - Un relais commandé par un transistor tel qu'il doit être câblé avec une diode de roue libre protégeant le transistor des effets d'une surtension. Ce dispositif n'est pas toujours suffisamment rapide.

bobine idéale

Une bobine idéale est une inductance pure, sans résistance. Si nous la relierons par l'intermédiaire d'une résistance à une source de courant continu, le courant, dont l'intensité n'est limitée que par la résistance en série, va progressivement s'établir dans la bobine et créer à l'intérieur de celle-ci un champ magnétique. Le courant ne s'établit que progressivement du fait que la bobine emmagasine de l'énergie magnétique. C'est cette énergie emmagasinée qui va poser des problèmes à la coupure du courant, puisque la bobine

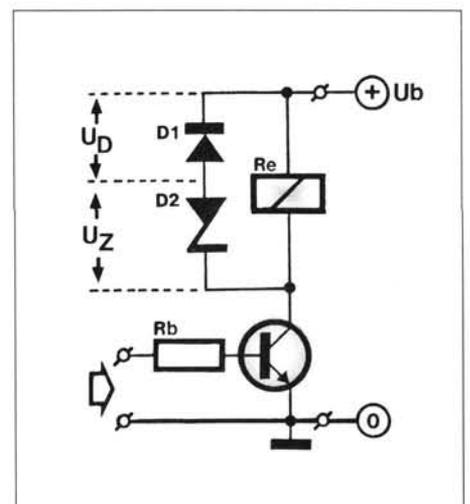


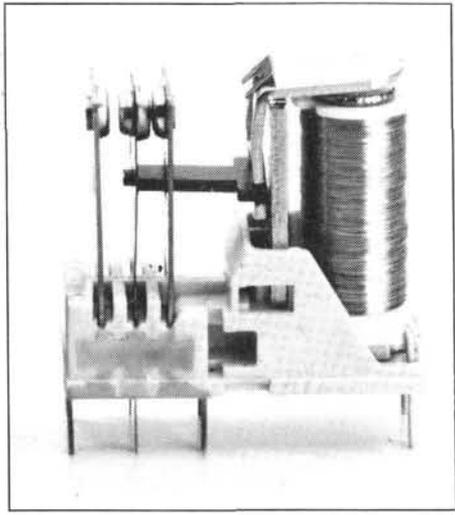
Figure 2 - Le câblage d'une zener en parallèle aux bornes du relais permet une évacuation plus rapide de l'énergie emmagasinée par la bobine et donc une réponse sans retard.

ne va la restituer. La bobine se transforme alors en générateur. Puisque le circuit est ouvert par le transistor, le courant ne peut pas circuler et la tension à ses bornes augmente jusqu'à ce que ça passe. Le transistor se retrouve avec une tension collecteur-émetteur telle que sa jonction collecteur-base subit un claquage inverse. Lorsque c'est un vulgaire interrupteur qui ouvre le circuit, c'est à des étincelles que donne lieu la coupure, étincelles qui à la longue détruisent les contacts. Une simple diode, comme sur la **figure 1**, en parallèle sur la bobine, permet au courant de circuler en circuit fermé, sans dommage pour les autres composants.

La perfection n'étant pas de ce monde, la diode de roue libre ne supprime pas tous les problèmes. Si la résistance de la bobine et la sienne étaient nulles, le courant de décharge n'en finirait pas de circuler, donc la bobine d'être alimentée. Il n'en est heureusement pas ainsi puisque la diode et la bobine, toutes deux résistantes, dépensent l'énergie reçue par effet joule (transformation en chaleur). La situation idéale et peu intéressante ici d'un courant circulant indéfiniment sans apport d'énergie, donc sans pertes par effet joule, n'est cependant pas une vue de l'esprit. Les supraconducteurs, conducteurs sans résistance électrique, permettent le maintien de champs magnétiques constants sans dépense d'énergie qui trouvent leur application dans les accélérateurs de particules ou les trains, au stade expérimental, se déplaçant sur coussin magnétique. Ce que nous voulons, c'est le contraire, une disparition de champ magnétique aussi rapide que possible.

diminuer le temps de réponse

La diode de roue libre permet donc à l'énergie emmagasinée par la bobine du relais de s'épuiser (en pure perte) en cir-



cuit fermé sans détruire le transistor de commande. Cette dissipation n'est possible que si la diode et la bobine opposent au passage du courant une certaine résistance. La résistance est pourtant assez, voire trop faible de sorte que le courant met quelque temps à disparaître. Tant qu'il circule, le champ magnétique persiste et les contacts du relais restent collés. Or, pour certains circuits, il y a urgence : si le relais est la cheville ouvrière d'un dispositif de protection par exemple, tant qu'il reste collé, la sécurité ne joue pas. La lenteur de sa réponse peut être la cause de dommages irréparables. Que faut-il faire pour qu'il réponde plus rapidement ? La réponse vient de ce que nous avons dit plus haut : la dissipation de l'énergie stockée doit être plus rapide, nous devons donc augmenter la puissance du dispositif. Du côté de la bobine, il n'y a pas grand chose à faire, voyons celui de la diode. La tension à ses bornes est de l'ordre de 0,6 V et la puissance consommée de 0,6 fois le courant induit. Augmenter la résistance de la diode, il n'y faut pas songer, pas plus qu'à lui câbler une résistance en série. Juste après la coupure, le courant peut être assez intense pour que la tension dépasse une valeur susceptible d'endommager le

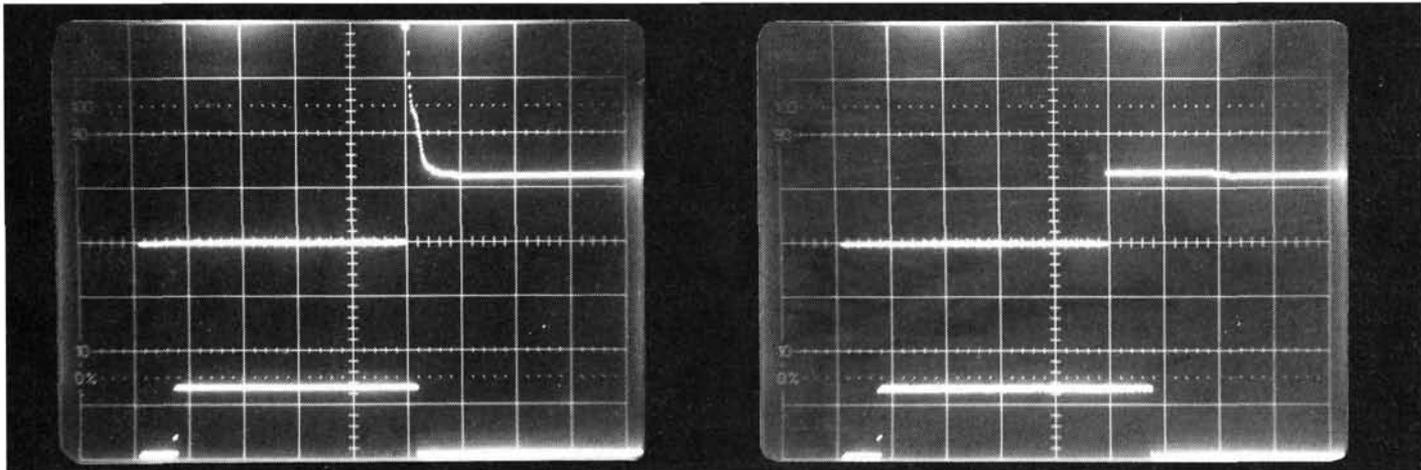
transistor. Il faut trouver quelque chose qui limite la tension à un maximum : pourquoi pas une diode zener ? Une zener se comporte en direct comme une diode ordinaire de sorte que sa présence court-circuiterait la bobine, ce que nous ne souhaitons bien évidemment pas. Nous conservons donc la petite diode de roue libre en série avec la zener, comme sur la **figure 2**. Quelle tension pour la zener, mais aussi quelle puissance ? C'est ce que nous allons calculer.

calcul

N'importe quelle zener ne convient pas à ce circuit de "freinage" en urgence. Il faut en premier lieu qu'elle supporte un courant inverse de pointe de surcharge important : une zener de 1,3 W devrait suffire. Elle stabilisera ensuite la tension à un maximum qui ne mette pas en danger le transistor. Si la tension collecteur-émetteur maximale du transistor U_{cemax} est de 45 V, la somme des trois tensions, celle de zener U_Z , celle de la diode U_D et celle de l'alimentation U_b devra lui être inférieure. Si l'alimentation délivre une tension de 12 V, U_Z sera donc inférieure à : $45 - 12 - 0,6 = 32,4$ V. Avec une diode zener de 24 V de 1,3 W de puissance, le transistor de commutation et la zener elle-même s'en tireront parfaitement. Nous le voyons sur les oscillogrammes de la **figure 3**, le relais répond plus rapidement en (3b) qu'en (3a) où nous n'avons qu'une diode de roue libre.

886036

Figure 3 – En (a), sans zener, lorsque le transistor se bloque, sa tension de collecteur (moitié supérieure de l'écran) passe de 0 à U_b , le relais (moitié inférieure de l'écran) répond avec un net retard à cette transition. En (b), avec zener, la tension de collecteur du transistor est plus importante à la commutation mais la réponse du relais est presque instantanée à notre échelle de mesure.



On ne doit plus guère trouver de voiture sans autoradio. Elles sont presque toutes livrées avec cette petite boîte électronique déjà installée. C'est même la marque de l'autoradio qui permet de distinguer les modèles de voitures, tant elles se ressemblent toutes par la carrosserie et la mécanique. Si bon que soit l'autoradio, il est totalement inutile sans antenne dans la cage de Faraday que constitue la carrosserie. Hélas, si une antenne est sensible aux ondes, longues, moyennes ou ultra-courtes, elle est sensible aussi aux vandales...

L'antenne de voiture a d'abord été un simple fouet d'un seul morceau monté sur le toit ou sur une aile. On s'aperçut vite que les antennes exerçaient une force d'attraction violente sur des artistes sauvages qui se faisaient un sport de les agrémenter de courbes gracieuses et de nœuds divers, ou, si le résultat ne répondait pas à leurs aspirations esthétiques, de les sectionner tout simplement. Il va sans dire que ni l'humeur du propriétaire ni la réception de la radio ne s'en trouvent améliorées. L'antenne télescopique a été et reste une bonne solution à ce problème : plusieurs segments creux se logent l'un dans l'autre. Quand la voiture est garée sur un terrain « dangereux », l'antenne disparaît complètement dans la carrosserie, d'où on ne peut la tirer qu'avec une clef spéciale. Il subsiste un petit problème : il ne faut pas oublier de sortir l'antenne au moment de partir ; cela risque d'être délicat si vous êtes lancé à 120 km/h sur l'autoroute, ou si vous avez envie d'écouter la radio au moment où vous vous trouvez bloqué dans un embouteillage.

Des gens astucieux ont mis sur le marché l'antenne électrique : un bouton au tableau de bord et un petit moteur électrique à la base de l'antenne télescopique permettent de la sortir et de la rentrer depuis l'habitacle, même en roulant. On les trouve maintenant à un prix abordable et elles sont faciles à installer.

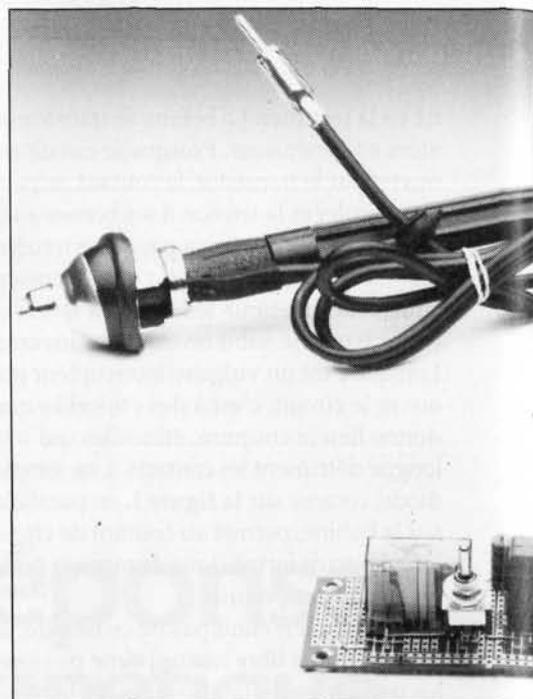
bon, meilleur, le meilleur

L'antenne télescopique qui se manœuvre à la main peut être qualifiée de bonne solution, l'antenne électrique (ou semi-automatique puisqu'il reste un bouton à actionner) est meilleure. La meilleure solution possible serait une antenne entièrement automatique, qui se déploierait d'elle-même quand la radio est mise en marche, puis se rétracterait quand la radio s'arrête. Ce genre d'antenne est monté d'origine sur des voitures d'une classe de

prix nettement supérieure à la moyenne, qui restent du domaine du rêve pour la plupart d'entre nous. Tant pis pour la voiture, mais pourquoi se priver d'une antenne automatique quand il est possible de la construire à peu de frais, à partir d'une antenne électrique ou semi-automatique ? Intéressé ? Lisez la suite.

sortie commandée

Il y a une condition à remplir obligatoirement pour que notre montage fonctionne : l'autoradio doit être muni d'une sortie commutée où le +12 V de la batterie apparaît dès la mise sous tension. C'est le cas sur tous les autoradios de fabrication récente, et même moins récente. Puisque votre autoradio remplit cette condition,



antenne motorisée entièrement automatique

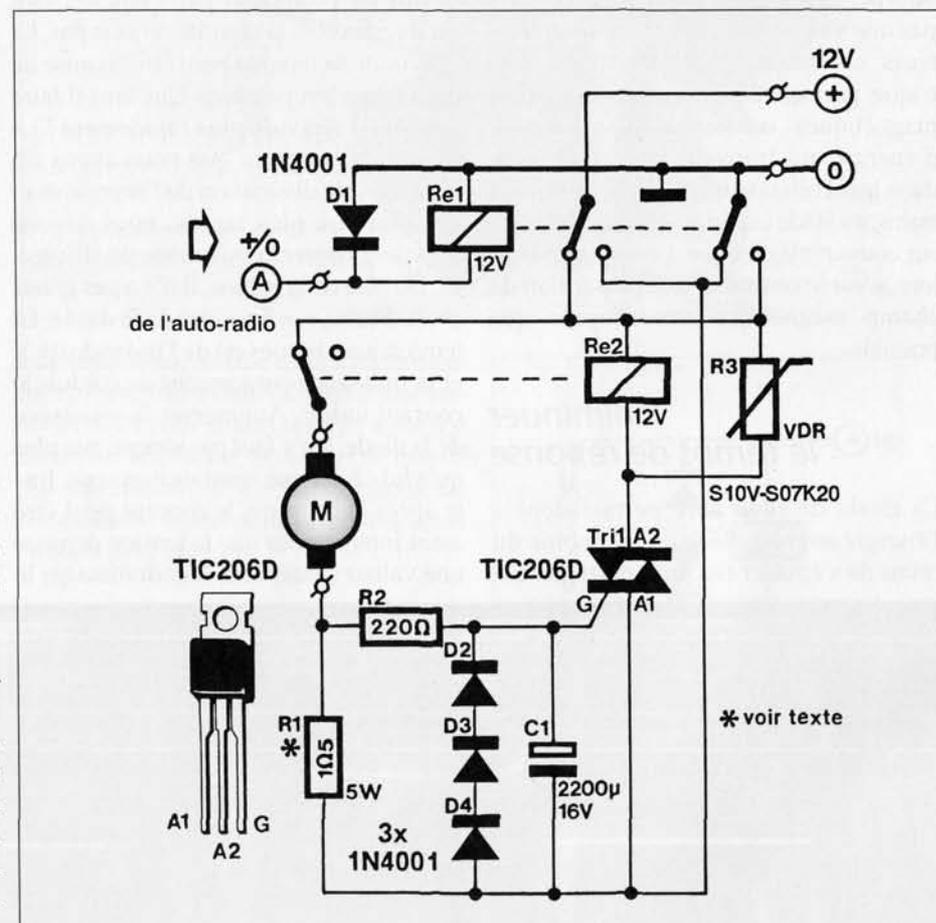


Figure 1 - Le schéma de notre antenne électrique automatique ne comporte guère d'électronique. Les commutations sont assurées par des relais, plus mécaniques qu'électroniques. Le composant essentiel est le triac qui garde la « mémoire » de l'état dans lequel se trouve l'antenne.



jetez un œil au schéma de la **figure 1**. Compliqué, non ? C'est toujours comme ça, les montages avec plus d'électro-mécanique que d'électronique paraissent compliqués. Le fonctionnement est pourtant simple : la consommation du moteur double quand il arrive en butée (quand l'antenne est complètement sortie ou rentrée). Nous pouvons ainsi construire une antenne entièrement automatique sans nous compliquer la vie avec l'installation de contacts de fin de course, il suffit de détecter l'augmentation d'intensité pour connaître la position de l'antenne.

montée...

En pratique, tout se passe comme suit : aussitôt que l'autoradio est mis en marche, une tension de +12 V apparaît au point A (+/0). Le relais à deux contacts inverseurs Re1 est actionné, la borne « supérieure » du moteur M est reliée à la masse (0 V), la borne « inférieure » au pôle positif par l'intermédiaire de la résistance R1. Pour l'instant le deuxième relais reste au repos. Tous les contacts sont dessinés au repos, comme il se doit.

Le moteur tourne et l'antenne se déploie. L'antenne complètement déployée, le moteur vient en butée et l'intensité augmente. Par conséquent, la chute de tension aux bornes de R1 augmente. La valeur de R1 est calculée de telle façon que le triac Tri1 s'amorce. La conséquence est facile à deviner : le relais Re2 est activé, son contact s'ouvre et coupe l'alimentation du moteur. L'antenne s'arrête, la situation est stable puisque le triac reste conducteur aussi longtemps que circule un courant minimal, dit courant de maintien.

...descente

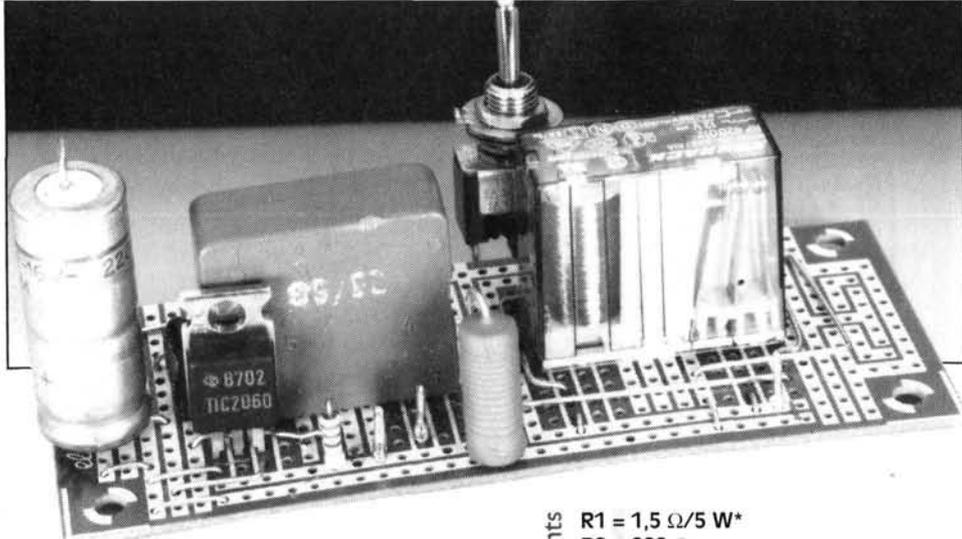
Votre compagnon de route entame un conversation et vous arrêtez la radio. À ce moment, le point A se trouve privé de tension et Re1 « retombe ». La polarité de la tension d'alimentation du moteur est inversée. Il est important que le montage soit privé de toute tension pendant un certain temps : le relais ne commute pas instantanément, le contact travail s'ouvre avant que le contact repos se ferme (en bon français : *break before make*); quelques millisecondes après l'arrêt du poste de radio, le courant de maintien du triac s'interrompt, le relais Re2 n'est plus excité non plus. Le contact fermé, un courant peut circuler à travers le moteur ; comme la polarité est inversée (0 V en bas, +12 V en haut), le moteur change de sens de rotation et l'antenne se rétracte. Arrivé en butée, le moteur augmente sa consommation et le processus est le même que lors de la montée : le triac Tri1 s'amorce et le relais Re2 coupe l'alimentation du moteur. Là aussi l'état du système est stable.

quelques détails

Les moteurs électriques ont une particularité ennuyeuse : ils consomment un courant nettement supérieur à la normale pendant le démarrage (jusqu'à ce qu'ils arrivent à plein régime). Pour notre application, cela signifie que, dès le démarrage, la tension aux bornes de R1 serait suffisante pour amorcer le triac et arrêter le moteur. L'antenne aurait à peine le temps de sortir (ou de rentrer) d'un ou deux centimètres. Position inconfortable ! C'est pourquoi nous avons ajouté le réseau

R2/C1 : avant que le triac entre en conduction (pour une tension de gâchette de 1 V environ), il faut que le gros condensateur C1 soit chargé. Le temps nécessaire à cette charge est suffisant pour que le régime du moteur s'établisse et que l'intensité revienne à une valeur normale. Il reste à expliquer la fonction des diodes D2 à D4. Inutile de chercher trop loin. Comme vous le savez, et le symbole vous le rappelle, les condensateurs électrochimiques sont polarisés, ils possèdent une armature positive et une négative. Il ne faut pas intervertir les connexions *plus* et *moins*, la tension sur l'armature négative doit toujours être inférieure à celle de l'armature positive. Si vous ne respectez pas cette règle, il peut en résulter des dégâts irréversibles sur le condensateur, ou, au pire, une explosion spectaculaire due au dégagement de gaz de l'électrolyte. Les modèles au tantale sont les plus « intolérants » pour ce genre de faute.

Vous aurez remarqué que la polarité de la tension d'alimentation est inversée par le relais Re1 suivant que l'antenne doit monter ou descendre. Cela signifie que la tension appliquée à l'armature négative de C1 peut devenir positive par rapport à l'autre, avec les conséquences tragiques que cela comporte. Le groupe de trois diodes en série, monté en parallèle avec le condensateur, empêche la tension inverse de dépasser 1,8 V environ. D'après les caractéristiques annoncées par les fabricants et vérifiées en pratique, un condensateur électrochimique peut supporter cette tension sans inconvénient, à condition que ce soit un modèle en aluminium et non au tantale. La diode D1 est une diode de roue libre ordinaire qui empêche



l'extra-courant de rupture de donner naissance à une tension dangereuse. Vous cherchez en vain la diode de roue libre du deuxième relais : elle n'aurait pas de sens sur une bobine dont l'alimentation change de sens. Nous avons donc adopté, pour la protection du triac, le même dispositif que sur les relais alimentés en courant alternatif : une varistance, R3. C'est aussi à cause de cette inversion de polarité que Tri1 est un triac et non un thyristor.

- liste des composants
- R1 = 1,5 Ω/5 W*
 - R2 = 220 Ω
 - R3 = varistance SIOV S07K20
 - C1 = 2200 μF/16 V radial
 - D1 à D4 = 1N4001
 - Tri1 = triac TIC206D

Re1 = relais encartable miniature 2 RT
p. ex. Schrack RP 420012 ou Siemens V23056-A102-A101

Re2 = relais encartable miniature 1 RT
p. ex. GBR 10.2-11-12 ou Siemens V23027-B2-A101
(NB : résistance de la bobine = 300 Ω)

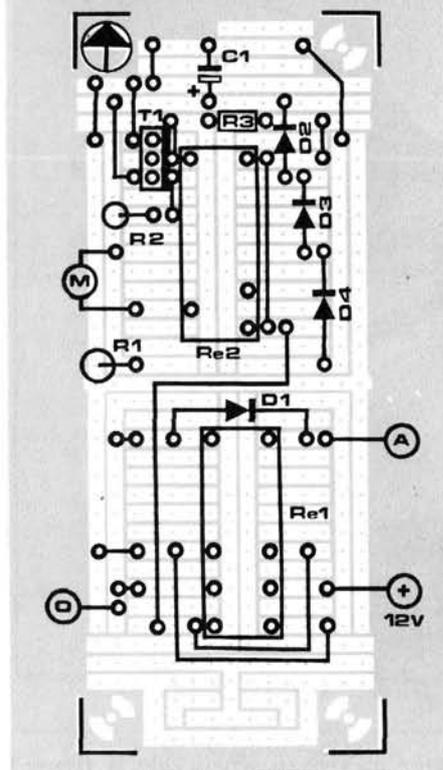


Figure 2 – Malgré l'encombrement des relais, inévitable, le montage tient à l'aise sur une platine d'expérimentation de format 1.

la construction

La construction sur une platine d'expérimentation de format 1 ne doit poser aucun problème. La disposition des composants est représentée sur la figure 2. Comme d'habitude, vous avez intérêt à commencer par les ponts, dont certains devront être en fil isolé. Continuez avec les diodes puis les picots à souder, au nombre de six

(deux pour le moteur, deux pour la tension d'alimentation, et enfin un pour le +12 V commuté de l'auto-radio). Poursuivez avec les résistances, montées debout, de même que le condensateur C1. Un modèle à sorties radiales sera plus commode à installer que le modèle axial du prototype photographié. Si vous n'utilisez pas les types de relais indiqués dans la liste des composants, il se peut que vous ayez à adapter le plan d'implantation. Le tout devrait être expédié en une heure, après quoi il faut penser à l'installation.

la bonne polarité. Mettez l'autoradio en marche, l'antenne doit se déployer. Arrêtez l'autoradio, elle doit se rétracter. Si c'est le contraire qui se passe, vous n'avez qu'à inverser les deux fils qui partent vers le moteur. Il est possible aussi que le circuit ne fonctionne pas correctement. Si le relais Re2 n'est pas excité, c'est vraisemblablement parce que le courant du moteur ne provoque pas aux bornes de R1 une chute de tension suffisante pour amorcer le triac. Le remède est aussi simple que la cause : comme on ne peut pas faire varier l'intensité, il faut augmenter la valeur de la résistance pour augmenter la tension. Le moteur de notre prototype consomme environ 500 mA en régime établi et 800 mA au maximum en butée. La valeur de R1 a été déterminée en fonction de ces intensités. La démarche la plus rationnelle consiste à mesurer la consommation de votre moteur dans les deux cas, sur une alimentation de laboratoire. Déterminez ensuite la valeur de R1 en sachant que la gâchette du triac doit voir une tension de 1 V environ lorsque le moteur est en butée ; elle doit être supérieure à $1/I_{\text{MOTEUR MAX}}$ et inférieure à $1/I_{\text{MOTEUR MIN}}$. La polarité de la tension de commande est indifférente, même si la sensibilité du triac varie suivant la polarité de la tension de gâchette et de la tension appliquée entre les deux anodes.

l'installation

Vous devez trouver sous le tableau de bord de votre voiture un endroit où installer la platine, logée ou non dans un coffret. Raccordez le moteur de l'antenne par des cosses *fast-on* car il y a très précisément une chance sur deux de tomber sur le bon sens de rotation. Connectez le point A de la platine à la sortie 12 V commutée de votre auto-radio. Les cosses adéquates se trouvent, même par petites quantités, dans tous les magasins d'accessoires auto ou dans les magasins de bricolage. Raccordez enfin l'alimentation, que vous pouvez « piquer » aussi sur l'autoradio. Si vous le faites, il faudra adapter le calibre du fusible car le moteur d'antenne à lui seul consomme autant, sinon plus, que l'autoradio.

Quand tout cela est prêt, il reste à vérifier si le raccordement du moteur est fait selon

896013

elex-abc

varistance

La varistance, disponible sous des noms de marque comme Gemov (General Electric) ou SioV (Siemens), est un composant de résistance variable en fonction de la tension appliquée à ses bornes. C'est ce qu'indique son appellation anglo-saxonne, VDR pour Voltage Dependent Resistor. Pour être plus précis, la résistance de la varistance diminue quand la tension augmente. Elle diminue jusqu'au court-circuit quand la tension dépasse un certain seuil. Cette propriété la rend très utile comme suppresseur de surtensions : les pointes de tension sont purement et simplement court-circuitées. En revanche, le seuil d'entrée en conduction est trop imprécis pour permettre une régulation de tension. Les tensions nominales des varistances vont de quelques volts, comme dans la commande d'antenne automatique, à quelques centaines de volts, comme dans les filtres de tension du secteur ou les montages de puissance alimentés sur des batteries de 110 ou 220 V.

La mesure de la vitesse instantanée d'une bicyclette (distance parcourue par unité de temps) est réalisée mécaniquement dans la plupart des cas. Ça ne marche généralement pas dans l'obscurité et c'est un peu frustrant pour un amateur d'électronique. Le présent compteur de vitesse à affichage à LED vous donnera une idée quasi instantanée de vos performances, avec une précision de l'ordre de 2 km/h, même après la tombée du jour.

tachymètre à pédales

le synoptique

Lorsqu'on utilise une bicyclette pour ses déplacements, la vitesse instantanée ne présente le plus souvent aucun intérêt. Il en va différemment lorsqu'on pédale pour se mettre ou se remettre en forme physique (et mentale, « Mens sana etc. ») Dans ces cas-là, on aime mesurer ses performances. Il va de soi qu'un tachymètre (de *tachus* mot grec signifiant "rapide") mécanique convient aussi bien qu'un tachymètre électronique mais si l'on est amateur d'électronique, on dort mieux lorsque l'on a résolu ses problèmes le fer à souder à la main. Les avantages d'une mesure électronique sont évidents, surtout dans la pénombre ou l'obscurité, qui facilitent même sa lecture ; l'absence de frottements mécaniques supplémentaires, et qui dit frottements dit usure, ne fait qu'en renforcer l'intérêt.

Le principe de fonctionnement d'un tel instrument est assez simple : la rotation d'une roue engendre, d'une façon ou d'une autre, des impulsions. Leur quantité produite par unité de temps donne accès à la vitesse. Il va de soi que le circuit de comptage des impulsions est fait de telle manière que le nombre d'impulsions qu'il enregistre par unité de temps est proportionnel à la vitesse.

Les différentes parties du circuit sont représentées sous la forme de blocs sur la figure 1. Nous avons pour commencer un bloc chargé de la mise en forme des impulsions qui ne sont, à l'origine, pas très présentables. Il les reçoit sur son entrée et produit en sortie à partir d'elles un signal rectangulaire. La production des impulsions elle-même est à la charge d'un relais ILS (Interrupteur à Lames Souples) placé à proximité d'une des roues de la bicyclette. Sur la même roue sont fixés un ou plusieurs aimants. Chacun de leurs passages devant le relais provoque la fermeture brève de ses contacts. À chaque tour de roue correspond le même nombre d'impulsions de fermeture. Leur mise en forme permet au reste du circuit de les exploiter.

Pour commencer, et comme il n'est pas conseillé de les compter sur les doigts (elles n'ont pas assez d'énergie), les impulsions transformées sont dénombrées par un circuit. Il n'est pas question de fabriquer un compteur kilométrique (le problème a déjà fait l'objet d'un article), de sorte que ce n'est pas le nombre absolu d'impulsions produites à chaque promenade du cycliste qui est comptabilisé. Il aurait fallu pour cela câbler plusieurs compteurs en cascade, puisque celui qui est utilisé ici est câblé de façon à s'arrêter à vingt. Non, ce qu'il faut, c'est le nombre d'impulsions par unité de temps. L'unité de temps de comptage est une durée choi-

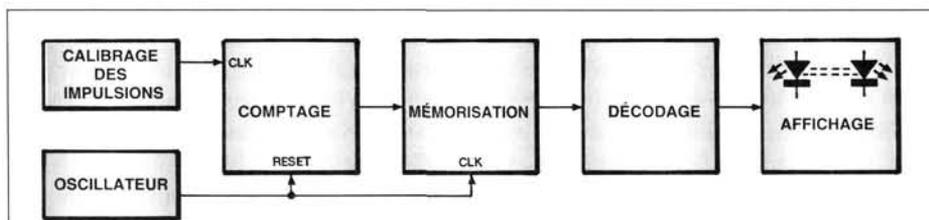


Figure 1 – Le premier bloc, de mise en forme des impulsions, les reçoit d'un relais ILS. L'oscillateur détermine la durée de comptage à la fin de laquelle les "données", nombre d'impulsions produites pendant ce laps de temps, sont temporairement "figées" dans un circuit de mémoire : ceci permet à un décodeur de les lire et de les afficher assez longtemps pour qu'elles impressionnent l'œil du cycliste (l'indication ne "sautera" pas).

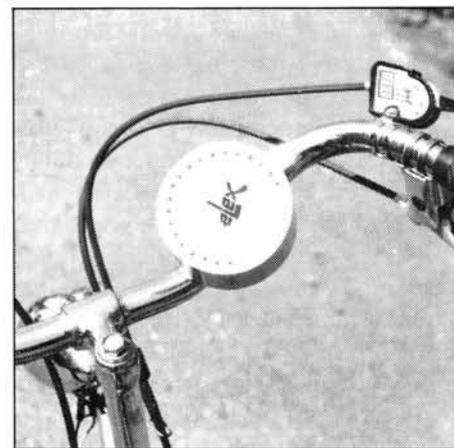
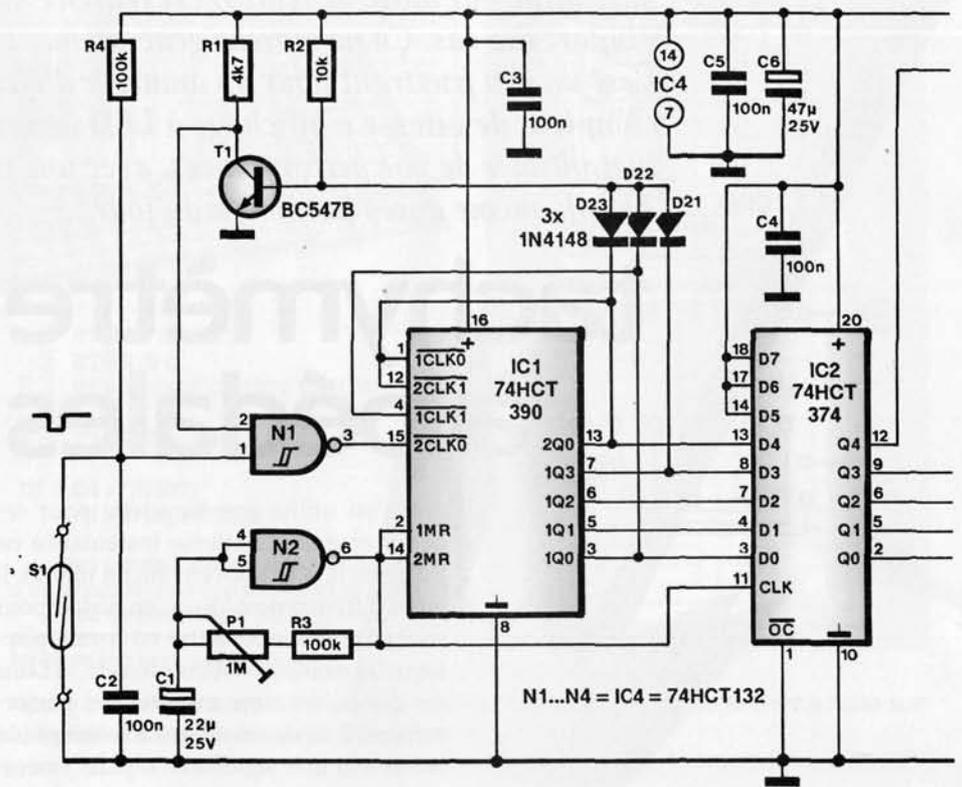


Figure 2 - L'identification des parties présentées par le synoptique n'est pas difficile : la mise en forme des impulsions est l'œuvre de N1. Pendant qu'IC1 les compte, l'oscillateur construit autour de N2 chronomètre. À la fin du temps de comptage défini par l'oscillateur, le contenu du compteur, remis à zéro, est confié à IC2 qui le présente en sortie au décodeur pour affichage : une des vingt LED s'allume pendant la durée définie par l'oscillateur.



sie arbitrairement (ou presque), toujours la même, à la fin de laquelle le contenu du compteur est scruté. Le nombre trouvé, fonction d'une durée toujours identique, est facilement converti en une vitesse (quasi) instantanée. Encore quelques étapes cependant avant la sortie, d'autant que nous n'avons pas encore vu de chronomètre : ce rôle est dévolu à l'oscillateur de la **figure 1**. C'est lui qui détermine la durée pendant laquelle les impulsions sont comptées, ainsi que celle pendant laquelle elles ne sont plus enregistrées. Ce temps de repos suivant le temps du décompte est prévu, entre autres, pour permettre la lecture du cadran par l'utilisateur. Il commence par une remise à zéro du circuit de comptage, préluant à un nouveau cycle. Qu'advient-il, en fin de compte, du contenu du circuit de comptage ? Ce serait dommage de le perdre, puisqu'il n'a pas encore été exploité. Il est donc stocké, comme chez vous (mais non pour les mêmes raisons), lorsqu'après avoir épuisé les ressources de vos doigts de mains et de pieds vous inscrivez mentalement le nombre que vous avez trouvé. Le montage est ainsi pourvu d'une mémoire. Ce circuit de mémoire conserve (pour la transmettre en aval) la dernière position connue du compteur (appelons ainsi le "circuit de comptage") jusqu'à la fin du cycle suivant. En son absence, l'affichage à LED rendrait compte de chaque

variation instantanée de son contenu, ce qui n'est pas le but recherché. Seule présente de l'intérêt, la position du compteur à la fin de chaque cycle, fixée par l'oscillateur. Le nombre présent dans la mémoire est ensuite décodé, c'est-à-dire qu'il est converti en une tension (nulle en l'occurrence) qui commande à son tour une des vingt LED de l'afficheur. Qu'est-ce que cela donne concrètement ?

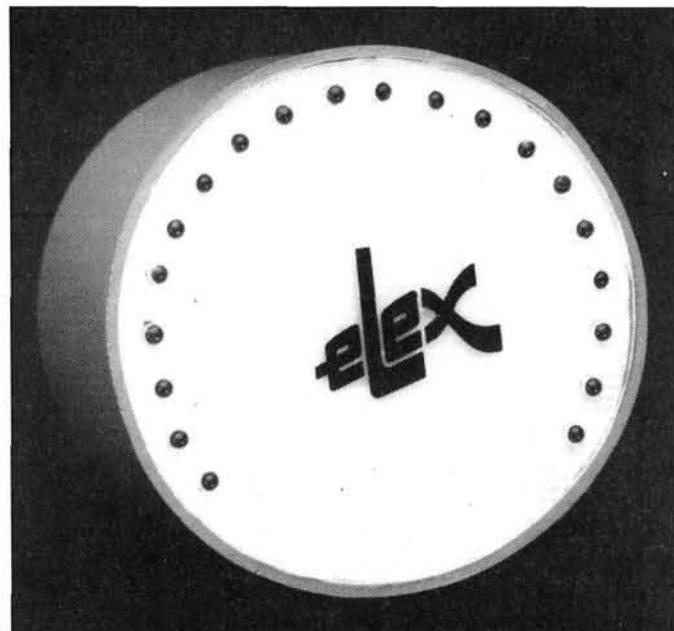
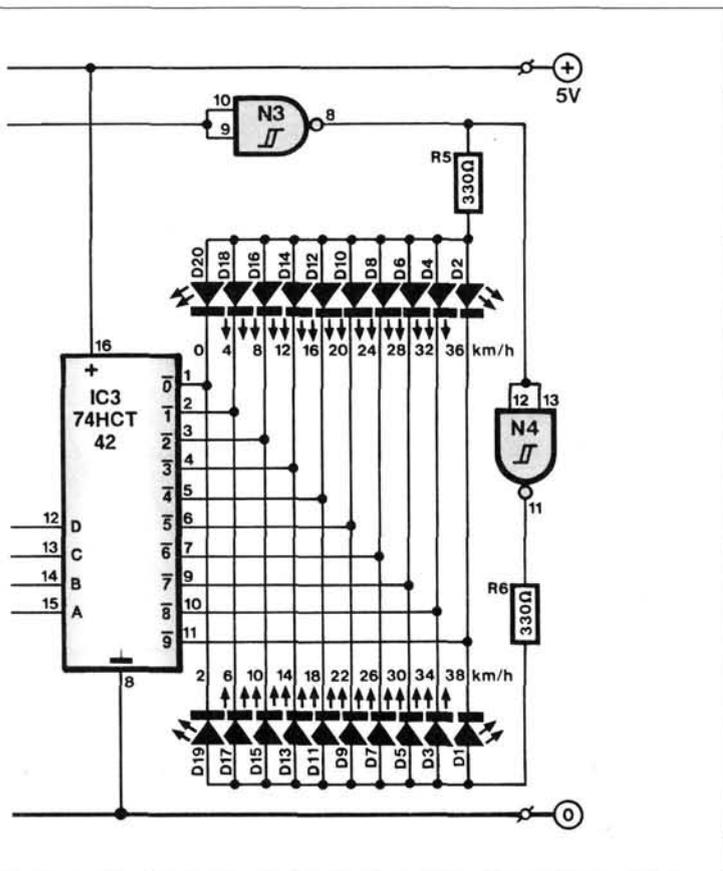
le schéma

Reportez-vous à la **figure 2** pour voir en détail la constitution du tachymètre. Le capteur est le relais *ILS* S1, dessiné à gauche. Comment produit-il ses impulsions ? - Un instant, nous devons d'abord noter l'état dans lequel se trouve la broche 1 de la porte ET-NON N1 : au niveau logique haut puisqu'elle est reliée au (+) de l'alimentation par l'intermédiaire de R4. - Revoici le relais : lorsqu'un aimant fixé sur la roue du vélo passe à sa proximité, ses contacts se ferment et court-circuitent à la masse la broche de N1 sus-dite. Comme l'autre entrée de N1 est au niveau logique haut - nous verrons plus tard le rôle de T1 qui reste le plus souvent bloqué - l'application de ce "0" sur une de ses entrées fait brièvement basculer sa sortie à "1". Lorsque la sortie de N1 repasse à "0" (c'est ce que veut dire la barre qui surmonte 2CLK0), à la réouver-

ture du relais, le compteur IC1 prend une impulsion en compte. Le condensateur C2 pour sa part, tempère les effets trop brutaux des ouvertures et fermetures de S1. La mise en forme des impulsions, terminée maintenant, permet leur exploitation par les composants qui suivent.

Le "double compteur décimal 74HCT390" est câblé de façon à compter jusqu'à 20 en binaire : une moitié compte jusqu'à deux, l'autre moitié jusqu'à dix en BCD (DCB décimal codé binaire ou BCD en anglais, nous explicitons plus loin). Si la sortie du premier compteur est reliée à l'entrée du second, les cinq lignes de données permettent de disposer de vingt combinaisons différentes, de 0 à 19, (de 00000 à 10011). Ces lignes sont celles qui relient IC1 à IC2, la mémoire, une "octuple bascule 74HCT374".

L'horloge, vous l'avez repérée, est construite autour de N2 câblé en oscillateur ou en générateur de signaux rectangulaires. Sa période est réglable entre quelques secondes et quelques dixièmes de seconde. Son fonctionnement ? Simple. Ses deux entrées court-circuitées l'une avec l'autre font de N2 un inverseur avec hystérésis (N2 est comme N1, N3 et N4 une porte ET-NON à trigger de Schmitt). Le niveau présent sur la sortie de N2 est donc toujours opposé à celui de son unique entrée. S'il est haut, il permet au condensateur C1 de lentement se charger à tra-

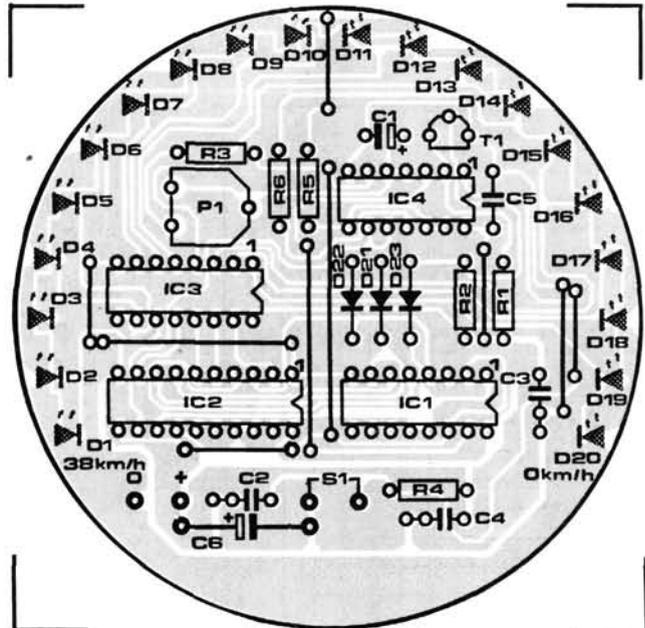
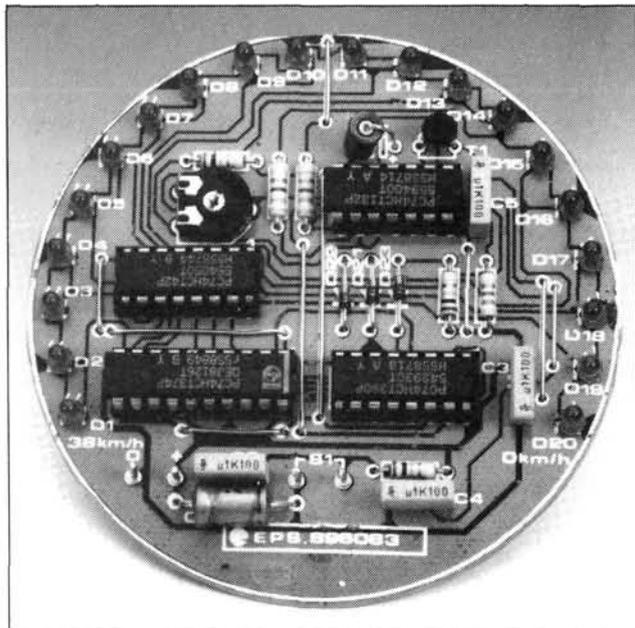


vers R3 et P1. Dès que la tension à ses bornes, c'est-à-dire la tension à l'entrée de N2, est suffisante, elle est reconnue par N2 comme un niveau logique haut, la sortie de l'inverseur passe à "0". Le condensateur se décharge alors par l'intermédiaire de R3 et P1 jusqu'à ce que l'entrée de N2 soit à nouveau reconnue comme un niveau logique bas qui provoque le passage de la sortie au niveau haut, la charge du condensateur etc. La sortie de N2 passe donc alternativement de "0" à "1", c'est un générateur de signaux rectangulaires dont P1 permet de régler la fréquence. Sur quoi cette sortie donne-t-elle? Sur deux entrées d'IC1 marquées MR, pour *Master Reset* qui n'a rien à voir avec les impôts comme vous devez vous en douter (c'est pas la "r" cette principale") et sur l'entrée d'IC2 marquée horloge (CLK ou *clock*). L'entrée MR, c'est une sorte d'entrée-adjuvant (commande de remise à zéro), lorsqu'elle est à "1", le compteur se remet à zéro et n'enregistre plus rien, lorsqu'elle est à "0", le compteur compte, c'est tout ce qu'on lui demande. Comme IC1 compte deux compteurs, il est normal qu'il compte aussi deux entrées MR. Lorsqu'il y a une remise à zéro des compteurs, l'entrée d'horloge d'IC2 passe à "1" ce qui a pour effet second de charger (ou basculer) les données présentes sur ses entrées D (D pour Données, ou *Data*) vers ses sorties Q. Les données présentes sur les entrées de

données d'IC2 correspondent bien au "contenu" du compteur, c'est-à-dire à l'état de ses sorties. L'ensemble des bascules contenues dans IC2 fonctionne bien comme une mémoire qui conserve sous forme de niveaux logiques (présence ou non d'une tension) sur ses sorties les données "rentrées", aussi longtemps que son entrée d'horloge ne revoit pas de front montant*. Tout ceci est bien beau mais sans signification s'il n'y a pas de "voltmètre" pour mesurer et informer l'utilisateur. Ce "voltmètre" sera le décodeur. Le décodage des informations contenues "sur les bords" de la mémoire IC2 et leur affichage sont assurés en continu par IC3, N3 et N4. Les informations présentes aux entrées A, B, C, D d'IC3 "transcodeur BCD/décimal 74HCT42" le sont sous forme décimale codée en binaire (puisque elles sont codées sur quatre bits, cette forme BCD est identique à la forme binaire "pure" à la différence qu'après 1001, soit 9, le compteur la fait passer à

* Tout ceci rappelle, n'est-il pas, un comptage sur les doigts (de main, c'est plus facile): pour se rappeler "quatre" on repliait quatre doigts ou un seul suivant la logique adoptée (négative, doigt replié égale un; positive, doigt replié égale zéro; ou l'inverse). C'est sans doute parce que dans leurs écoles cette forme de calcul n'était pas mise à l'index que les anglophones ont appelé les chiffres *digit* (prononcer "didjit"). D'autres comptent sur leurs moutons, d'autres encore sur leur femme ou leur époux (ce qui ne permet pas de compter beaucoup, avouons-le, lorsqu'on est monogame).

0000, qui correspondrait à 10 ou 0 "décimal"). Le nombre qu'elles forment est traduit par un niveau bas sur la sortie (une sur dix) correspondant à sa valeur (0, 1, 2... ou 9). SUPPOSONS QUE NOUS AVONS 1001 EN ABCD, LA SORTIE 9 D'IC3 SE MET À "0". Cette sortie est reliée à la cathode d'une LED qui s'allume alors (D1 OU D2, DANS NOTRE EXEMPLE, NOUS LE SAURONS BIENTOT). Pour qu'une LED s'allume il faut bien sûr qu'elle soit câblée correctement: qu'est-ce à dire? Que la tension qui règne sur son anode soit positive par rapport à celle (niveau logique bas à la sortie d'IC3) qui règne sur sa cathode. Les inverseurs N3 et N4 se chargent de ce boulot. Il faut bien deux inverseurs (un seul pourrait cependant suffire) pour sélectionner une LED et une seule parmi vingt puisque les sorties d'IC3 ne sont qu'au nombre de dix, chacune connectée à deux LED. Lorsque l'entrée de N3 est au niveau logique bas, sa sortie est à "1". Le courant passe alors à travers R5 et une LED de la rangée du haut (figure 2) vers la sortie d'IC3 commandée à l'état bas. La tension sur l'anode de la LED de la rangée du bas qui correspond à la même ligne de sortie d'IC3 est celle de la masse puisque la sortie de N4 est au zéro logique. La différence de potentiel entre l'anode et la cathode de cette LED, nulle, ne la fait pas briller. Les inverseurs ne font que témoigner de l'état logique (inversé pour N3) de la sor-



tie du compteur modulo deux. Cette sortie, 2Q0 d'IC1, est celle du bit de poids le plus faible (LSB, *Least Significant Bit*, le bit le moins significatif**) du compteur modulo 20*** qui permet de sélectionner les LED paires ou impaires (0, paires, 1, impaires). DANS NOTRE EXEMPLE, SI CE BIT DE PETIT POIDS EST À "1", LE COMPTEUR A COMPTE JUSQU'À 10011, SOIT 19, LE MAXIMUM: C'EST D1 QUI EST ÉCLAIRÉE. S'IL EST À "0", LE COMPTEUR ÉTAIT À 18 EN FIN DE CYCLE, 10010, C'EST D2 QUI S'ALLUME, LA VITESSE EST UN PEU INFÉRIEURE AU MAXIMUM.

Retour en arrière maintenant sur la partie du circuit passée sous silence, celle construite autour de T1. C'est la partie des champions cyclistes puisqu'elle ne fonctionne que si le compteur est en butée supérieure, à grande vitesse. Si, pendant la durée du comptage (MR au niveau logique bas) le compteur enregistre 19 impulsions, son contenu est "19", s'il en compte 20, il repasse à "0". De cette indication de son compteur le cycliste pourrait déduire qu'il est à l'arrêt alors qu'il roule à pleine vitesse: ne va-t-il pas descendre en marche pour se regarder pédaler? Vous voyez d'ici l'accident! Pour l'éviter il faut donc qu'à pleine vitesse le compteur reste bloqué jusqu'au prochain cycle sans plus enregistrer d'impulsions. Comment faire? Utiliser la valeur maximum

du compteur pour bloquer les impulsions. Si la seconde entrée de N1 (broche 2) est bloquée au niveau logique bas, sa sortie reste à "1" quel que soit le niveau de l'autre entrée. L'entrée 2 de N1 reste à zéro si le transistor T1 est passant. Le transistor est passant si les diodes D21 à D23 sont simultanément bloquées, si donc leurs cathodes sont au même potentiel que leurs anodes. Ceci n'arrivera que lorsque les sorties d'IC1 afficheront "19", le maximum, soit, du bit le plus significatif (il correspond à $2^4=16$) sur la broche 3 d'IC1 au bit le moins significatif, sur la broche 13: 10011 (9 en décimal pour cette partie qui compte jusqu'à 9 en binaire, et 1 pour la partie qui compte jusqu'à 0 (et je retiens 1 donc 2 en décimal, 10 en binaire, en fait). En résumé, cela donne: 10011 soit $2^4+2^1+2^0=19$.

À quoi peut faire penser un circuit comme celui que R2 forme avec les trois diodes? À un opérateur ET à trois entrées: sa sortie, la base de T1, n'est à "1" que si ses trois entrées sont simultanément à "1". Ajouter T1 à cet opérateur revient à le transformer en opérateur ET-NON dont le transistor est l'inverseur.

construction

La figure 3 n'est pas une vue stéréoscopique des installations militaires souterraines de telle puissance que nous ne citerons pas, puisqu'il ne s'agit pas d'elle, mais celle (monoculaire) de chacune des faces du circuit imprimé du tachymètre à pédales (qui ne sont pas représentées). Sur ce prototype, les LED apparaissent à la face opposée au cuivre: ce n'est pas ainsi qu'il faut faire. Les vingt LED du modèle

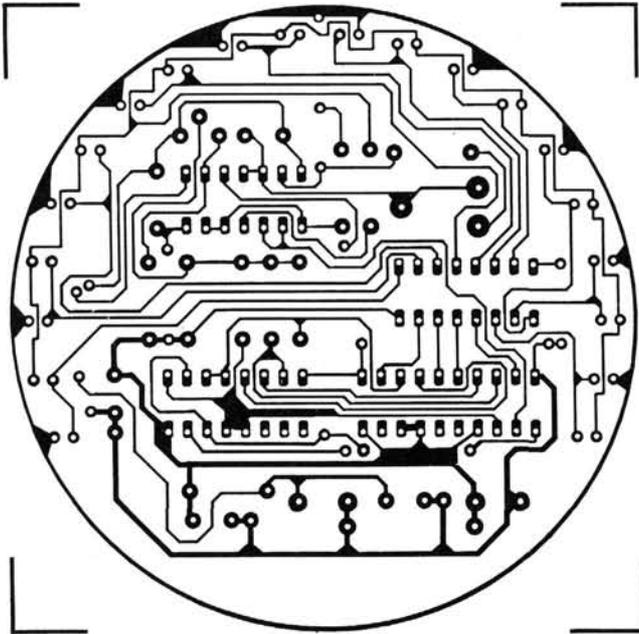
définitif seront montées sur la face cuivrée. Attention à leur polarité! Les autres composants se montent comme d'habitude, de l'autre côté. Faut-il des supports pour les circuits intégrés? Tout dépend du terrain pratiqué par le cycliste, il est possible que les circuits tiennent si les supports sont de bonne qualité. Si vous les soudez, dans le bon sens évidemment, personne ne vous en voudra.

Placez le circuit, à moins que vous n'habitiez en Australie occidentale ou au Sahara, dans un boîtier étanche fabriqué dans un morceau de tube de PVC ou une boîte de dérivation (vous trouverez cela chez un électricien) que vous recouvrirez d'un couvercle transparent. Seuls les câbles en provenance du relais ILS et de l'alimentation en sortiront, protégés par un passe-fil. Il n'est pas impossible de loger une pile, ou des accumulateurs dans le boîtier: dans ce cas bien sûr, pas de fils d'alimentation extérieurs, mais un interrupteur de mise hors tension accessible. Quelle tension? Une pile de 4,5 V, trois piles bâton de 1,5 V ou trois accumulateurs Ni-Cd (faciles à loger dans un tube en PVC ou un emballage de cigare (vide)), tout cela convient parfaitement. Pourvu que le circuit ait à ses bornes une tension continue de 5 V environ qui puisse être coupée facilement. Il n'est pas nécessaire de l'alimenter continuellement, surtout à l'arrêt. Dès que vous voulez connaître votre vitesse, vous actionnez l'interrupteur et vous appuyez sur les pédales en baissant la tête (pour avoir l'air d'un coureur).

Vous n'oublierez bien sûr pas les capteurs sous le prétexte que leur installation est affaire de mécanicien. Montez de préférence les aimants à proximité de l'axe de

** Ce bit correspondrait au chiffre le moins significatif de votre compte en banque, c'est le centime, qui permet de faire du sentiment: « Pour le personnel! » à la table de jeu. Le LSB est cependant plus important en électronique que son nom ne le laisse supposer, c'est bien pourquoi il a un nom.

*** Comptez jusqu'à 40 sur vos doigts: à 40, ou à 30 ou à 20 ou à 10, vous en serez toujours au dixième doigt. Ce compteur est un compteur "modulo 10". Si vous ajoutez les doigts de pieds à ceux des mains, le compteur est un compteur "modulo 20".



R1 = 4,7 k Ω
R2 = 10 k Ω
R3, R4 = 100 k Ω
R5, R6 = 330 Ω

P1 = 1M Ω , ajustable

C1 = 22 μ F/25 V
C2 à C5 = 100 nF
C6 = 47 μ F/25 V

T1 = BC547B

IC1 = 74HCT390 (double compteur décimal)

IC2 = 74HCT374 (octuple bascule déclenchable par un flanc)

IC3 = 74HCT42 (transcodeur BCD/décimal)

IC4 = 74HCT132 (4 portes ET-NON à 2 entrées à trigger de Schmitt)

D1 à D20 = LED (3 mm)

D21 à D23 = 1N4148

S1 = interrupteur à lame souple (ILS)

Figure 3 – Circuit imprimé et implantation des composants. Sur le projet définitif, les LED sont montées côté cuivre.

la roue pour limiter les déformations à vitesse élevée: si la roue est voilée, ce qu'elles sont toutes plus ou moins, le risque pour le(s) aimant(s) de heurter l'ampoule du relais *ILS* n'est pas négligeable, sans parler des problèmes de vibrations auxquelles peut donner lieu le déséquilibre de la roue qu'introduit cette masse. C'est d'ailleurs une raison suffisante pour ne pas monter le tachymètre sur une bécane de compétition. Dans ce cas-là, il suffit de doubler une voiture et de lorgner son compteur. Que disions-nous? Fixez les aimants sur les rayons, près de l'axe de la roue, avec une "collicolou" ou des agrafes métalliques. Collez ou fixez de même le relais *ILS* sur la fourche, assez près des aimants pour que ceux-ci le commandent. Ne laissez pas

pendouiller de fils, non parce que cela fait négligé, mais parce que c'est dangereux voire fragilisant.

réglage

Le calibre**** et la précision du tachymètre dépendent du nombre d'aimants et de la longueur du cycle réglé à l'aide de P1 (d'autres facteurs encore, mais comme ils sont titulaires de leur poste, il n'y a pas grand-chose à faire). Un plus grand nombre d'aimants donne une meilleure précision (pourquoi?) mais bloque plus rapidement le tachymètre: Grande précision pour petits calibres (avec Téross III, dans le rôle du méchant). Quel est le remède? Vous l'avez deviné, il suffit de raccourcir le cycle de mesure soit

d'augmenter le nombre de mesures dans le temps en donnant à P1 une plus petite valeur. Il faut donc se décider pour un certain nombre d'aimants, ensuite, vérifier que chacun a un effet sur le relais, puis régler avec P1 le calibre du tachymètre. Avant d'obtenir un résultat définitif, il faut bien sûr s'entraîner à bloquer le compteur: s'il se bloque vers 19 km/h trop souvent, réglez-le pour un maximum de 38 km/h, si ce n'est pas assez, passez à 57 km/h, « Si ce n'est pas assez? » – Reportez-vous au paragraphe précédent.

896083

**** Le calibre d'un instrument de mesure est la valeur de la grandeur à mesurer qui correspond à l'indication maximale de l'échelle de l'appareil. (Dictionnaire de physique d'Élie Lévy, aux P.U.F., sous la direction de François Le Lionnais, première édition 1988).

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.

Démonter un récepteur de radio ? Pour y chercher quoi ?
Dans le genre, une noix c'est beaucoup mieux. Vous n'y tenez plus, vous voulez savoir ce qui se passe dans le poste... Lisez ceci avant de l'ouvrir, si vous ignorez comment il fonctionne ou si vous croyez le savoir alors que vous n'avez peut-être fait qu'effleurer le sujet. Nous ne verrons pas les choses dans tous leurs détails, mais tenterons de vous expliquer comment fonctionnaient les ancêtres, à détection ou amplification directe et les plus récents, à changement de fréquence, puisque quelle que soit la fréquence sur laquelle ils sont accordés, mis à part l'étage d'entrée, ils ne sont conçus que pour une seule fréquence, la fréquence intermédiaire ou moyenne fréquence : votre récepteur est un superhétérodyne.
Difficile à comprendre ? Du premier coup, certainement.
À la longue (à l'usure), vous verrez, ça s'arrange.

Lorsque Marconi établit la première liaison radio à la fin du siècle dernier, il eut le pressentiment de l'avenir prodigieux du rayonnement hertzien. Il ne s'agissait pourtant que de la transmission de signaux en morse sur quelques centaines de mètres, mais celle-ci avait été réalisée sans fil. En ce temps-là, on ne connaissait que le téléphone et la télégraphie par fil, qui posaient donc de sérieux problèmes de transport. On ne savait pas fabriquer de lignes aussi fiables qu'aujourd'hui, sans parler des distances à couvrir, des coûts et de l'impossibilité de relier les bateaux par exemple. Ce fut un grand soulagement dans certains milieux de savoir que l'on pourrait s'en passer. Beaucoup de rêves prirent corps.

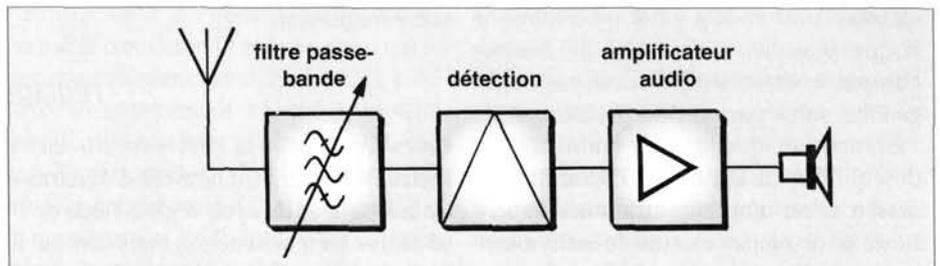
Les années se suivirent, apportant leur lot d'innovations mais le principe de la radio reste le même : l'émetteur est toujours un générateur de courant alternatif de haute fréquence suivi par un transformateur d'énergie, un radiateur d'ondes électromagnétiques, c'est-à-dire une antenne émettrice. À la réception, un conducteur placé dans le champ de rayonnement de l'émetteur est le siège de courants de haute fréquence, image en réduction des courants qui parcourent l'antenne émettrice. Ce conducteur est aussi un transformateur d'énergie, une antenne non plus radiatrice mais collectrice. Les informations

superposées aux ondes reçues sont décodées par l'appareil raccordé à l'antenne réceptrice, qui peut n'être pas visible (cadre).

Aujourd'hui, lorsqu'on parle de récepteur, c'est au *tuner* (un *tuner* à proprement parler est une "accordeur" ou un circuit d'accord) de sa chaîne stéréo que l'on pense. Des "récepteurs", il y en a pourtant de différents types. Un téléviseur, un *scanner*, un téléphone portable, une installation radar, un radiotélescope, pour ne citer que ces exemples, sont évidemment des "récepteurs" d'ondes électromagnétiques. Restons-en à la "radio" pour aujourd'hui. Si nous disséquons un récepteur, par la pensée, nous y distinguons trois blocs, à savoir : un **circuit d'accord** (le *tuner*) qui, sélectionne le signal dont la fréquence correspond à celle d'un émetteur puis l'amplifie éventuellement ; l'étage suivant est celui de **détection** qui redresse le signal de fréquence sélectionnée par l'étage précédent et sépare le signal utile, de basse fréquence, du signal de haute fréquence qui lui a permis de traverser

Figure 1 – Dans le récepteur de radio le plus simple, nous trouvons un filtre qui sélectionne un signal dont la fréquence correspond à celle d'un émetteur ; un détecteur, qui redresse et démodule ce signal en séparant l'information (modulatrice) du signal de haute fréquence (modulé) et un amplificateur de puissance, qui donne au signal de basse fréquence ainsi régénéré un niveau suffisant. On appelle les récepteurs qui correspondent à ce schéma récepteurs à détection directe, puisque le signal d'entrée, après filtration (sélection) et éventuellement amplification est immédiatement redressé et démodulé.

radio récepteurs



récepteurs à détection (ou amplification) directe

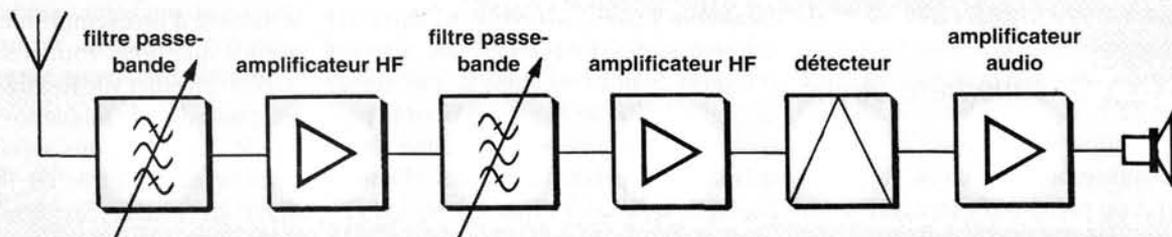
l'espace ; enfin, le dernier étage amplifie le signal de basse fréquence pour une dernière transformation, électromécanique, dont le résultat parvient à nos oreilles.

Les trois blocs dont nous venons de parler se retrouvent sur la **figure 1**. Cette image est celle d'un récepteur à détection directe, le plus simple. Son étage d'entrée, dit d'accord ou de sélection, est constitué par un filtre passe-bande, un filtre qui en principe ne laisse passer qu'un courant de fréquence donnée. Il est représenté par un carré contenant trois sinusoides dont deux sont barrées : ceci veut dire que les courants de fréquence supérieure ou inférieure à une fréquence donnée (variable, c'est ce que signifie la flèche) ne passent pas. Le filtre idéal est le circuit résonant parallèle dont nous avons parlé au mois de décembre (n°50). Il nécessite pourtant un complément, puisque tel qu'il est construit, avec une self et un condensateur, il serait toujours réglé sur le même émetteur. Le condensateur en parallèle à la self est donc à capacité variable.





Figure 2 – L'amélioration de la sélectivité et de la sensibilité d'un récepteur à amplification directe oblige à multiplier les étages d'amplification et les filtres passe-bande. La simplicité de ces appareils n'est qu'apparente et leurs défauts deviennent vite assourdissants. Lorsque l'on accorde le récepteur sur une autre fréquence, il faut aligner tous les filtres et tous les amplificateurs sur celle-ci. Tout le monde, jusqu'à la détection, travaille à la même fréquence, celle sur laquelle l'antenne est accordée, ce qui ne tarde pas à transformer le récepteur en un oscillateur qui ne sait plus que siffler, entraînant même ses voisins dans un concert généralisé.



Nous arrivons ainsi au second bloc, de redressement-détection. Il est spécifique du type de modulation auquel il a à faire, soit AM (modulation d'amplitude), soit FM (de fréquence), soit BLU (*SSB*, Bande Latérale Unique). Un récepteur conçu pour ces trois sortes de modulations devra donc contenir autant de détecteurs sélectables (le mot est-il sortable?) au moyen d'un commutateur.

Des récepteurs fonctionnant sur ce principe, *ELEX* en a déjà publié quelques uns (reportez-vous aux n°19 et n°40). Si vous les avez construits, vous avez pu découvrir qu'ils fonctionnaient très bien mais que leurs performances n'étaient pas excellentes: le plus simple ne pouvait rendre que des émissions de forte puissance, parfois même leur mélange. Il manquait à la fois de sensibilité et de sélectivité. Le suivant était pourvu d'un étage d'amplification des hautes fréquences élevant un peu le niveau du signal capté par l'antenne. Un filtre supplémentaire ne lui aurait pas non plus fait de mal.

Ajouter ces compléments ne présente aucune difficulté pour le dessinateur,

comme vous le voyez sur la **figure 2**. L'utilisateur y retrouve-t-il son compte? S'il dispose de deux filtres, il faut qu'il les accorde l'un avec l'autre et avec l'émetteur. Ce n'est pas excessivement compliqué, il suffit d'associer deux condensateurs variables identiques sur le même axe. L'accord est alors possible si les deux capacités varient en parfaite harmonie, permettant l'*alignement* des circuits d'accord et d'amplification HF. S'il permet d'obtenir des récepteurs très sensibles et très sélectifs le procédé pose des problèmes compliqués dès qu'on veut l'améliorer. Si l'on augmente le nombre d'étages d'amplification, les variations de gain le long des gammes de réception augmentent en proportion: la qualité de la réception dépend beaucoup de la fréquence sélectionnée. S'il est d'autre part relativement facile d'accorder deux étages sur la même fréquence, l'augmentation de leur nombre complique singulièrement la tâche. Le procédé, simple en son principe finit par poser des problèmes d'accord très difficiles à résoudre. Un tel poste manque d'autre part de stabilité. Il est le siège d'oscillations parasites d'autant plus

spontanées que le nombre d'étages d'amplification est plus grand. Vous en conviendrez facilement: le signal d'entrée est tellement amplifié que les fils et les composants finissent par se transformer eux-mêmes en petites antennes dont les émissions retournent à l'antenne principale. Celle-ci les réinjecte au récepteur qui les amplifie à nouveau, les réémet, etc. Non seulement le récepteur se met à huler mais il pollue encore le voisinage d'ondes parasites. Il n'est alors plus seul à chanter, ses émissions interfèrent avec celles que reçoivent les postes du voisinage qui mêlent leurs voix à la sienne. Le phénomène se propage comme les aboiements des chiens dans les villages mexicains, d'où le nom qui lui fut donné de "chien mexicain". Un blindage parfait, pour éviter ces couplages parasites est très difficile, certaines connexions presque obligatoirement exclues, réduisent à néant tous les efforts.

Nous dirons, pour conclure notre exposé sur ce procédé, que la simplicité des récepteurs à amplification directe n'était qu'apparente. Résoudre les problèmes de la variation de leurs performances en

fonction de la fréquence en rendait la réalisation difficile. Une fois réalisés, leurs amplificateurs HF en cascade travaillant à la même fréquence que l'émetteur subissaient des couplages parasites que l'on ne pouvait complètement empêcher. Que faire? C'est tout simple (encore fallait-il etc.), convertir le signal HF reçu en un autre (c'est ce que veut dire "hétéro", "dyne" ayant quelque chose à voir avec "force", comme dans dynamique) signal HF, toujours le même, qui se laissera amplifier sans problème pour nous permettre de récupérer le signal BF dont il s'est chargé. C'est ce que font les récepteurs à changement de fréquence dont le modèle le plus récent est le superhétérodyne. Attention, il y a un changement de fréquence et changements de fréquence. Lorsque vous accordez un récepteur sur un émetteur donné vous "changez de fréquence", ce n'est pas de ce changement-là que nous voulons parler, comme vous le verrez par la suite. Pour éviter la confusion il eût peut-être été préférable de parler de "conversion de fréquence".

superhétérodyne

Dans un superhétérodyne, le circuit d'accord qui reçoit le signal de l'antenne est suivi d'un préamplificateur HF. À sa sortie, le signal attaque un mélangeur qui le convertit, en le mélangeant à un autre signal produit dans et par le récepteur, en un signal de fréquence fixe, la **fréquence intermédiaire** (autrefois appelée moyenne fréquence ou MF), toujours la même, puis un amplificateur HF. Ce dernier étage ne reçoit plus que des signaux d'une seule fréquence, il est réglé une fois pour toutes.

La conversion du signal d'entrée en un signal de fréquence fixe permet une amplification HF beaucoup plus importante et plus efficace, puisqu'il n'y a pratiquement plus de risques de couplages parasites donc d'oscillations spontanées : si le signal HF converti retourne à l'antenne, sa fréquence (fréquence intermédiaire) est telle qu'il ne passera pas les frontières du filtre d'accord. Il sera rejeté avant de parvenir au mélangeur.

Il est ainsi possible avec un superhétérodyne d'obtenir, sans avoir à résoudre de problèmes d'accord compliqués, une bonne sélectivité. Reprenons les choses à leur commencement : le filtre de l'amplificateur HF a une bande passante d'une largeur telle qu'il n'y ait pas risque de réception simultanée de deux stations (séparées de 9 kHz en AM, de 200 à

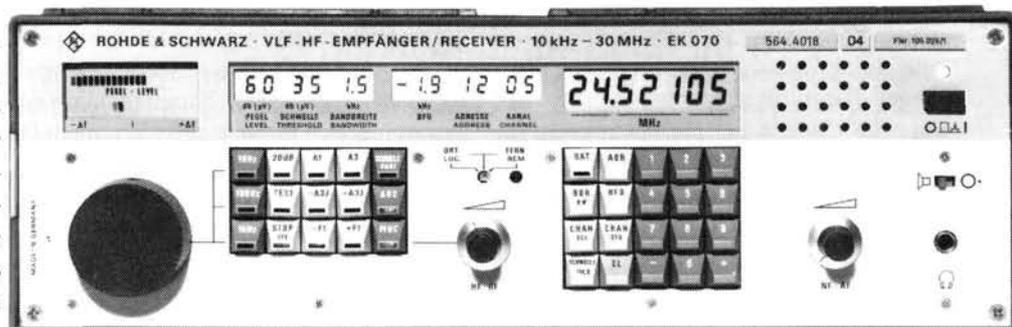
250 kHz en FM). On peut en revanche avoir une bande passante aussi large que l'on veut pour les étages de fréquence intermédiaire (MF ou FI). Il n'y a plus à ce niveau de difficultés d'accord puisque cette fréquence intermédiaire est fixée une fois pour toutes. Le constructeur a pu intercaler autant de filtres qu'il a jugé nécessaire, il n'y a pas à y retoucher, ils sont accordés une fois pour toutes.

Reste à convertir la fréquence, quelle qu'elle soit, du signal d'entrée en une fréquence unique. On fait appel à un phénomène connu depuis 1902 sous le nom de "battements". Ça n'a rien à voir avec le *base-ball*, on obtient des battements lorsque l'on impose à un oscillateur unique des oscillations forcées au moyen de deux excitations sinusoïdales de fréquences légèrement différentes. L'oscillateur unique dans le cas d'un récepteur hétérodyne s'appelle le mélangeur. Si l'on applique à son entrée deux signaux de fréquence donnée, on retrouve à sa sortie deux nouveaux signaux dont l'un a une fréquence égale à la somme et l'autre à la différence des fréquences des signaux d'origine. Si nous injectons au mélangeur un signal reçu par l'antenne dont la porteuse a une fréquence f_1 , en même temps qu'un signal, produit localement (dans le poste) de fréquence f_2 , nous obtenons en sortie quatre signaux de fréquences différentes, f_1 , f_2 , f_1+f_2 et f_1-f_2 . Précisons bien que les niveaux des signaux ne nous importent pas plus que la somme de ceux-ci. Ce mélangeur n'est pas une table de mixage où des signaux s'ajoutent et se retranchent, ces composantes ne nous intéressent pas. Ce que nous voulons, c'est ce que nous avons dit, produire à l'aide d'un oscillateur et d'un mélangeur contenus dans le récepteur, à partir du signal modulé, capté par l'antenne, un signal de fréquence fixe, la fréquence intermédiaire. Pour convertir un signal de fréquence déterminée f_1 à la fréquence intermédiaire, nous avons donc besoin d'un signal de fréquence f_2 . Sa production par un oscillateur a lieu dans le récepteur lui-même. Il est représenté sur la **figure 3** dans un carter contenant un "G". Nous faisons pour

l'instant abstraction du bloc marqué "CAG" pour suivre les signaux pas à pas. Un signal de fréquence f_1 provenant de l'antenne arrive à un premier filtre réglé sur cette fréquence. Après amplification, il est mélangé à un signal de fréquence f_2 produit localement. À la sortie du mélangeur nous récupérons des signaux de fréquence f_1 , f_2 , (f_1+f_2) , (f_1-f_2) . Le filtre passe-bande qui suit ne laisse passer qu'une composante du mélange, qui peut être f_1-f_2 ou f_1+f_2 , de fréquence intermédiaire, qui est ensuite amplifiée puis redressée et démodulée. Si f_1-f_2 (ou f_1+f_2) est dans tous les cas égale à la fréquence intermédiaire, l'oscillateur local doit bien y être pour quelque chose. C'est ce que nous allons voir maintenant.

la fréquence de l'oscillateur local

Telles que nous les avons présentées jusqu'ici, les choses peuvent sembler un peu sèches. Nous allons donc les reprendre à la lumière d'un exemple numérique. Supposons que nous voulions recevoir une station qui émet sur 10 MHz à l'aide d'un récepteur dont la fréquence intermédiaire est de 1 MHz. Nous devons convertir notre signal d'entrée de 10 MHz en un signal de 1 MHz. Sur quelle fréquence réglerons-nous l'oscillateur local? Nous avons le choix entre 9 MHz et 11 MHz, fréquences qui ont avec celle du signal incident f_1 une différence correspondant à la fréquence intermédiaire. Un problème de signe? Mais non, si nous avons parlé de longueur d'onde, vous n'auriez pas eu de problème de signe : entre une ficelle de 30 m et une autre de 300 m, la différence est de 270 m. De même pour les fréquences, il n'y en a pas de négatives et le mélangeur ne considère que la différence entre la plus grande et la plus petite sans leur demander d'où elles viennent. Que prendre, 9 MHz ou 11 MHz? Il n'y a en principe pas de problème puisque dans les deux cas la fréquence intermédiaire issue du mélangeur sera de 1 MHz. Il faudra pourtant choisir mais c'est un point sur lequel nous reviendrons plus tard.



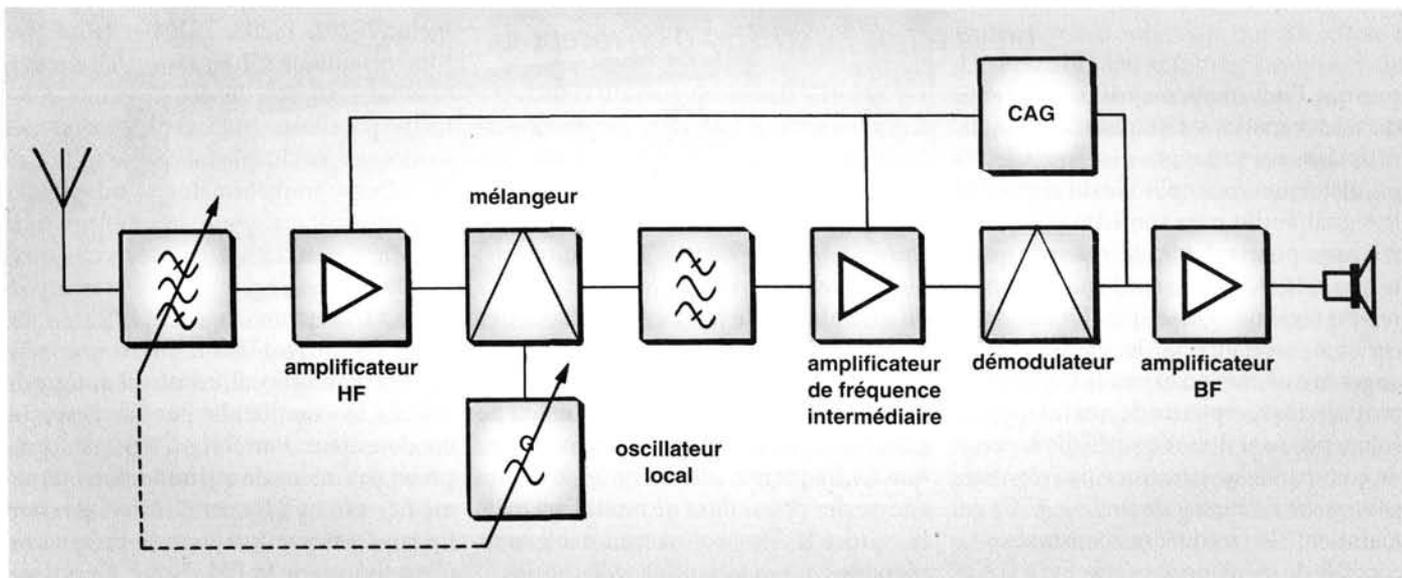


Figure 3 – Dans un superhétérodyne, le signal reçu est converti en un signal dont la fréquence est fixée une fois pour toutes, la fréquence intermédiaire. Cette opération s'effectue dans un mélangeur auquel un oscillateur local accordé en même temps que le circuit d'antenne fournit un signal "complémentaire" de celui qu'envoie l'émetteur.

Essayons avec un autre émetteur, en aveugle, en réglant seulement la fréquence de l'oscillateur local. Cette fréquence sera différente de celle que nous avons choisie plus haut (supposons que nous ayons pris 9 MHz). Réglons-le sur 9,5 MHz (au fréquencemètre puisque notre récepteur n'est pas encore au point). Le mélangeur reçoit localement un signal de 9,5 MHz et renvoie toujours un signal à la fréquence intermédiaire de 1 MHz. Le signal qui lui vient de l'antenne peut donc avoir une fréquence de 10,5 MHz (ne compliquons pas pour l'instant). Qu'advient-il du signal de 10 MHz de tout à l'heure ? Le mélangeur ne le refoule pas. Il le convertit en un signal de 0,5 MHz de fréquence puisque nous avons réglé l'oscillateur local sur 9,5 MHz. Le filtre passe-bande qui suit le mélangeur l'élimine : entre 1 MHz et la moitié, il n'a pas de mal à sélectionner. Nous avons supposé pour cette expérience que le filtre d'entrée n'était pas très sélectif. En principe, lorsque l'on accorde l'oscillateur local sur une fréquence différente, le filtre d'entrée s'aligne puisque les deux commandes d'accord sont couplées mécaniquement comme vous le voyez sur la **figure 3**. Comparé au récepteur à amplification directe, le superhétérodyne n'aurait-il que des avantages ?

fréquence image

« Question fait réponse », dit le sage. Nous allons débusquer le cafard (*bug* en anglo-américain) en reprenant notre expérience à 10 MHz de tout à l'heure, l'oscillateur local réglé sur 9 MHz et le filtre d'entrée assez peu sélectif pour laisser entrer un signal de 8 MHz lorsqu'il est réglé sur 10. Pourquoi 8 MHz ? Parce que nous en avons besoin pour la démonstration. Vous voyez où nous voulons en venir ? $9 - 8 = 1$, nous retompons sur 1 MHz, la fréquence intermédiaire. Le mélangeur opère avec 10 MHz comme avec 8 MHz. Si un émetteur travaille à cette fréquence, son signal sera traité comme celui de 10 MHz et vice versa réciproquement comme on dit à Versailles (galerie des Glaces). D'où le nom donné par l'autre (l'autre fréquence) à la fréquence parasite, de fréquence image. Ne nous rétorquez pas "qu'y'a qu'à améliorer la sélectivité du filtre d'entrée", vous nous peineriez. Un filtre accordable efficace n'est pas une mince affaire à tricoter. S'il faut en plus qu'il reste aligné sur l'oscillateur local, la chose devient horriblement compliquée. Notre mauvaise volonté s'explique, rassurez-vous, il existe une solution plus intéressante. Il est, dans de nombreux cas, plus facile d'accorder l'oscillateur local sur une autre fréquence. Dans notre exemple, nous aurions pu prendre 11 MHz au lieu de 9 MHz, comme nous l'avons vu plus haut. La fréquence image aurait alors été de 12 MHz, secteur peut-être moins encombré des ondes. Ceci ne vous convainc pas ? Excusez-nous. Et si nous choissions plus judicieusement la fréquence intermédiaire ? Essayons, toujours en accord avec le même émetteur de 10 MHz, de produire une fréquence intermédiaire de 5 MHz au lieu de 1 MHz. Nous demanderons à

l'oscillateur local de fournir au mélangeur un signal de 15 MHz. La fréquence image à 20 MHz sera suffisamment éloignée de celle de notre émetteur favori pour qu'un filtre d'entrée tout simple nous en débarrasse. Nous reviendrons plus loin sur le choix de la fréquence intermédiaire fait par les constructeurs. Refermons maintenant la boucle CAG que nous avons ouverte plus haut.

CAG et CAF

En modulation d'amplitude, il est capital que les étages d'amplification ne soient jamais saturés. S'il y a saturation des amplificateurs, le signal HF subira une distorsion dont se ressentira en bout de chaîne le signal audio de basse fréquence qui le module. Les récepteurs sont donc pourvus d'un circuit qui règle le gain de l'étage amplificateur de fréquence intermédiaire en fonction de l'amplitude du signal audio prélevé à la sortie du détecteur. C'est ce que l'on appelle AVC (*Automatic Volume Control*) ou commande (*Control*) automatique du gain. Dans beaucoup de récepteurs, cette commande de gain joue aussi sur le préamplificateur HF (synoptique de la figure 3). Ce n'est nécessaire que si le gain des étages de fréquence intermédiaire n'évolue pas sur un intervalle suffisant. Cette commande automatique de gain ne joue pas que dans un sens, lorsque l'émetteur est trop puissant. Son autre nom, *antifading*, lui vient de sa capacité à élever le gain lorsque l'amplitude du signal, provenant de stations éloignées en général, subit des atténuations (évanouissements, *fading* à l'anglaise) momentanées. En modulation de fréquence, la commande automatique de gain n'est pas utile

brève étude du schéma d'un récepteur

puisque l'information n'est pas contenue dans les variations d'amplitude du signal mais dans ses variations de fréquence. S'il y a distorsion en amplitude du signal HF, le signal audio n'en souffrira pas. Nous n'aurons pourtant une réception de qualité que si la fréquence sur laquelle l'appareil est réglé ne "glisse" pas. Or elle a une certaine tendance à le faire, ce qui engendre distorsion et bruits bizarres. La plupart des récepteurs de modulation de fréquence sont donc équipés d'un circuit de commande automatique de fréquence (*Automatic Frequency Control* ou AFC) qui maintient la fréquence constante. Le contrôle de la fréquence s'effectue à la sortie du détecteur où l'on prélève un courant que l'on filtre pour le débarrasser de sa composante BF. On obtient ainsi un courant continu, nul si l'accord est parfait. Ce courant, appliqué à l'oscillateur local en commande la fréquence par l'intermédiaire d'une varicap (diode à capacité variable) par exemple. Il y a d'autres façons d'influencer la fréquence de l'oscillateur local pour corriger la dérive mais celle-ci est la plus utilisée. Vous pouvez compléter la figure 3 par une boucle reliant la sortie du détecteur à l'oscillateur local.

La majorité des récepteurs du commerce fonctionnent sur le schéma de principe de la figure 3. Ils utilisent pratiquement tous la même fréquence intermédiaire de 455 kHz en modulation d'amplitude (quelquefois 480 kHz, 472 kHz autrefois) alors qu'elle est partout fixée à 10,7 MHz en modulation de fréquence. Ce sont des fréquences sur lesquelles aucun émetteur (ou presque) ne travaille, suffisamment élevées pour que la fréquence image ne passe pas le filtre d'entrée en même temps que la fréquence sélectionnée. Il existe encore des possibilités de brouillage mais le procédé les a considérablement réduites.

Retrouvons sur le schéma d'un récepteur réel (figure 4) les parties que nous avons décrites. Notre choix s'est porté sur un radio-cassette (Philips) assez commun, conçu pour recevoir les grandes et les petites ondes en modulation d'amplitude, ainsi que la modulation de fréquence. Nous devons donc y trouver deux détecteurs : celui de la FM est le plus facile à dénicher. L'avez-vous trouvé? Il est en haut, à l'extrême droite. C'est un détecteur dit "de rapport" (*Ratio detector*) dont les composants sont repérés S208, D202, D203. Il est précédé par l'étage d'amplification de la fréquence intermédiaire qui

inclut TS202, TS203, TS204 et TS207. Un filtre céramique (S106) assure la sélectivité en compagnie de deux circuits résonnants parallèles S105 et S206 dont les sorties se font chaque fois sur le secondaire d'un transformateur adaptateur d'impédance qui assure le couplage. Si le mélangeur est TS103, comme vous pourriez le deviner, le signal d'antenne lui parvient à travers un étage amplificateur de haute fréquence, TS101, tandis que celui de l'oscillateur local, construit autour de TS102, le commande par sa base. Le condensateur variable, C801, ne comprend pas moins de quatre sections sur un même axe, C801a et C801b assurant l'accord en modulation de fréquence. C'est tout pour la FM. Non? L'appareil inclut un circuit de commande automatique de fréquence (CAF = AFC) dont le composant principal est TS104 qui amplifie une fraction du courant, débarrassé de sa composante BF, issu du détecteur. Il joue, par l'intermédiaire de la varicap C111, sur la fréquence de l'oscillateur local.

L'appareil contient un second récepteur, un peu plus compliqué puisqu'il est en partie combiné avec l'amplificateur de fréquence intermédiaire de 10,7 MHz du précédent. Son collecteur d'onde est constitué d'enroulements autour d'un bâton de ferite S801. Le commutateur SK3 permet de

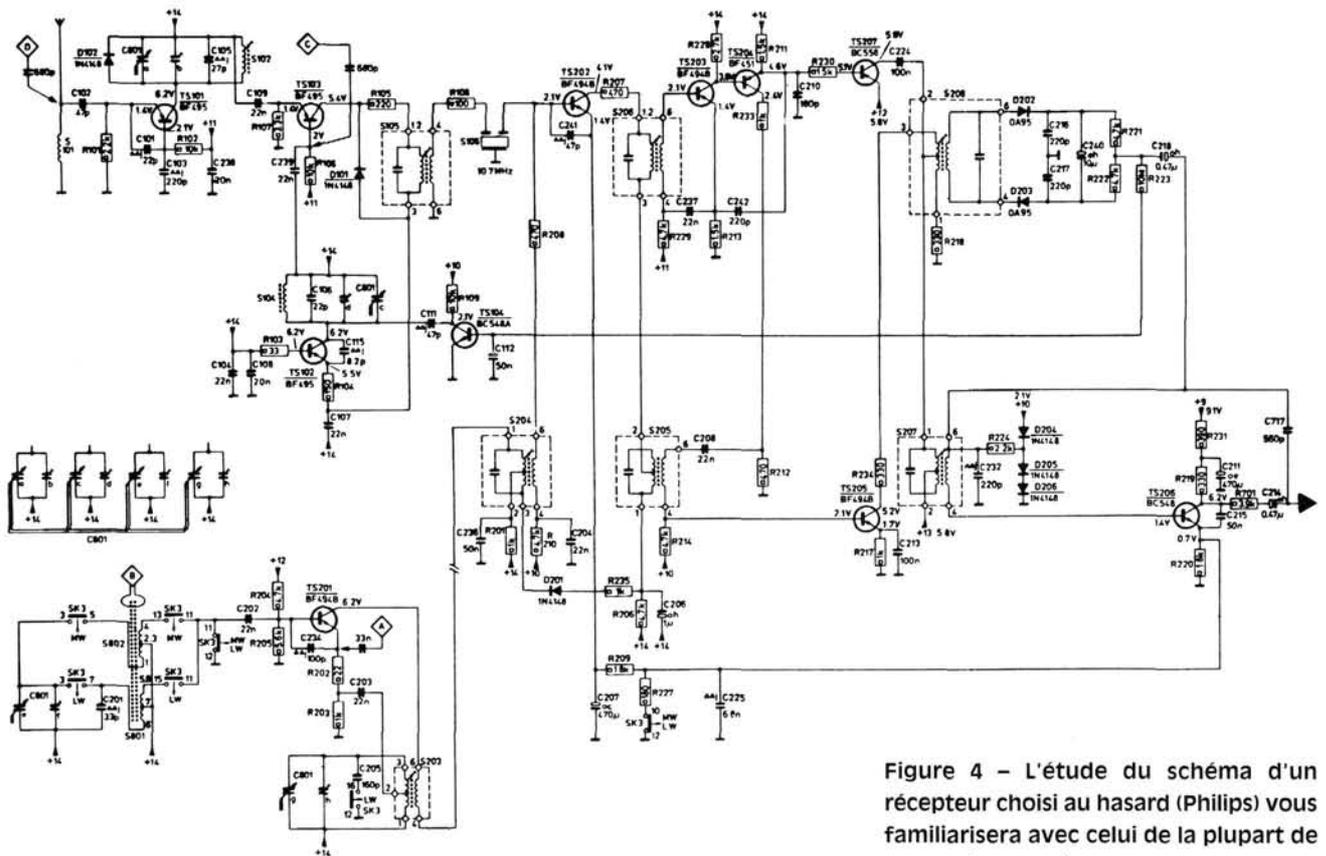
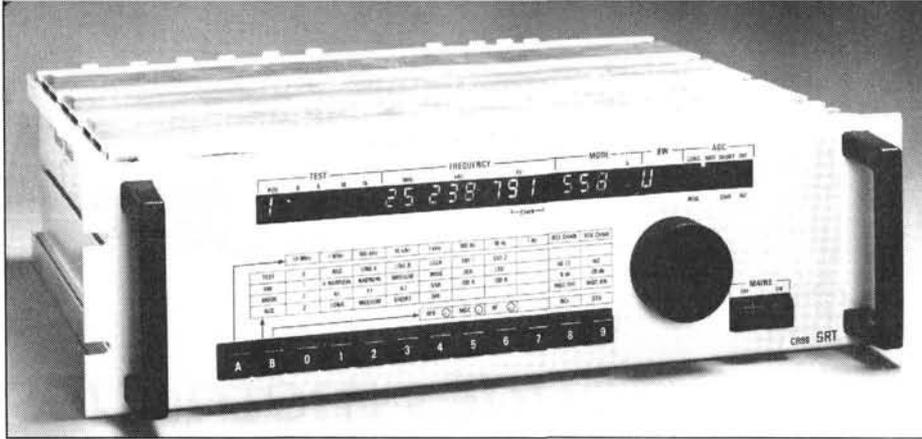


Figure 4 - L'étude du schéma d'un récepteur choisi au hasard (Philips) vous familiarisera avec celui de la plupart de ses contemporains.



sélectionner la gamme des petites ou celle des grandes ondes. Le signal d'antenne arrive ensuite sur TS201 qui est à la fois amplificateur de HF, mélangeur et cœur de l'oscillateur générant la fréquence intermédiaire: il en a du courage! Vous avez certainement déjà repéré les deux sections, "e" et "g" du condensateur d'accord C801 dévolues à la modulation d'amplitude. Le signal, converti à 455 kHz, est ensuite filtré par S204 puis amplifié par TS202, oui, à l'étage FM, en haut. Il gagne ensuite, par l'intermédiaire de S205, TS205 et S207 la base de TS206. C'est ce dernier transistor qui le "détecte". Remarquez sur l'émetteur de ce transistor de détection la boucle de commande automatique de gain (CAG = AVC) qui polarise après filtrage (filtre passe-bas) l'émetteur de TS202. Nous manque-t-il quelque chose? Bien sûr les étages de basse fréquence qu'indique la flèche (LF, *Low Frequency*) et qui sont communs aux deux

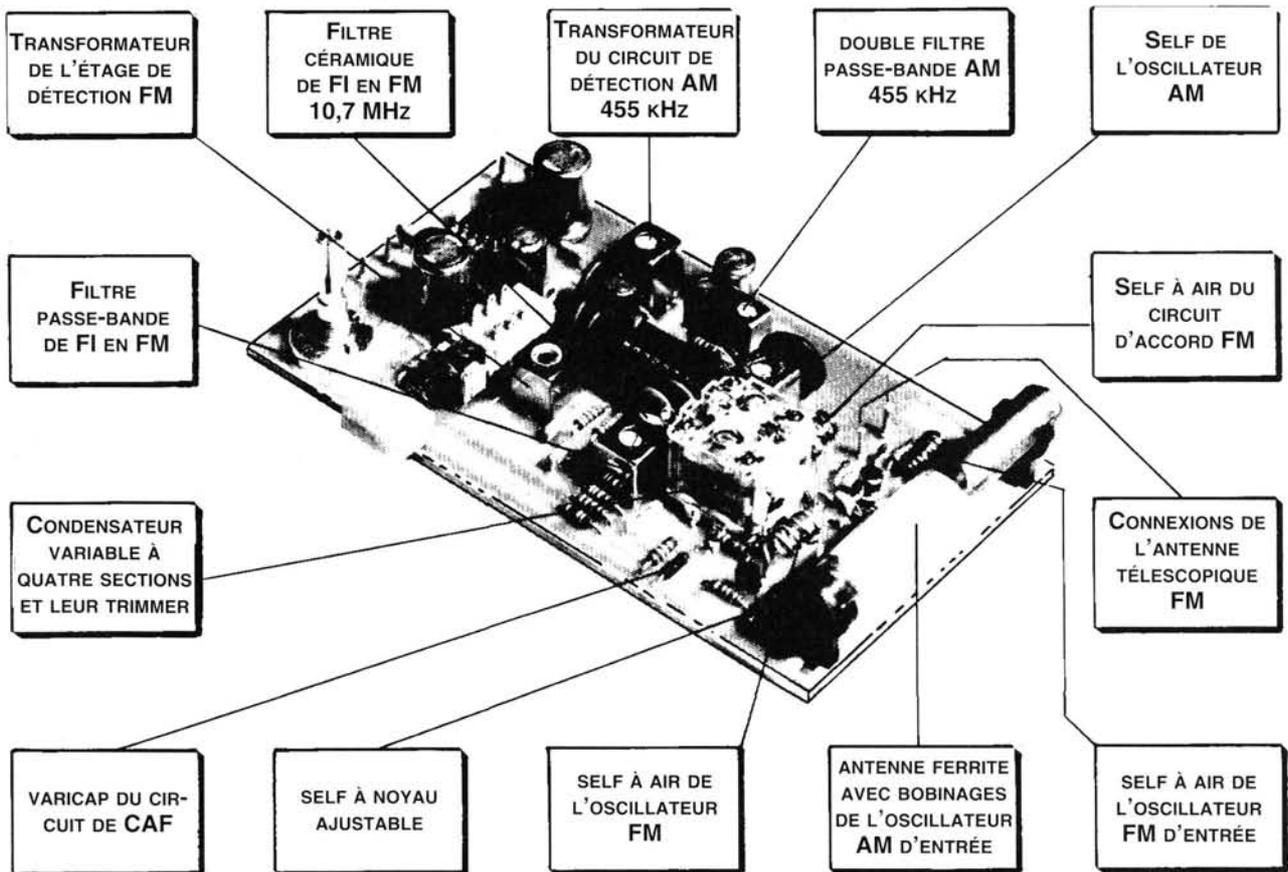
récepteurs ainsi qu'au magnétophone contenu dans cet appareil. Le domaine de la radio s'arrête ici. Jetons maintenant un œil sur un récepteur, ou sa photo prise sur une table d'opération, pour conclure. La fabrication de la "carte" est souvent source de surprises en HF. Il est cependant possible de lui donner le bel aspect que montre la photo annotée de la **figure 5**. Ce récepteur ne correspond (apparemment) pas au schéma que nous avons étudié, puisqu'il comprend un circuit intégré qui remplit un grand nombre de fonctions. Ceci ne change rien aux principes. Ce qui frappe le plus lorsque l'on ouvre pour la première fois un récepteur, ce sont les transformateurs des étages de fréquence intermédiaire, petites boîtes métalliques percées d'un trou à leur face supérieure par laquelle il est possible de visser ou dévisser leur noyau de ferrite. Il est possible de reconnaître au diamètre de celui-ci quelle est leur fréquence de tra-

vail : les transformateurs qui ont à faire à 455 kHz (ou 480 kHz) ont un beaucoup plus gros noyau (souvent coloré) que ceux de la FM (10,7 MHz). Leur réglage est effectué en usine avec un très grand soin. Les retoucher ne vous causera jamais que de cruelles déceptions.

Nous n'avons rien dit des récepteurs "de luxe", de la stéréo, de la PLL (*Phased Locked Loop*, boucle à verrouillage de phase), des discriminateurs à coïncidence, des appareils qui se passaient de condensateurs variables... À l'impossible nul n'est tenu : d'autres articles d'ELEX vous en ont parlé ou vous en parleront.

Nos remerciements pour les illustrations vont aux maisons Philips, JRC, Rohde & Schwartz, Siemens et Audioscript (par ordre d'entrée en scène). 886001

Figure 5 – Ce sont les petits transformateurs contenus dans un boîtier métallique qui surprennent d'abord le néophyte. Rares sont ceux qui alors ne se munissent d'un tournevis pour voir "ce que ça fait" lorsqu'on leur chatouille le noyau. Ça ne cause que des déceptions, nous pouvons vous en assurer! Un mot sur les "trimmer" qui sont des condensateurs ajustables de compensation permettant l'alignement des sections d'accord et d'oscillateur du condensateur variable.



Question:
La réception de la modulation de fréquence est-elle possible dans de bonnes conditions sans antenne extérieure ni raccordement à un réseau câblé ?

Réponse : *Oui, avec une antenne intérieure pour tout dire. Le présent article décrit la façon d'en bricoler une et d'en optimiser les performances.*

réception des ondes métriques et décimétriques (FM)

antenne papillon

antenne intérieure HF à large bande

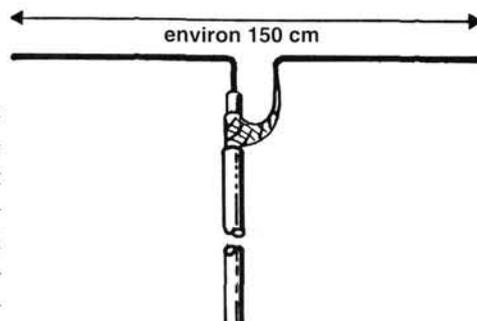


Figure 1 - Les fabricants de tuners fournissent parfois avec leurs appareils une antenne intérieure composée simplement d'une longueur de câble coaxial et de deux fils de 75 cm.

Un jour ou l'autre, le pays dans lequel nous comptons le plus de lecteurs sera complètement câblé et chaque maison aura sa prise appropriée. Heureux temps où il ne faudra plus investir dans de coûteuses installations pour recevoir tous les émetteurs désirés, ceux que renvoient les satellites en particulier. Les antennes seront alors assez mûres pour être cueillies et n'orneront plus les toits. La variété du choix et la qualité de la réception compenseront l'inconvénient représenté par le prix de l'abonnement. C'est en tout cas ce que disent les correspondants d'ELEX aux Pays Bas, où le câble est entré dans les mœurs. L'un d'eux pourtant nous avertit que le son des émetteurs qui modulent en fréquence y perd quelquefois. Le signal subit en effet, pour son transport, un certain nombre de modifications susceptibles de l'appauvrir.

Nous n'en sommes pas encore là : pour nous, l'antenne individuelle reste la solution. Il en existe divers modèles : du simple fil traînant derrière le tuner, à la grande antenne fixée sur le toit, en passant par le dipôle de fil livré avec l'appareil récepteur et l'antenne à plusieurs éléments suspendue au grenier. L'antenne extérieure pose quelquefois des problèmes juridiques, lorsque le propriétaire, voire la commune, souhaite

que seules les cheminées dépassent des toits : à ces divers règlements, le traité de Rome répond par ses clauses concernant la liberté d'information - il est donc possible de plaider. Pour ceux qui ne veulent pas d'histoire avec les autorités, une antenne intérieure offre cependant un bon compromis. S'ils n'habitent pas trop loin du réémetteur de leur choix, cette solution est parfaite.

dipôle à large bande

Le fil d'antenne double livré avec beaucoup de tuners prouve qu'une antenne intérieure peut être quelque chose de très simple. Deux conducteurs fins d'environ 75 cm sont raccordés à un câble coaxial comme le montre la figure 1. On peut s'en contenter, mais compte tenu du fait

que sa longueur totale détermine la fréquence à laquelle il est adapté, un tel dipôle ne fonctionne en fait de façon optimale que pour une seule fréquence.

Pour recevoir toute la bande FM correctement, il faut bien sûr augmenter la bande passante de l'antenne, c'est-à-dire le domaine des fréquences dans lequel son fonctionnement sera satisfaisant. Un moyen simple consiste à augmenter son diamètre : au lieu de fil fin, prendre du fil de plus forte section. Il a en effet été démontré que plus le diamètre du matériel utilisé pour la fabrication de l'antenne était grand, meilleure était la réception des signaux de fréquences supérieures ou inférieures à la fréquence centrale, celle à laquelle correspond sa longueur. Puisqu'il y a un avantage à augmenter le diamètre, il y a certainement un inconvénient : comme la surface des extrémités qui se font face est plus grande, elles forment les armatures d'un condensateur dont la capacité n'est plus négligeable en haute fréquence (figure 2) et cette capacité nuit au fonctionnement de l'antenne. Dans les deux moitiés qui la constituent en effet, l'onde électromagnétique captée induit un courant de haute fréquence que cette capacité court-circuite. La tension de sortie en est évidemment affectée. L'utilisation de tube aux parois très minces, au lieu de fil mas-

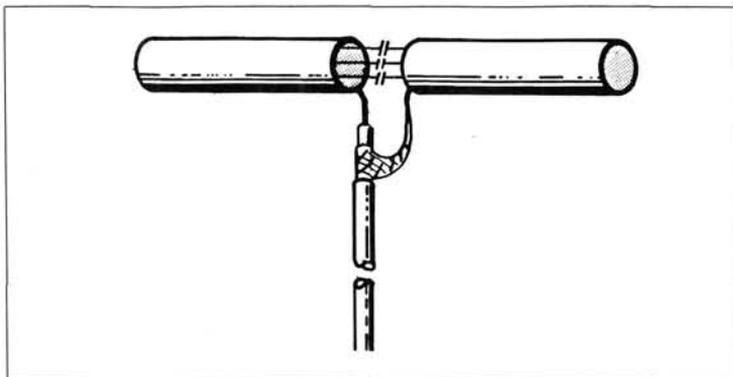
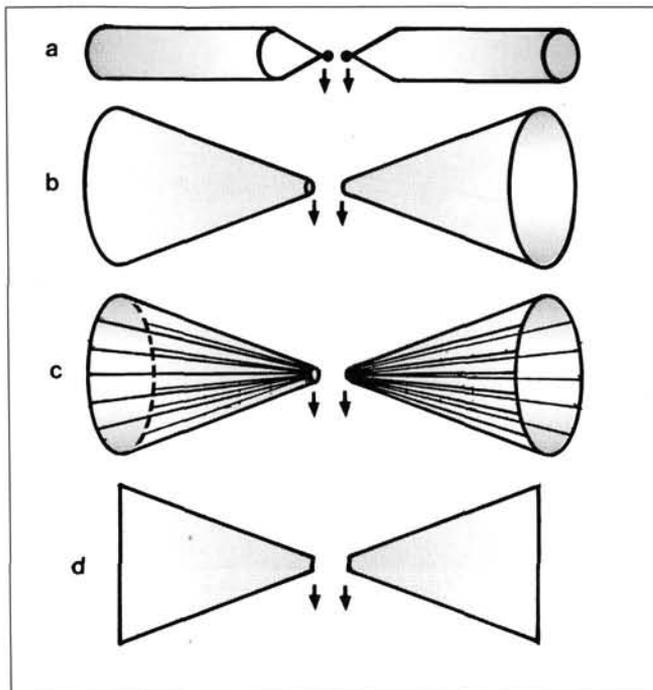


Figure 2 – Pour augmenter la bande passante d'une antenne on peut utiliser du matériel de plus grand diamètre : la capacité du condensateur créé par cette technique au voisinage des connexions diminue cependant considérablement les performances du dispositif dont il court-circuite la sortie.

Figure 3 – Les quatre modèles représentés ici permettent de diminuer considérablement la capacité du condensateur, né de l'augmentation du diamètre du collecteur d'onde, tout en lui conservant une bande passante satisfaisante.



sif, réduit la capacité de ce condensateur en parallèle, mais il en subsiste assez pour que ses effets pervers se fassent sentir. C'est ici que le papillon intervient.

antenne papillon

Si "Araignée" est un drôle de nom pour un nouveau pape, "Papillon" ne l'est pas moins pour une antenne. Ce nom lui vient de sa forme. Nous avons vu que, pour augmenter sa bande passante, c'est-à-dire son efficacité dans un domaine de fréquences plus étendu, il fallait augmenter son diamètre. Cette augmentation du diamètre était cependant nuisible puisqu'elle augmentait la capacité du condensateur formé par les extrémités les plus proches des deux tronçons. La conclusion s'impose d'elle-même : pour diminuer la capacité du condensateur, sans trop nuire à la bande passante, il faut diminuer la surface de ses armatures, sans diminuer le diamètre moyen de l'antenne. La figure 3 présente quelques solutions simples à ce problème : le modèle 3a est épineux à réaliser, si bien qu'il est peu utilisé ; la forme conique donnée en 3b est plus simple, puisqu'on peut la réaliser avec une feuille roulée en cornet. Un inconvénient mécanique cependant : une antenne de cette sorte se transforme vite en manche à air, pour les fréquences les plus basses surtout (pour ces fréquences basses il faut augmenter la longueur de l'antenne).

En n'en gardant que le squelette, comme en 3c, c'est-à-dire en réalisant l'antenne avec du fil, on ne diminue que peu ses performances électriques tout en lui permettant d'offrir beaucoup moins de prise au vent.

La forme conique est encore trop difficile à réaliser et des recherches ont été faites pour la simplifier. Le résultat est représenté en 3d où n'en subsiste plus qu'une paire de triangles plans. La fabrication d'un tel dipôle est encore plus simple que celle du double cône. Ses qualités électriques n'en sont pas améliorées mais les pertes restent assez petites pour que l'on s'en tienne à cette forme stylisée de "nœud pap" : c'est l'antenne papillon dite aussi antenne éventail.

adaptation

Avant de raccorder une antenne il faut tenir compte de son impédance, de celle de la ligne de transmission et du récepteur. Ces impédances doivent être adaptées de façon à assurer un transfert maximal d'énergie : dans le cas présent, elles doivent être égales. Pour une antenne papillon, dont l'impédance est de l'ordre de 50 Ω , cela signifie que l'on peut utiliser du câble coaxial ordinaire. On se heurte alors à un autre problème : une antenne papillon, comme n'importe quel dipôle, est un dispositif symétrique qui ne peut pas être raccordé sans précautions à un câble coaxial, asymétrique. Si on procède de la sorte, les effets provoqués par la circulation

de courants alternatifs de haute fréquence, qui s'annulent, puisqu'ils sont égaux et de sens contraire dans des conducteurs symétriques, risquent d'être sensibles. Des courants vont circuler dans la couche la plus externe du câble (effet pelliculaire) dont le blindage ne jouera plus son rôle. Un grand nombre de signaux parasites en profiteront pour polluer la réception.

Pour se débarrasser de ces courants de surface dus à un raccordement de l'antenne, symétrique, au câble coaxial, asymétrique, inadapté, il faut avoir recours à un *balun* (mot composé des syllabes initiales de *balanced* et *unbalanced*, en français symétrique et asymétrique, que l'on pourrait traduire par "syasy"). De tels objets, que nous appellerons **symétriseurs** existent dans le commerce, fabriqués pour ne travailler qu'à des fréquences très précises. En concevoir un "vrai" n'est pas aisé (comme dit la mouche). Nous adopterons donc une solution très simple qui consiste à bobiner quelques spires de coaxial directement après le raccordement à l'antenne.

antenne de carton ?

En règle générale, la fabrication d'une antenne est un ouvrage de précision, puisque sa longueur est déterminante pour la fréquence à laquelle son fonctionnement est optimal. Compte tenu de la large bande passante de cette antenne intérieure, il n'est pas

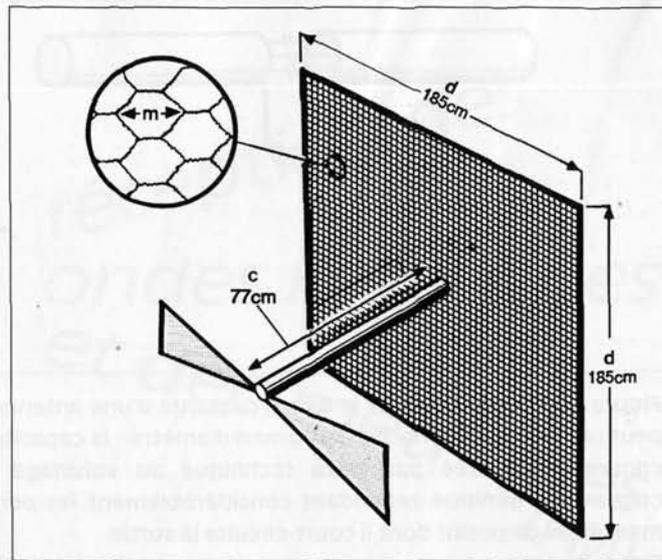
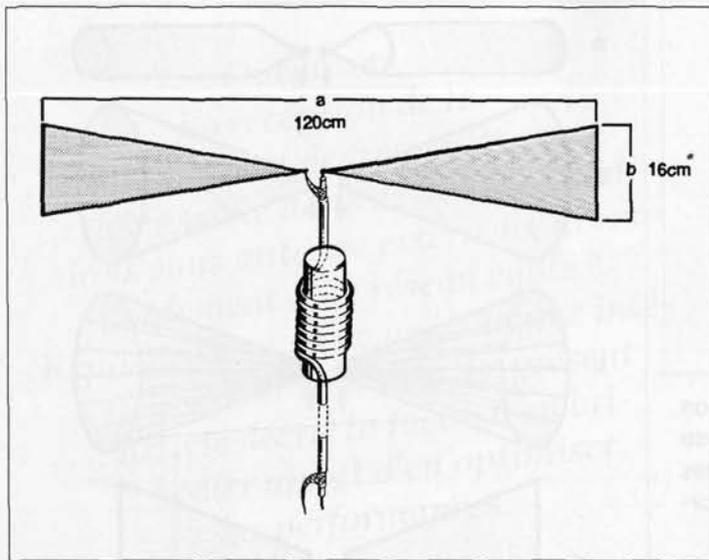


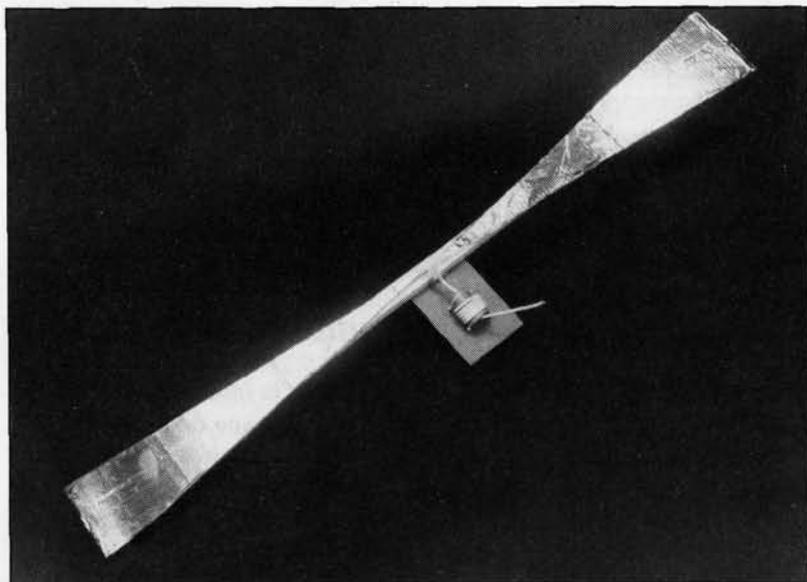
Figure 4 – L'antenne papillon avec son symétriseur qui permet d'adapter le câble coaxial, asymétrique, au dipôle, symétrique. Les dimensions annoncées correspondent à la bande FM (les petites lettres sont celles du tableau 1). Le "symétriseur" (en anglais de cuisine électronique *balun*) est simplement constitué par 77 cm de câble coaxial bobinés sur un tube de PVC.

Figure 5 – En FM (entre 87,5 MHz et 108 MHz), l'écran de grillage aux dimensions indiquées (voir le tableau 1) permet d'améliorer la directivité du collecteur d'onde.

nécessaire ici de travailler au micron. Ceci veut dire que les outils de bricolage domestique présents dans toutes les cuisines ou tous les jardins permettront d'obtenir de bons résultats. Procédons, pour commencer, à l'inventaire des besoins, sans perdre de vue que ce collecteur d'ondes sera suspendu dans un intérieur (bourgeois, comme le sont essentiellement tous les « intérieurs »*) : on trouvera donc, en premier lieu, deux plaques de carton fort (d'emballage, par exemple) de 120 cm sur 16 cm ; il nous faudra ensuite un rouleau de papier d'aluminium, une latte de 1,20 m, deux éléments d'une barrette de connexion, un morceau de tube de

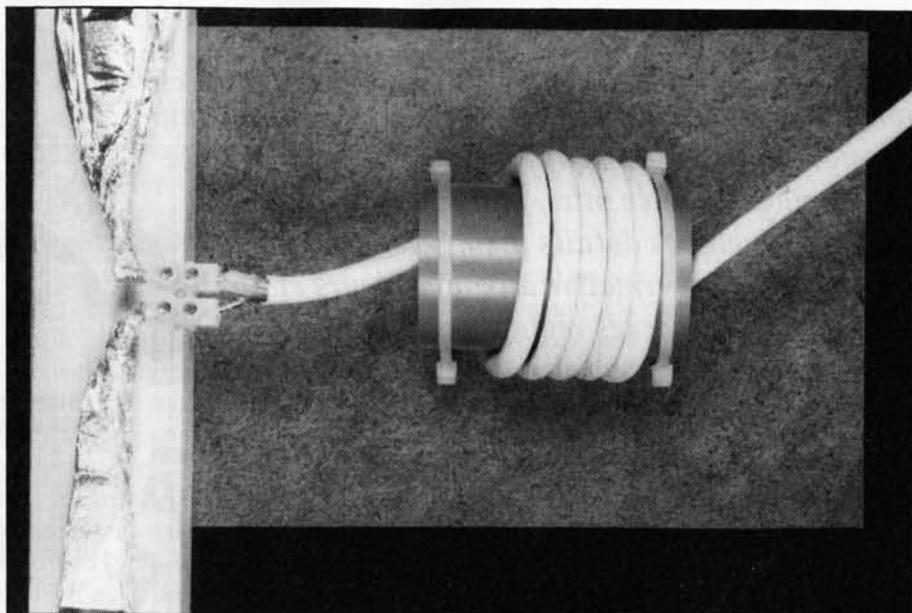
PVC de 4 cm de diamètre intérieur, des vis et/ou des clous, et pour finir une longueur de câble coaxial, dépendant de la distance de l'antenne au récepteur (ne le coupez pas avant d'avoir terminé votre lecture) qui devra bien sûr être muni d'une prise idoine. Lorsque vous avez tout ce matériel sous la main, découpez dans le carton les deux triangles isocèles représentés sur la **figure 4** (il ne s'agit de rien de plus que de tracer un rectangle de côtés a et b et de le découper selon ses diagonales). Emballez ensuite chacun de vos triangles dans un feuillet d'aluminium que vous pouvez coller avec du ruban adhésif, en n'oubliant

pas de le laisser dépasser assez largement au sommet. Ces morceaux qui dépassent sont ensuite tortillés sur eux-mêmes et introduits dans les "sucres" (voir **figure 6**). On cloue ou on visse ensuite les deux moitiés du dipôle sur la latte de bois : l'antenne est alors terminée. Il reste cependant à préparer sa connexion au récepteur. Les bons cartésiens feront d'abord des essais sans tenir compte de ce qui a été dit plus haut des problèmes posés par l'absence de symétrie du coaxial. Ils connecteront directement et provisoirement l'antenne au récepteur par l'intermédiaire du câble coaxial (qui n'est pas encore taillé à la bonne longueur). Après ces tests facultatifs, on peut intercaler la bobine. La longueur de câble réservée à cet organe est de 77 cm (pour la FM) auxquels il faut ajouter les 5 cm de raccord au dipôle. En laissant dépasser ces 5 cm, maintenez le câble sur le morceau de tube de PVC au moyen de ruban adhésif, lorsque vous bobinez la longueur que vous avez mesurée. Si vos spires menacent de se défaire, n'hésitez pas à les coller. Vous raccordez pour finir le câble à l'antenne par le petit bout, et au récepteur par l'autre, dont la longueur pourra être déterminée au cours des tests suivants.



*D'après Jules Romains.

Figure 6 – Les particularités de la HF obligent à certaines précautions lorsque l'on connecte un dispositif symétrique, un dipôle, à un dispositif asymétrique, un câble coaxial. Il est évidemment possible d'utiliser du "câble ruban pour descente d'antenne", symétrique, mais cela pose encore d'autres problèmes.



utilisation

L'antenne ne donnera entière satisfaction que si on lui trouve une place convenable. Pour une réception optimale, il ne faut pas qu'elle soit masquée, même en partie, par un écran. Ne pas la disposer donc au milieu d'une construction en béton ; l'éloigner des surfaces métalliques trop importantes comme certaines armoires. Là-dessus, il faut aussi tenir compte de son orientation. Tous ces éléments obligeront à quelques recherches menant droit au grenier ceux qui en disposent. Non seulement parce que ces pièces sont en principe les plus élevées d'une habitation, mais encore parce que dans la plupart des maisons c'est là qu'il y a le moins de métal (si la charpente est métallique, nous ne pouvons plus rien pour vous).

variations et améliorations

Il ne nous a pas échappé que la fabrication de cette antenne pouvait être tenue pour simpliste et nous avons concocté quelques complications pour les amateurs. Il va sans dire qu'au lieu de la fabriquer en carton et de l'envelopper dans du papier métallique, on peut la découper dans une plaque d'aluminium ou de cuivre, si l'on en a les moyens**. On peut aussi la loger dans un étui étanche avec son symétriseur auquel cas rien ne s'oppose à ce qu'elle soit montée à l'extérieur (ce qui pour une antenne intérieure est le comble).

**Dans certaine commune horlogère de notre connaissance, on procédait même à l'argentage des antennes : la densité d'un courant de haute fréquence est en effet beaucoup plus grande en surface et il n'y a guère meilleur conducteur que l'argent (ou ses oxydes). Ceci dit pour mémoire, parce qu'avant d'en arriver à ce point, d'autres problèmes doivent être résolus.

Comme nous l'avons dit plus haut, une antenne est un dispositif directif : la réception n'est maximale que si sa direction est parallèle aux lignes du champ électrique de l'onde que l'on veut "collecter". Peu importe que l'onde électromagnétique (perpendiculaire donc à cette direction) arrive d'un côté ou de l'autre, l'antenne la verra de la même façon. Dans les régions où la densité des émetteurs est très grande, des perturbations en résultent : si l'antenne se trouve prise en sandwich entre deux émissions de fréquences voisines, elle captera les deux, avec le détestable résultat que cela suppose. Pour éviter ce problème le meilleur moyen consiste à la rendre aveugle à l'un des deux signaux par l'interposition d'un écran. On dispose donc derrière l'antenne un grillage de 185 x 185 cm² à une distance de 77 cm. Le plus grand diamètre des mailles ne doit pas dépasser 3 cm (figure 5).

autres fréquences

Nous l'avons dit plus haut, la fréquence pour laquelle elle est conçue détermine les dimensions d'une antenne – La fréquence ? – La longueur d'onde, si vous préférez qui est la distance λ (lambda, lettre grecque correspondant à notre "l" qui se prononce comme "lamb(a)da" sans le "a" entre parenthèse) la distance, disions-nous, dont une onde sinusoïdale progresse pendant une période T. La

a	$\frac{1}{2} \lambda$	120 cm
b	$\frac{1}{20} \lambda$	16 cm
c	$\frac{1}{4} \lambda$	77 cm
d	$0,6 \lambda$	185 cm
l*	$\frac{1}{4} \lambda$	77 cm
m°	$\leq \frac{1}{100} \lambda$	3 cm

$\lambda c = 3,09 \text{ m}$

*l est la longueur du fil coaxial dont est faite la bobine
°m est le diamètre des mailles du grillage

période est l'inverse de la fréquence et les ondes électromagnétiques progressent à la vitesse de la lumière (appelons-la "c", comme "célérité", terme préféré à "vitesse", dans le cas présent) donc entre la fréquence F en hertz et la longueur d'onde nous avons la relation : $\lambda = c/F$. La célérité de la lumière est de 300 millions de mètres par seconde. Comme nous parlons le plus souvent de mégahertz (c'est-à-dire de millions de hertz) vous pouvez retenir que $\lambda = 300/F_{\text{MHz}}$. Puisque la longueur d'onde est une longueur, elle s'exprime bien sûr en mètres. Le tableau 1, qui a servi à la fabrication de l'antenne décrite ici, vous permettra d'adapter la vôtre à vos besoins (télévisuels par exemple), sachant que les petites lettres de la première colonne renvoient à celles des figures 4 et 5. Nous avons choisi pour notre part la longueur d'onde correspondant au milieu de la bande FM, soit 3,09 m ou 97 MHz (troisième colonne). Il vous reste à calculer le λ du domaine que vous voulez recevoir. Pour ce calcul, servez-vous de la formule qui donne la fréquence centrale F_c en fonction des fréquences minimale, F_{min} , et maximale F_{max} : $F_c = \sqrt{(F_{\text{min}} \times F_{\text{max}})}$

Couche-tard et lève-tôt qui allumez vos téléviseurs en-dehors des heures « normales », vous ne voyez pas un écran noir ou enneigé. Neuf fois sur dix, vous tombez sur une image appelée mire, la même dans toute l'Europe, à quelques détails près. Elle est émise par les stations pour permettre aux revendeurs et aux dépanneurs d'affiner les réglages des postes neufs ou réparés. Cette image fixe est très reposante et bien plus riche de contenu que beaucoup de programmes. Techniquement, elle est nettement supérieure à celle de téléfilms, réalisés souvent avec des moyens dont beaucoup d'amateurs ne se contenteraient pas.



Pour dépanner ou régler un amplificateur, il faut disposer d'un générateur de signaux à basse fréquence. La mesure peut se faire au moyen d'appareils spéciaux ou simplement à l'oreille. Pour ce qui est de la télévision, les signaux et la procédure de réglage sont plus complexes, les critères sont beaucoup plus nombreux. Tous les réglages peuvent être effectués grâce à la mire, l'appareil de mesure étant le téléviseur lui-même. Comme les signaux sont produits électroniquement, ils sont toujours identiques, ce qui est nécessaire pour régler de la même façon des téléviseurs différents. On reçoit la mire le matin, avant le début des programmes ; si vous avez une parabole pointée sur TDF1/2, vous disposerez d'une mire presque à temps plein, vous ne serez dérangé par les programmes que quelques heures par jour, en général au moment d'aller dormir.

L'image de la mire est loin d'être quelconque, elle contient tout ce qui est nécessaire pour régler à la perfection un téléviseur, aussi bien en noir et blanc qu'en couleurs. Naturellement, il est nécessaire que le technicien sache à quoi correspond chaque partie de l'image et comment intervenir sur les réglages du téléviseur. Ce dernier point est important surtout pour les téléviseurs couleurs, où les points de réglage sont beaucoup plus nombreux qu'en noir et blanc. Cet article va essayer de vous donner une idée des possibilités qu'offre la mire et des quelques réglages possibles sans ouvrir le ventre du téléviseur. Ceux qui veulent se pencher sur les entrailles du récepteur doivent savoir qu'il règne à l'intérieur des tensions dangereuses, mortelles. De plus, il faut éviter de toucher un point de réglage au petit bonheur, sans savoir précisément à quoi il sert. Vous risquez de modifier un réglage pour lequel un appareil spécial est nécessaire. Soyez prudent !

vérification de l'accord et de la netteté de l'image

Aucun réglage ne peut être entrepris si le récepteur n'est pas accordé correctement sur un émetteur. Un mauvais accord se détecte facilement à la quantité de « neige » visible sur l'écran. L'accord détermine aussi la netteté de l'image ; il se juge sur les réseaux de définition de la mire (figure 1). Cette partie de l'image est composée de cinq zones striées verticalement. D'une zone à l'autre, les lignes verticales sont de plus en plus rapprochées. L'accord doit être réalisé de telle façon que les lignes se distinguent nettement l'une de l'autre. La qualité du récepteur est suffisante, en général, pour que les quatre premières plages présentent des lignes nettes et distinctes. La cinquième plage, la plus à droite, est plus critique ; il n'est pas rare que la bande passante du téléviseur ne permette de reproduire à cet endroit qu'une plage grise où les lignes se reconnaissent à peine. Les deux bandes colorées verticales de part et d'autre du cercle ne figurent pas sur toutes les mires. Quand elles existent, elles présentent une gamme de couleurs mouvantes. La gamme de couleurs au milieu du cercle ne doit pas présenter de superposition de couleurs à la limite entre deux plages.

Il arrive aussi, si l'accord est défectueux, que les signaux du son se mélangent aux signaux vidéo. Il ne faut pas oublier que tous les signaux, son, lumière, couleur, sont véhiculés par la même porteuse ; si l'accord n'est pas exact, les filtres qui doivent démêler les sous-porteuses se mélangent les crayons. Si, donc, le son se mélange à la vidéo, le rectangle noir en haut et au milieu de l'image n'est plus noir, mais montre des

ondulations grises qui se déplacent lentement. Le contraire se produit aussi, la vidéo peut se mélanger au son. Dans ce cas, l'image est aussi de mauvaise qualité générale.

réglage de la luminosité et du contraste

On trouve une gamme de gradation, composée de six plages, sous les réseaux de définition. La luminosité doit être réglée de telle façon que les six plages se distinguent nettement l'une de l'autre. Le réglage de contraste doit permettre de rendre blanche la plage la plus à droite, et noire la plus à gauche, tout en laissant visibles et distinctes les six plages, avec une gradation des gris. Si, malgré tous vos efforts sur les réglages de luminosité et de contraste, la plage la plus à droite reste grise, c'est le signe que le tube cathodique approche de l'épuisement et qu'il faut envisager son remplacement, ou celui du téléviseur.



Figure 1 – La mire que diffusent tous les émetteurs de télévision européens. Elle comporte tout ce dont un professionnel a besoin pour régler l'image d'un téléviseur couleurs. Toutes les couleurs sont reconstituées à partir des trois primaires : rouge, vert et bleu, désignées par R,G,B pour red, green, blue. Le jaune (Y) est la somme vert plus rouge ; vous avez bien lu, vert + rouge, il s'agit d'une synthèse additive des couleurs.

dimensions de l'image et linéarité

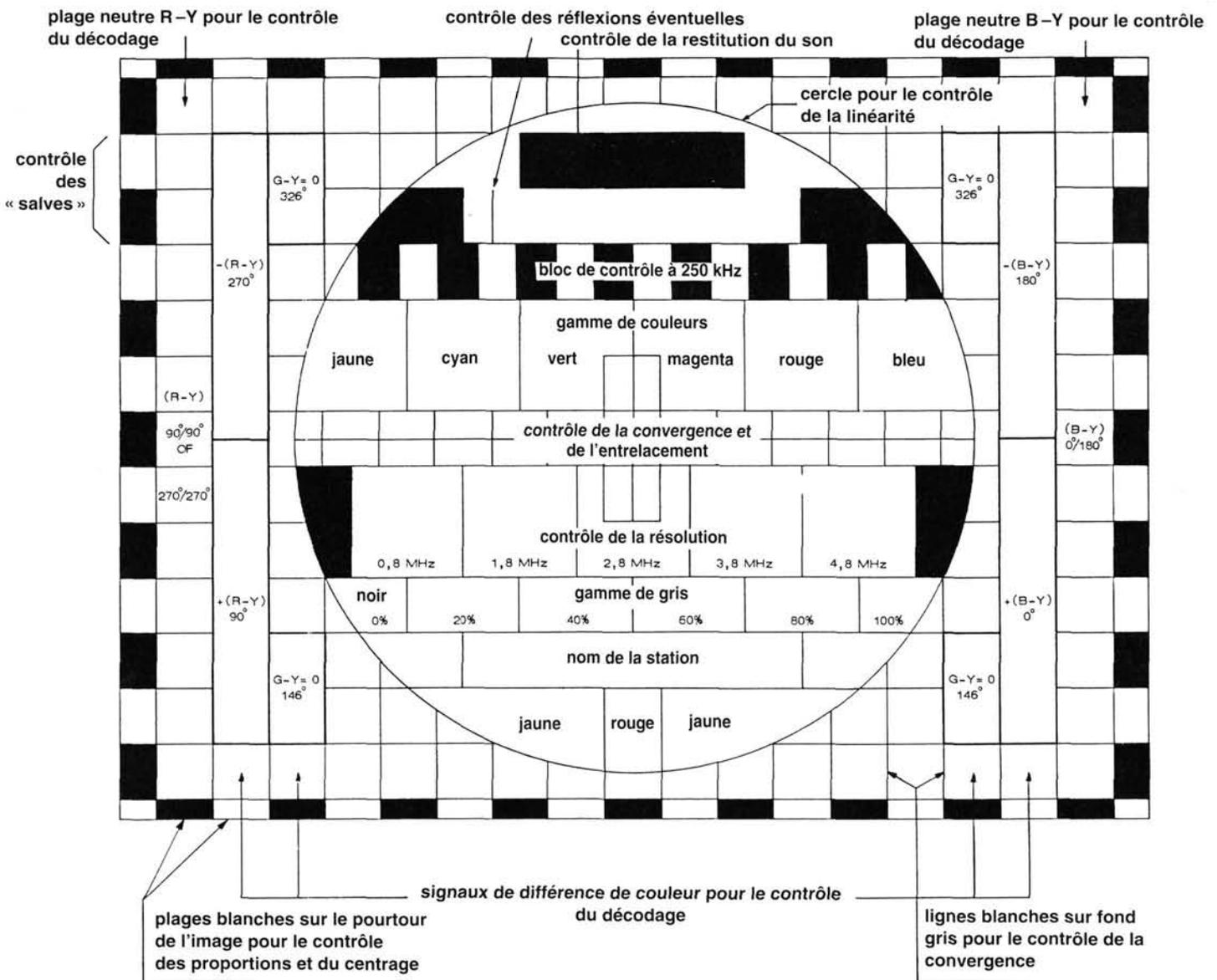
L'image n'est agréable à regarder que si la hauteur et la largeur sont réglées correctement. Si l'image est plus petite que l'écran, il reste une sorte de cadre noir (qui n'a rien à voir, celui-là, avec la haute école d'équitation de Saumur, dont le prestige est allé s'amenuisant, au fur et à mesure que la cavalerie mécanique a remplacé la plus noble conquête de l'homme dans l'activité la plus honteuse du genre humain) tout autour, avec une sorte de ligne lumineuse clignotante (et énervante) en bas (les signaux de télétexte). Le contraire peut se produire aussi : l'image déborde de l'écran et le spectateur en perd une partie, soit les sous-titres (ce qui est dérangeant avec ARTE), soit le scalp du présentateur. Le contrôle du réglage des dimensions de l'image se fait grâce aux bandes à damier noir et blanc qui encadrent l'écran. En pratique, le cadre à damier doit être de largeur

égale tout autour de l'écran, sans être forcément visible en totalité. La largeur et la hauteur de l'image sont aujourd'hui, et pour quelque temps encore, dans le rapport 4/3. Il passera vraisemblablement à 16/9 dans quelques années. Certains postes anciens avaient un rapport de 5/4. Sur ces écrans, les bandes latérales ne sont pas visibles, à moins de déformer toute l'image et de transformer le cercle en ovoïde. Le cercle sert à juger de la linéarité des systèmes de déviation. Le générateur de mire le calcule très exactement et il doit être parfaitement rond à l'écran. Les lignes verticales et horizontales à l'extérieur du cercle sont également utiles pour juger de la linéarité, elles doivent être parfaitement droites. Si la linéarité est défectueuse, les lignes sont vues comme dans un miroir déformant : les présentateurs ont une tête d'œuf ou un cou de taureau suivant le cas. Les réglages de la géométrie de l'image et de la linéarité sont accessibles de l'extérieur sur les anciens récepteurs, surtout noir et

blanc, mais il faudra avoir recours à un professionnel pour les postes couleurs récents.

antenne

L'élément essentiel d'une bonne réception est l'antenne, car c'est elle qui doit pêcher les signaux dans l'éther. Si elle est suffisante, il n'y a quasiment pas de neige dans l'image, et elle est invisible à une distance d'observation normale. De plus, il ne doit pas y avoir d'écho visible dans la gamme de gris en bas du cercle. L'écho se manifeste par la répétition d'une zone de gris, atténuée, sur la suivante. Il s'agit de réflexions de l'onde porteuse par des collines, des bâtiments, etc. Les ondes réfléchies sont captées par l'antenne, à laquelle elles parviennent avec un certain retard, dû à leurs digressions. La conséquence est que le téléviseur affiche deux images (ou plus), l'image retardée étant décalée vers la droite. Les échos peuvent être évités par une meilleu-



re orientation de l'antenne, ou par l'utilisation d'une antenne plus directive.

entrelacement

Il n'est pas inutile, avant d'aborder ce sujet, d'examiner la façon dont une image est construite.

Comme il est impossible d'émettre toute une image d'un coup (en parallèle, en quelque sorte), on l'envoie ligne par ligne. L'écran est divisé en 625 lignes horizontales ; chaque ligne est constituée de 833 points. En réalité comme l'image est transmise sous forme analogique, on ne peut pas parler de points, mais cette façon de voir facilite la compréhension de la théorie. Un poste de télévision bien réglé doit pouvoir reproduire 833 points distincts sur une ligne*. Le nombre 833 correspond au rapport entre les côtés : $4/3 = 833/625$. Le téléviseur commence à « écrire » par la gauche de la ligne supérieure ; le niveau de gris du point est indiqué par le niveau de tension du signal vidéo à cet instant. Les 833 points imaginaires qui composent la ligne sont écrits l'un après l'autre conformément au niveau du signal vidéo. À la fin de la ligne, le téléviseur reçoit un signal (l'impulsion de synchronisation de ligne) qui provoque le retour au début de la ligne suivante. Lorsque l'écran est rempli, une nouvelle impulsion (dite de synchronisation de trame) renvoie le faisceau au début de la première ligne, en haut de l'écran, pour commencer à écrire la trame suivante. Tout cela se répète 25 fois par seconde ; du fait de la persistance des impressions rétinienne, notre œil ne perçoit pratiquement pas de clignotement. L'image paraît d'autant plus stable que la première trame ne comporte que les lignes impaires, la deuxième les lignes paires ; on parle de trames paires et de trames impaires. Les 25 images par seconde sont ainsi constituées de 50 demi-images (voir la figure 2). Si le téléviseur est bien réglé, les lignes de la trame paire sont placées exactement entre celles de la trame impaire.

L'épaisseur des lignes à l'intérieur et à l'extérieur du cercle permet de juger la précision de l'entrelacement des trames. Les lignes horizontales de l'image ont une largeur nominale égale à deux lignes de balayage, soit une ligne de la trame paire et une ligne de la trame impaire. À l'intérieur du cercle, la ligne supérieure fait partie de la trame paire, la ligne inférieure de la trame impaire. C'est le contraire à l'extérieur du cercle. Si l'entrelacement est défectueux, les lignes présentent une différence

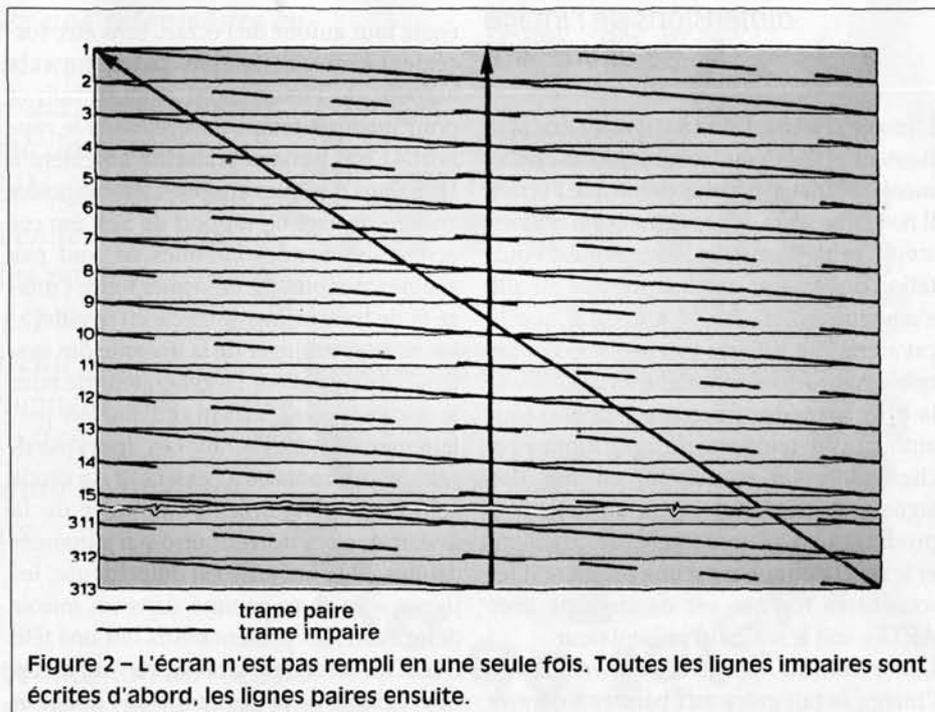


Figure 2 - L'écran n'est pas rempli en une seule fois. Toutes les lignes impaires sont écrites d'abord, les lignes paires ensuite.

d'épaisseur entre l'intérieur et l'extérieur du cercle. Il est préférable de confier le téléviseur à un professionnel, car ce réglage est difficile pour un amateur sans outillage spécial.

synchronisation

Le signal vidéo contient, entre autres, les impulsions de synchronisation qui provoquent l'écriture d'une nouvelle ligne ou d'une nouvelle trame. Ces impulsions doivent être extraites du signal vidéo pour pouvoir être traitées. Si la séparation s'effectue mal, il se peut que l'image défile sur l'écran et que les lignes verticales s'effiloquent. En l'absence d'impulsions de trame, le téléviseur « saute » de lui-même à la trame suivante. Si ce saut se produit trop tôt, un certain nombre de lignes qui devraient être écrites en bas de l'écran se trouvent reportées en haut. Comme chaque image commence trop tôt, le nombre de lignes déplacées du bas en haut augmente à chaque fois. Dans ce cas, l'image défile de haut en bas.

En l'absence d'impulsions de synchronisation de ligne, l'image se déplace latéralement. Il arrive souvent qu'il ne manque que quelques impulsions de synchronisation. S'il s'agit des impulsions de trame, l'image danse ; s'il s'agit des impulsions de ligne, les lignes verticales de l'image sont déchirées.

restitution des couleurs

Le réglage des couleurs au moyen de la mire est souvent laborieux. Un professionnel peut régler les couleurs de chaque plage de la mire en déconnectant des composants déterminés. Cette méthode ne nous est pas accessible. Nous pouvons régler les couleurs pendant un programme, de façon à les rendre aussi naturelles que possible.

restitution du noir et blanc sur un téléviseur couleurs

Si le contraste et la luminosité sont réglés correctement, le fond de l'écran à l'extérieur du cercle est gris. Ce fond et la gamme de gradation doivent être d'un gris parfaitement neutre, sans aucune couleur. Si ce n'est pas le cas, le téléviseur présente un défaut. Il se peut aussi que cette coloration soit due à la proximité d'aimants de haut-parleurs. La suppression de ce défaut est très simple ; il n'en va pas de même s'il faut rechercher la cause dans le téléviseur lui-même. L'appareil doit être réglé conformément aux indications du constructeur. La mire permet de vérifier une foule d'autres caractéristiques du fonctionnement du téléviseur, comme le montre la figure 1. Nous ne pouvons pas tous les examiner ici ; il faudrait pour cela de solides connaissances sur le fonctionnement d'un téléviseur couleurs.

86771

*833 points sur une ligne ! C'est vraiment misérable. Imaginez une image de télévision de 833 points sur un écran de 70 cm de diagonale, soit environ 53 cm de largeur et comparez avec la résolution d'une émulsion photographique ordinaire : environ 100 points par millimètre, à condition que l'optique soit à la hauteur.

récepteur VHF

1^{ère} partie

Modulation d'amplitude, modulation de fréquence, de 80 à 135 MHz, bandes police, radiodiffusion FM, aviation. Vous faut-il autre chose ? Ce récepteur peut être adapté facilement à d'autres bandes de fréquence.

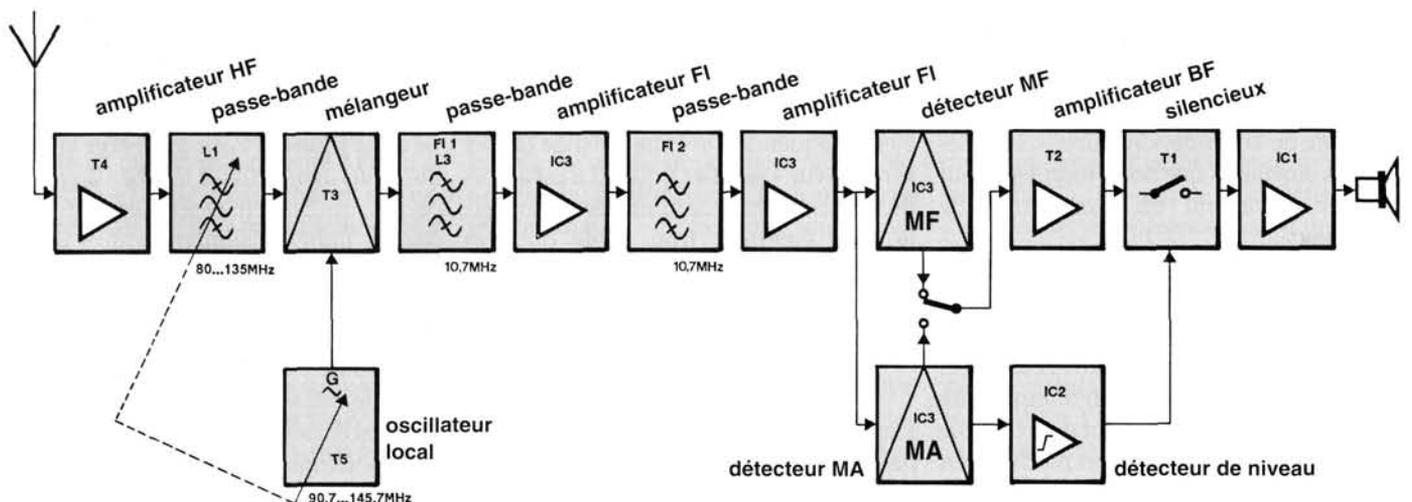
simple super

Les émetteurs que vous pouvez trouver dans la bande de 80 à 135 MHz peuvent se classer en trois groupes. Tout d'abord la bande de la police, de 80 à 88 MHz ; ensuite la bande de radiodiffusion en modulation de fréquence de 88 à 108 MHz ; enfin la bande aviation jusqu'à 135 MHz. La plage de réception peut être déplacée très facilement, pour capter aussi les pompiers, les taxis et la bande des radio-amateurs sur 2 m. Ce déplacement se fait aux dépens des fréquences les plus basses, car il n'est pas possible de commuter les gammes.

Tous les récepteurs modernes sont du type dit **superhétérodyne**. Ces récepteurs exploitent les bonnes caractéristiques d'un amplificateur accordé sur une fréquence donnée : grand gain, réjection des fréquences proches. Comme les signaux à recevoir sont de fréquences diverses, un étage mélangeur les transpose dans la plage de fréquence, fixe, sur laquelle l'amplificateur est accordé. Le changement de fréquence est caractéristique du superhétérodyne ; il existe des récepteurs à double changement de fréquence, le nôtre est à un seul changement, d'où le *simple* du titre ci-dessus. Le grand nombre des fonctions représentées par la figure 1 peut laisser craindre un schéma et une réalisation compliqués. Heureusement, les circuits intégrés spécialisés regroupent assez de fonctions pour qu'il ne reste guère à ajouter que les différents filtres nécessaires. Ne vous laissez donc pas effrayer et lisez la suite.

Examinons l'un après l'autre les différents blocs du schéma synoptique, en commençant par l'antenne. Elle capte toutes sortes de signaux plus ou moins faibles, dont le niveau est rehaussé par un amplificateur d'antenne à large bande passante. Jusque là, nous ne faisons pas de tri entre les signaux qui nous parviennent. Pour éviter d'encombrer les autres circuits avec des signaux qui ne nous intéressent pas, nous avons fait suivre l'amplificateur par un filtre accordable qui ne laisse passer que les signaux de fréquence proche de la fréquence à recevoir. La première fonction de ce filtre est d'éviter la création de *fréquences-images*. Il s'agit de fréquences multiples de la fréquence à recevoir qui donnent après le mélange avec la fréquence de l'oscillateur local un signal parasite de fréquence égale à la fréquence intermédiaire. Sa deuxième fonction est de rejeter les signaux de fréquence différente qui seraient assez forts pour saturer, et perturber, le mélangeur et l'amplificateur. Les signaux qui ont réussi à traverser le filtre sont mélangés avec le signal de l'oscillateur local. Le résultat de ce traitement est que tous les signaux qui arrivent au mélangeur sont transposés à une fréquence proche de 10,7 MHz. De tous ces signaux, un seul sera appliqué à la chaîne d'amplification : celui dont la fréquence après la conversion est exactement de 10,7 MHz. Tous les autres disparaissent, et c'est tant mieux, car nous ne voulons écouter qu'une station à la fois.

Figure 1 – Un dessin en dit souvent plus qu'un long discours. Le schéma synoptique indique toutes les fonctions du récepteur. Rassurez-vous, le schéma de principe est plutôt moins compliqué, grâce à l'utilisation judicieuse de trois circuits intégrés.



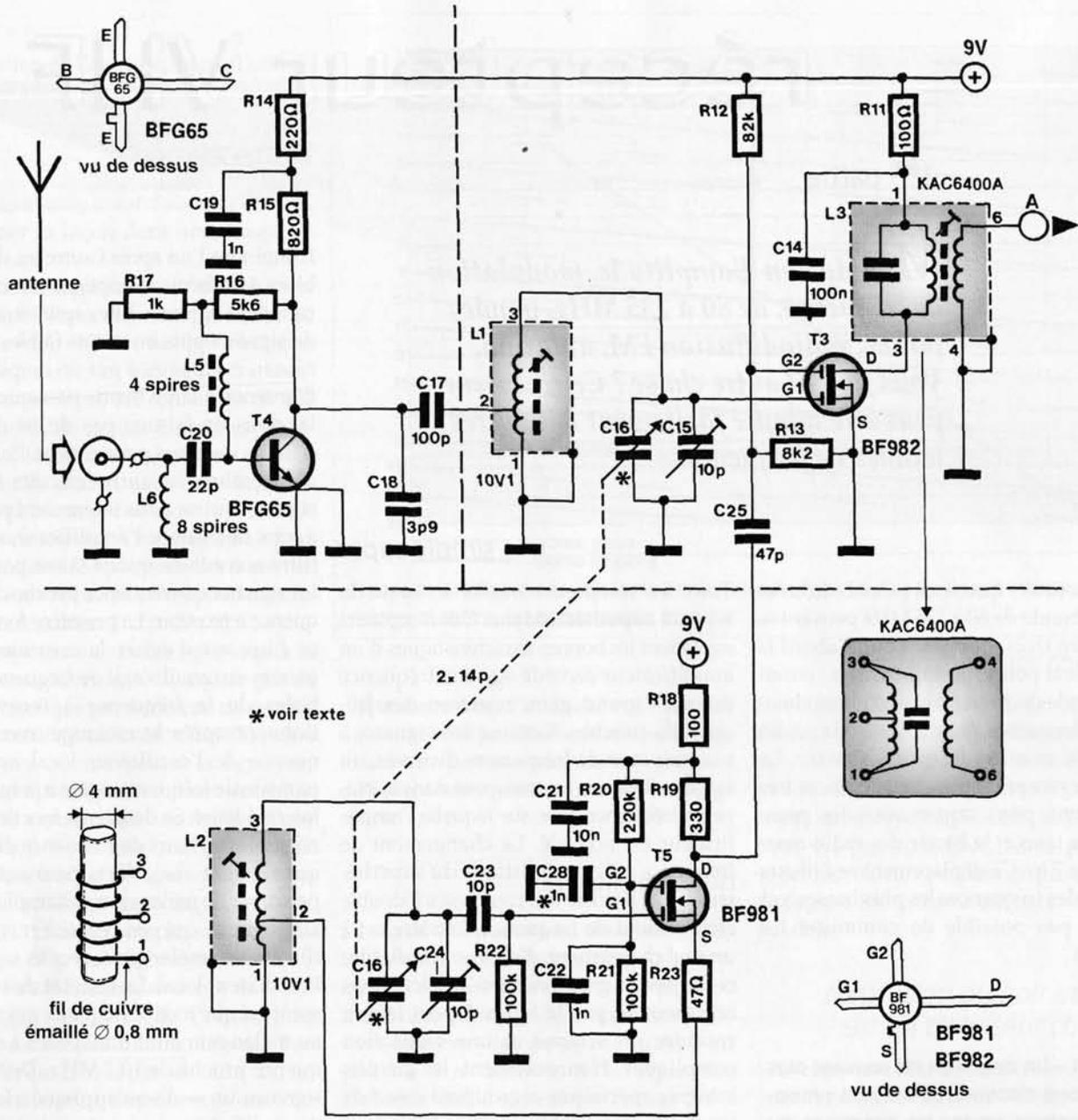


Figure 2 - La première partie du récepteur est chargée de changer la fréquence du signal capté par l'antenne. L'oscillateur local et le mélangeur font que l'amplificateur reçoit un signal à la fréquence constante de 10,7 MHz.

Après amplification, re-filtrage et re-amplification, le signal que nous voulons écouter est devenu assez puissant pour être détecté. Le récepteur comporte deux détecteurs différents : l'un pour la modulation de fréquence, l'autre pour la modulation d'amplitude. Cette dernière possibilité est prévue spécialement pour l'écoute de la bande « aviation ». Tous les autres émetteurs que notre récepteur peut capter travaillent en modulation de fréquence.

Le détecteur de modulation d'amplitude ne se contente pas de démoduler, il sert aussi au *scquelch* ou silencieux. Dès qu'un signal est reçu sur une fréquence donnée, le détecteur de modulation d'amplitude délivre une tension qui peut être variable ou non ; elle est variable en modulation d'amplitude puisque l'amplitude du signal varie constamment ; elle est

constante si le signal est modulé en fréquence puisque l'amplitude de l'onde ne varie pas. Il est possible, à partir de l'amplitude de la tension, de déduire la puissance du signal reçu ; il n'est pas difficile de fixer un seuil (réglable) en-dessous duquel le signal audio détecté n'est pas transmis à l'amplificateur de sortie à basse fréquence. On évite ainsi de laisser le récepteur « souffler » quand il est accordé sur une fréquence inutilisée ou sur celle d'un émetteur trop faible ou trop lointain.

entre l'antenne et la fréquence intermédiaire

L'amplificateur à haute fréquence, le filtre passe-bande accordable et l'oscillateur local forment la première partie du récepteur, comme l'illustre le schéma de princi-

pe de la **figure 2**. Pour préserver la lisibilité, nous avons divisé le schéma en deux parties, qui doivent être reliées entre elles par les lignes d'alimentation et par les points marqués A.

Le transistor T4 est l'amplificateur haute fréquence à large bande, précédé par un filtre passe-haut (L6). Cette inductance présente une résistance plus faible aux fréquences basses qu'aux hautes, si bien que nous pouvons considérer que l'entrée est en court-circuit pour les fréquences inférieures à celle du filtre. Ainsi les signaux

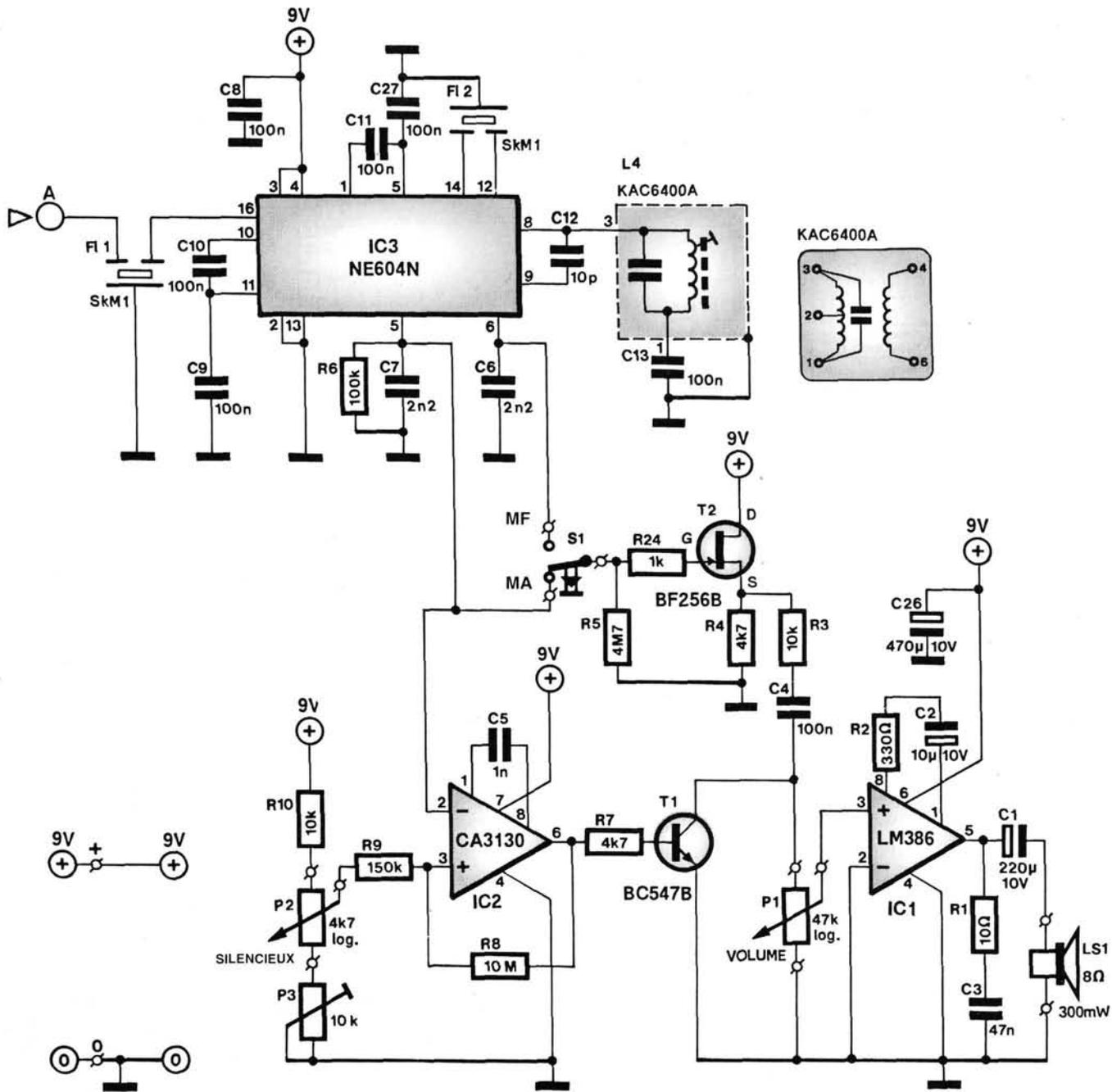


Figure 3 – Trois circuits intégrés suffisent pour attaquer le haut-parleur à partir du signal à fréquence intermédiaire disponible au point A. Le comparateur IC2 et le transistor T1 remplissent la fonction de silencieux (*squelch*), si bien que nous ne serons pas gênés par le souffle. La numérotation des composants vous intrigue peut-être, parce qu'elle va de droite à gauche ? Elle n'a été établie ni par un gaucher ni par un sémite, mais par un « moustachu » qui a appris à dessiner un récepteur en commençant par le haut-parleur (logique puisque le but est de produire un son), en continuant par le transformateur et la 6V6, ou l'EL34, et ainsi de suite jusqu'à l'antenne en passant par la 12AT7... On a beau lui taper sur les doigts, rien n'y fait.

d'émetteurs puissants qui travaillent aux environs de 10,7 MHz ne pourront pas entrer dans le récepteur et y poser des problèmes par la saturation de l'amplificateur à fréquence intermédiaire. Le signal amplifié, disponible sur le collecteur de T4, est appliqué par le condensateur C17 au filtre passe-bande accordable L1/C16/C15. Pour charger le transistor par une impédance convenable, on attaque l'inductance L1 sur une prise intermédiaire: en théorie l'impédance totale de L1 est infinie. Les signaux dont la fréquence correspond à la fréquence de résonance du circuit parallèle L1/C15/C16 traversent ce filtre sans atténuation ou presque, pour parvenir à la grille du transistor à effet de champ T3. L'impédance d'entrée de T3 est extrêmement élevée, ce qui permet de le coupler directement avec la totalité de

l'enroulement de L1. La deuxième grille de T3 reçoit le signal fourni par le FET T5 monté en oscillateur. Cette disposition fait que le courant de drain de T3 ne dépend pas seulement du signal d'antenne amplifié, mais aussi de la tension alternative produite par l'oscillateur. La combinaison des deux signaux d'entrée produit en sortie deux nouveaux signaux de fréquence différente, mais d'amplitude proportionnelle à celle des signaux d'entrée. Les deux nouvelles fréquences sont d'une part la somme des deux fréquences d'entrée, d'autre part la différence entre elles. Lorsque cette fréquence **différence** est égale à 10,7 MHz, le signal est transmis par le secondaire du filtre passe-bande L3 (point A) à l'amplificateur à fréquence intermédiaire. Prenons un exemple chiffré, en supposant que nous voulons écouter un émetteur qui travaille sur 100 MHz.

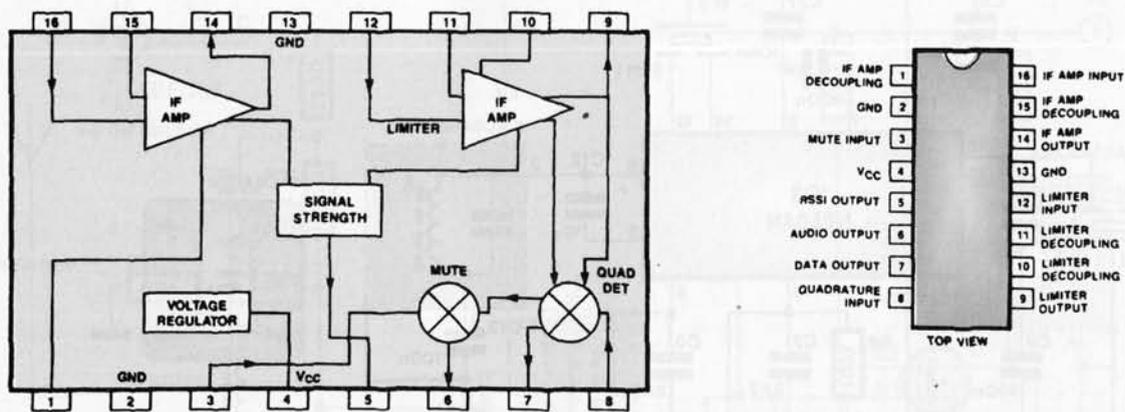


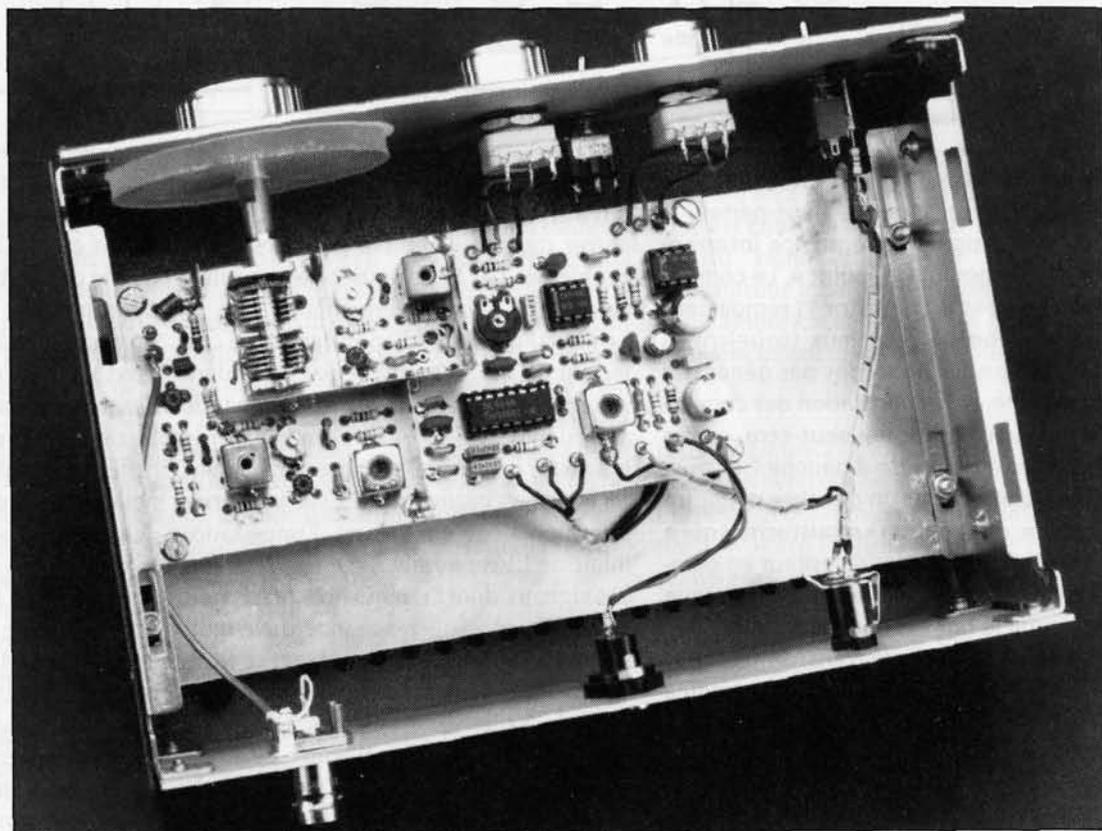
Figure 4 – Les circuits intégrés sont des boîtes noires au fonctionnement mystérieux, parce qu'on ne peut pas voir à l'intérieur. Le schéma de gauche montre, symbolisés, les organes internes du NE604 ; le schéma de droite montre le brochage.

Le signal de l'émetteur parvient à l'antenne accompagné d'une foule d'autres ondes, le tout est amplifié par T4. Si le récepteur est accordé correctement, seuls les signaux proches de 100 MHz traverseront le filtre passe-bande L1. La bande passante est comprise entre 2 et 3 MHz, si bien que seuls les signaux de fréquence comprise entre 99 et 101 MHz sont transmis. Tout ce qui passe est appliqué au transistor T3, pour être mélangé avec une fréquence de 110,7 MHz. Il en résulte en sortie, en plus de divers produits de mélange, une série de signaux de fréquence comprise entre 9,7 MHz (110,7 MHz moins 101) et 11,7 MHz

(110,7 MHz moins 99). De cette foule, seul émerge à travers le filtre L3 le signal à la fréquence de 10,7 MHz. Ce signal, résultant de la transposition du signal de l'émetteur à 100 MHz qui nous intéresse, peut être appliqué à la chaîne d'amplification à fréquence intermédiaire (FI). Si nous voulons écouter un autre émetteur, il faut modifier non seulement l'accord du filtre passe-bande d'entrée, mais aussi la fréquence de l'oscillateur local, de telle façon que la différence entre elle et celle de l'émetteur à recevoir reste égale à la fréquence intermédiaire, 10,7 MHz.

l'amplificateur à fréquence intermédiaire

Le schéma de l'amplificateur FI est donné en figure 3. Vous constatez immédiatement qu'il est équipé de circuits intégrés. Ce choix était possible aussi pour l'amplificateur HF et le mélangeur, mais il n'aurait pas apporté une grande simplification au montage. La simplification est appréciable pour l'amplificateur FI, le détecteur et l'amplificateur BF, car il aurait fallu un grand nombre de transistors pour faire le travail d'IC1 et IC3. Bien. Mais que font-ils au juste, ces circuits intégrés ? Commençons par IC3. En nous reportant au schéma synoptique, nous



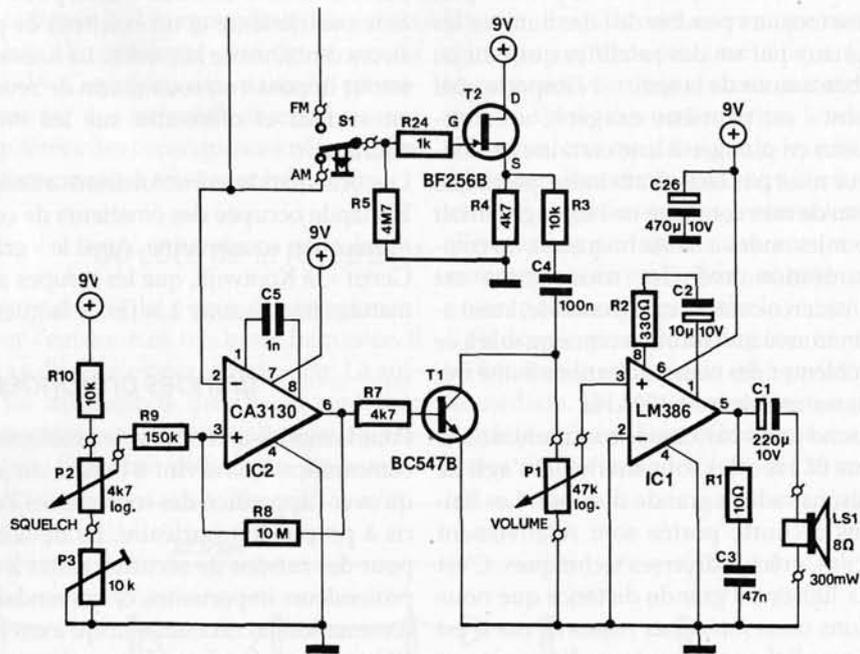
voyons qu'il contient deux amplificateurs FI (fréquence intermédiaire) et les détecteurs MF (modulation de fréquence) et MA (modulation d'amplitude). Le schéma interne du NE604 (figure 4a) comporte d'autres organes, comme un régulateur de tension et un circuit de *sqelch*. Ce dernier n'est pas utilisé, car il ne fonctionne que pour les signaux du détecteur de modulation de fréquence ; il est remplacé par un circuit extérieur utilisable aussi en modulation d'amplitude.

Reprenons le trajet du signal à partir du point A. Le signal présent à ce point a une fréquence de 10,7 MHz puisque c'est la seule qui peut traverser le filtre L3, comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent. Hélas, ce n'est que théorique, car la bande passante du circuit résonnant parallèle n'est pas aussi étroite qu'il conviendrait. C'est pourquoi nous avons intercalé un deuxième filtre (F1) dont la bande passante correspond à l'excursion d'une onde modulée en fréquence. Ce filtre en céramique ne peut donc laisser passer qu'un émetteur à la fois. Le signal entre dans le circuit intégré par la broche 16 et en ressort, amplifié, par la broche 14. Avant d'attaquer l'entrée du deuxième amplificateur FI, le signal de sortie du premier (voir la figure 4a) doit traverser un filtre en céramique (F2) qui améliore encore la sélectivité.

Le deuxième amplificateur délivre son signal de sortie au démodulateur MF (ici un détecteur de quadrature), après quoi le signal démodulé est appliqué au circuit de silencieux (inactif) pour sortir par la broche 6.

Vous pouvez conclure à la vue du schéma de la figure 3 que la broche 5 est la sortie du détecteur de modulation d'amplitude, mais si vous examinez la figure 4, vous ne trouvez aucune trace de détecteur MA. En fait la broche 5 est reliée au détecteur de puissance du signal, prévu normalement pour le raccordement d'un indicateur du niveau HF. Comme les variations du niveau HF correspondent à la modulation d'amplitude, l'indicateur de niveau fonctionne exactement comme un détecteur : sa tension de sortie varie comme le signal transmis en modulation d'amplitude. Nous n'avons donc pas besoin de construire un autre détecteur.

(rappel du schéma de la page précédente)



basse fréquence et silencieux

Le circuit intégré IC3 fournit en principe deux signaux à basse fréquence différents, suivant que nous sommes accordés sur un émetteur en modulation d'amplitude ou de fréquence. Le commutateur S1 permet de choisir l'un des deux pour l'appliquer au transistor T2 qui joue le rôle d'amplificateur tampon. Il réalise l'adaptation d'impédance entre la sortie du NE604 et l'entrée de l'amplificateur BF LM386. Il évite aussi des dégâts sur les sorties du NE604 quand le signal à basse fréquence vient à être court-circuité.

Mais, direz-vous, nous n'avons pas l'intention de faire des courts-circuits ! C'est pourtant ce qui va se passer régulièrement : lorsque le silencieux entre en action, il rend conducteur le transistor T1, lequel court-circuite à la masse le signal du potentiomètre de volume P1. C'est simple et efficace. Le signal audio ne peut atteindre l'entrée de l'amplificateur (IC1) que si le transistor est bloqué. La figure 3 montre que le transistor court-circuiteur est commandé par l'amplificateur opérationnel IC2, monté en comparateur. Il compare le signal délivré par le détecteur à une tension réglable par P2. Si la tension de l'entrée inverseuse est supérieure à celle de l'entrée non-inverseuse (ce qui se produit dès qu'un émetteur est reçu), la tension de la sortie tombe près de 0, ce qui bloque le transistor T1.

Le comparateur présente une certaine hystérésis, si bien que T1 ne commence pas à conduire immédiatement pour une petite variation de l'amplitude du signal audio. C'est important surtout pour les stations en modulation d'amplitude, dont le signal varie en permanence. Il est probable cependant que le silencieux commutera en permanence pendant la réception d'un émetteur en MA. Si le phénomène est gênant, vous pouvez augmenter la valeur du condensateur C5, pour maintenir le *sqelch* actif plus longtemps, ou augmenter l'hystérésis en réduisant la valeur de R8. Ces mesures ne sont pas nécessaires en réalité, puisqu'il est possible d'éviter ce « pompage » en réglant le niveau du silencieux par le potentiomètre P2.

Le dernier composant à examiner est l'amplificateur BF (IC1) de type LM386, un classique qui appelle peu de commentaires. Il a déjà été utilisé à maintes reprises dans les montages d'ELEX.

le mois prochain

La deuxième et dernière partie de cette description s'attaquera plus en détail au fonctionnement du NE604, au circuit imprimé double face (disponible auprès des sources habituelles), à la réalisation pratique et aux réglages.

886127

Figure 5 - Un avant-goût de la réalisation qui sera décrite par le menu le mois prochain.

La radio permet aujourd'hui d'établir un contact avec n'importe quel point de la terre. Si les ondes courtes ne passent pas, il est toujours possible de faire transiter les signaux par un des satellites qui sont en orbite autour de la terre. « N'importe quel point » est peut-être exagéré ; un sous-marin en plongée à une certaine profondeur n'est pas facile à atteindre, parce que l'eau de mer constitue un blindage parfait pour les ondes à haute fréquence. La communication avec les sous-marins est considérée comme indispensable, aussi a-t-on trouvé une solution remarquable à ce problème : des communications à une fréquence inférieure à 100 kHz.

Quand nous parlons de communications sans fil avec des sous-marins, il s'agit de liaisons radio à grande distance. Les liaisons à courte portée sont relativement faciles, grâce à diverses techniques. C'est aux liaisons à grande distance que nous allons nous intéresser ; dans ce cas il est primordial que les ondes radio pénètrent dans l'eau de mer. Ce n'est possible que si l'émetteur travaille sur une fréquence très basse, car la surface de l'eau est le siège, comme les conducteurs métalliques, d'un **effet de peau** qui diminue avec la fréquence.

Le problème de la communication avec les sous-marins était déjà à l'ordre du jour pendant la deuxième guerre mondiale. Les sous-marins allemands qui opéraient dans l'océan atlantique devaient pouvoir être dirigés depuis un quartier général à terre. Pour que ce soit possible, les usines LORENZ construisirent un énorme émetteur qui travaillait dans la bande de fréquence de 15 à 60 kilohertz. Cet émetteur, appelé Goliath, fournissait une puissance de 1000 kW à une antenne suspendue à 15 mâts en acier de 175 mètres de haut. La « prise de terre » était constituée par un réseau qui occupait, avec l'antenne, une surface de 4 kilomètres carrés. L'ensemble était situé sur des terrains humides dans la vallée de l'Elbe près de Calbe. L'émetteur était utilisé pour la télégraphie, mais à partir de la fréquence de 30 kilohertz, le téléscripateur Hell (une sorte de télex) était utilisable, de même que la transmission en phonie.

Cette installation permettait de joindre les sous-marins allemands tout autour de la terre, à condition qu'ils ne fussent pas en plongée trop profonde. La profondeur maximale dépendait de la distance à couvrir. Par exemple, la réception se révéla possible dans l'océan atlantique jusqu'à une profondeur de 20 mètres, alors qu'elle n'était possible que jusqu'à 15 mètres dans

l'océan indien. Naturellement, cette liaison était unidirectionnelle : il n'y a pas de place à bord d'un sous-marin pour une antenne immense et un émetteur de plusieurs centaines de kilowatts. La liaison en retour imposait au sous-marin de revenir en surface et d'émettre sur les ondes courtes.

Les Allemands construisirent aussi en Hollande occupée des émetteurs de communication sous-marine. Ainsi le « grand Gerrit », à Kootwijk, que les troupes allemandes firent sauter à la fin de la guerre.

grandes profondeurs

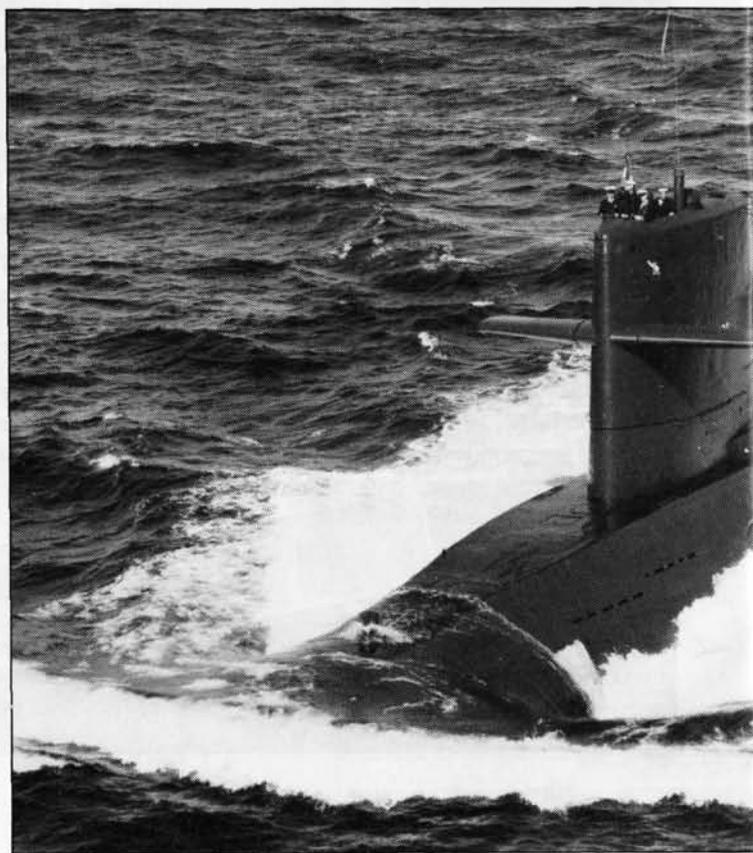
Pour la marine américaine, le problème de communication ne vint à l'ordre du jour qu'avec l'apparition des sous-marins Polaris à propulsion nucléaire. Ils devaient, pour des raisons de sécurité, rester à des profondeurs importantes, ce qui rendait la communication nécessaire jusqu'à environ 100 m de profondeur. Le système allemand ne permettait pas d'atteindre ces profondeurs, il fallut donc envisager des fréquences encore plus basses.

En 1955, une commission fut créée, qui arriva bientôt à la conclusion qu'il fallait utiliser la bande dite ELF (*Extremely Low Frequency*) entre 30 Hz et 3000 Hz. L'effet

de peau de l'eau de mer est encore plus faible à ces fréquences que dans la bande de 30 à 60 kHz, mais surtout l'amortissement dû à l'eau diminue dans cette bande. Il est de 35 dB/m à 1 MHz, il tombe à 0,35 dB à 100 Hz. Du fait des perturbations provoquées par les réseaux électriques à 50 Hz et 60 Hz, on en vint à choisir la fréquence de 76 Hz. Une fois la fréquence choisie, c'est l'antenne qui pose le vrai problème : un dipôle accordé sur 76 Hz devrait mesurer environ 2000 km de long. Inutile de préciser qu'aucune antenne de ce genre n'est réalisable en pratique. Les expérimentations ont été menées avec des cadres de dimensions « réduites », constitués de deux fils dont les extrémités sont mises à la terre. Le but était d'avoir une liaison de terre résistante, de telle façon que le courant se propage profondément dans le sol. Ainsi les dimensions physiques du cadre restent relativement limitées, alors que du point de vue électrique, il a une longueur apparente suffisante. La **figure 1** montre schématiquement l'aspect d'une telle antenne. Cette antenne a été construite dans le *National Forest Park* dans le Nord Wisconsin aux États-Unis. Elle est installée en travers du parc, suspendue à des poteaux de bois de dix mètres de haut. En fait, il y a même deux exemplaires :

communication à très basse fréquence

liaisons radio



l'un orienté nord-sud, l'autre est-ouest, de façon à pouvoir atteindre le monde entier. Bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'une petite antenne, ses dimensions sont limitées en regard de la longueur d'onde, ce qui n'est pas favorable au rendement. Les mesures ont montré que seulement 0,0002% de la puissance fournie par l'émetteur sont transformés en ondes électro-magnétiques. L'émetteur a une puissance de 450 kW, dont à peine 1 W est effectivement rayonné. Pourtant, c'est suffisant pour atteindre les sous-marins dans le monde entier, même à grande profondeur. Les signaux émis dans le Wisconsin sont captés correctement en Méditerranée jusqu'à une profondeur de 130 m. La station d'émission

du Wisconsin est restée expérimentale, car depuis les années soixante-dix un projet d'antenne est à l'étude suivant le système de la **figure 2**. Il comprendrait deux cents cadres alimentés par cent émetteurs de 100 kW. Ce projet a connu une fin prématurée car des autorités diverses se sont inquiétées des conséquences néfastes des rayonnements à très basse fréquence.

d'abord il n'est pas possible de doter un sous-marin d'un cadre comme ceux des émetteurs si on veut qu'il reste mobile. Ensuite, l'eau de mer exerce une action chimique sur toute pièce métallique. Cette corrosion s'attaque aussi, naturellement, à l'acier des sous-marins. L'action chimique, comme dans une pile, crée de faibles tensions électriques entre l'eau et le métal. Il s'agit de tensions continues, mais elles varient du fait des courants et des mouvements divers de l'eau, et cette composante alternative perturbe la réception. Il est donc impossible de disposer l'antenne à même le sous-marin ou à proximité immédiate. Ils doivent donc remorquer derrière eux un long câble auquel sont fixées deux électrodes (une à 230 m du

du côté de la réception

L'antenne est la pierre d'achoppement pour l'émission en très basse fréquence. Il en va de même pour la réception. Là aussi les dimensions théoriques sont trop importantes pour être réalisables en pratique. D'autres difficultés s'ajoutent :

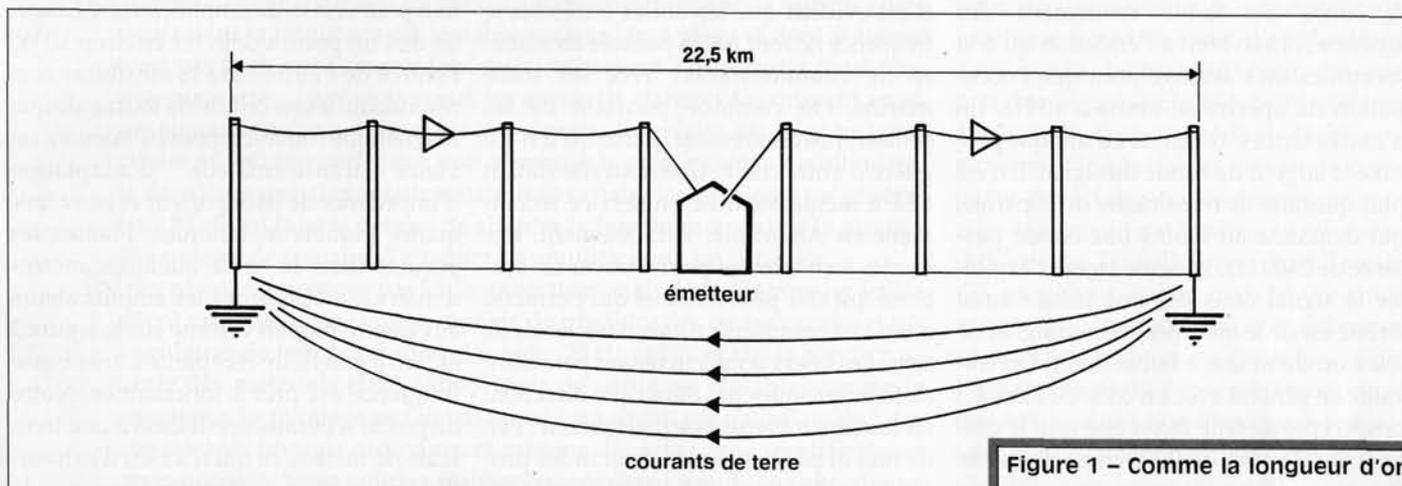


Figure 1 - Comme la longueur d'onde des très basses fréquences se mesure en milliers de kilomètres, l'antenne doit prendre des proportions gigantesques. À tel point qu'elles ne peuvent jamais être réalisées en pratique. Pour pouvoir émettre malgré cela, on a recours à des cadres dont les dimensions sont encore nettement trop petites.

sous-marines

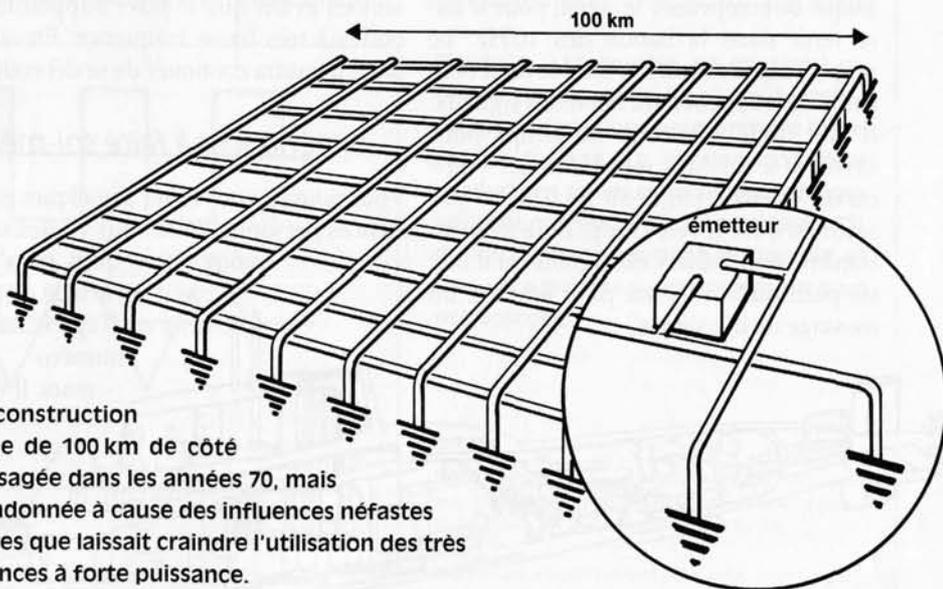


Figure 2 - La construction d'une antenne de 100 km de côté avait été envisagée dans les années 70, mais elle a été abandonnée à cause des influences néfastes de toutes sortes que laissait craindre l'utilisation des très basses fréquences à forte puissance.

sous-marin, l'autre à 530 m de la première). Les signaux à très basse fréquence induisent entre les deux électrodes une tension qui est ramenée par le câble au récepteur à l'intérieur du sous-marin. Cette conception de l'antenne présente l'avantage supplémentaire d'éliminer les perturbations produites par le sous-marin lui-même.

largeur de bande et débit des signaux

À cause du faible rendement des antennes, aussi bien à l'émission qu'à la réception, on s'arrange pour que l'occupation du spectre se limite à 10 Hz. En d'autres termes, on limite autant que possible la largeur de bande du signal. Il n'est plus question de transmettre de la parole, qui demande au moins une bande passante de 2400 Hz. La seule façon d'exploiter le signal émis sur une bande aussi étroite est de le moduler avec un signal de télex ou de morse à faible débit. On travaille en général avec un code de télex à 5 bits, crypté de telle façon que seul le destinataire y trouve quelque chose de lisible. Il ne faut pas s'imaginer que le sous-marin en plongée à 10000 km de l'émetteur reçoit le signal « fort et clair ». En fait, le signal reçu se distingue à peine du bruit. Même avec une bande passante de 10 Hz, ce n'est pas une sinécure que de la démêler du bruit. Il faudrait une bande encore plus étroite pour améliorer le rapport signal/bruit. C'est plus facile à dire qu'à faire, car il est déjà particulièrement compliqué de comprimer le signal pour le faire tenir dans la bande des 10 Hz. Le rapport signal/bruit déplorable rend obligatoire la réduction du débit des signaux. Il faut donc beaucoup de temps pour savoir si le bit émis représente un « un » ou un « zéro ». Un débit de 0,06 bit par seconde s'est révélé compatible avec un transmission fiable. Cela signifie qu'il faut un petit quart d'heure pour émettre un message de dix signes.

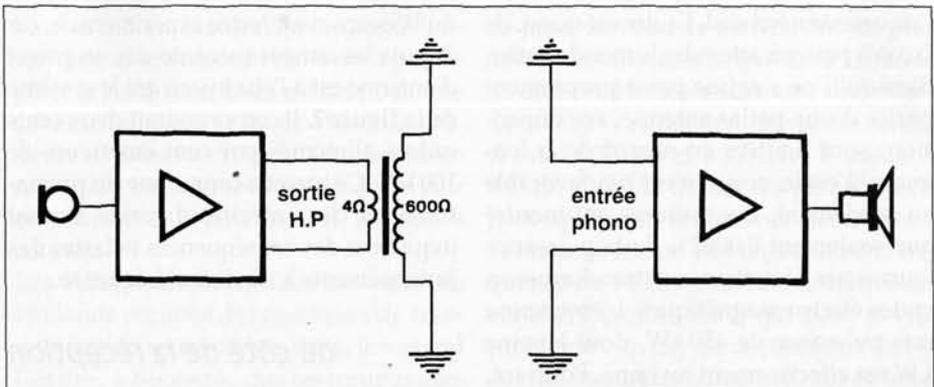


Figure 3 - Cette installation expérimentale permet de mettre en évidence la propagation des ondes à très basse fréquence. Les deux prises de terre du récepteur captent une différence de potentiel provoquée par la propagation des ondes dans le sol.

nouveaux développements

Il est évident que les ondes à très basse fréquence ne sont pas la panacée en matière de communication avec les sous-marins. On continue pourtant de les utiliser, provisoirement, parce qu'il n'y a guère d'autre choix. Une nouvelle station ELF a même été mise en service récemment en Amérique. Parallèlement, des études sont menées pour trouver un système qui soit plus fiable et qui permette aussi des communications dans les deux sens. Les lasers semblent devoir permettre de faire quelques pas dans cette direction. La lumière traverse assez facilement l'eau de mer et peut atteindre de grandes profondeurs. Le seul problème est que le faisceau laser doit être dirigé sur la zone où se trouve le sous-marin ; l'émetteur et le récepteur doivent se trouver en vue directe. On pense trouver une solution avec les satellites qui tournent déjà en grand nombre autour de la terre. Les premiers essais ont été menés il y a quelques années, avec des résultats prometteurs. Il se passera malgré tout encore plusieurs années avant que le laser supplante les ondes à très basse fréquence. En attendant, il faudra continuer de se débrouiller.

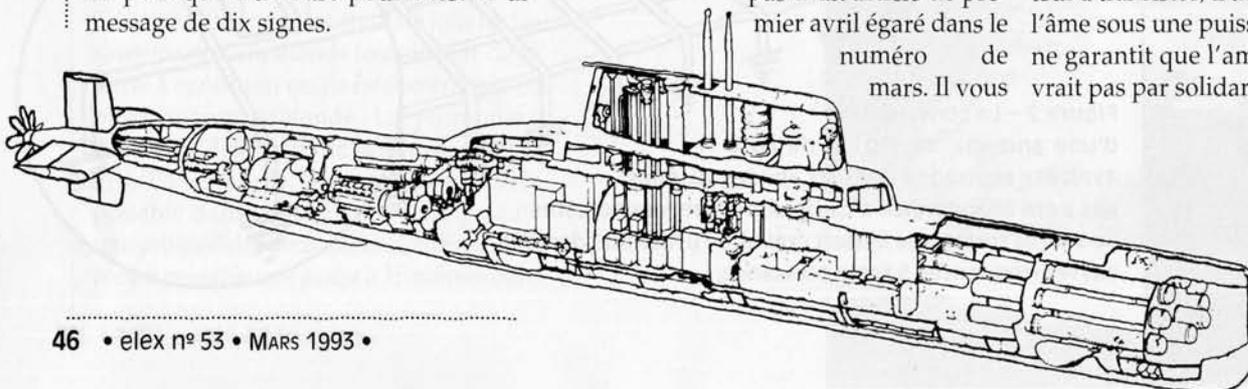
expériences à faire soi-même

Vous pouvez vous livrer à quelques expériences personnelles si vous voulez vous convaincre qu'il ne s'agit pas d'un article de premier avril égaré dans le numéro de mars. Il vous

faut pour cela deux amplificateurs. La sortie de l'un pourra délivrer environ 10 W, l'entrée de l'autre aura la sensibilité correspondant à une cellule de tourne-disque magnétique (ou microphone). Ajoutez un vieux transformateur d'adaptation d'impédance de haut-parleur et pour finir quatre piquets métalliques. Plantez les piquets dans le sol à quelques mètres d'intervalle. Raccordez les amplificateurs aux quatre piquets comme sur la figure 3 et votre émetteur-récepteur à très basse fréquence est prêt à fonctionner. Notre dispositif a permis une liaison à une trentaine de mètres, ce qui n'a rien d'extraordinaire mais prouve que la communication par les très basses fréquences est possible. L'expérience ne présente pas d'autre intérêt pratique que de pouvoir montrer à vos amis que de la musique « sort du sol ».

Avant de commencer votre expérience, tenez compte de certains détails : le transformateur de haut-parleur, utilisé à l'envers, doit porter la tension de sortie de l'amplificateur à une valeur élevée. Ne restez donc pas dans la zone comprise entre les deux piquets d'émission. La nature du transformateur n'est pas critique : si vous n'avez pas de transformateur de haut-parleur, vous pouvez utiliser un transformateur d'alimentation 6 V/220 V ou 9 V/220 V. N'utilisez surtout pas un petit transformateur de récepteur à transistor, il aurait tôt fait de rendre l'âme sous une puissance de 10 W, et rien ne garantit que l'amplificateur ne le suivrait pas par solidarité.

886064



Générateur de fonctions

première partie : ondes carrées et triangulaires

Un générateur de fonctions est par définition un générateur de signaux alternatifs dont la fréquence est réglable sur une large plage et dont la forme n'est pas seulement sinusoïdale, mais correspond à différentes fonctions, triangle, carré... Le plus souvent, les appareils élaborés fournissent aussi des signaux en dents de scie, des impulsions, des rafales, etc. Si votre laboratoire ne doit comporter que trois appareils, le premier sera un multimètre, le deuxième une alimentation stabilisée variable, le troisième un générateur BF. C'est lui qui permet de simuler le fonctionnement de la plupart des sources de signaux, d'attaquer un amplificateur, un filtre, etc.

Nous ne vous proposons pas ici un générateur, mais deux. Ce premier article décrit un générateur simple, capable de produire des ondes carrées et triangulaires de fréquence comprise entre 20 Hz et 20 000 Hz, la bande passante des matériels HiFi. L'amplitude de sortie est réglable, comme la fréquence. Le montage ne fait pas appel à un circuit spécialisé*, mais à des composants presque ordinaires et presque discrets : deux amplificateurs opérationnels. Vous pourrez réaliser ce générateur simple sur une platine d'expérimentation, car il est vraiment très simple.

Le deuxième générateur, que nous décrirons le mois prochain et le suivant, utilisera le même montage de départ, mais il sera complété par un conformateur à diodes qui lui permettra de produire aussi des ondes sinusoïdales, et par un amplificateur tampon de sortie pour attaquer toutes sortes de charges. Le tout sera proposé sur un circuit imprimé, avec l'alimentation, et logé dans un coffret.

Vous pouvez, si cela suffit à vos besoins du moment, construire le générateur simple, puis, plus tard, soit récupérer les composants pour construire la version plus complète, soit ajouter des platines d'expérimentation.

à quoi ça sert ?

Question importante s'il en est ; il serait insensé de commencer à construire un appareil de laboratoire comme on achète un ordinateur, sans savoir ce qu'on va en faire. Heureusement, le générateur de fonctions trouvera assez d'applications dans votre laboratoire pour ne pas prendre la poussière bêtement sur une étagère. Il faut cependant faire une remarque : le générateur doit être accompagné par un appareil de mesure qui sera au minimum un multimètre, au mieux un oscilloscope. L'oscilloscope, dont il existe des modèles très bon marché (voir nos annonceurs) ou d'occasion avec de bonnes caractéristiques, une garantie, mais l'inconvénient de l'encombrement (voir nos annonceurs), l'oscilloscope est nécessaire pour exploiter complètement les possibilités du générateur BF. Voyons quelques exemples, en commençant par la « section » carré. Un signal de cette forme (voir la figure 1a) peut être utilisé en premier lieu pour les circuits numériques, comme signal d'horloge par exemple, mais aussi pour le test d'un amplificateur audio. Un bon amplificateur doit restituer sans déformation un signal carré de 1 kHz. S'il restitue l'onde carrée avec les angles arrondis, cela signifie que la bande

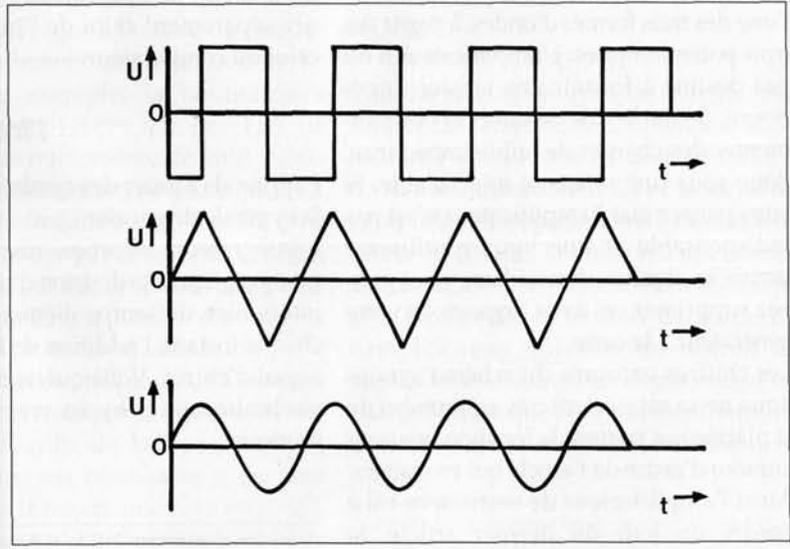
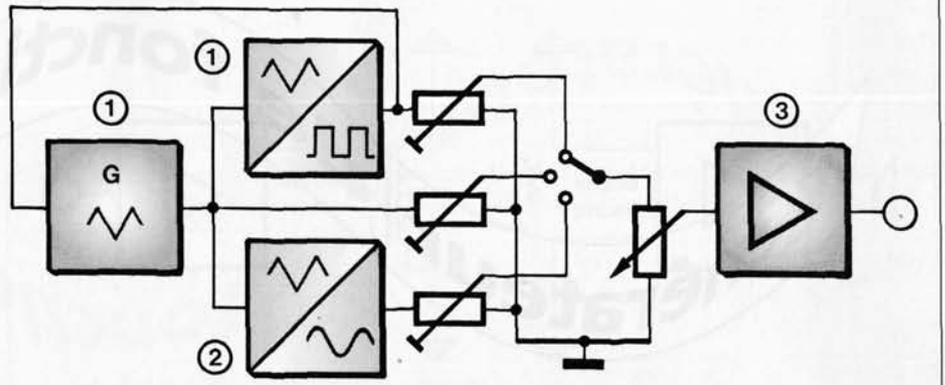


Figure 1 - La courbe, en fonction du temps, de la tension de sortie du générateur de fonctions peut prendre différentes formes. La version complète produit des ondes sinusoïdales, triangulaires et carrées, avec une variante TTL du carré, constamment disponible et très utile pour la synchronisation d'un oscilloscope.

*Il faudrait dire « au » circuit spécialisé, tant il est vrai que quand un technicien entend le mot *sinus*, il dégaîne sans sommation** son XR2206.

**Il y a des amplificateurs pour cela.

Figure 2 - Le générateur comprendra quatre sous-ensembles, décrits en trois articles.



passante est trop étroite ; elle ne s'étend pas jusqu'à 20 kHz, ce qui interdit à l'appareil de prétendre à l'appellation HiFi. Si le signal de sortie présente des dépassements (la partie horizontale n'est plus plate, mais comparable à une fraction de sinusoïde) c'est que l'amplificateur manque de stabilité. L'instabilité est souvent due à un manque de découplage entre les étages, mais elle peut avoir de nombreuses autres causes. Dans tous les cas, un signal d'entrée constant est indispensable si vous voulez le pister tout au long de son trajet dans l'amplificateur, pour trouver la cause du défaut. Le test de la bande passante se fait avec un signal sinusoïdal (figure 1c). L'amplitude de la tension de sortie du générateur est pratiquement indépendante de la fréquence, ce qui signifie que l'amplitude de sortie de l'amplificateur doit rester constante elle aussi, quelle que soit la fréquence. Si on constate une différence d'amplitude appréciable pour une haute ou une basse fréquences, par exemple 50 Hz et 20 kHz, par rapport au niveau de référence à 1 kHz, c'est que la courbe de réponse n'est pas assez plate. Il est évident que pour ce test tous les réglages de tonalité et autres *équilibrageurs* doivent être en position médiane ou carrément *shuntés*.

Pour déterminer les extrémités de la bande passante, vous recherchez à l'oscilloscope la fréquence la plus haute et la fréquence la plus basse pour lesquelles l'amplitude est réduite à 0,7 fois celle que vous mesurez à 1 kHz. Vous connaîtrez ainsi les deux points dits à -3 dB qui délimitent la bande passante par définition. Le signal triangulaire vous permettra de mettre en évidence, si elle existe, la **distorsion de croisement**. Dans un amplificateur de puissance, les alternances positives sont reproduites par des transistors différents de ceux qui traitent les alternances négatives. Lors du passage par zéro, il faut que le relais soit pris instantanément, faute de quoi une partie du

signal disparaît, près de la ligne du zéro. Dans le cas d'une onde triangulaire, la partie positive et la partie négative d'un même segment ne se trouvent plus dans le prolongement l'une de l'autre. Si l'amplificateur est conçu correctement, le défaut peut être supprimé par un réglage du courant de repos des transistors de sortie. Ces quelques exemples ont trait au domaine audio, mais un générateur de fonctions permet aussi de régler des filtres, des convertisseurs de télex ou de fax, et toutes sortes d'appareils pour lesquels un signal de test est nécessaire.

le schéma synoptique

Avant de nous plonger dans le fonctionnement de la première partie du générateur, nous allons examiner l'organisation générale de l'appareil, représentée par la **figure 2**. Rappelons auparavant* qu'il n'est pas indispensable de construire toutes les parties pour obtenir un appareil utilisable. La seule partie obligatoire est repérée par un ①, c'est comme qui dirait le « cœur » du montage ; les signaux qu'elle fournit sont transformés en sinusoïde et amplifiés par les autres organes. Un commutateur à trois positions permet d'orienter vers l'amplificateur de sortie l'une des trois formes d'ondes, à partir des trois potentiomètres. L'amplificateur n'est pas destiné à fournir une tension supérieure, il joue le rôle de tampon pour alimenter des charges de faible impédance, donc sous une intensité appréciable. Si vous pensez que l'amplificateur n'est pas indispensable et que vous n'utiliserez jamais les signaux sinusoïdaux, vous pouvez supprimer ces deux organes de votre générateur à la carte.

Les chiffres entourés du schéma synoptique ne se rapportent pas au numéro de la platine qui portera la fonction, mais au numéro d'ordre de l'article qui en traitera. Ainsi l'amplificateur de sortie sera-t-il à l'ordre du jour du dernier article, le

conformateur triangle-sinus du deuxième. Pour aujourd'hui, nous allons nous intéresser au générateur de triangles et de carrés.

le générateur de triangles et de carrés

Le schéma synoptique de la figure 2 montre une liaison entre le générateur de carrés et le générateur de triangles. En fait, il s'agit du même circuit ; le générateur de triangles est incapable de fonctionner seul, il a besoin d'une contre-réaction pour osciller. La solution retenue est la plus simple et la plus économique en composants ; elle ne fait appel à aucun composant critique ou difficile à trouver.

Le schéma de principe de la **figure 3** représente le générateur de triangles à gauche, et à droite le générateur de carrés. Les connaisseurs en amplificateurs opérationnels reconnaîtront un **intégrateur** dans le montage d'IC1, un comparateur avec hystérésis dans le montage d'IC2. La combinaison des deux circuits constitue un oscillateur grâce à la réinjection à l'entrée de l'intégrateur du signal de sortie du comparateur, par le potentiomètre P1 et la résistance R1. Pour comprendre le fonctionnement de l'ensemble, il faut examiner séparément celui de l'intégrateur et celui du comparateur.

l'intégrateur

J'apprends à jouer des cymbales. D'abord la cymbale de gauche. L'intégrateur effectue une opération mathématique : la division d'une durée en intervalles de temps élémentaires et, à chaque instant, l'addition de la valeur du signal d'entrée. Voilà qui ne nous avance pas beaucoup ; essayons avec un exemple pratique.

* chinois, ajouteraient J.-C.V. et Bérurier.

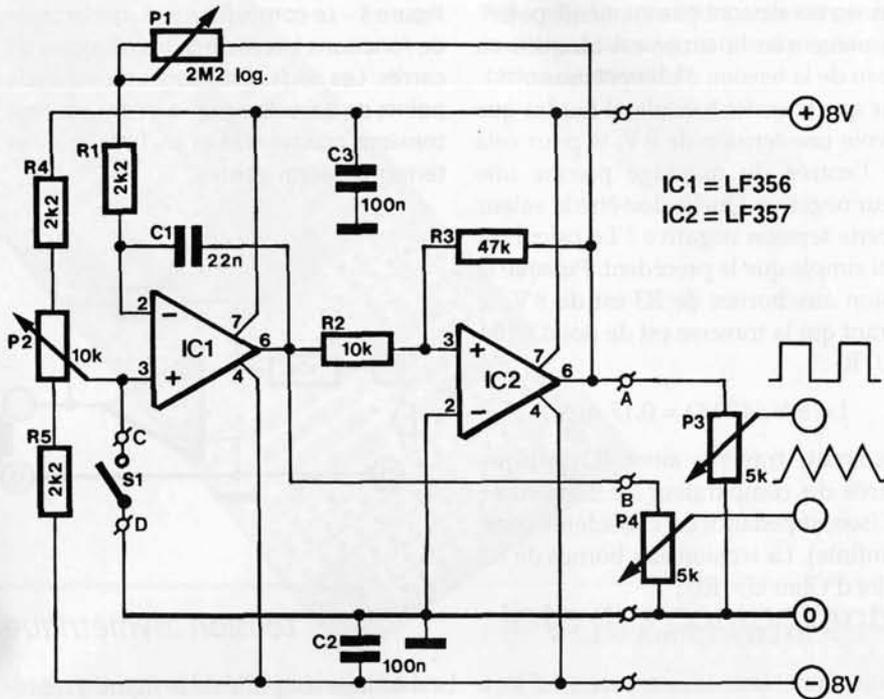


Figure 3 - Deux amplificateurs opérationnels permettent de produire un signal triangulaire et un signal carré.

Supposons que nous avons une tension de 1 V à l'entrée d'un intégrateur qui enregistre le niveau une fois par seconde. Après une seconde, la somme en sortie est égale à 1 V, après 2 secondes 2 V, puis 3 V, et ainsi de suite. Le signal de sortie de l'intégrateur est une sorte d'escalier avec des marches de 1 V de hauteur et 1 seconde de longueur.

Un véritable intégrateur ne scrute pas l'entrée chaque seconde, mais à intervalles de temps assez brefs pour que l'escalier devienne un plan incliné. Cette courbe continue est une droite ; autrement dit, la progression de la tension est **linéaire**. Un problème se pose : si la tension a tendance à croître indéfiniment, elle va devoir dépasser la tension d'alimentation. C'est pourquoi nous n'ajouterons pas à la sortie la tension qui règne à l'entrée du montage, mais seulement une fraction d'icelle. Dans notre exemple, la hauteur des marches pourrait n'être que de 0,1 μV (le dixième d'un milliardième de volt). Nous avons donc une tension de sortie qui croît (ou décroît) linéairement, suivant une pente déterminée par la tension d'entrée. Si la tension d'entrée est positive, la pente est décroissante, si la tension d'entrée est négative, la pente est croissante.

Notre version électronique de l'intégrateur est représentée par la **figure 4**, débarrassée du fouillis de la figure 3. Cette simplification est nécessaire si on veut comprendre le fonctionnement en détail. Rappelons tout d'abord que dans un mon-

tage à amplificateur opérationnel, la somme des courants de chaque entrée est nulle. Il n'entre ni ne sort aucun courant par les broches des entrées inverseuse et non-inverseuse, de même, aucun courant ne circule entre les deux entrées. Ajoutons que la différence* de potentiel entre les deux entrées est toujours nulle, si la sortie n'est pas bloquée au niveau de l'une des tensions d'alimentation.

L'entrée non-inverseuse est reliée à la masse du montage, la tension de l'entrée inverseuse sera donc nulle tant que le montage fonctionnera normalement. On appelle l'entrée inverseuse **masse virtuelle**. Puisque la tension de l'entrée inverseuse est nulle en permanence, le courant qui traverse R1 est constant et proportionnel à la tension d'entrée (loi d'Ohm $I=U/R$):

$$I = U_E / R1 \quad (1)$$

Comme aucun courant ne circule par l'entrée de l'amplificateur opérationnel, le courant I qui traverse R1 **doit** s'écouler à travers le condensateur C1 et la sortie de l'amplificateur opérationnel. Le condensateur se charge, la tension à ses bornes augmente proportionnellement au temps et à l'intensité, la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel décroît de même. Le courant est un déplacement de charges électriques qui viennent remplir le condensateur, comme un filet d'eau un

*Ajouter une différence ne reviendrait-il pas à soustraire une somme ?

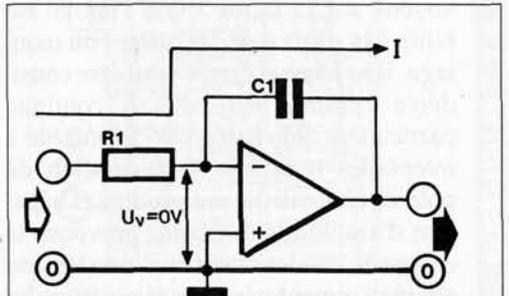


Figure 4 - L'amplificateur IC1 est monté en intégrateur ; il transforme un carré en triangle. La tension d'entrée est transformée en un courant qui charge le condensateur C1.

seau. Le volume d'eau est proportionnel à la grosseur du filet et au temps, la charge Q est proportionnelle à l'intensité et au temps :

$$Q = I \times t \quad (2)$$

ou encore : $Q = (U_E / R1) \times t$

La tension aux bornes du condensateur se calcule comme la hauteur d'eau dans le seau :

$$U_C = Q / C1 \quad (3)$$

En effet, la hauteur est d'autant plus faible que la capacité du seau est grande. Un petit seau va déborder rapidement ; un grand seau, avec le même débit, mettra du temps à se remplir.

La formule (3) devient, à l'aide de (2) :

$$U_C = [(U_E / R1) \times t] / C1$$

$$U_C = \frac{U_E}{R1 \times C1} \times t$$

Le débit de l'eau** s'exprime en ampères, la capacité du seau en farads, le temps en secondes, la tension en volts. Aussi longtemps que la tension d'entrée est constante, que R1 et C1 sont constants, le premier terme du produit est constant et la tension aux bornes du condensateur augmente de façon linéaire en fonction du temps. Cela correspond à la définition de l'intégrateur donnée plus haut. Comme l'une des armatures du condensateur est reliée à la masse virtuelle, le potentiel de l'autre devient

**« Ah qu'il est beau, le débit de l'eau ! » Charles Trenet.

négalif par rapport à la masse si la tension d'entrée est positive, positif si la tension d'entrée est négative.

l'intégration d'une onde carrée

Nous venons d'envisager le fonctionnement de l'intégrateur avec une tension d'entrée continue et constante, or, nous voyons sur la figure 3 que l'entrée est reliée à la sortie d'ondes carrées du montage. Une tension carrée peut être considérée comme une tension continue particulière qui changerait de polarité à intervalles réguliers. Cette tension de polarité alternativement positive et négative, d'amplitude constante, provoque la charge du condensateur avec une tension alternativement négative et positive. La croissance et la décroissance linéaires de la tension aux bornes du condensateur donnent à la tension de sortie d'IC1 la forme triangulaire que nous cherchons à obtenir.

le comparateur avec hystérésis

Maintenant la cymbale de droite. Par définition, le comparateur détecte laquelle de ses deux entrées est au potentiel le plus élevé et, suivant le résultat, porte sa sortie au potentiel de l'alimentation positive ou négative. Pour le comparateur du générateur de fonctions, dont le schéma simplifié est repris par la figure 5, cela signifie que la tension de sortie est de +8 V si la tension de l'entrée non-inverseuse (+) est positive, de -8 V si la tension de l'entrée non-inverseuse est négative, puisque la tension de l'entrée inverseuse (-) est fixée à 0 V.

Du fait de la présence de R2 et R3, le circuit est doté d'une hystérésis : le comparateur ne bascule pas aussitôt que la tension passe par zéro. Où se situe donc le point de commutation ? Y en aurait-il plus d'un ?

Supposons tout d'abord que la sortie est à +8 V et que l'entrée du montage (borne gauche de R2) est à 0 V. Cela signifie qu'une tension de 8 V règne aux bornes du diviseur de tension R2/R3. La tension de l'entrée non-inverseuse se calcule comme suit :

$$U_+ = \frac{R1}{R1+R2} \times 8V$$

$$U_+ = 0,175 \times 8V = 1,4V$$

Cette tension est supérieure à 0, donc la tension de sortie du comparateur n'a pas de raison de changer d'état. Notez que les

deux sorties ne sont pas au même potentiel, parce que la sortie est bloquée au niveau de la tension d'alimentation.

Pour que la sortie bascule, il faudra que R3 voie une tension de 8 V, et pour cela que l'entrée du montage prenne une valeur négative. Quelle doit être la valeur de cette tension négative ? Le calcul est aussi simple que le précédent. Puisque la tension aux bornes de R3 est de 8 V, le courant qui la traverse est de (loi d'Ohm $I = U/R$) :

$$I = 8V / 47k\Omega = 0,17mA$$

Ce courant traverse aussi R2 puisque l'entrée du comparateur ne consomme rien (son impédance est considérée comme infinie). La tension aux bornes de R2 est (loi d'Ohm $U = RI$) :

$$U = 10k\Omega \times 1,7mA = 1,7V$$

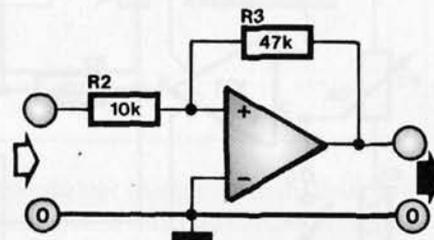
Il faut donc une tension de -1,7 V à l'entrée du montage pour que la sortie du comparateur prenne la valeur de la tension d'alimentation négative, -8 V. Une fois la tension de sortie devenue négative, il faudra que la tension d'entrée prenne une valeur positive pour provoquer un nouveau basculement. Un calcul similaire permet de déterminer la tension nécessaire : +1,7 V.

intégrateur et comparateur ensemble

Et enfin : ding ! C'est la rencontre. Revenons au circuit de la figure 3. Tout doit être assez clair maintenant. Il ne reste plus qu'une chose à dire : le système se balance tout seul, il oscille. Supposons que la sortie du comparateur est à +8 V, un courant circule à travers R1 et P1 ; il va d'abord décharger C1, chargé positivement jusque là, puis le recharger négativement. La tension de sortie de l'intégrateur va diminuer progressivement, jusqu'à atteindre le seuil de -1,7 V où se produira le basculement du comparateur. Le changement de polarité de la tension de sortie du comparateur inverse le sens du courant de charge : le condensateur de l'intégrateur va d'abord se décharger, puis se recharger avec une tension positive.

Le temps nécessaire au montage pour passer d'un état à l'autre dépend de la vitesse de charge du condensateur, donc de l'intensité, donc pour finir de la valeur de la résistance P1+R1. Nous pourrions régler la fréquence du générateur par le potentiomètre P1.

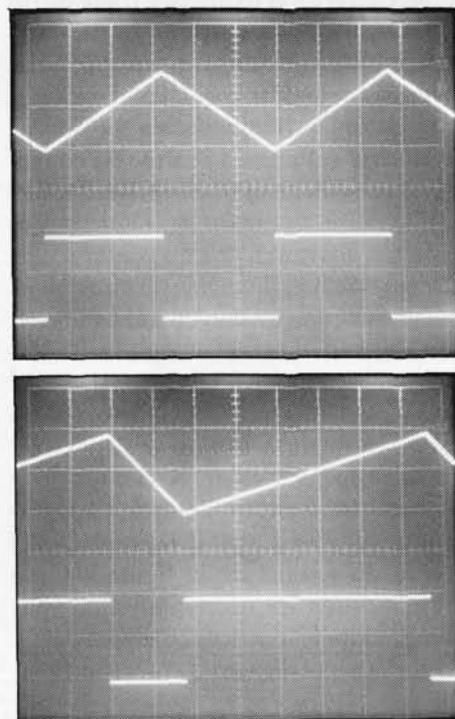
Figure 5 - Le comparateur du générateur de fonctions transforme les triangles en carrés. Les deux résistances fixent deux points de basculement : à +1,7 V pour les tensions croissantes et à -1,7 V pour les tensions décroissantes.



tension asymétrique

Le montage simplifié de la figure 4 représente l'entrée non-inverseuse reliée à la masse pour la commodité du raisonnement. En pratique, le schéma de la figure 3 la montre reliée au curseur du potentiomètre P2, si l'interrupteur S1 est ouvert. Les tensions extrêmes sur le potentiomètre sont de +5,5 V et -5,5 V, grâce au diviseur de tension R4/R5. Que se passe-t-il si le curseur du potentiomètre voit une tension de +5,5 V ? Nous trouverons la réponse en nous reportant à la figure 4, qui indique que la différence de potentiel entre les

Figure 6 - En modifiant la tension de l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel IC1, on remplace la forme d'onde symétrique (a) par une forme asymétrique (b).



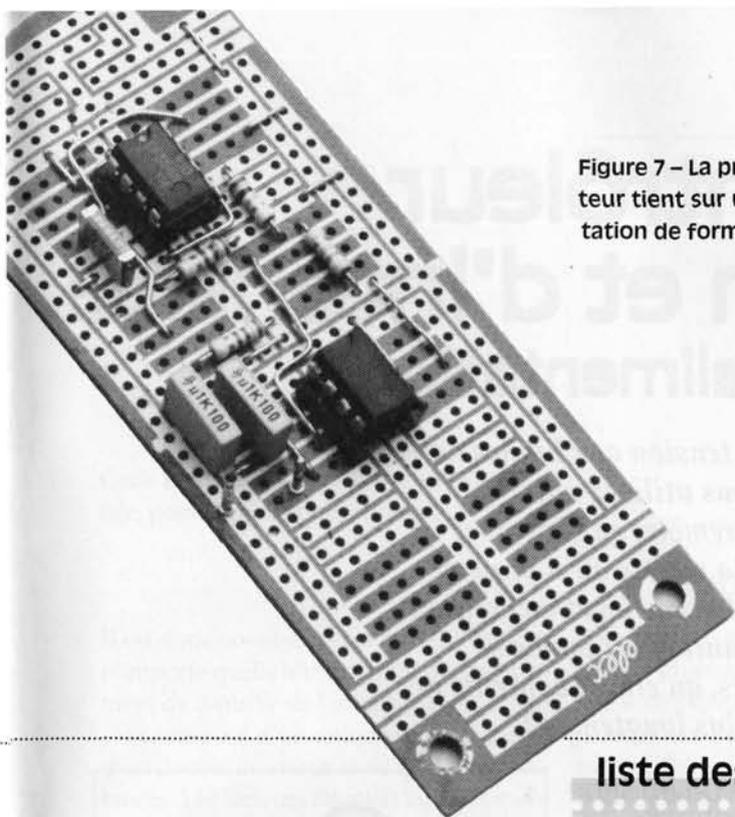
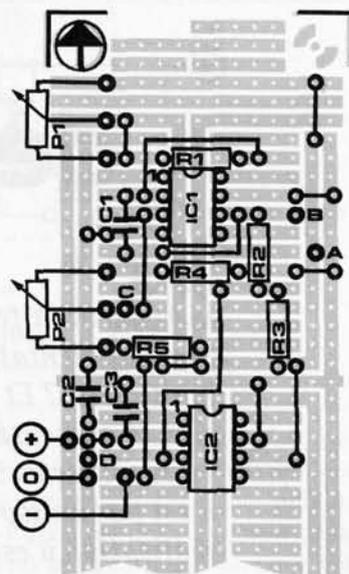


Figure 7 – La première partie du générateur tient sur une platine d'expérimentation de format 1.



deux entrées est forcément nulle. La tension aux bornes de R1 n'oscillera donc plus de +8 V à -8 V, mais de +2,5 V à -13,5 V. Le courant de décharge-charge du condensateur est beaucoup plus intense quand la sortie du comparateur est négative que quand elle est positive. Le temps de charge est d'autant plus court que le courant est intense. Le condensateur se chargera positivement en un temps court, négativement en un temps long, la pente de la courbe change avec la polarité. Du même coup, la forme du signal carré change, il s'agit maintenant d'un signal rectangulaire dont les deux alternances sont de durée différente: l'alternance négative est plus longue que la positive. Le phénomène s'inverse si la tension de l'entrée non-inverseuse est portée à -5,5 V au moyen de P2. C'est ce que montrent les figures 6a et 6b. La pente descendante de la tension de sortie de l'intégrateur est rapide et courte, la pente montante est lente et longue. Le changement de rapport cyclique a un autre effet, un peu gênant, mais dont il faut s'accommoder avec un appareil simple comme celui-ci: la fréquence du signal change aussi.

liste des composants

à vos fers

- R1,R4,R5 = 2,2 kΩ
- R2 = 10 kΩ
- R3 = 47 kΩ

- P1 = 2,2 MΩ log.
- P2 = 10 kΩ lin.
- P3,P4 = 5 kΩ lin.

- C1 = 22 nF
- C2,C3 = 100 nF

- IC1 = LF356
- IC2 = LF357

- S1 = commutateur 1 circuit, 2 positions

platine d'expérimentation de format 1
 alimentation symétrique 2 fois 8 V
 OU
 2 piles de 9 V
 (dans ce cas, interrupteur marche-arrêt bipolaire)

Votre fer à souder a eu tout le temps de chauffer pendant cette longue description du fonctionnement. Reportez-vous à la figure 7 pour l'implantation des composants sur la platine d'expérimentation de format 1. Le câblage appelle moins de commentaires que le schéma de principe. Le circuit une fois monté et testé, vous pouvez soit attendre les prochains articles pour attaquer le conformateur sinusoïdal et l'amplificateur de sortie, soit l'installer dans un coffret si vous voulez l'utiliser tel qu'il est. Dans ce dernier cas, il faudra ajouter une alimentation symétrique de ± 8 V ou deux piles de 9 V et coller une face avant qui ressemble à celle de la figure 8. À suivre.

896001

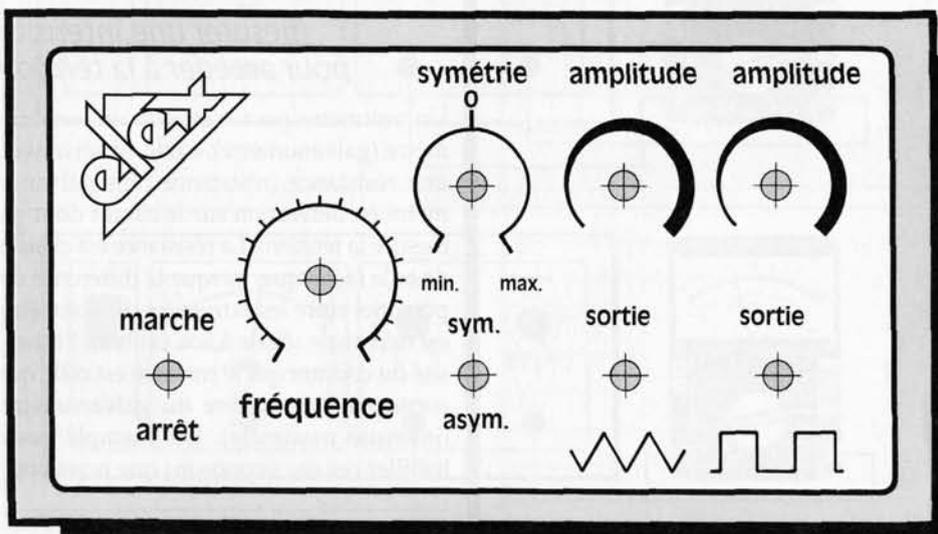


Figure 8 – Si vous vous contentez de la version simple, vous pouvez habiller le coffret de cette face avant.

contrôleur de tension et d'intensité pour alimentation

Comment faites-vous pour connaître la tension aux bornes de votre alimentation réglable (ou non)? Vous utilisez votre multimètre? Et pour le courant, un ampèremètre en série avec le circuit alimenté? Alors lisez cet article, la recette qu'il propose vous concerne. Si un contrôle continu de la tension et du courant n'est pas indispensable, il n'a que des avantages. Comme sa réalisation n'est pas des plus compliquées, qu'elle se contente de petits moyens, pourquoi vous en priver plus longtemps?

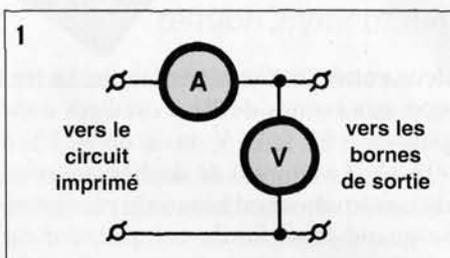
en parallèle ou en série

Équiper une alimentation d'un instrument de mesure, c'est facile, comme vous le voyez sur la **figure 1**. On envoie son valet de chambre chez son fournisseur préféré acheter un voltmètre et un ampèremètre de tableau tout cousus. Comme un voltmètre mesure la différence de potentiel entre ses extrémités et un ampèremètre le courant qui le traverse, il suffit de les câbler comme indiqué, l'ampèremètre en série, sur la ligne "plus" par exemple et le voltmètre en parallèle sur les bornes de sortie. Cette solution n'est pas la plus économique, puisqu'il est possible de s'en sortir avec un seul cadran dans la plupart des cas. En effet, un galvanomètre unique et quelques aménagements permettent de visualiser, tantôt ce que débite l'alimentation, tantôt la tension à ses bornes. Tout cela parce qu'une mesure de tension peut se ramener à celle d'une intensité et qu'il est possible, sans passer par Saint-Cyr*, de transformer un voltmètre en ampèremètre.

mesurer une intensité pour accéder à la tension

Un voltmètre peut n'être qu'un ampèremètre (galvanomètre), câblé en série avec une résistance (résistance plus galvanomètre en dérivation sur le circuit dont on mesure la tension). La résistance est choisie de telle façon que, lorsque la différence de potentiel entre les extrémités du voltmètre est maximale (égale à son calibre), l'intensité du courant qui le traverse est celle qui correspond au calibre du galvanomètre (intensité maximale). Un exemple pour habiller ces os : supposons que nous vou-

* On peut aussi passer par Saint-Cyr, mais ce n'est pas forcément le chemin le plus court.



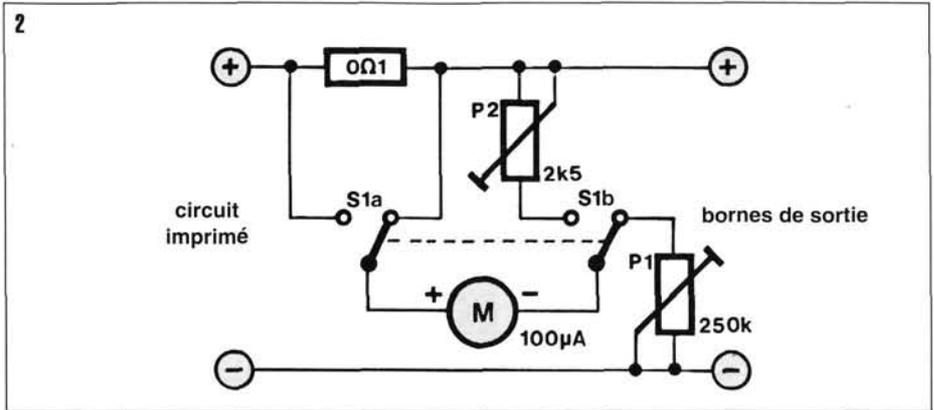
lions fabriquer un voltmètre pour mesurer des tensions comprises entre 0 et 10 V, donc de calibre 10 V. Nous disposons d'un galvanomètre marqué "1 mA" dont nous ne connaissons pas la résistance intérieure. Admettons qu'elle soit nulle. La tension maximale U aux bornes de la résistance (donc du voltmètre) sera de 10 V lorsqu'un courant I de 1 mA la traversera :

$$R = U : I = 10 \text{ k}\Omega \text{ (V : mA=k}\Omega\text{)}$$

La résistance intérieure d'un galvanomètre n'est cependant jamais nulle de sorte que la résistance à rajouter est inférieure à celle que nous avons calculée. Que faire alors? Mettre tout simplement un potentiomètre ajustable de 10 k Ω qu'il sera facile, lors de l'étalonnage de l'appareil, de régler à la bonne valeur.

mesurer une tension pour accéder à l'intensité

Maintenant que nous avons un voltmètre, comment le transformer en ampèremètre? Il suffit d'introduire dans le circuit dont nous voulons connaître le débit une petite résistance connue avec précision et de mesurer la différence de potentiel entre ses extrémités. La différence de potentiel U et la résistance de mesure R connues nous permettront de calculer l'intensité I du courant en appliquant la loi d'Ohm : le cadran sera gradué en U/R , comme on dit chez les prêteurs sur gages.



Cette petite introduction théorique terminée, passons aux applications.

bimètre ?

Il est donc possible, voire facile, d'équiper n'importe quelle alimentation d'un instrument de contrôle de l'intensité et de la tension composé d'un unique galvanomètre, d'un double inverseur et de quelques résistances. Les lecteurs attentifs auront cependant remarqué que le circuit de la **figure 2** comportait non pas un mais deux voltmètres sélectionnés par S1. Le premier, composé de M et P1 en parallèle sur la sortie, donne accès à la tension aux bornes de l'alimentation. Le second (M, P2, et S1 dans l'autre position) monté en parallèle sur R1 donne la mesure de l'intensité du courant débité.

Pourquoi avoir choisi ce montage à voltmètre pour une mesure d'intensité ? C'est simple, une alimentation de laboratoire est faite, en général, pour délivrer des courants relativement intenses. Il lui faut donc un ampèremètre de bon calibre. Transformer un tel ampèremètre en un voltmètre de calibre 30 V ne va pas de soi. Pourquoi ? Tout simplement parce que son aiguille n'indiquera "30 V" que s'il est traversé par le courant d'intensité maximum, prélevé bien sûr sur l'alimentation. N'allez cependant pas penser que nous avons choisi un galvanomètre de 100 μA pour maintenir le courant de mesure aussi bas que possible. Non, de petits VU-mètres bon marché de ce calibre, qui conviennent parfaitement à cet usage sont disponibles dans le commerce à des prix très intéressants, voilà la principale raison de notre choix. Il est cependant possible de prendre un galvanomètre moins sensible.

Le choix des résistances est évidemment fonction de l'alimentation. Les lecteurs dont la mémoire est bonne constateront que P1 et P2 correspondent aux valeurs choisies pour l'alimentation décrite en novembre 1991 qui délivrait 1,5 A sous 30 V (ELEX n°38, page 13). Quelques aménagements seront nécessaires pour d'autres, mais les procédures d'étalonnage que nous allons voir maintenant valent pour toutes.

étalonnage du voltmètre

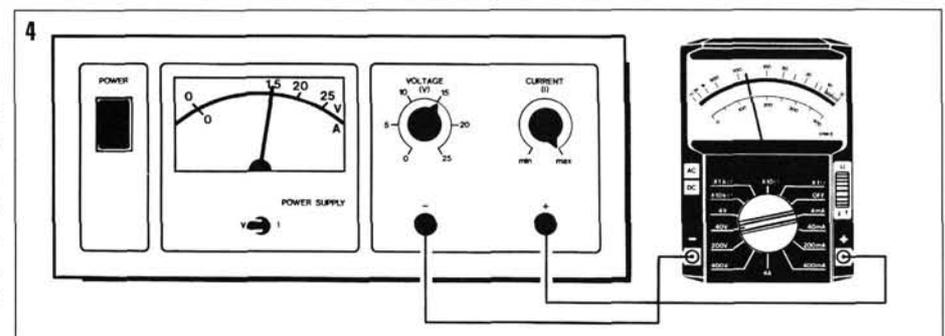
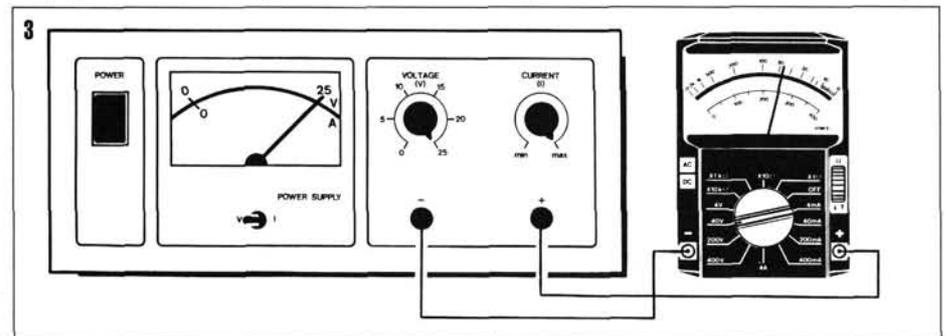
Commencez par le plus ennuyeux, le cadran. Enlevez le capot et fixez une petite feuille de papier blanc (de préférence transparent) sur l'ancien cadran, à l'aide de ruban adhésif, en laissant libre la partie sur laquelle les graduations (volts et ampères) seront inscrites. Procédez avec soin, sans tordre l'aiguille ni endommager le cadre mobile. Dessinez sur votre papier la forme de l'ancien cadran ainsi que l'arc de courbe sur lequel seront portées les divisions : vous pouvez déjà marquer le zéro d'un léger trait. Le double inverseur S1 en position "V" (pour "Volts"), P1 et P2 au maximum, mettez l'alimentation sous tension avec à ses bornes un bon multimètre. Réglez la tension au maximum et ramenez P1 avec précaution jusqu'à obtenir la pleine déviation (permise) de l'aiguille du galvanomètre, comme sur la **figure 3**. La tension qu'annonce le multimètre est alors la tension maximale de sortie de l'alimentation, "25 V" par exemple : notez-la soigneusement (crayon très fin) sur le cadran de papier en face de l'aiguille. Si la tension

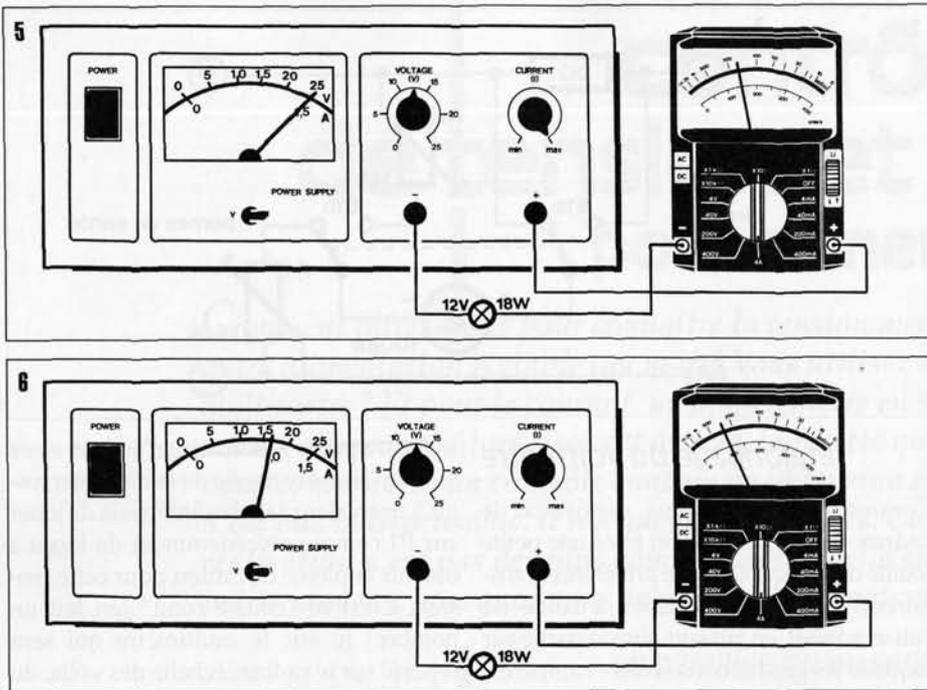
indiquée par le multimètre n'est pas assez "ronde", il est conseillé de la diminuer jusqu'à une valeur satisfaisante, puis de jouer sur P1 comme précédemment de façon à obtenir la pleine déviation pour cette tension. C'est ce "chiffre rond" (en fait un nombre) lu sur le multimètre qui sera reporté sur le cadran, échelle des volts, du contrôleur de l'alimentation.

Les deux bornes, zéro et tension maximale, ainsi repérées, continuez de diminuer la tension de l'alimentation, de 5 V en 5 V (lecture sur le multimètre), en marquant chaque fois d'un trait (ou de deux, un de chaque côté) sur le cadran de papier la position de l'aiguille correspondante (**figure 4**).

étalonnage de l'ampèremètre

Les choses se compliquent ici puisqu'il est nécessaire de charger l'alimentation avec une résistance telle qu'elle débite le courant souhaité. Pour l'alimentation prise en exemple, le courant d'intensité maximum de 1,5 A peut être celui consommé par une lampe de voiture de 12 V/18 W. Il n'est pas





du tout sûr que l'ampoule consomme ce courant-là précisément, c'est pourquoi il est conseillé de câbler un ampèremètre en série avec elle. Laissez S1 en position "V" comme précédemment. Réglez ensuite la tension de façon que l'ampèremètre annonce "1,5 A" (si l'alimentation est pourvue d'une limitation de courant réglable, celle-ci doit être au maximum). Placez maintenant S1 en position "A" (pour "Ampère") puis réglez P2, avec doigté, de façon à obtenir le maximum de déviation (permis) de l'aiguille: repérez d'un trait sa position sur le cadran de papier (figure 5). C'est le maximum de l'échelle des intensités.

Ensuite, le procédé est le même que pour la tension, à la différence près qu'il faut aussi jouer, le cas échéant, sur la limitation de courant. Vous réglez donc l'alimentation de façon que le multimètre en série affiche "1 A" puis "0,5 A", tout en marquant chaque fois la position correspondante de l'aiguille sur le cadran de papier.

Si votre alimentation n'est pas réglable en tension ou en courant, vous aurez recours à une série de (grosses) résistances ou à ces rhéostats que l'on trouvait autrefois sur les tramways ou dans certains laboratoires. Faites débiter sur la résistance, calculée pour laisser passer le courant désiré, non sans prendre chaque fois la précaution de vérifier au multimètre que l'intensité de ce courant est bien celle que vous escomptez. Il est aussi possible pour cet étalonnage, d'emprunter une autre alimentation, réglable celle-là, qui permet de procéder comme plus haut.

Lors des différents réglages il faut veiller à ce que ni P1 ni P2 n'aille en butée vers 0 Ω. Le courant qui risque de traverser l'appa-

reil de contrôle pourrait le foudroyer. Pour éviter cet accident, il est peut-être prudent de mettre une résistance de 10 kΩ en série avec P1 et une autre de 100 Ω avec P2.

finition

Lorsque tout est fini, vous disposez d'une échelle proprement et précisément relevée au brouillon. Il reste à la mettre au propre sur un bon support, à coller par exemple sur l'ancien cadran éventuellement retourné. Utilisez un bon feutre ou des autocollants, transferts: les catalogues de nos annonceurs fourmillent de solutions, reportez-vous à leurs sections "circuit imprimé, face avant, chimie". Il n'est pas interdit de subdiviser les intervalles précédemment repérés, en volts et centaines de milliam-pères. Ce travail marquera l'achèvement du contrôleur visuel de tension et d'intensité que vous n'aurez plus qu'à installer confortablement dans, sur, ou à côté de l'alimentation.

896021

si vous aimez elex

faites-le aimer à ceux que vous aimez



AG Composants Electroniques LYON



Professionnel et Grand Public

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

Vente Comptoir et Correspondance

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

EURO-COMPOSANTS

4, route Nationale - B.P. 13
08110 BLAGNY

tél. 24 27 93 42 - fax 24 27 93 50

KITS
COMPOSANTS
CAPTEURS
MESURE
OUTILLAGE
ACCESSOIRES

Spécialistes de la vente par correspondance
Liste de nos promotions sur simple demande
CATALOGUE 1992 CONTRE 40 F



Notre spécialiste en composants, appareil de mesure, outillage, accessoires, kits, librairie technique

HB Composants

7 bis, Rue du Dr Morere
91120 PALAISEAU

Tél. : 69 31 20 37 - Fax : 60 14 44 65

Horaires : du Lundi au Samedi de 10 h à 13 h
et de 14 h 30 à 19 h

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 JOURNAUX
LECTEURS D'



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

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

URS MEYER ELECTRONIC SA
Avenue Robert 12
CH - 2052 FONTAINEMELON
Tél : 038 / 53 43 43

**URS MEYER
ELECTRONIC**

TSME

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

VENTE COMPTOIR ET
CORRESPONDANCE

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

SVE ELECTRONIC
LE SERVICE N°1

TOUS VOS COMPOSANTS
11000 PRODUITS EN STOCK

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

LYON 3
60 Crs DE LA LIBERTÉ
78.71.75.66
FAX 78.95.12.18

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

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

SPESYS Téléphone
42800 Tartaras 77 75 80 56

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

µP microprocessor

Composants
CI - kits
Aérosols
HP etc

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

NOUVEAU : Point de traçage CIAO

À GENÈVE

Loisirs électroniques

Servette  LES A S A.

composants, Instruments, outillage, kits

13, rue de la Servette - CH-1201 GENÈVE

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

LES CARRÉS D'ADRESSES

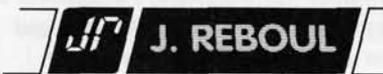
COMPOSANTS ▲ OUTILLAGE ▲ CATALOGUES ▲ KITS ▲ MATÉRIEL

SCHÉMA
+
LAYO

Minitel 3617 Layo Rubrique LOGI
LAYO FRANCE

Château de Garamache - Vallée de Saône
83400 HYÈRES
Tél. : 94.28.22.59 - Fax : 94.48.22.16
Minitel 3614 Layo France

Composants électroniques/Micro-Informatique

 **J. 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

JACKSON DIFFUSION
ELECTRONIQUE

74140 EXCENEVEX
Tél. : 50.72.86.58 - Fax : 50.72.91.28

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

PRIX ET QUALITÉ

Liste de nos prix contre votre adresse et 2 timbres

Nice **COMPOSANTS**
DIFFUSION
JEAMCO

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

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

PROMOTIONS PERMANENTES

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

COMPOSIUM

CHOLET ELECTRONIC MORLAIX
6, rue Nantaise 16, rue Gambetta
Tél. 41.58.63.64 Tél. 98.88.60.53
Fax 41.58.21.14 Fax 98.63.84.55

VANNES QUIMPER
35, Rue De La Fontaine 33, rue Régulaires
Tél. 97.47.46.35 Tél. 98.95.23.48
Fax 97.47.55.46 Fax 98.95.91.29

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



Composants électroniques
Dépositaire de grandes marques
Professionnel et grand public

RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE

B.H. ÉLECTRONIQUE

164 à 166, av. Ar. Briand - 92220 BAGNEUX
Tél. (1) 46 64 21 59 • Fax (1) 45 36 07 08

SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS

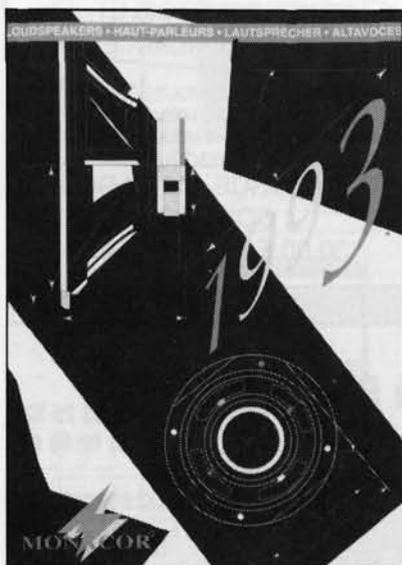
plus de 20 ans à votre service

Catalogue de haut-parleurs MONACOR 1993

60 pages (en couleurs)
HP de sonorisation - HP Hi-Fi - Filtres - HP
spéciaux - Composants - Accessoires

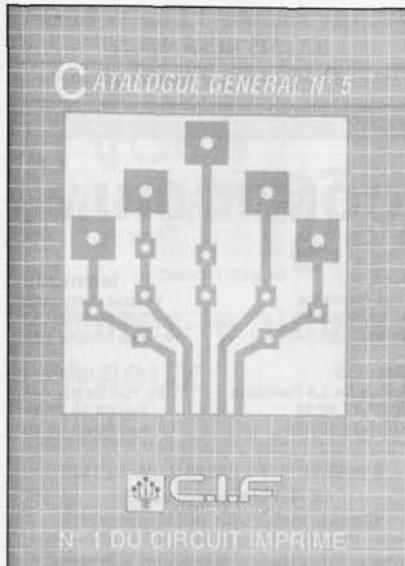
Parmi les électroniciens amateurs ou professionnels, bien rares sont ceux qui ne s'intéressent pas à ce qu'il est convenu d'appeler "L'AUDIO". Dans ce champ d'application privilégié de l'électronique qu'est LE SON, on ferraille volontiers à fleuret moucheté, tout en invoquant Tschebycheff, Bessel et autres saints patrons. On brandit vaillamment formules, tracés de courbes de réponses et relevés de courbes d'impédance. Chez l'amateur débutant, l'enthousiasme compense efficacement le manque d'expérience et de moyens, ainsi que la faible épaisseur de la couche de connaissances théoriques, de sorte que, là aussi, les discussions entre passionnés tournent facilement au pugilat. La haine entre audiopathes d'obédience opposée est un phénomène d'ampleur intercontinentale (il y a les écoles japonaise, américaine, anglaise, suisse, française...) dont les Nations-Unies seraient bien avisées de se préoccuper davantage. Et voilà qu'ELEX s'en mêle... Nous préparons en effet, pour un très prochain numéro de ce magazine, une réalisation promise à un vif succès : il s'agit d'une paire de mini-enceintes actives pour baladeur, à brancher à la place du casque. Pour équiper ces deux parallélépipèdes d'une douzaine de centimètres de haut, nous avons retenu un étonnant petit haut-parleur à large bande de MONACOR : le MS-55. On le trouve dans le catalogue "haut-parleurs" de cette société, à la page 146 (curieuse numérotation des pages pour un catalogue qui n'en compte qu'une soixantaine), avec photo et caractéristiques. Ces micro-enceintes seront actives, c'est-à-dire équipées chacune d'un petit amplificateur intégré, incorporé dans la caisse. Mais ce n'est pas tout : pour obtenir un rendu satisfaisant des graves (nos ingénieurs s'ingénient à descendre jusqu'à 50 Hz !) nous vous proposerons de mettre les deux satellites sus-nommés en orbite autour d'un unique caisson de graves : une enceinte bass-reflex un

nouveautés



peu plus volumineuse (une vingtaine de centimètres de haut) équipée d'un woofer de 10 cm, de MONACOR aussi, le SPP-110 (version 8 Ω), que l'on trouve photographié page 138 du catalogue MONACOR, dans la catégorie des haut-parleurs à large bande. Ce nouveau catalogue MONACOR présente plusieurs dizaines de HP et de nombreux accessoires pour la réalisation d'enceintes acoustiques. Il présente aussi l'avantage d'être "européen", c'est-à-dire polyglotte. Il est rédigé en quatre langues (l'anglais, le français, l'allemand et l'espagnol - sauf les tableaux qui sont en anglais seulement).

Pour obtenir d'autres renseignements, veuillez vous adresser - de la part d'ELEX - à :
MONACOR FRANCE
32340 MIRADOUX



Catalogue CIF n°5 et "peel-film" CIF AR69

Le nombre de dessins de circuits imprimés publiés par ELEX a considérablement augmenté* au fil de l'année 1992. Nous poursuivrons cet effort pour répondre à la demande pressante de nombreux lecteurs qui ne se sentent pas à l'aise avec les platines d'expérimentation. Tout le matériel requis pour fabriquer vos platines, vous le trouverez dans la dernière édition du catalogue du Circuit Imprimé Français (alias CIF) : machines à graver et à insoler, cisailles, étameuses etc, sérigraphieuses, tampographieuses, tables lumineuses et, plus près de nos besoins quasi quotidiens, les plaques photosensibles, films et accessoires de gravure, avec aussi des informations générales, des descriptions détaillées et des modes d'emploi le cas échéant.

CIF propose également un nouveau produit qui intéressera nos lecteurs. Il s'agit du "peel-film", un film de duplication pelliculé, autopositif, sans chimie qui nous est apparu comme un complément, voire un concurrent, des films adhésifs photocopiables à coller sur l'époxy présensibilisé (plus de détails dans les pages centrales d'Elektor). Vous gravez certes vos circuits, mais ne disposez pas pour autant d'une photocopieuse dans le bac d'approvisionnement de laquelle vous pouvez placer, à votre guise, un tel support spécial à votre convenance !

En revanche vous disposez forcément d'un banc d'insolation UV. C'est là tout ce qu'il vous faut pour insoler le nouveau "peel-film" à partir d'un film original ou même d'une photocopie sur papier ordinaire du dessin de circuit imprimé. Vous travaillerez en lumière ambiante, bien sûr, mais surtout, une fois passé le temps d'insolation (le dessin à reproduire est mis en contact avec le AR69 durant 15 s. à 2 mn), PAS DE CHIMIE ! Séparez la pellicule de son support, et vous aurez aussitôt votre positif sur transparent prêt à l'emploi. Des mylars sans chimie, c'est épatant !

Pour obtenir d'autres renseignements, veuillez vous adresser - de la part d'ELEX - à :
CIF - 11 rue Charles Michels
92220 BAGNEUX

*Merci JPB !

LOGIC



logiciel
de formation à

**l'électronique
logique et analogique**

LOGIC



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 Publitrionic,
- la base des données de composants,
- les petites annonces,
- le forum des questions techniques

CONNECTEZ-VOUS

volume 1

**LOGIQUE
COMBINATOIRE
ET SEQUENTIELLE**

- Positionnement
- Introduction à la logique
- Technologie de circuits Intégrés
- Codage décimal et Hexadécimal
- Bascules
- Compteurs
- Registres
- Multiplexeurs, Démultiplexeurs
- Décodeur, encodeur

volume 2

**CONVERTISSEUR
A / N et N / A**

- Technique de conversion
 - Introduction aux signaux analogiques
 - Amplificateur opérationnel
 - Convertisseur N/A à réseau de résistances pondérées et à réseau R-2R
 - Convertisseur A/N incrémental à rampe, à approximations successives, parallèles (flash)
- Thème d'étude : Voltmètre numérique
 - Principe
 - Analyse du cycle
 - Application

volume 3

**LES
AMPLIFICATEURS
OPERATIONNELS**

- Découverte de l'Ampli Opérationnel
 - Présentation
 - Description
 - Principe
 - L'Amplificateur Idéal
 - Caractéristiques réelles
- Fonctions linéaires analogiques simples
 - Inverseur
 - Non Inverseur
 - Suiveur
 - Sommateur
 - Soustracteur
- Fonctions linéaires analogiques "complexes"
 - Intégrateur,
 - Dérivateur
- Fonctions non linéaires (fonctions logiques)
 - Comparateur
 - Comparateur à hystérésis
- Applications Industrielles

E.A.O. Logic

Enseignement Assisté par Ordinateur

**Ces outils vous permettent
l'évaluation, le maintien
et le perfectionnement de vos
connaissances en permanence**

DISQUETTE DE DEMONSTRATION SUR SIMPLE DEMANDE

Retourner le coupon-réponse dûment rempli à l'adresse ci-dessous

Nom

Fonction

Ets-Sté

Adresse

Ville

CP

Tél :

fitec

9, Parc
de la Calarde
95500 GONESSE
Tél : 39.87.69.11
Fax : 39.87.34.79

EIX