

**UN BANC D'ESSAI
10 ENCEINTES
ACOUSTIQUES**

LE HAUT-PARLEUR

LE MAGAZINE DES TECHNIQUES DE L'ÉLECTRONIQUE

FACE A FACE :

**Les caméscopes
SANYO VM-ES 88 P (8 mm)
et AKAI PVS-C 100S (VHS-C)**

TELEVISION PAR SATELLITE :

**STATION DE RECEPTION
UNIVERSELLE
DONATEC XS 120 U**

REALISATION :

**UN DETECTEUR
DE METAUX**

T 1843 - 1784 - 25,00 F



15 JANVIER 1991 N° 1784 - LXVII^e ANNÉE

SOMMAIRE

LE DOSSIER DU MOIS : LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

37 10 ENCEINTES ACOUSTIQUES AU BANC D'ESSAI

41 FICHES TESTS

● BW DM 640 ● CABASSE DUNDEE ● CELESTION D-66 L MK II ● DAVIS MV-7 ● ELIPSON AXIAL 100
● JAMO CONCERT VII ● JBL XP-L90 ● JM LAB OPALE POLY ● KEF 102 II ● TRIANGLE ESPRIT

68 PANORAMA : LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

152 LES ENCEINTES ACOUSTIQUES : CATEGORIES ET SYSTEMES EN PRESENCE



AU BANC D'ESSAI

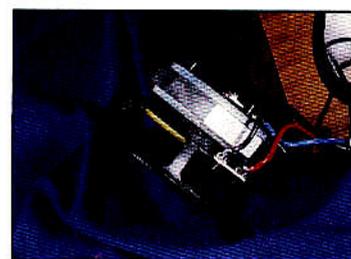
19 TELEVISION PAR SATELLITE : STATION DE RECEPTION UNIVERSELLE, DONATEC XS 120 U

31 FACE A FACE : LES CAMESCOPES VHS-C AKAI PVS-C 100 Sc ET 8 mm SANYO VM-ES 88 P

79 LE LOGICIEL DE DESSIN DE CIRCUITS IMPRIMES DACIM VERSION 3

102 LES MULTIMETRES MONACOR DMT 2040 ET DMT 2075

116 LE TELECOPIEUR SANYO SANFAX 2



Dossier : 10 enceintes au banc d'essai, page 37.

INITIATION

140 PRATIQUE DE L'ELECTRONIQUE : MULTIPLICATION ET DIVISION DE FREQUENCE

REALISATIONS

94 REALISEZ UN PROGRAMMATEUR DOMESTIQUE UNIVERSEL (2^e partie et fin)

134 REALISEZ UN DETECTEUR DE METAUX

REALISATIONS « FLASH »

119 UN COMPRESSEUR CD/CASSETTE

121 INDICATEUR DE DEFAUT DE TERRE

123 BOITE DE DIRECT POUR GUITARE

125 GENERATEUR DE BRUIT ROSE

127 SERRURE CODEE SANS CIRCUIT SPECIALISE

129 UN DETECTEUR DE LIGNES ELECTRIQUES



Les multimètres Monacor, page 102.

DOCUMENTATION - DIVERS

6 LE PETIT JOURNAL DU HAUT-PARLEUR

7 BLOC NOTES (suite pages 26, 28, 89, 90)

8 QUOI DE NEUF ?

15 EN VISITE AU SALON « EXPOTRONIC »

29 HELIOM 7 : LE PREMIER RESEAU RADIO FRANÇAIS A RESSOURCES PARTAGEES

78 LIBRES PROPOS D'UN ELECTRONICIEN : HOMMAGE A L'ESPRIT DE « TOM TIT »

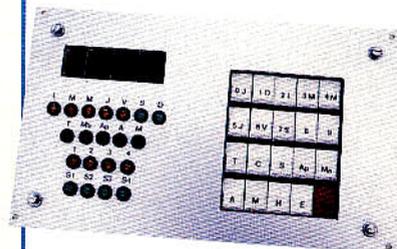
83 LE SYSTEME « DIGITAL COMPACT CASSETTE » DE PHILIPS

106 AUDIOANALYSE : UN ARTISAN DE LA HIFI FRANÇAISE

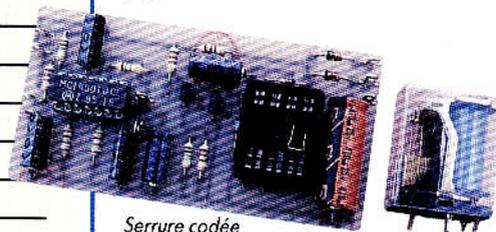
159 NOTRE COURRIER TECHNIQUE

168 PETITES ANNONCES

174 BOURSE AUX OCCASIONS



Programmeur domestique universel, page 94.



Serrure codée sans circuit spécialisé. Flash, page 127.

Station de réception universelle

Donatec XS 120 U

Cette station, un peu plus imposante que celles destinées à TDF 1 ou à Astra, est dite « universelle ». Elle est conçue pour recevoir non pas un seul, mais plusieurs satellites, verrouillés sur des positions orbitales différentes. Elle sera donc équipée d'une antenne rotative motorisée, associée à un module de commande et de mémorisation de position, un type d'installation que nous n'avions pas encore eu l'occasion d'essayer et de vous présenter.

Le kit

Les installations déjà proposées dans nos colonnes utilisaient une antenne fixe. Qui dit antenne fixe dit satellite unique, ou plusieurs satellites occupant une même position orbitale, ces installations permettant, par exemple, de capter soit les 16 canaux d'Astra, ou encore la Sept sur TDF 1.

Ces satellites ont l'avantage d'être puissants et de ne demander, par conséquent, qu'une antenne de petite taille ; un modèle de 60 cm suffit amplement pour capter Astra dans la région parisienne et même plus loin ; pour TDF 1 et TDF 2, satellites encore plus puissants (mais hélas ! aux programmes nettement moins nombreux), le diamètre de l'antenne à utiliser est inférieur.

L'antenne motorisée est livrée entièrement démontée, Donatec propose quatre diamètres

avorable à l'écoulement de l'eau ou de la neige. Par ailleurs, les bras et la tête ne font pas d'ombre sur la parabole.

L'antenne est articulée sur une monture calculée pour que le pointage soit exact quel que soit le satellite visé : l'axe de l'antenne doit en effet suivre une ellipse.

Un vérin électrique (moteur associé à une vis) commande la rotation de l'antenne, son moteur (électrique) est alimenté par un boîtier de commande spécial, « le positionneur », capable de mémoriser la position des divers satellites. Pour que l'on retrouve une position donnée de l'antenne et donc un satellite, le vérin commandera un générateur d'impulsions, ces dernières seront comptées ou décomptées suivant le sens de déplacement du vérin. Ce sens sera connu par la polarité de la tension d'alimentation du moteur à courant continu et à aimant permanent.

Au foyer de la parabole est installé le système de captage des ondes transmises dans la bande KU. La bande allouée aux satellites est découpée en trois bandes, B1 à B3, chacune de ces bandes a la largeur de la Bande Intermédiaire Satellite, (BIS), bande de fréquence disponible en

Au foyer de la parabole sont installées la source et la tête à ultra-large bande. Entre les deux un polariseur motorisé.

d'antenne : 0,95, 1,20, 1,40, 1,80 mètre, que l'on choisira suivant les conseils de son revendeur local et en fonction des satellites à recevoir. La parabole, moulée d'une seule pièce, est en fibre de verre métallisée, elle est du type offset. Ce type d'antenne, dont la parabole est pratiquement verticale, est fa-

sortie d'un convertisseur (950 à 1 750 MHz). Les convertisseurs simples disposant d'un unique oscillateur local ne permettent de recevoir qu'une bande de fréquence. Celui de la station universelle 120 U a été conçu par Sharp, il reçoit trois bandes, il est équipé de deux oscillateurs locaux commutés en fonction de la bande choisie, technique simplificatrice qui exige du récepteur la possibilité d'étendre la BIS jusqu'à 2 GHz. L'alimentation du convertisseur se fait par le câble coaxial et la commutation des bandes, par variation de la tension d'alimentation.

A l'autre extrémité des câbles, on connecte le système de réception. Il se compose d'un positionneur d'antenne et d'un récepteur, deux boîtiers de taille identique, en attendant le troisième qui rendra vraiment universel le système, ce troisième sera le boîtier de conversion D2-MAC, pas encore disponible chez Donatec pour le moment, la réception de TDF 1, semble-t-il, n'intéresse pas beaucoup de monde, un seul programme gratuit, c'est bien peu ! Si vous disposez d'un de ces rares téléviseurs équipés de décodeur D2-MAC, pas de pro-



Une télécommande commune aux deux appareils, derrière des volets : des commandes annexes pour la programmation et la mise en service.

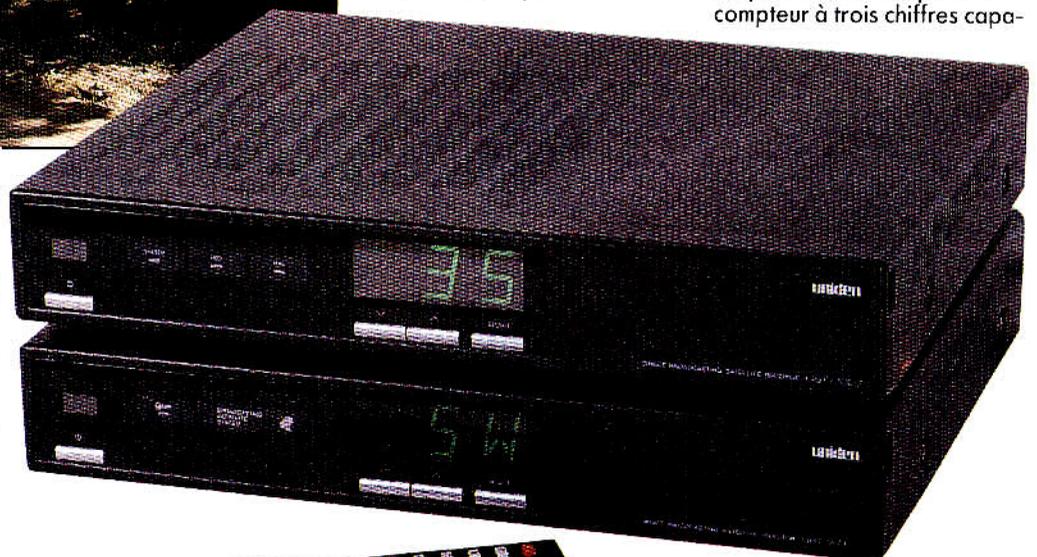


L'antenne, ici installée sur un support de terrasse, provisoire, mais efficace !

blème. Bien sûr, si vous désirez capter toutes les émissions venues du ciel, il vous faudra acquérir, en plus, toute une collection de décodeurs, opération particulièrement difficile : les droits associés à la diffusion sont en général limités à la couverture d'un pays, qui, seul, peut distribuer les cartes ou les codes d'accès. Même si vous vous procurez ce décodeur, vous ne pourrez vous abonner que dans le pays par l'intermédiaire d'amis résidant dans ces pays. Pour compliquer la situation, plusieurs principes de cryptage sont appliqués, ce qui exige la présence de plusieurs décodeurs... Sortez vos porte-monnaie ! Le récepteur dispose de 999 mémoires, ce qui nous semble

très suffisant ! L'appareil de base est un Uniden UST 7007 modifié pour couvrir les trois bandes ; parmi les modifications, signalons une touche destinée initialement au réglage du contraste, qui maintenant commute la bande supérieure, celle des satellites Télécom 1. Vous trouverez, sur ce récepteur, tous les dispositifs classiques comme les deux constantes de temps audio J17 et 50/75 μ s, un réglage de fréquence porteuse audio avec choix de la largeur de bande, un réglage continu de la fréquence porteuse vidéo (on affiche la fréquence de la BIS) ou, dans la bande B2 (TDF), le numéro du canal, et un réglage fin de la polarisation.

Le positionneur dispose d'un compteur à trois chiffres capa-



Deux appareils superposés : le positionneur et le récepteur.

ble d'indiquer un nombre arbitraire – on choisit son zéro – et une position de satellite en degrés E (est) ou W (ouest), affichage que l'on programmera et que le positionneur classera. Deux touches, derrière un volet, mettent en mémoire deux positions limites situées un peu à l'extérieur des positions des satellites que l'on désire recevoir. En cas de dérèglement du système de comptage, par exemple à la suite d'une rupture du câble, les butées « électroniques » n'interviennent plus. Heureusement, il reste une sécurité sur le vérin. Les deux touches de façade, situées sous l'afficheur, sélectionnent le satellite, pour accéder à d'autres positions, par exemple lors d'une recherche ou au moment de la mémorisation, deux touches assurent un mouvement continu à condition de déverrouiller le positionneur. Sans cette précaution, le déplacement est limité à quelques pas du compteur, pour un réglage fin de la position ou pour un rattrapage de jeu.

La télécommande est commune aux deux coffrets, deux touches mettent en service, séparément, les deux appareils. Une fois le pointage terminé, le positionneur n'a plus besoin d'être sous tension. Une limite à l'exploitation par la télécommande : si vous recherchez un autre émetteur, sur un autre canal et un autre satellite, vous ne devrez pas changer de numéro de canal avant que la position finale soit atteinte : toute intervention étant interprétée comme un arrêt d'urgence du vérin. Lorsque vous en aurez l'habitude, vous choisirez le canal puis le satellite, et vous commanderez l'exécution des deux opérations simultanément. Vous découvrirez peut-être, au passage, un satellite que vous n'aviez pas encore remarqué...

Les liaisons

Trois câbles vont de l'antenne au récepteur et positionneur, ils ne sont pas compris dans le kit et seront dimensionnés lors de l'installation. Un coaxial

transmet l'alimentation et le signal BIS : trois conducteurs vont au polariseur – deux alimentent le moteur du vérin – et deux autres véhiculent les impulsions de position. Un câble spécial, plat et multiconducteur est proposé par Donatec, une solution esthétique qui évite les serre-câbles indispensables à la cohésion du faisceau... Trois bornes reçoivent, sur le récepteur : le câ-

ble du polariseur, sur le positionneur : quatre connexions se font par bornes pour fils ou cosses. Une fois le signal traité, il est disponible sur une prise SCART pour le décodeur et ressort par une autre vers le téléviseur, à moins que vous ne préféreriez le modulateur qui sort en PAL BG ou I, mais qui risque de vous poser des problèmes pour transmettre du SECAM... On en trouve

aussi sur les satellites... Les câbles de péritélévision sont fournis.

L'installation

Elle commence par le montage du support, ce dernier est livré en pièces détachées, avec un sachet de visserie (il nous manquait deux écrous). Le mode d'emploi est assez som-

Le positionneur d'antenne

La rotation de l'antenne est due à un moteur électrique. Alimenté par une tension continue de 36 V, il a une puissance d'une quarantaine de watts. Il entraîne une vis, par démultiplication interposée. Solidaire de la vis : un aimant qui tourne devant un interrupteur à lame souple. Cette vis actionne une came par une démultiplication donnant un peu moins d'un tour pour le débattement complet du vérin ; deux cames, dont une réglable, commandent chacune un microinterrupteur qui s'ouvrira en fin de course pour éviter le blocage, vérin rentré, et la sortie de la tige, vérin en extension.

Le positionneur d'antenne alimente le mo-

teur. Ces impulsions arrivent sur un compteur. Des touches et un récepteur infrarouge envoient des ordres de commande du moteur (commande progressive ou pas à pas). Il est associé à une mémoire capable de stocker diverses adresses. A chacune des adresses, on attribue une position orbitale du satellite, le microcontrôleur classe les positions et par suite les adresses, même si elles sont fausses. Il enregistre également des limites à ne pas dépasser. Lorsqu'un ordre est reçu, le microcontrôleur décide de la polarité de la tension du moteur, de plus, il sait si le compteur doit compter ou décompter. Un comparateur numérique coupe le moteur une fois la destination atteinte.

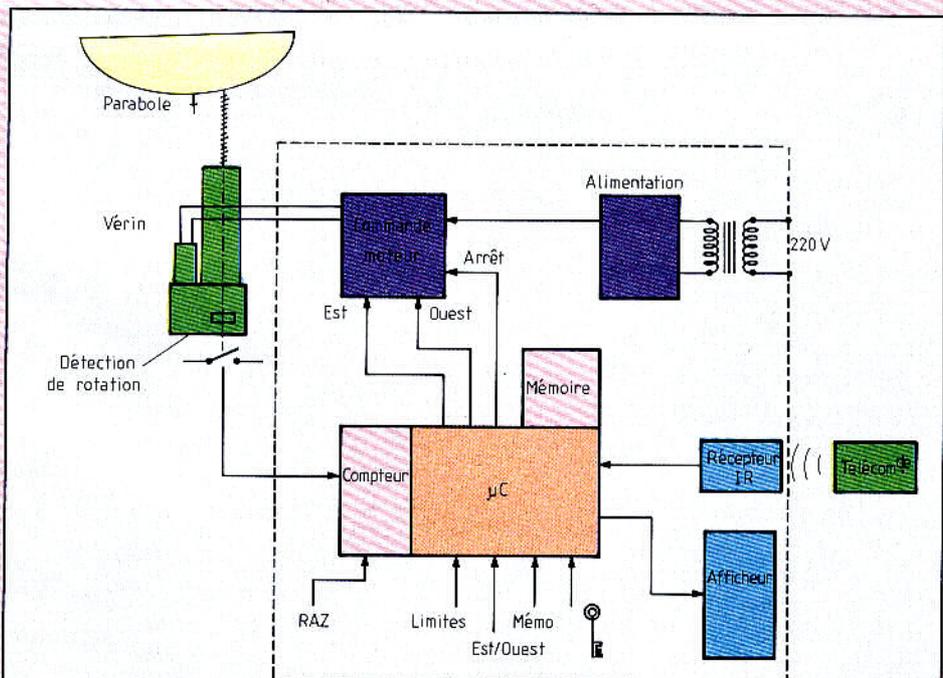


Schéma synoptique du positionneur d'antenne avec son vérin électrique. Un aimant commande un interrupteur à lame souple qui délivre des impulsions à chaque tour de vis. Ces impulsions sont envoyées à un microcontrôleur programmé en compteur et comparateur, il reçoit ses ordres des claviers et du récepteur infrarouge.

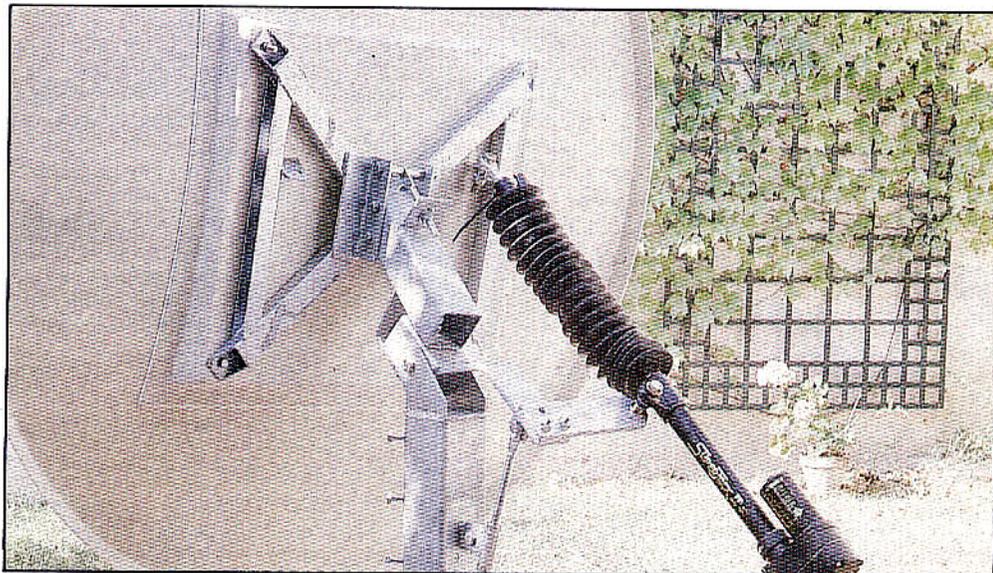
maire, juste un dessin qui suffit à placer les éléments, ce qui ne pose d'ailleurs pas de problème et ne nécessite pas d'outillage spécial. Les pièces sont galvanisées à chaud, certaines bavures de zinc perturbent le montage. Pour les éliminer, il vaut mieux ne pas utiliser de lime, mais prendre un maillet pour enfoncer les vis : le zinc glisse alors en surface et maintient la protection...

Nous avons installé l'antenne sur une plaque de bois en utilisant le support de terrasse, une méthode rapide, efficace en l'absence de grand vent ! Une obligation : le support doit être vertical. D'autres supports sont proposés pour une installation contre un mur, pas question de mât, le diamètre de l'antenne est trop important. A noter toutefois que l'installation sur un mur demande un support éloignant l'axe de montage de 60 cm, ce qui suppose un ancrage particulièrement résistant.

La localisation de l'emplacement a été assistée du kit de repérage Donatec qui, pour une cinquantaine de francs, nous a permis d'installer l'antenne malgré la présence d'un bâtiment à 5 mètres, en direction des satellites. L'antenne dispose de deux tiges filetées pour l'ajustement de la trajectoire visée, le manuel d'instruction nous a permis de calculer les divers angles. En l'absence d'un triple niveau à bulle conçu pour l'orientation de ces antennes, nous avons découpé un gabarit en carton fin à partir des données du manuel, et ajusté ainsi l'antenne, ce qui nous a permis une réception pratiquement parfaite de tous les satellites présents dans un angle de 60° environ.

Il nous manquait toutefois un récepteur spécial doté d'un indicateur de niveau, qui aurait permis le réglage optimal des angles de la monture équatoriale.

Si un tel réglage peut être réalisé par un amateur particulièrement soigneux, nous l'avons bien fait ! Nous ne le recommanderons pas, à moins que vous n'ayez du temps à perdre, les installa-



L'antenne et sa monture équatoriale. En noir, le vérin de rotation de l'antenne, une gaine de caoutchouc protège la mécanique de la pluie.

teurs formés par Donatec sauront choisir le support approprié à votre situation et régler la monture avec les instruments spécifiques, et cela en quelques heures.

Les réglages ne concernent pas seulement la monture, il vous faudra aussi ajuster les limites de la course du vérin. Compte tenu de la position relative de l'axe de rotation de l'antenne et du point de fixation du vérin, une rotation excessive vers l'est (montage du

vérin à droite) ou vers l'ouest (montage du vérin à gauche) entraîne un basculement de l'antenne, l'axe du vérin se rapprochant trop de celui d'articulation (fig. 1). Il convient donc de régler un contact mécanique de fin de course qui limitera l'extension du vérin. L'association du contact et d'une diode permet toutefois l'alimentation du moteur en sens inverse. Un autre contact, fixe, intervient pour la rentrée du vérin. Les contacts,

de fin de course sont accessibles après démontage du carter du moteur. Cette limitation n'empêchera pas de programmer des limites sur le positionneur, ce doublage des limites sert à éviter des problèmes en cas de remise à zéro accidentelle du compteur ou de coupure de son câble. Une fois l'antenne installée, les liaisons électriques terminées, il reste à régler le positionneur et le récepteur. Ce dernier est livré en principe

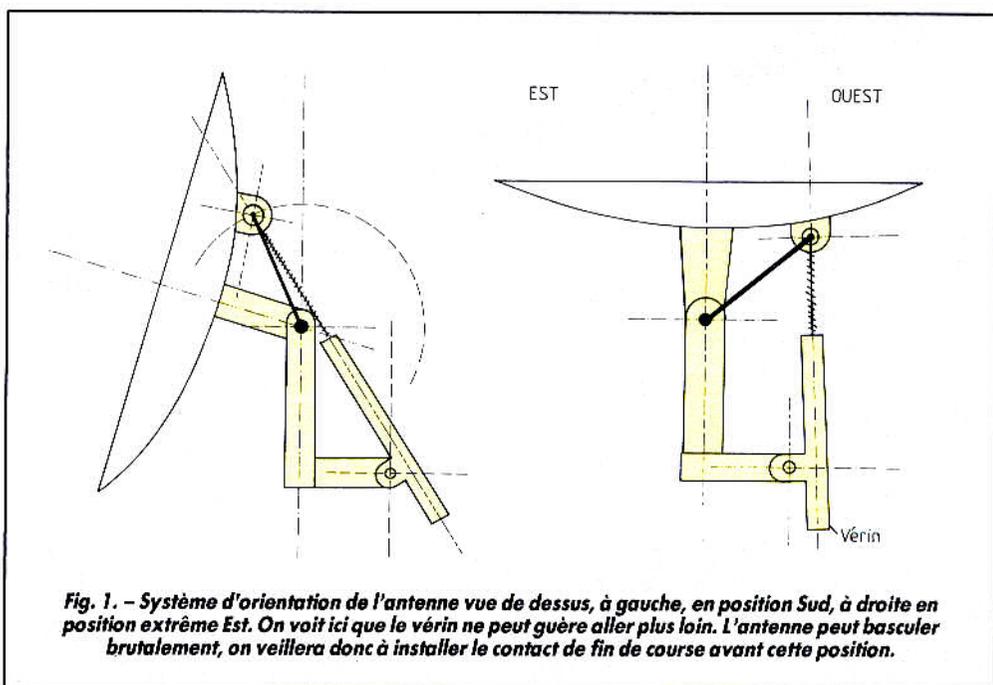


Fig. 1. - Système d'orientation de l'antenne vue de dessus, à gauche, en position Sud, à droite en position extrême Est. On voit ici que le vérin ne peut guère aller plus loin. L'antenne peut basculer brutalement, on veillera donc à installer le contact de fin de course avant cette position.

programmé, mais comme la programmation des satellites change, et que le récepteur est modifié pour la réception de la bande B3, indispensable pour Télécom 1, en association avec la tête à ultra-large bande. Une fois les satellites programmés, il vous faudra mettre à jour la mémoire interne et vous faire une liste de tous les programmes qui vous intéressent...

Programmes et satellites

N'ayant pas eu droit au décodeur D2-MAC maison qui ne sera commercialisé qu'au mois de septembre ou après, lorsque la demande existera, nous nous sommes contentés des chaînes transmises par les satellites de moyenne et petite puissances. Le satellite occidental c'est **Intelsat V F11**,

qui propose ses émissions en PAL et en anglais. Il devrait être remplacé d'ici peu par le plus puissant **Intelsat VI** récemment lancé. Trois programmes ne sont pas dupliqués sur les autres satellites : CNN, chaîne américaine d'informations, Discovery, qui propose des documentaires scientifiques (géographie, nature, sciences) sont au programme et Kindernet, qui

n'émet, comme Discovery, que quelques heures par jour. BBC Europe transmet en PAL mais cryptée. Children Channel se retrouve sur Astra mais, sur Intelsat, la durée d'émission est plus importante. Ce satellite sert également à la transmission internationale d'images par l'UER. Qualité variable pour les émissions, très bien pour CNN et BBC, parasitée mais regardable si l'intérêt est

Le récepteur satellite

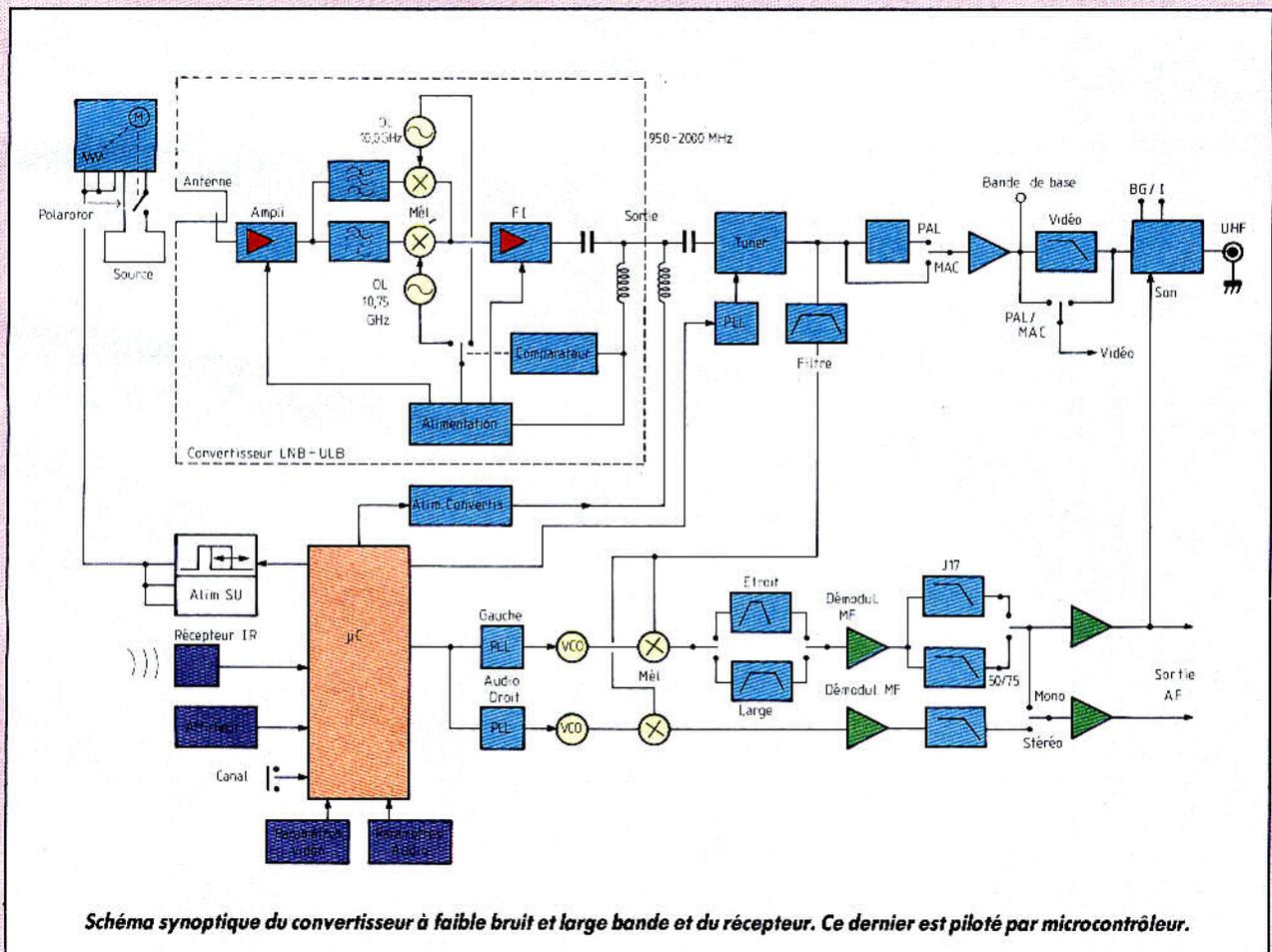
Pas vraiment simple, ce récepteur, il doit en effet s'adapter à toutes les émissions. Il alimente le convertisseur par le câble coaxial avec trois tensions qui sélectionnent la bande. Le tuner reçoit le signal en Bande Intermédiaire Satellite (BIS) et sort en bande de base, signal composite supportant une porteuse vidéo accompagnée de la, ou les, porteuse(s) son. Une boucle à verrouillage de phase, pilotée par le microcontrôleur, choisit la porteuse vidéo et accorde le tuner BIS. Les porteuses vidéo sont dirigées vers un tuner à double PLL, qui sélectionnera une ou deux porteuses MF.

Deux courbes de désaccentuation sont disponibles :

50/75 μ s ou J 17, la J 17 étant utilisée sur Eutelsat et Télécom 1. Autre sélection audio : la largeur de bande, étroite ou large ; la bande étroite est utilisée sur certains programmes multilingue comme Screenport.

Deux sorties vidéo, une pour le décodeur D2-MAC, l'autre pour le téléviseur ; la prise pour le téléviseur délivre aussi une tension de commutation.

Un modulateur BG/I, avec son MF, est intégré : la plupart des émissions sont en PAL ; si vous désirez enregistrer des émissions, vous utiliserez un convertisseur PAL/SECAM tel celui prévu pour les caméscopes.



là pour Discovery ; une histoire de faisceaux braqués un peu trop à l'ouest... **TDF 1**, **TVSAT 2** et **Olympus** sont puissants, Olympus envoie un programme italien Raisat, le plus souvent une mire, en PAL. **TVSAT 2** envoie des programmes déjà diffusés par d'autres satellites, **TDF 1**, la Sept, qui

demande bien sûr un démodulateur, et attend un complément de programme. **Télécom 1A** transmet de temps en temps Canal Santé, en clair, un peu moins à l'ouest, **Télécom 1C** transmet en clair A2, M6, la 5 en SECAM, TF1 en PAL, Canal J et Canal Plus cryptés. Ex-

cellente qualité de réception. **Intelsat V F2**, à 1° Ouest, transmet quatre programmes à destination des pays scandinaves, réception entachée de parasites qui affectent également le son : le satellite vise plus au nord. Nous arrivons aux **Eutelsat** avec **1F5**, qui propose les émissions ita-

lienne de la RAI 1 et 2, espagnole de TVE International et allemande de 3 Sat. Ce satellite transmet également un programme de course en B-MAC. Très bonne qualité, modulation audio un peu forte sur la RAI... **Eutelsat 1 F4** est plus fourni, ce satellite doit être prochain-

La monture équatoriale

Les satellites de télévision directe sont dits géostationnaires : ils sont fixes par rapport à la terre mais, comme cette dernière tourne, ils doivent tourner en même temps qu'elle, à une vitesse constante. Vitesse constante = orbite circulaire, pour que le satellite reste en place, la force centrifuge doit égaler l'attraction terrestre, condition obtenue lorsque le satellite est à une distance voisine de 36 000 km de la surface terrestre. Par ailleurs, pour éviter les fluctuations de latitude, le cercle est dans le plan de l'équateur.

Si vous regardez, de travers, un cercle : vous le voyez sous la forme d'une ellipse, c'est ce qui se passe pour l'antenne qui doit viser un point situé sur un cercle, l'orbite de Clarke, dans le plan de l'équateur. Si l'antenne est installée sur l'équateur, elle suivra une droite. Comme en France nous sommes « au-dessus » de l'équateur, l'antenne orientable doit être fixée sur un support dont l'axe de rotation n'est pas vertical mais oblique. L'inclinaison de l'axe détermine la courbure de l'ellipse : une droite si l'axe est vertical, un cercle au zénith avec un axe horizontal. Une fois l'antenne en place, après un réglage grossier, on recherche trois satellites, un au sud, un à l'Est et un à l'Ouest, et on regarde dans quel sens on doit bouger l'antenne verticalement pour améliorer la réception. La figure a donne, de profil, le principe d'articulation. La figure b vous montre différentes expériences qui permettent de savoir comment modifier pratiquement les réglages de l'antenne.

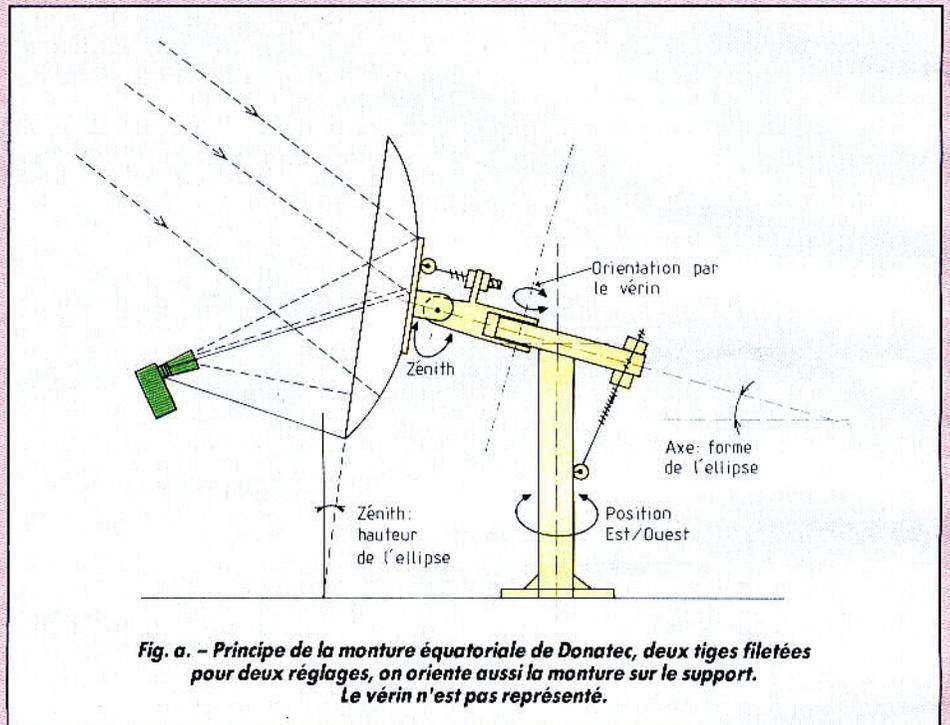
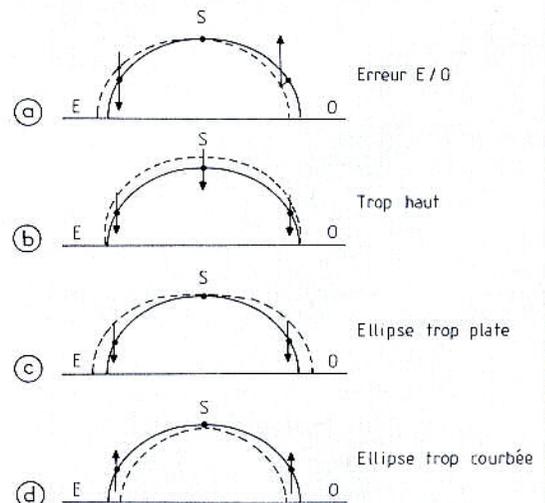
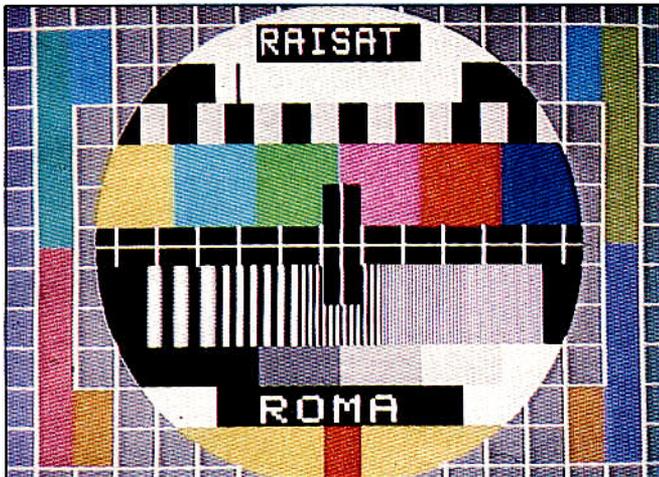


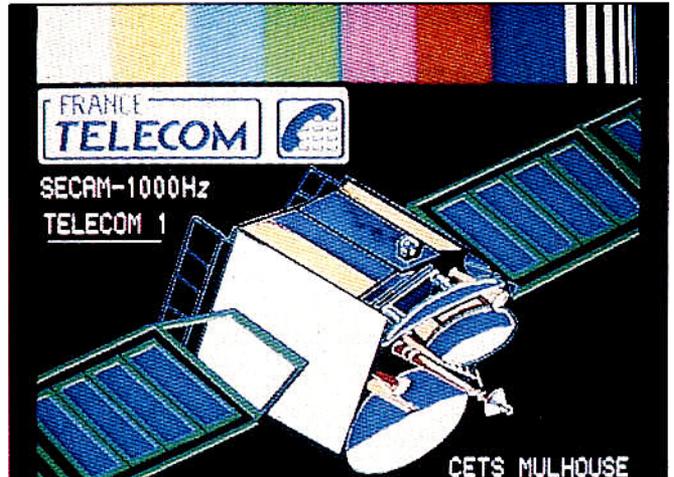
Fig. a. - Principe de la monture équatoriale de Donatec, deux tiges filetées pour deux réglages, on oriente aussi la monture sur le support. Le vérin n'est pas représenté.

Fig. b
Quatre situations possibles parmi d'autres :
En a, les dimensions de l'ellipse sont bonnes mais son petit axe est orienté un peu trop à l'Est.
En b, l'ellipse est trop haute, il faut abaisser l'antenne pour améliorer la réception dans les trois positions.
En c, l'ellipse est trop plate, la réception du satellite sud est correcte mais il faut baisser l'antenne pour recevoir les satellites extrêmes.
En d, la courbure est trop importante, bonne réception pour le satellite Sud, on remonte l'antenne pour les satellites est et ouest.
Pour compliquer la situation, le système peut être dérégulé de plusieurs façons, on commencera de préférence à aligner le système sur l'axe nord/sud, ensuite on avisera !

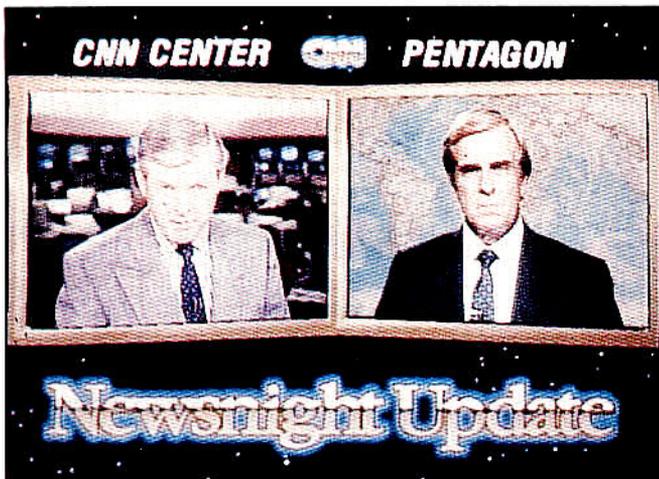




La mire RAISAT du satellite Olympus, bande B2, PAL, réception parfaite.



Télécom 1A : la mire, en attendant Canal Santé.



CNN sur Intelsat VAF 11.



Superchannel sur Eutelsat 1 F4.

nement remplacé par un modèle de la nouvelle génération, sensiblement plus puissant. Lancement réussi fin août par Ariane. Une chaîne de mauvaise qualité en langue espagnole : Galavision, excellente qualité pour TV 5, qui propose des programmes en langue française, issus de diverses chaînes. Chaîne de variétés britannique Superchannel, plus diversifiée que MTV transmis par Astra. Eurosport transmet ses programmes mais ici uniquement en allemand. Image invisible pour la chaîne cryptée Téléclub. RTL + a disparu, 3 SAT est à peine visible, mais on le trouve en pleine forme sur d'autres satellites, excellente qualité pour SAT 1... Un canal est à louer aux PTT néerlandaises... D'autres satellites du réseau Eutelsat à 7° et 16° Est servent aux échanges d'images

entre producteurs, leur qualité n'est pas toujours excellente : les antennes utilisées sont moins directives, le niveau reçu demande des antennes de surface plus importante. A 19° Est se trouve **Astra 1A** qui attend 1B et propose ses 16 canaux, multilingue pour quelques rares programmes : TVsport doublé en français, RTL Veronika avec des émissions dans plusieurs langues. Pas mal de cryptage, permanent ou limité à quelques émissions. Le satellite est puissant, une antenne de 60 cm suffit, nous avons ici une 120 cm...
Dernier satellite de la liste : **DFS 1 Kopernikus**, satellite de moyenne puissance lancé par les allemands et qui a pris une grande importance après l'échec de TV SAT 1. Ce satellite transmet huit programmes allemands dans les bandes B1

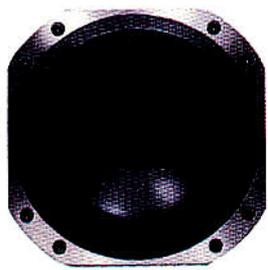
et B3, en PAL et en clair pour une partie de ces programmes. Excellente qualité de réception sur tous les canaux dans les deux bandes, bien que nous ne soyons pas tout à fait au centre de la zone visée...

Conclusions

L'installation de l'antenne n'est pas très simple, ce qui justifie de faire appel à un spécialiste, qui mènera à bien cette opération en quelques heures. Faites-vous établir un devis avant l'installation ! La notice du kit explique clairement les opérations de réglage. En les suivant minutieusement ou regardant bien les dessins, vous pouvez vous en sortir. Il restera le réglage fin, opération que l'on ne peut que difficilement mener à bien

sans un système de mesure de niveau, le récepteur est prévu pour la visualisation des émissions et non pour les réglages. Il reste une solution : placer un moniteur à côté de l'antenne, avec un bon pare-soleil... Quant aux programmes proposés en langue française, à part ceux de Télécom 1C, ils ne sont pas nombreux par rapport à ceux en langue anglaise, dont on appréciera les chaînes d'information. Les allemands sont dupliqués sur de nombreux satellites. Il ne vous restera alors qu'à trouver les programmes, une opération facilitée si votre téléviseur dispose d'un décodeur de télétexte au standard européen, car nombre de programmes, mais pas tous, reçoivent ce complément...

Etienne LEMERY



ENCEINTES

DOSSIER

Nous avons réuni ce mois-ci dix paires d'enceintes acoustiques dans une gamme de prix située entre 8 000 et 10 000 F (paire). Ce montant peut sembler élevé, mais compte tenu de la qualité croissante de l'électronique des chaînes HiFi et de la généralisation progressive des sources audionumériques, c'est dans cette gamme que l'on rencontrera une certaine assurance de qualité, des critères de choix plus variés, une relative liberté de conception côté fabricant. Autant de points positifs pour l'amateur, si l'on compte en plus une certaine quiétude due au fait qu'au dessus de 5 000 F environ, l'enceinte acoustique est le fait de marques sérieuses et réputées.



10 enceintes acoustiques au banc d'essai

Outre les grands classiques d'origine française ou anglaise pour la plupart, nous avons fait figurer deux nouveaux venus dans les colonnes du *Haut-Parleur*. Il s'agit en premier lieu d'une marque française qui a conquis la distribution et pèse dans les ventes de manière maintenant significative : il s'agit de Triangle, dont nous verrons les choix technologiques sont assez originaux et non dénués d'intérêt. Le second

n'est pas réellement tombé de la dernière pluie chez nous, mais c'est la première fois que Jamo passe la barrière des 8 000 F pour une paire d'enceintes. Si l'on sait la puissance de production de cette firme danoise, si l'on se souvient de ce qu'elle a offert (en qualité) pour des prix très raisonnables, on peut imaginer ce que donne une paire de Jamo à un million de centimes...

révisé du 10C01, cela promet du rendement et une coupure grave bien placée, les amateurs de kits Focal ne nous contrediront pas. Elipson laisse, quant à lui, le graphite sur les membranes (le but visé était le même que celui escompté par la silice du Polyglass) pour travailler les phénomènes d'émission sonore à plusieurs sources. La théorie et la pratique de la chose sont bien connues chez les ingénieurs de la rue Froide, Elipson s'étant même montré précurseur en la matière (en professionnel notamment, mais aussi avec les boules, les conques et certaines colonnes). La marque a mis à profit l'apparition chez Seas d'un transducteur coaxial de 17 cm (polypropylène et dôme souple central de 25 mm) pour créer une petite enceinte accordée en bass-reflex avec un filtre à pentes raides étudié par Elipson.

Nouvelles brèves

Quoi de neuf au royaume des membranes ? Chez nos trois nationaux : Cabasse, JM Lab, Elipson, on travaille toujours autant. Chez Cabasse, de nouveaux HP de grave médium apparaissent, en 21 cm et 30 cm. Ils seront appelés à remplacer les anciens, mais il n'est pas prévu de nouveau modèle d'enceinte, à proprement parler. De toute façon, le choix est déjà assez large. Les nouveaux HP auront une structure magnétique modifiée afin de symétriser la géométrie du champ au niveau de l'entrefer. On vise donc à obtenir de grands débattements sans distorsion. Depuis l'avènement du modèle Nef, Cabasse songe de plus en plus à utiliser la technique bass-reflex. Chez JM Lab, apparition des membranes Polyglass sur certains modèles dont l'Opale équipée d'un HP de 26 cm, le 10V01 (que l'on retrouve sur l'Auditor 9). Si ce HP est dé-

Outre-Manche, Kef réactualise sa série Référence. La 105 est aussi équipée d'un transducteur coaxial Kef. C'est le tour aujourd'hui de la 102, une nouvelle trois voies de faible encombrement, grâce à l'intégration d'un HP de grave dans une double chambre interne comme sur la 104 II. Cette enceinte adopte également le principe de correction d'impédance intégral et présente de ce fait une impédance purement résistive de 4 Ω .

Cabasse. Le nouveau 21 cm type 21 M 18 LB 3 qui équipera les futures Cabasse et, pour l'instant, la Nef et la Dundee. Ce HP peut travailler en clos ou en bass-Reflex (élongation linéaire : ± 2 cm l).





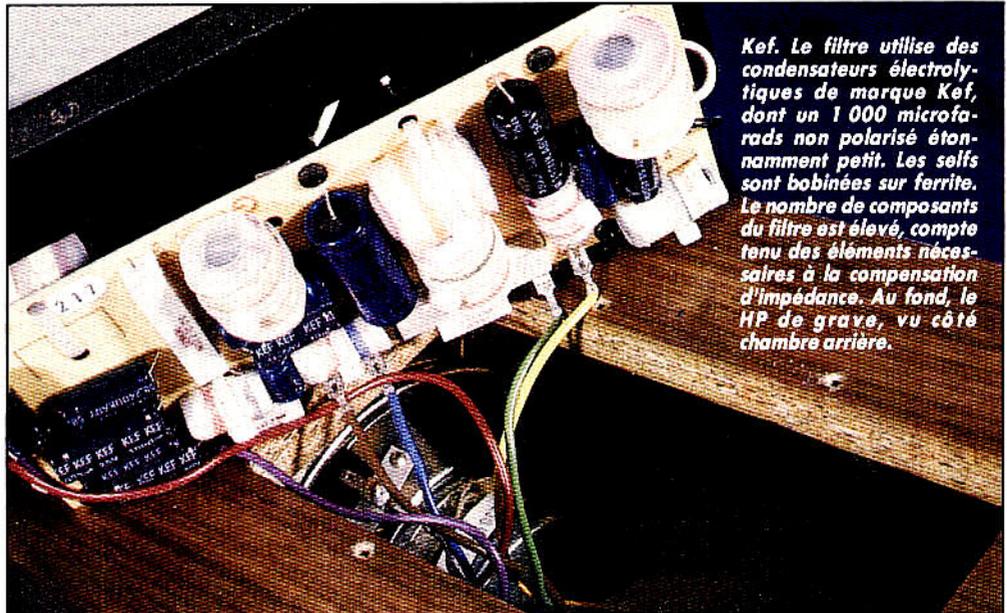
Chez B & W, on fait descendre les innovations des séries 800 sur une gamme de préentions et prix plus modestes, les DM (Digital Monitor). Mais les axes de recherche visent plus loin. B & W travaille sur de nouveaux matériaux à impédance acoustique parfaitement définie (pour les diaphragmes), sur un ampli à correction numérique des défauts de rayonnement des enceintes et sur une enceinte à deux voies sans filtre ! Cela fait beaucoup, et on peut s'attendre dans les années à venir à l'apparition de produits très novateurs (développés en collaboration avec l'Ecole Polytechnique de Brighton).

Quant à Celestion, c'est à l'initiative et à l'opiniâtreté de son importateur français que l'on doit les nouvelles 44 Legend et 66 Legend, équipées d'un nouveau filtre. La Légende frôle ses vingt ans, c'est l'âge mur et celui de la séduction.

Les mesures

Elles ont été menées avec le système d'analyse tridimensionnelle, le TEF Techron. Rappelons qu'il s'agit d'un véritable ordinateur de mesures pour l'acoustique, entre autres domaines, et capable d'afficher des résultats en trois dimensions (temps, énergie, fréquence). Tous les résultats communiqués par la TEF ne sont pas mentionnés dans les tableaux et courbes, faute de place. Mais l'essentiel est là. Pour obtenir des précisions sur l'analyse en 3D, on peut se reporter aux numéros 1736 page 83 et 1748 page 22.

Amplitude : Cette mesure donne, pour un volume (intensité) sonore considéré (94 dB SPL) et dans une tolérance de ± 3 dB (soit $\sqrt{2}$ $1/\sqrt{2}$), les limites de fréquences reproduites par l'enceinte (la plus grave et la plus aigüe). La variation moyenne donne la chute d'amplitude constatée si on effectue la mesure entre 0



Kef. Le filtre utilise des condensateurs électrolytiques de marque Kef, dont un 1 000 microfarads non polarisé étonnamment petit. Les selfs sont bobinées sur ferrite. Le nombre de composants du filtre est élevé, compte tenu des éléments nécessaires à la compensation d'impédance. Au fond, le HP de grave, vu côté chambre arrière.

B & W. L'enceinte est accordée en bass-reflex du quatrième ordre, au niveau du filtre et du volume interne. Il reste cependant à l'usager à choisir entre deux réponses graves, selon ses goûts, moyennant le montage (sur baïonnette) de deux événements différents : un long et peu amortissant ; un court, freiné.



Celestion. Au fond, le nouveau filtre. Au premier plan, le passif Celestion, calibré en masse.

et 30 degrés d'angle par rapport à l'axe d'émission des haut-parleurs. Ce phénomène concerne surtout la restitution des sons aigus.

Distorsion : Au niveau considéré, la distorsion donne globalement une idée de la déformation du son générée par l'enceinte.

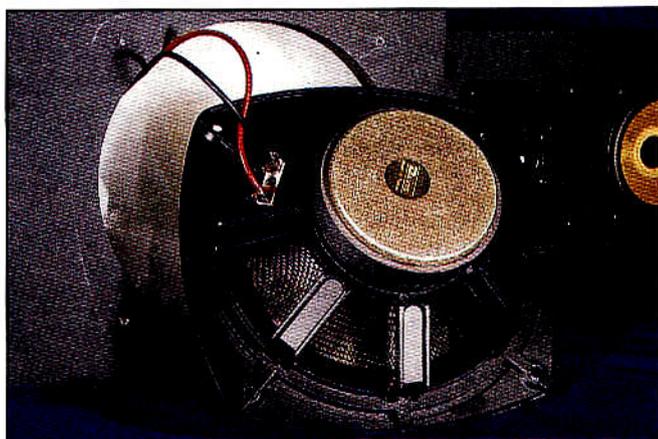
Impédance : Ce chiffre donne une idée de la consommation de courant électrique par l'enceinte, courant prélevé sur l'amplificateur. Plus ce chiffre est élevé, moins l'enceinte réclame de courant. Le module minimal traduit le fait que ce chiffre n'est pas constant et varie selon la fréquence (hauteur du son) et qu'il peut descendre très bas. Dans certains cas, l'amplificateur peut disjoncter.

Réponse grave : Certains phénomènes de propagation

des sons faussent la mesure des amplitudes des sonorités graves.

On contourne cette difficulté en approchant le micro de mesure aussi près que possible du haut-parleur. Le niveau à 30 Hz, mesuré dans ces conditions, doit être le plus élevé possible, pour une meilleure performance (attention, les chiffres sont négatifs, donc, par exemple - 12 dB constitue une meilleure performance que - 15 dB). De même, la fréquence de coupure à - 3 dB donne le son le plus grave susceptible d'être reproduit par l'enceinte, sans que l'auditeur ressente une baisse de niveau : 45 Hz constitue un meilleur résultat que 60 Hz.

Efficacité, ou rendement, ou sensibilité. Ce chiffre donne sur une échelle logarithmique, le niveau de bruit généré par l'enceinte pour une tension



Davis, un nouveau saladier en alliage léger pour le 20 MC 8 de la marque.

d'entrée considérée (2,83 Veff en bruit rose). Une différence de + 6 dB d'un modèle à l'autre traduit une efficacité double : 95 dB fait deux fois plus de bruit que 89 dB. Afin de faciliter les comparaisons, un tableau général

donne quelques caractéristiques essentielles, facilitant un choix éventuel. Par ailleurs, nous avons fait figurer un tableau regroupant nos impressions d'écoute selon certains critères subjectifs. Cela peut aider, aussi.

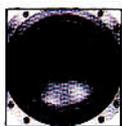
Marque	B & W	Cabasse	Celestion	Davis	Elipson	Jamo	JBL	JM Lab	Kef	Triangle
Modèle	DM-640	Dundee	D-66L MK II	MV-7	Axial 100	Concert VII	XP-L90	Opale Poly.	102-II	Esprit
Origine	RU	France	RU	France	France	Danemark	EU	France	RU	France
Type	3 voies BR	2 voies close	3 voies	3 voies BR	2 voies BR	3 voies BR	2 voies close	3 voies BR	3 voies BR	2 voies BR
Équipement										
Grave	2 x 20 cm poly	21 cm MS	30 cm cell.	20 cm carb.	17 cm poly	2 x 20 cm	17 cm cell.	26 cm cell.	16 cm cell.	17 cm cell.
Médium	13 cm kev	-	15 cm cell.	13 cm kev	-	17 cm poly	-	13 cm cell.	16 cm poly	-
Aigu	2,5 cm DR	1,6 cm DSR	2,5 cm DR	2,6 cm DS	2,5 cm DS	2,5 cm DS	2,5 cm DR	1,9 cm DR	2,5 cm DS	10 mm DS
Rendement (1)	91 dB	94 dB	89 dB	92 dB	89 dB	94 dB	87 dB	94,5 dB	89 dB	93,5 dB
Puiss. max. (2)	130 W	100 W	150 W	90 W	100 W	130 W	65 W	100 W	120 W	80 W
Niveau acoust. maximal	112 dB	114 dB	110 dB	111 dB	109 dB	115 dB	103 dB	114 dB	110 dB	112 dB
Réglages	grave, acoust.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimensions (mm)	965 x 236 x 407	850 x 260 x 275	1150 x 330 x 360	-	600 x 220 x 270	920 x 285 x 315	395 x 240 x 240	865 x 380 x 342	500 x 215 x 262	920 x 260 x 280
Finition	noyer	noyer	noyer, vinyle	synth. noir	noyer	acajou	noyer	noyer	noyer	jersey noir
Prix (paire)	9 980 F	8 000 F	9 180 F	7 800 F	9 000 F	10 900 F	9 900 F	9 500 F	8 300 F	7 900 F

(1) Pour 2,83 V, en bruit rose, en local semi-réverbérant.

(2) En bruit rose, avant compression (- 1 dB). - BR : boss reflex. - Carb. : carbone. - Cell. : cellulose. - Kev. : kevlar. - Poly : polymère (polypropylène). - DS : dôme rigide (alliage léger). - MS : mousse synthétique.

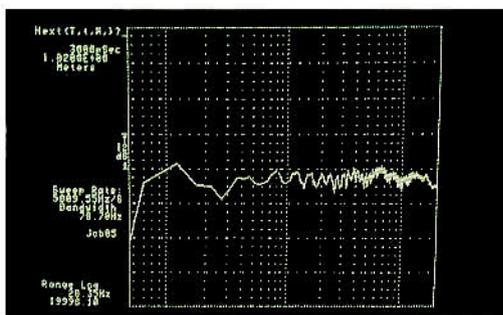
GRILLE D'APPRECIATION

	B & W DM-640	Cabasse Dundee	Celestion Diton 66	Davis MV-7	Elipson Axial 100	Jamo Concert VII	JBL XP-L90	JM Lab Opale	Kef 102/2	Triangle Esprit
Neutralité	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★★	★★	★★	★★★	★★★★	★★★★
Dynamique	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★★★★
Timbres	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
Rép. grave	★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
Encombr.	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
Rapport RG/E	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
Dispersion	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★	★★★★
Sensibilité	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★	★★★★	★★★★	★★★★

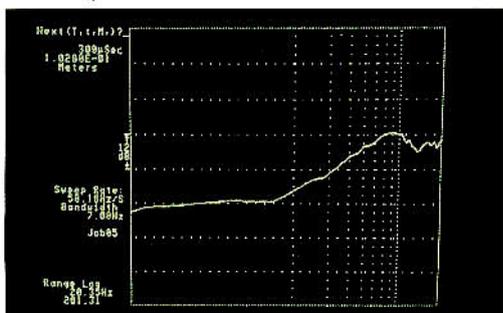


B&W DM-640

Cette série 600 comprend trois modèles : DM 620, 630 et la 640 représentée. Tous utilisent le tweeter à dôme de 26 mm métal dérivé de celui qui équipe la série 800. Le refroidissement par ferrofluide réduit l'effet de compression de dynamique à haut niveau. Tous les haut-parleurs sont montés sur un baffle en médite moulé dont les bords sont biseautés pour réduire les diffractions préjudiciables à une bonne spatialisation des sources sonores. Le baffle est partiellement découplé du reste de l'enceinte, elle-même fortement rigidifiée. A l'arrière, on trouve un bornier à quatre vis plaquées or, destiné à réaliser soit un bi-câblage ou un câblage à deux fils traditionnels. Le volume total est de 59 litres, dont 54 sont réservés à la charge des deux HP de grave de 200 mm à membrane Kobox et moteur ferrite largement dimensionné. L'alignement de la section grave est du quatrième ordre, en bass-reflex optimisé. Le système est complété par un transducteur médium de 13 cm de diaphragme en Kevlar, matériau réputé pour sa finesse de restitution dans ce registre. Comme on le voit, la 640 ressemble furieusement (hors l'esthétique !) à la 802 II de la marque par les techniques utilisées. La 640 fait la jonction avec la série 800 – cela manquait jusqu'à présent – et permettra à de nombreux mélomanes d'acquérir le top de la technique et de la musicalité de B&W pour un coût somme toute assez raisonnable, pour une esthétique peut-être moins recherchée mais plus facile à intégrer. Les performances chiffrées sont excellentes, là encore on se plaît à évoquer la 802, l'écoute vient confirmer la chose. Un produit habilement positionné, techniquement et musicalement.



Réponse en fréquence de l'enceinte B et W DM 640 (de 20 Hz à 20 000 Hz), à 1 mètre.



Réponse grave, à proximité (10 cm) de l'enceinte B et W DM 640 (20 à 200 Hz).

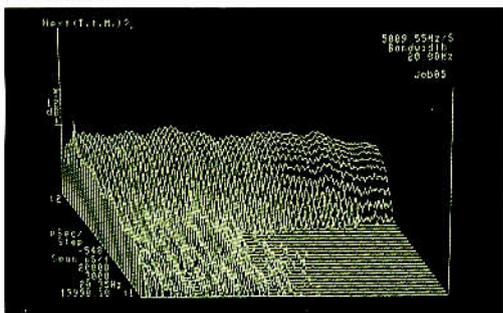


Diagramme 3D d'amortissement de l'enceinte B et W DM 640 (20 Hz à 20 000 Hz, 0 µs (fond), 20 ms (avant), échelle de fréquence linéaire).

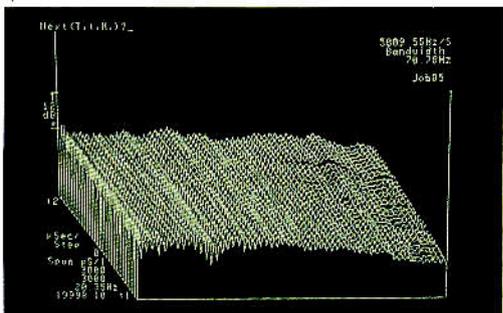


Diagramme 3D de dispersion horizontale de l'enceinte B et W DM 640 (20 Hz à 20 000 Hz, 0° au fond, 32° à l'avant, échelle de fréquence linéaire).

Le Haut-Parleur a aimé :

- la conception générale, l'écoute très neutre

Le Haut-Parleur a regretté :

- rien qui vaille la peine d'être cité

NOUS AVONS MESURE :

AMPLITUDE

Réponse en fréquence dans l'axe (-3 dB) 50 Hz à 20 000 Hz
Variation moyenne par rapport à la réponse dans l'axe, dans ± 30° horizontal 0,5 dB

DISTORSION

Valeur moyenne pour 94 dB à 1 m (50 à 5 000 Hz) 0,2 %

IMPEDANCE

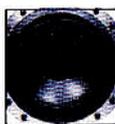
Module minimal 4 Ω
Moyenne, de 20 Hz à 20 000 Hz 7 Ω

REPOSE GRAVE

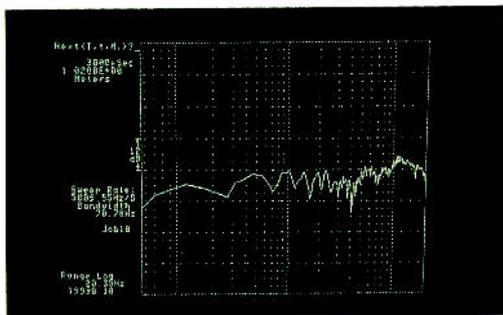
Niveau à 30 Hz (par rapport à 200 Hz, à 3 cm) -18 dB
Fréquence de coupure à -3 dB 48 Hz

EFFICACITE

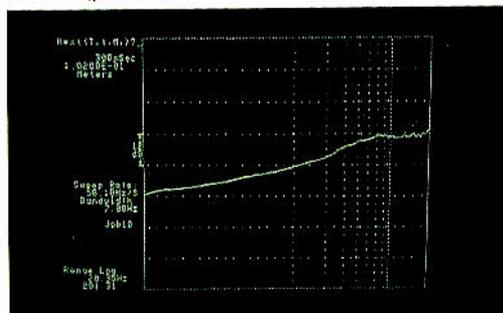
Pour 2,83 V, en bruit rose 91 dB



CABASSE DUNDEE



Réponse en fréquence de l'enceinte Cabasse Dundee (de 20 Hz à 20 000 Hz), à 1 mètre.



Réponse grave, à proximité (10 cm) de l'enceinte Cabasse Dundee (20 à 200 Hz).

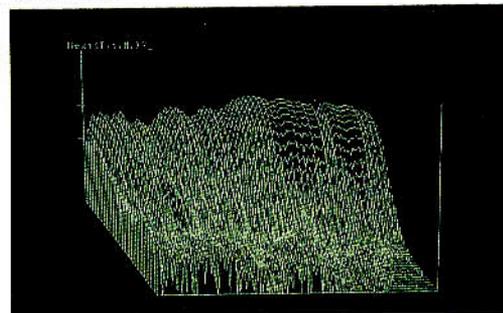


Diagramme 3D d'amortissement de l'enceinte Cabasse Dundee (20 Hz à 20 000 Hz, 0 μ s (fond), 20 ms (avant), échelle de fréquence linéaire).

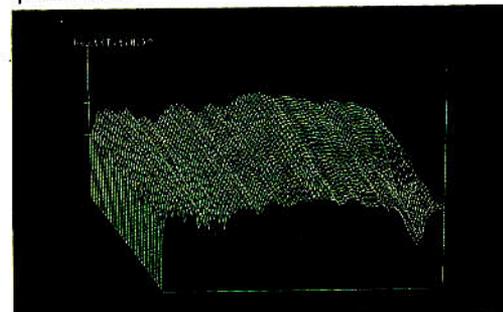
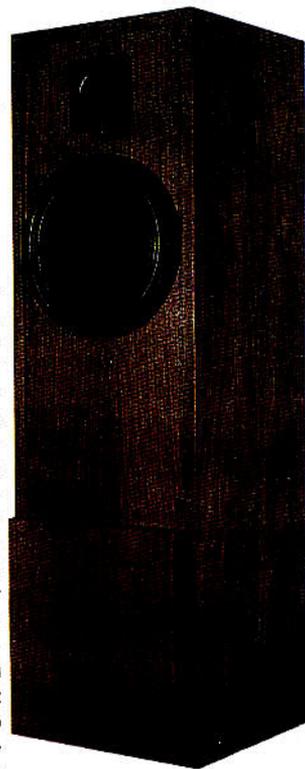


Diagramme 3D de dispersion horizontale de l'enceinte Cabasse Dundee (20 Hz à 20 000 Hz, 0° au fond, 32° à l'avant, échelle de fréquence linéaire).



Nous poursuivons notre périple ; l'escale à Brest est l'occasion cette année d'une nouvelle découverte. Dundee, un bâtiment de la gamme « alvéolaire » située entre la Nef (qui a osé percer un trou en face avant ?) et le Drakkar M2, étudié l'an passé. Dundee est haut, et pourrait être la « Colonne 85 » de la marque. C'est une deux voies de volume respectable, dont on a rassemblé les deux transducteurs au plus haut de l'enceinte ; on sait ce que rayonnement signifie depuis longtemps chez Cabasse. Le tweeter occupe la partie supérieure, ce qui fait de la Dundee une enceinte assez facile à écouter, sans contorsions pour trouver la meilleure position d'écoute. Ce tweeter n'est autre que celui qui équipe le Drakkar M2. Cela classe, selon la subtile distinction du fabricant, la Dundee dans les enceintes dites à réponse axiale linéaire, donc adaptées aux milieux un peu trop réverbérants. Le grave est confié à un 21 cm à diaphragme en mousse alvéolaire, chargé par tout le volume de l'enceinte. Deux chiffres clés : un rendement de 92 dB 1 W/1 m et une coupure basse située à 50 Hz (en champ libre) ; un compromis bien calculé, équivalant au modèle « Colonne 100 » de la marque. La Dundee restitue 80 % de l'énergie acoustique par le grave médium de 21 cm, le reste, au-dessus de 4 000 Hz, est traité par le tweeter. De cette conception on attend de bons résultats en matière de localisation et de largeur de perspective sonore. Le rendement assez élevé, ainsi qu'une puissance admissible en continu plus que confortable permettent à la Dundee de reproduire des niveaux acoustiques très réalistes, sans compression ni agressivité notables. Très belle finition, encombrement au sol réduit, discrétion sont ses atouts pour satisfaire un choix concerté et conjugal. C'est dur de faire plaisir à tout le monde !

NOUS AVONS MESURE :

AMPLITUDE	
Réponse en fréquence dans l'axe (-3 dB)	50 Hz à 20 000 Hz
Variation moyenne par rapport à la réponse dans l'axe, dans $\pm 30^\circ$ horizontal	2 dB
DISTORSION	
Valeur moyenne pour 94 dB à 1 m (50 à 5 000 Hz)	< 0,2 %
IMPEDANCE	
Module minimal	8 Ω
Moyenne, de 20 Hz à 20 000 Hz	10 Ω
REPONSE GRAVE	
Niveau à 30 Hz (par rapport à 200 Hz, à 3 cm)	-16 dB
Fréquence de coupure à -3 dB	51 Hz
EFFICACITE	
Pour 2,83 V, en bruit rose	94 dB



Le Haut-Parleur a aimé :

- les performances, l'écoute
- la finition



Le Haut-Parleur a regretté :

- une présentation un peu trop classique

■ A quoi ça sert ?

La dynamique du CD est incompatible avec celle disponible en voiture, milieu où le bruit de fond est particulièrement important. Voici donc un petit compresseur capable de réduire la dynamique du CD pour l'amener au niveau de celle de la voiture. Autre avantage, comme beaucoup de lecteurs pour voiture n'ont pas de réducteur de bruit de fond, vous n'aurez pas à pousser le volume pour entendre les *pianissimi*.

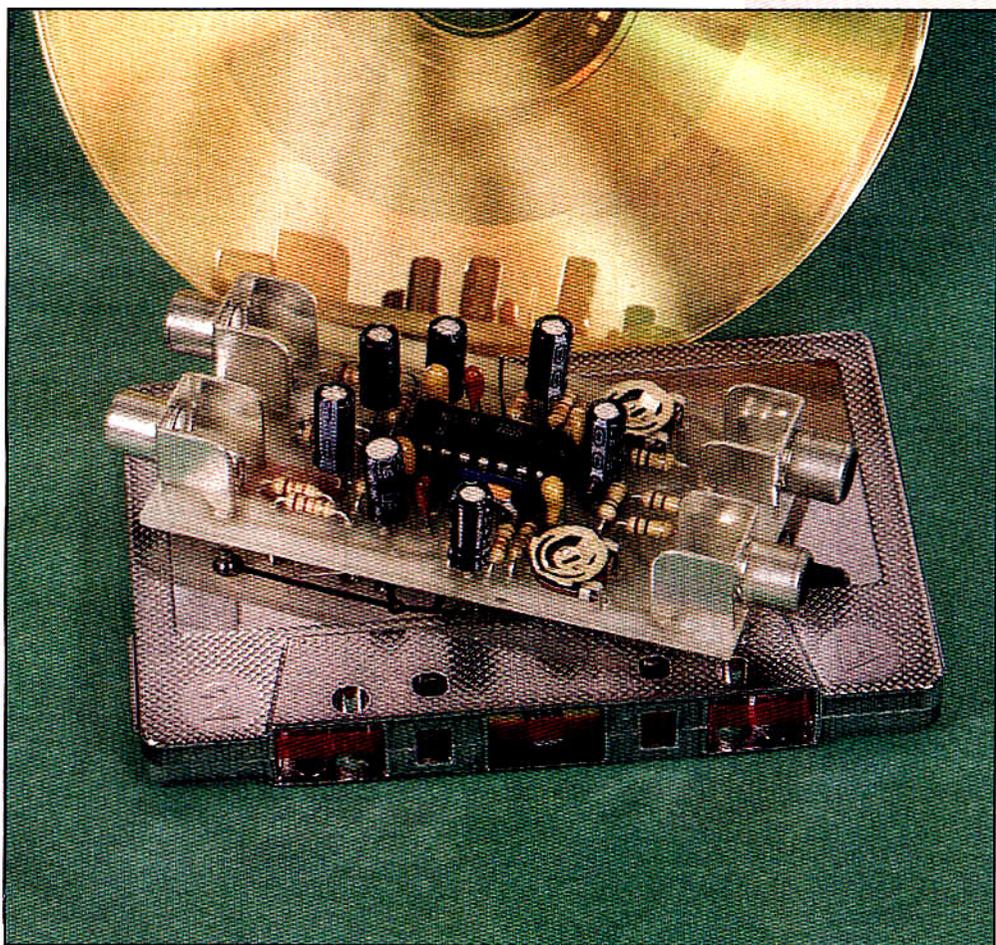
■ Le schéma

Nous avons pris ici un circuit très connu de Signetics que vous n'aurez, en principe, pas de mal à trouver, il existe en deux versions, avec deux tensions nominales. Le montage est utilisé ici avec un taux de compression qui n'est pas égal à deux, contrairement à la plupart des applications. Pour ce faire, on installe des ponts de résistances R_1 à R_8 dont le rôle est de faire travailler le circuit intégré à la fois en expanseur et en compresseur. Les deux effets se contrecarrent et, comme ils ne sont pas identiques, c'est le plus fort qui l'emporte, ici la compression. Le taux obtenu est d'environ 1,5 : un disque de 80 dB de dynamique passe donc à 53 dB, dynamique compatible avec la cassette...

■ Réalisation

Pas très compliquée, mais comme il y a de nombreux condensateurs chimiques ou au tantale, on veillera, surtout pour ces derniers, à bien respecter leur polarité. Les potentiomètres P_1 et P_2 servent à réduire le taux de distorsion ; on placera les curseurs

Compresseur CD/cassette



comme sur la photo si on ne dispose pas de moyen de réglage. Sinon, injectez une tension importante, et réglez pour le maximum de symétrie. Comment le compresseur s'utilise-t-il ? Vous l'alimentez

avec une tension continue de 9 à 10 V, vous injectez la sortie magnétophone du préampli sur l'entrée du compresseur, la sortie de ce dernier étant alors reliée à l'entrée du magnétophone. Si vous avez

envie de laisser le dispositif en place, prévoyez une commutation avec/sans compresseur. L'écoute en position monitor de la sortie du magnétophone vous permettra de contrôler l'effet du compresseur.

Nomenclature des composants

Résistances 1/4 W 5 %

R₁, R₂, R₅, R₆ : 3,3 kΩ
 R₃, R₄, R₇, R₈ : 22 kΩ
 R₉, R₁₀, R₁₁, R₁₂ : 33 kΩ
 R₁₃, R₁₄ : 22 kΩ
 R₁₅, R₁₆, R₁₇, R₁₈ : 100 kΩ

Condensateurs

C₁, C₂, C₃, C₄ : 2,2 μF chimique radial ou tantale 10 V
 C₅, C₆, C₁₄, C₁₅ : 1 μF chimique radial ou tantale 10 V
 C₇, C₈ : 33 pF céramique
 C₉, C₁₀ : 10 μF chimique radial ou tantale 10 V
 C₁₁, C₁₂ : 4,7 μF chimique radial ou tantale 10 V
 C₁₃ : 22 μF chimique radial ou tantale 16 V

Semi-conducteurs

CI₁ : circuit intégré NE 570 ou 571

Divers

P₁, P₂ : potentiomètres ajustables horizontaux 100 kΩ
 4 prises femelle RCA pour circuit imprimé, support DIL 8 broches

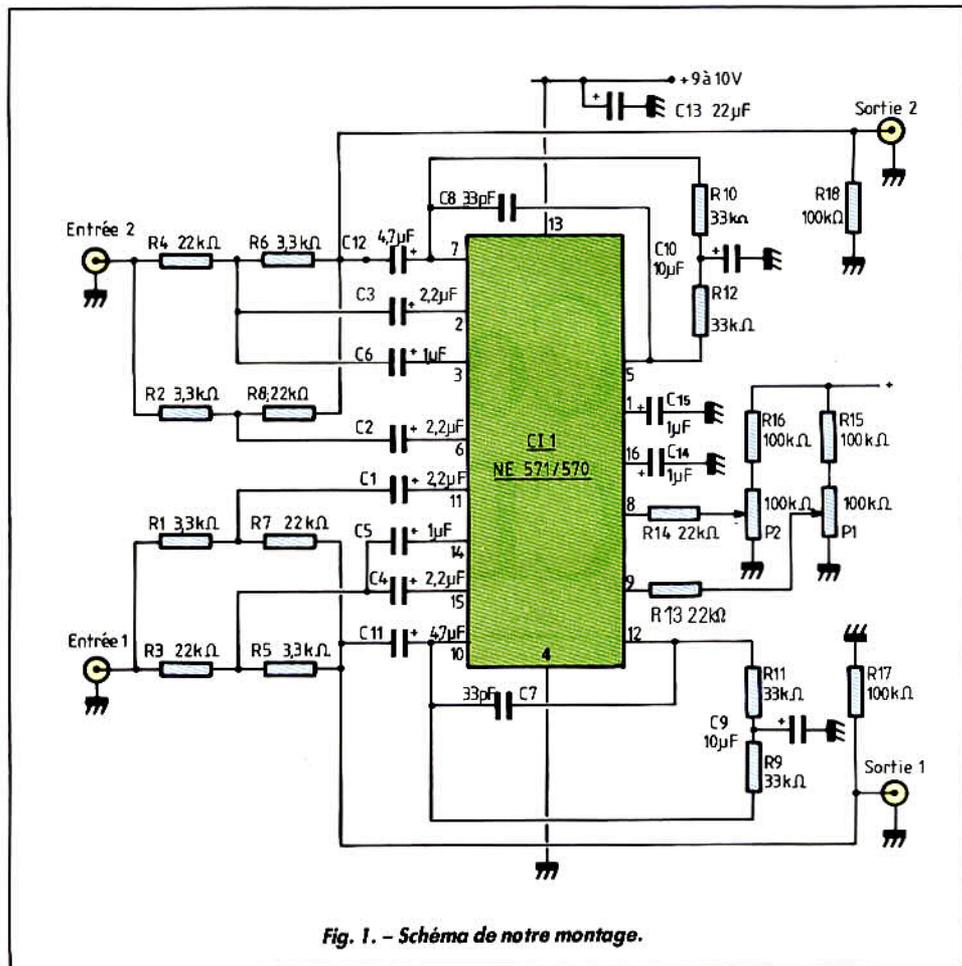


Fig. 1. - Schéma de notre montage.

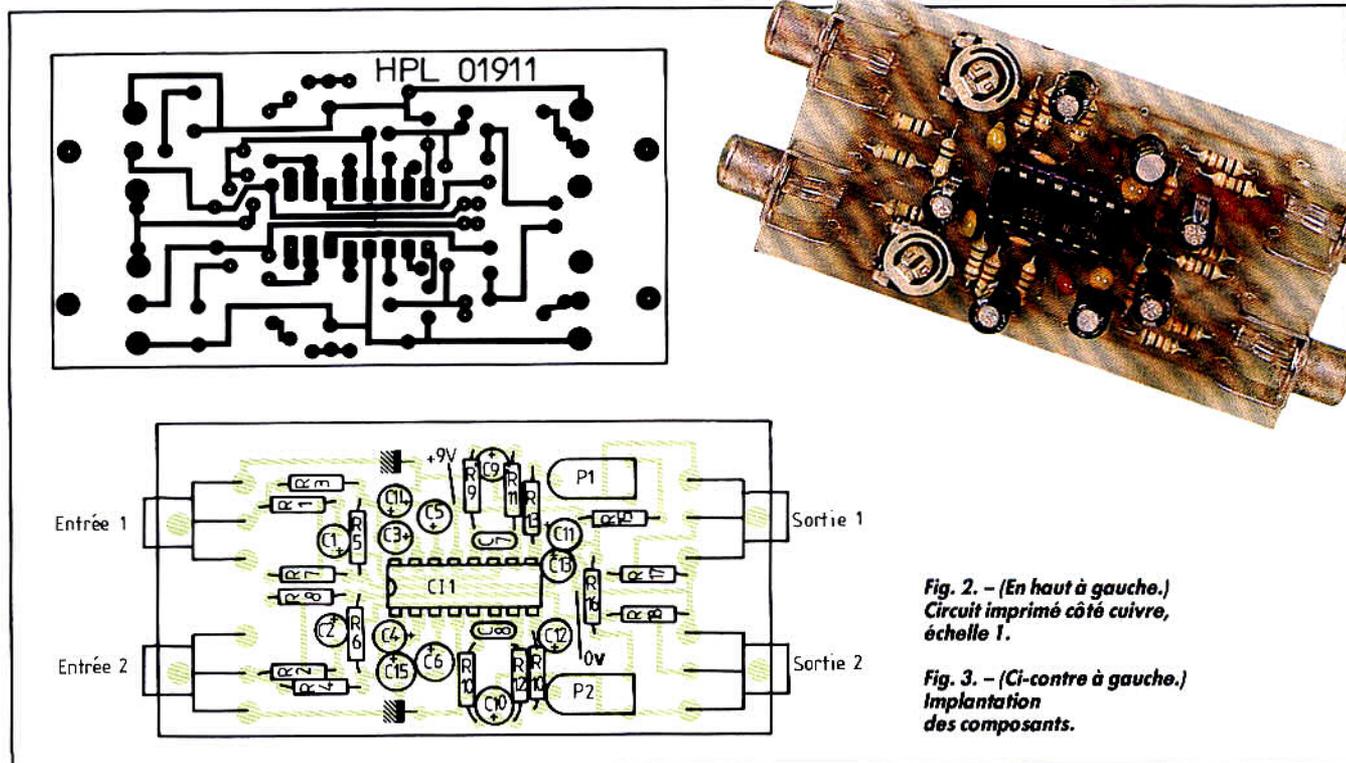


Fig. 2. - (En haut à gauche.)
Circuit imprimé côté cuivre,
échelle 1.

Fig. 3. - (Ci-contre à gauche.)
Implantation
des composants.

■ A quoi ça sert ?

Comme vous le savez certainement, la sécurité de l'utilisateur de nombreux appareils électriques mettant en œuvre de l'eau ou susceptibles d'être employés dans des lieux humides repose sur leur connexion à la terre.

Cette connexion consiste tout simplement à relier leur carcasse ou leur boîtier, nécessairement métallique, à la terre de votre maison ou immeuble *via* les prises et fils normalement prévus pour cela.

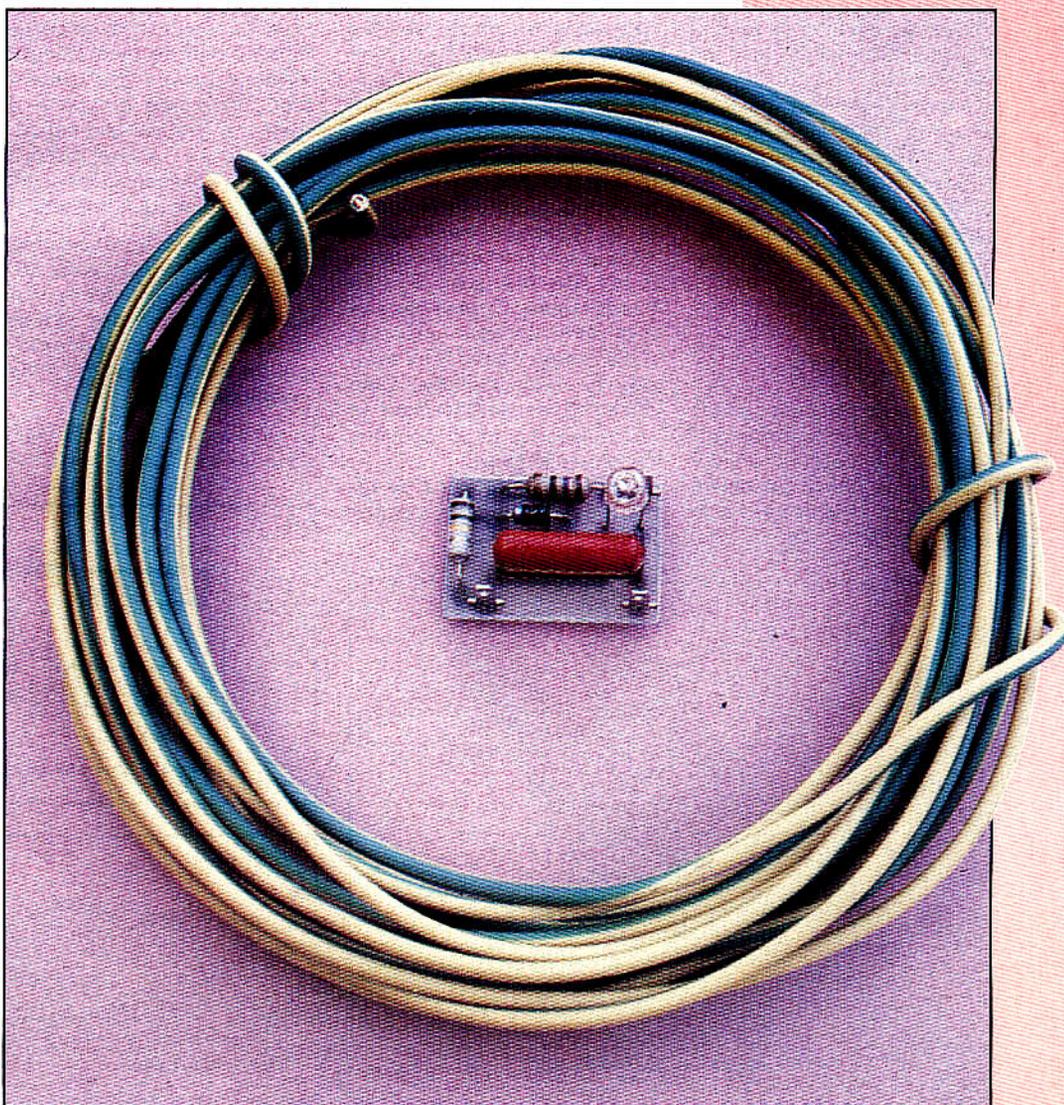
En cas de défaut d'isolement à l'intérieur de l'appareil, et sous réserve que l'installation de terre soit correcte, le courant est dérivé, *via* cette connexion, vers le sol et l'utilisateur ne risque donc rien.

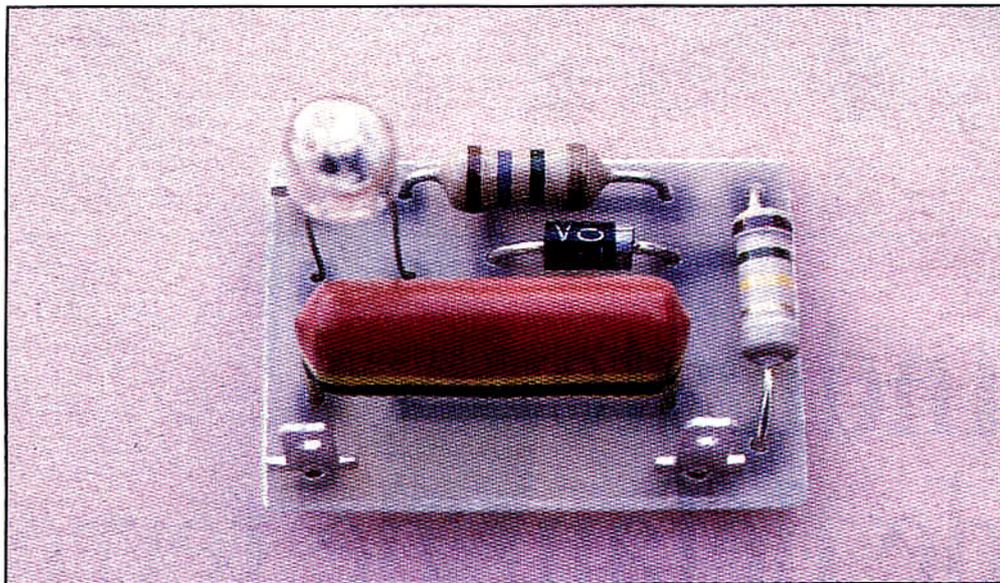
Ceci incite d'ailleurs de nombreux utilisateurs d'appareils mis à la terre à ne plus prendre aucune précaution d'emploi. L'on voit ainsi de nombreuses ménagères actionner leur lave-linge pieds nus sur le carrelage par exemple, ce qui représente les conditions d'électrocution idéales.

Il suffit pourtant d'avoir dépanné quelques-uns de ces appareils ou examiné quelques installations de terre pour se rendre compte du risque couru par des personnes qui se croient cependant en toute sécurité. En effet, bien souvent, le boulon de contact de terre est oxydé, quand ce n'est pas sa cosse qui est rongée par l'humidité.

Notre montage, qui peut être ajouté à tout appareil utilisant une prise de terre mais aussi à toute installation domestique avec terre, indique immédiatement toute rupture de

Indicateur de défaut de terre





connexion avec celle-ci. Il avise donc l'utilisateur d'un danger potentiel et lui permet d'y remédier avant qu'il ne soit trop tard. Son prix de revient dérisoire et son extrême simplicité nous permettent d'ailleurs très difficilement d'admettre qu'il ne soit pas présent sur un certain nombre d'appareils « à risques » (lave-linge, lave-vaisselle au minimum).

Le schéma

Faire plus simple nous semble difficile. Si l'installation est correcte, le courant délivré par le fil de phase est dérivé entièrement à la terre via la résistance R_2 . Le néon ne peut

donc s'allumer ; le montage est passif. Le faible courant passant entre phase et terre est nettement insuffisant pour faire déclencher le plus sensible des disjoncteurs différentiels.

Si la connexion de terre vient à être coupée en un point quelconque entre le montage et le piquet de terre enfoui dans le sol, plus aucun courant n'est dérivé par R_2 . Le condensateur C_1 peut alors se charger et, lorsque la tension à ses bornes atteint 60 V environ, le néon s'allume. Cela décharge immédiatement le condensateur, et un nouveau cycle recommence. Le néon clignote donc de façon très visible pour signaler le défaut de terre.

La réalisation

Nous avons dessiné un circuit imprimé afin de permettre un montage propre des composants, mais une plaquette à cosses, si tant est que cet accessoire se trouve encore dans le commerce, pourrait tout aussi bien faire l'affaire.

Les composants sont peu critiques, mais les résistances seront impérativement des modèles 0,5 W pour des raisons de sécurité, et le condensateur un modèle de 200 V de tension de service.

Le néon est un néon à fil seul, c'est-à-dire sans résistance

série. Si vous n'en trouvez pas, achetez un témoin néon secteur et enlevez la résistance placée en série avec l'ampoule.

Le fonctionnement est immédiat. Pour une sécurité maximale, il est évidemment primordial de relier la borne terre du montage à la carcasse de l'appareil à protéger en un point différent du point de connexion de son fil de terre.

Veillez en outre impérativement à respecter le repérage phase-neutre, sinon le montage ne fonctionne pas. Utilisez au besoin un tournevis cherche-phase d'électricien pour identifier la phase.

Nomenclature des composants

Semi-conducteurs

D_1 : 1N4006 ou 1N4007

Résistances 1/2 W 5 %

R_1 : 1,5 MΩ

R_2 : 150 kΩ

Condensateur

C_1 : 0,22 μF 200 V, mylar

Divers

Ne : néon sans résistance série

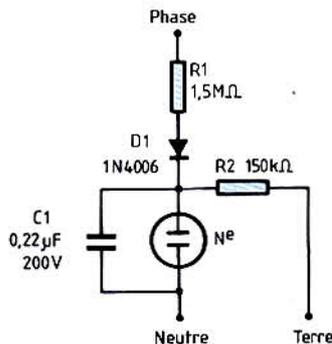


Fig. 1. - Schéma de notre montage.

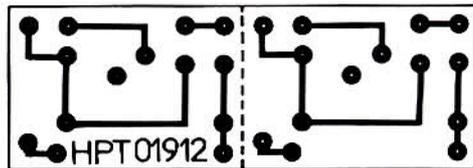


Fig. 2. - Circuit imprimé, vu côté cuivre, échelle 1.

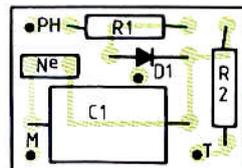


Fig. 3. Implantation des composants.

■ A quoi ça sert ?

Une guitare électrique sort sur haute impédance ; si vous prolongez un peu trop le câble, vous perdrez de l'aigu. Si vous entrez sur un appareil à effet, présentant une trop basse impédance, le signal sera atténué. Par ailleurs, une guitare sort en asymétrique, une formule capable de capter les parasites... la boîte de direct va donc présenter une impédance d'entrée élevée, et une sortie symétrique. Du pro, quoi !

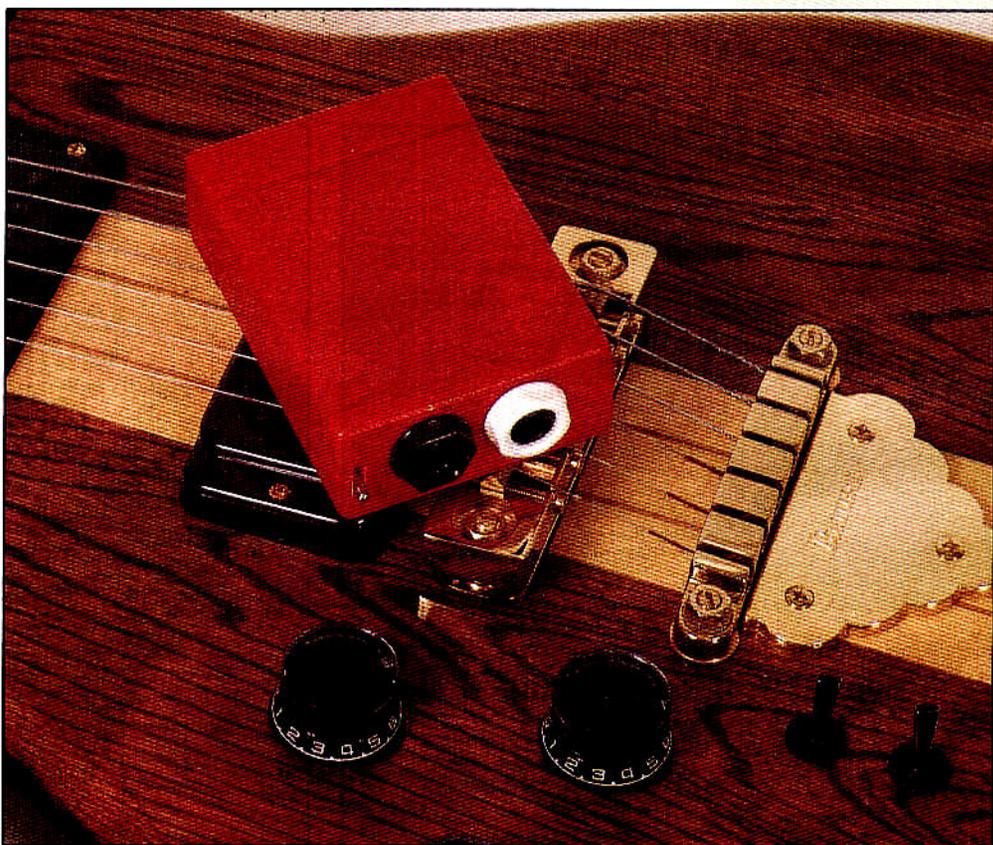
■ Le schéma

Deux doubles amplis op sont utilisés ici. L'un d'eux symétrise l'alimentation en créant un point milieu, et adapte l'impédance d'entrée, le second crée une sortie symétrique évoluée puisqu'elle reproduit le comportement d'un transformateur, isolation galvanique mise à part bien sûr. Un pont diviseur envoie la moitié de la tension d'alimentation sur l'entrée non inverseuse d'un ampli monté en suiveur. L'étage d'entrée propose un peu de gain, on pourra le réduire par les potentiomètres de la guitare et en augmentant R_6 . L'étage de sortie utilise une double contre-réaction sur les entrées inverseuse et non inverseuse. Les deux signaux en opposition de phase sont dirigés sur les deux contacts d'une prise pour jack. En cas de court-circuit à la masse par utilisation d'un jack mono, toute la tension est disponible en mode asymétrique.

■ Réalisation

Le circuit imprimé a été prévu pour être installé dans un coffret MMP, cette installation re-

Boîte de direct pour guitare



quiert le choix de prises pour jack plastique Cliff ou Re-an pour circuit imprimé, les prises Orbitec 02-010 sont un peu trop hautes sur pattes et demandent une opération de chirurgie esthétique. Un interrupteur sera installé là où vous trouverez de la place ; compte tenu du type d'alimen-

tation, la coupure par les contacts du jack est complexe. Vous pourrez aussi installer une diode électroluminescente à haute luminosité avec une résistance série de valeur élevée, qui servira de témoin d'alimentation. Attention à la taille du circuit imprimé si vous l'installez dans le petit coffret.

Par ailleurs, vous serez peut-être amené, en cas de sensibilité aux effets de main, à entourer le montage de deux plaques métalliques qui serviront de blindage : tôle fine par exemple avec isolant interposé. Ces plaques seront mises à la masse. ■

Boîte de direct pour guitare

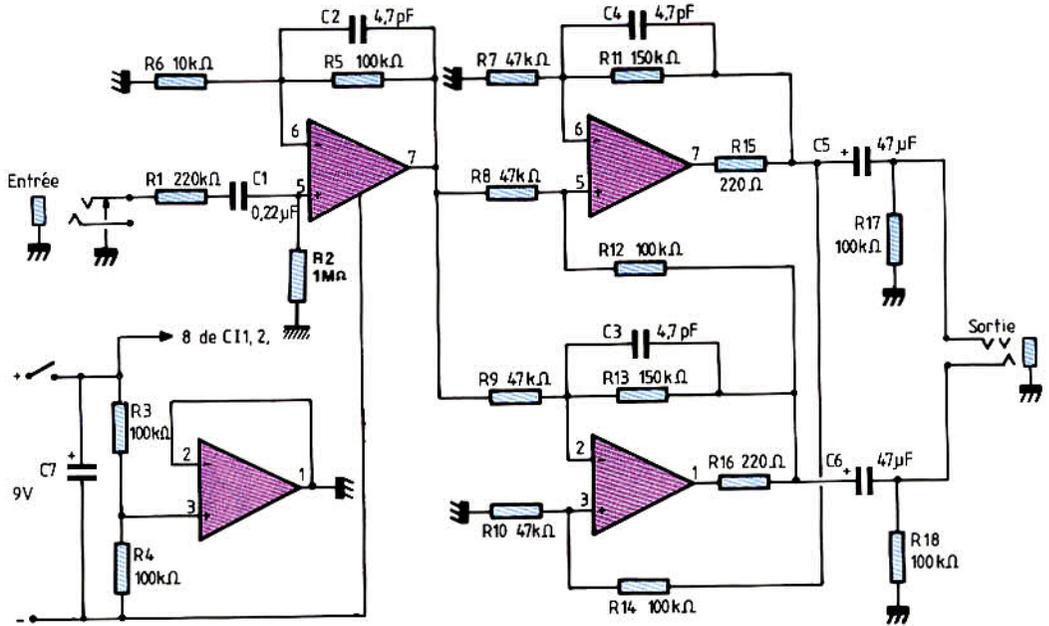


Fig. 1.
Schéma de
notre montage.

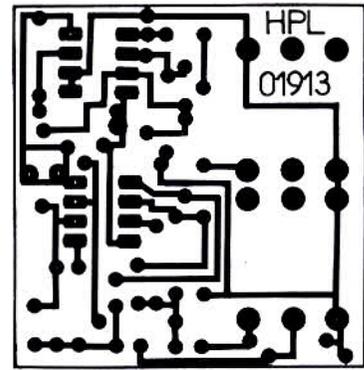
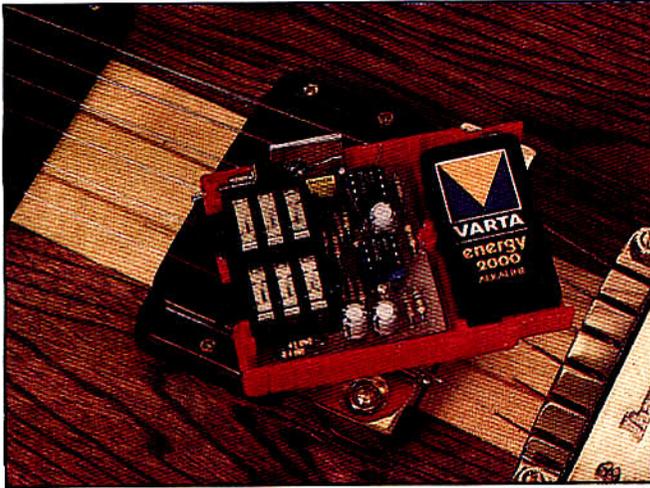


Fig. 2. - Circuit imprimé côté cuivre, échelle 1.

Nomenclature des composants

Résistances 1/4 W 5 %

R₁ : 220 kΩ
R₂ : 1 MΩ
R₃, R₄, R₅, R₁₂, R₁₄,
R₁₇, R₁₈ : 100 kΩ
R₆ : 10 kΩ
R₇ à R₁₀ : 47 kΩ
R₁₁, R₁₃ : 150 kΩ
R₁₅, R₁₆ : 200 Ω

Condensateurs

C₁ : 220 nF MKT 5 mm
C₂ à C₄ : 4,7 pF céramique

C₅ à C₇ : 47 μF chimique
radial 10 V

Semi-conducteurs

Cl₁, Cl₂ : circuit
intégré TLO72 CP

Divers

Prises jack pour
Cl Cliff, Re-An,
boîtier MMP, pile 9 V,
coupleur, inter.

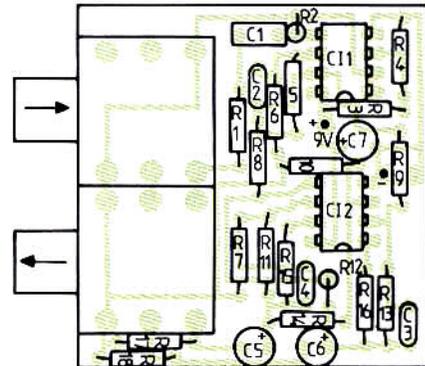


Fig. 3. - Implantation des composants.

■ A quoi ça sert ?

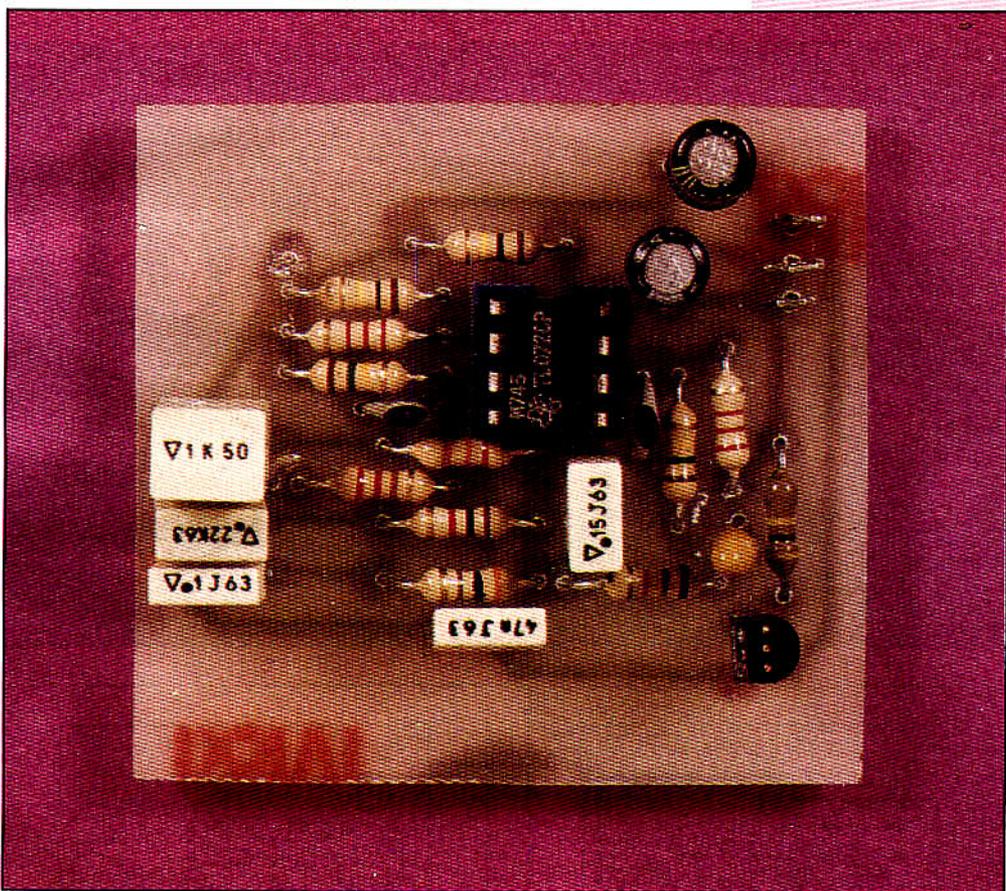
Le générateur de bruit rose est un outil que l'on utilise pour effectuer des corrections acoustiques. On peut également l'employer comme générateur de signaux pour tester une installation électroacoustique, chaîne HiFi, magnétophone, etc. On injecte le bruit rose à l'entrée d'un circuit, on écoute ce qui en sort... Si le bruit à l'entrée et à la sortie est le même, c'est que le système est linéaire.

■ Le schéma

Le bruit est généré par un transistor NPN dont on utilise la jonction base émetteur comme une diode zener. La tension de claquage est d'environ 5 V, la résistance R_1 limite le courant inverse et évite de détruire le transistor... Le premier ampli remonte linéairement le niveau du signal. En sortie, un réseau passif de résistances et de condensateurs transforme le spectre ; ce réseau constitue un filtre passe-bas, donc coupant les fréquences hautes.

Contrairement aux filtres habituels à 6 ou 12 dB par octave, nous avons ici une pente de 3 dB par octave, qui donne sa couleur rose au bruit de fond. Pourquoi rose ? Le bruit blanc est à égale énergie dans une bande de fréquence donnée (nombre de hertz), le rose dans une bande de fréquence relative donnée (nombre ou fraction d'octave). Cette atténuation du bruit aux fréquences hautes évite de surcharger les haut-parleurs d'aigu, l'énergie décroissant avec l'augmentation de la fréquence. Ne pas trop pousser toutefois le niveau si vous testez vos enceintes, ce signal reste un peu dur...

Générateur de bruit rose



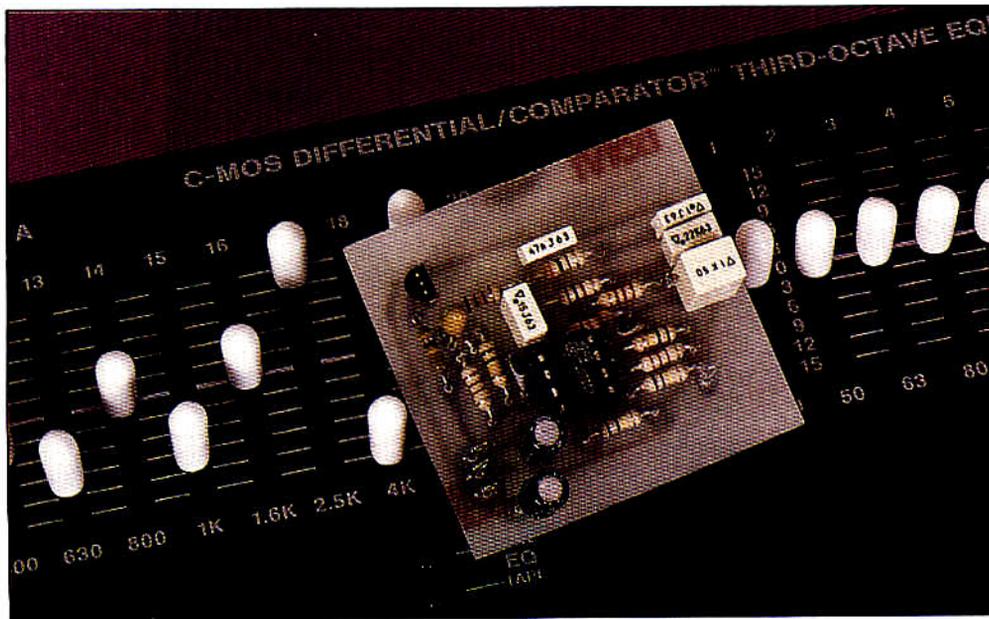
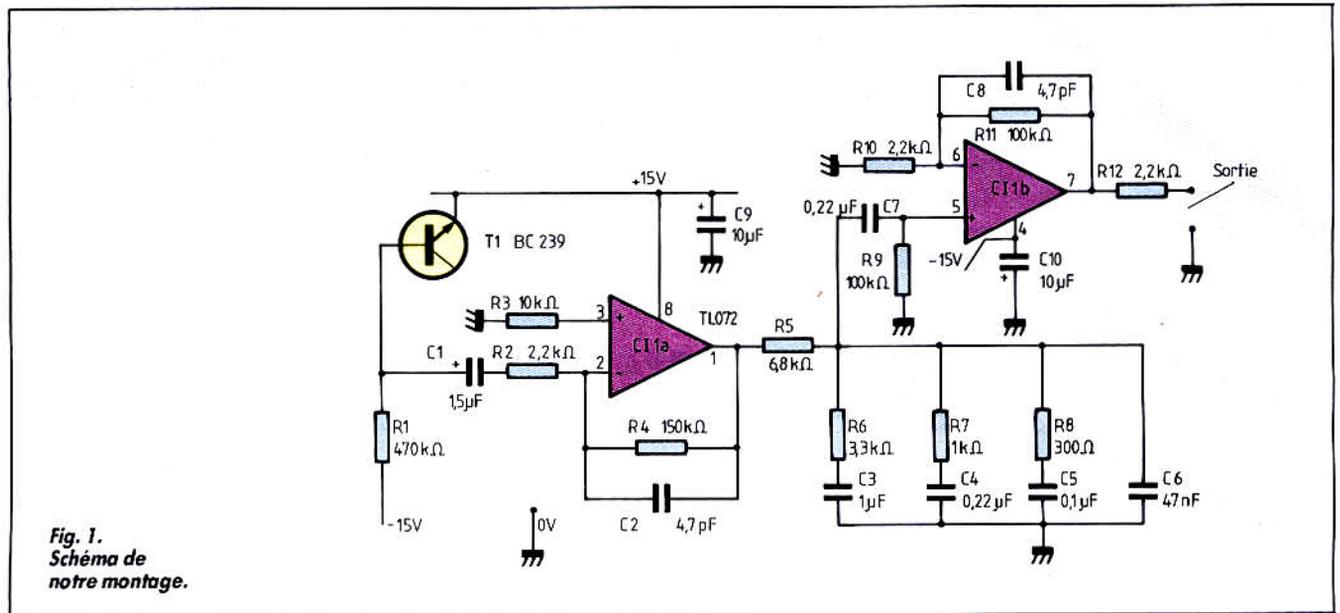
■ Réalisation

Le circuit a besoin d'une haute tension pour être alimenté, cette tension sera de ± 12 ou ± 15 V ; une tension relativement élevée est nécessaire pour assurer le fonctionnement de la « zener » base-

émetteur. L'ampli op double est un classique et peut être remplacé pratiquement par n'importe quel circuit double, 1458 compris. On installera éventuellement un potentiomètre en sortie, nous ne l'avons pas prévu sur le circuit imprimé. Autre possibilité,

celle de sélectionner la couleur du bruit : blanc en coupant la liaison à la masse des condensateurs du filtre, rose lorsque la liaison existe, vous pouvez aussi sortir sur la broche 1 de CI_1 . Attention, si vous utilisez du bruit blanc, vos tweeters sont en péril...

Générateur de bruit rose



Nomenclature des composants

Résistances 1/4 W 5 %

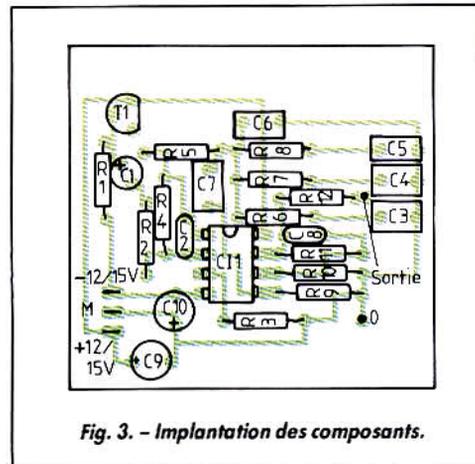
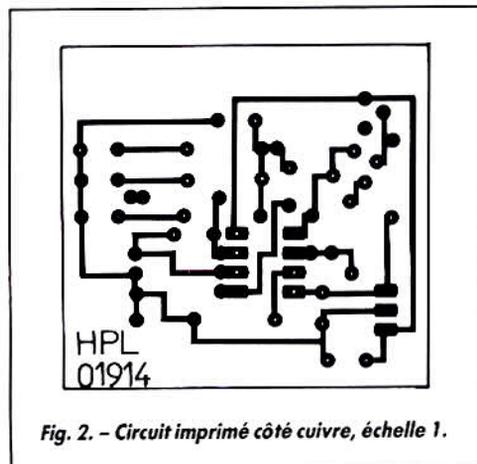
R₁ : 470 kΩ
 R₂, R₁₀, R₁₂ : 2,2 kΩ
 R₃ : 10 kΩ
 R₄, R₁₁ : 150 kΩ
 R₅ : 6,8 kΩ
 R₆ : 3,3 kΩ
 R₇ : 1 kΩ
 R₈ : 300 Ω
 R₉ : 100 kΩ

Condensateurs

C₁ : 1,5 μF, tantale goutte 16 V
 C₂, C₈ : 4,7 pF céramique
 C₃ : 1 μF MKT 5 mm
 C₄ : 220 nF MKT 5 mm
 C₅ : 100 nF MKT 5 mm
 C₆ : 47 nF MKT 5 mm
 C₇ : 220 nF MKT 5 mm
 C₉, C₁₀ : 10 μF chimique radial 16 V

Semi-conducteurs

CI₁ : circuit intégré TL072
 T₁ : transistor NPN BC 239



■ A quoi ça sert ?

Depuis qu'un revendeur parisien, bien vite imité par ses collègues en mal d'imagination, a décidé de tenir en stock les circuits de la série LS 722X de LSI Computer System, les montages de serrures codées les utilisant fleurissent dans toutes les revues d'électronique de France et de Navarre. Elle est bien loin, l'époque où l'auteur de ces lignes devait répondre aux lecteurs qui lui écrivaient qu'il ne savait comment les guider pour trouver un LS 7220.

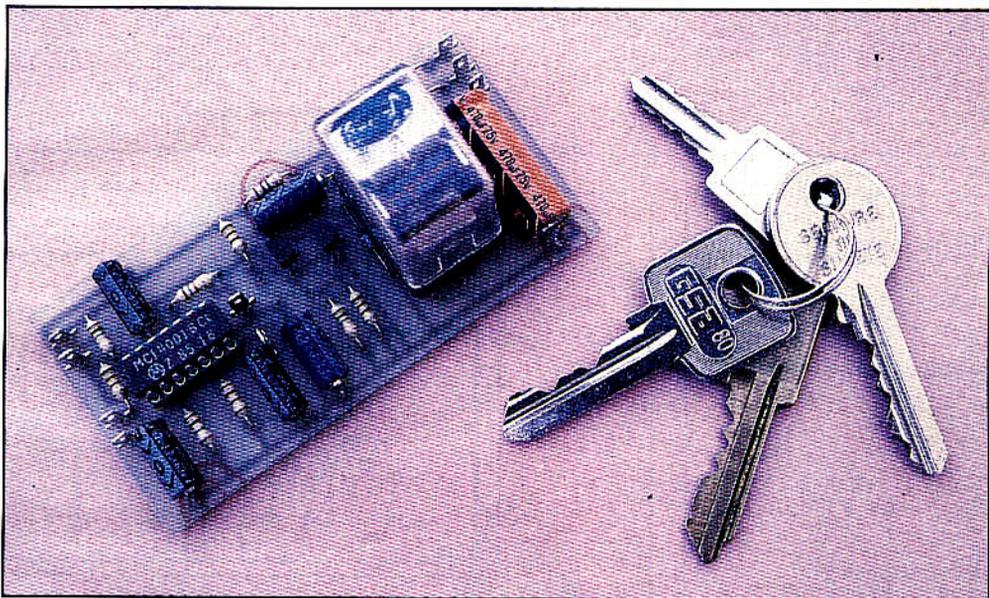
Bien que ces circuits soient très performants, il est des cas où toutes leurs fonctionnalités ne sont pas utiles. On peut alors se rabattre sur le montage que nous vous proposons maintenant, qui présente une excellente sécurité tout en ayant l'avantage de pouvoir être réalisé avec des composants de fond de tiroir.

■ Le schéma

Notre montage n'utilise que trois touches « actives », qui doivent être manipulées dans le bon ordre et dans un temps limité pour provoquer l'ouverture de la serrure. Il utilise autant de touches « inactives » que l'on veut et qui jouent deux rôles essentiels : celui de compliquer la recherche du code bien sûr mais aussi celui de bloquer la serrure pendant plusieurs secondes chaque fois qu'elles sont actionnées. Le degré de sécurité offert s'en trouve considérablement accru.

Le montage ne fait appel qu'à une vulgaire quadruple porte NOR en technologie CMOS (à comparer au coût d'un LS 722X). Une pression sur la première touche fait passer la sortie de la porte A à l'état

Serrure codée sans circuit spécialisé



bas. On peut alors actionner la deuxième touche qui fait passer la sortie de la porte B à l'état haut. Cela permet ensuite d'actionner la troisième touche qui fait passer la sortie de la porte C à l'état bas. Ceci permet à la sortie de la porte D de passer au niveau haut si, et seulement si, aucune des touches « inactives » n'a été actionnée.

Par le biais des deux transistors, le relais colle alors pour quelques secondes, actionnant tout dispositif de votre choix (gâche électrique par exemple).

Le temps d'action sur les trois touches actives est fixé par les

condensateurs C_1 , C_2 et C_3 , dont vous pouvez modifier les valeurs entre 1 et $4,7 \mu\text{F}$ si vous le jugez nécessaire.

Le temps de blocage de la serrure par les touches « inactives » est fixé par C_4 , que vous pouvez aussi augmenter si vous le désirez.

L'alimentation est confiée à un transformateur 2 fois 9V de quelques volts-ampères ou à un transfo de sonnette.

■ La réalisation

Le circuit imprimé supporte tous les composants à l'exclusion du transformateur d'alimentation.

Les composants sont peu critiques et d'approvisionnement facile.

Le clavier est un modèle à N touches (N dépendant du nombre de touches « inactives » désirées). La seule précaution à prendre est de ne pas choisir un modèle câblé en matrice, totalement inutilisable ici.

S'il doit être installé en extérieur, prévoyez un modèle étanche par souci de sécurité. Contrairement aux serrures à mémoire, il n'est pas utile ici de prévoir de batterie de sauvegarde, car le code d'ouverture est câblé, ce qui est très pratique.

Serrure codée sans circuit spécialisé

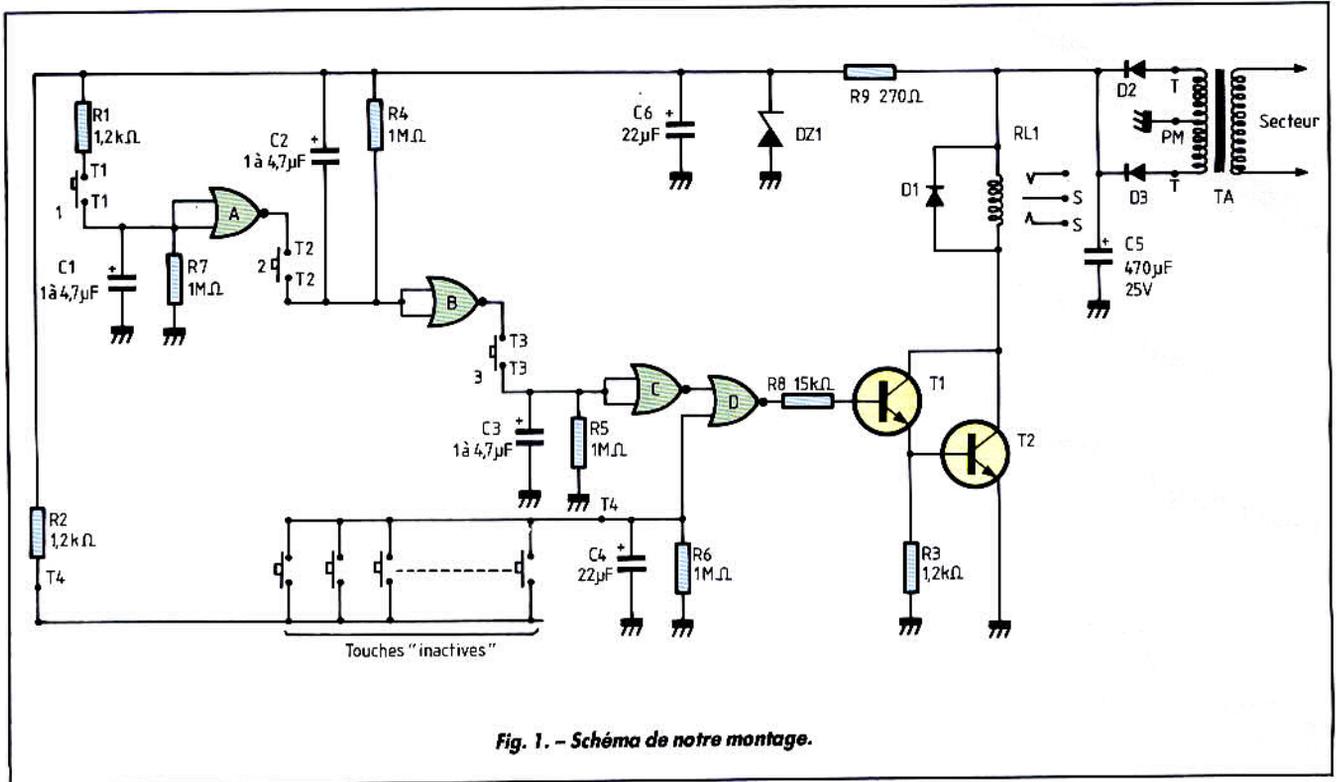


Fig. 1. - Schéma de notre montage.

Nomenclature des composants

Semi-conducteurs

IC₁ : 4001 CMOS
 T₁, T₂ : BC 457, 458, 459
 D₁ : 1N914 ou 1N4148
 D₂, D₃ : 1N4001 à 1N4007
 DZ₁ : Zener 9,1 V, 0,4 W

Résistances

1/2 ou 1/4 w 5 %

R₁, R₂, R₃ : 1,2 kΩ
 R₄, R₅, R₆, R₇ : 1 MΩ
 R₈ : 15 kΩ
 R₉ : 270 Ω

Condensateurs

C₁, C₂, C₃ : 1 à 4,7 µF 25 V
 (4,7 - sur la maquette - ou 2,2)
 C₄, C₆ : 22 µF 25 V
 C₅ : 470 µF 25 V

Divers

RL₁ : relais Europe 1RT 12 V
 Clavier : voir texte
 TA : transformateur 220 V,
 2 fois 9 V, 3 VA environ

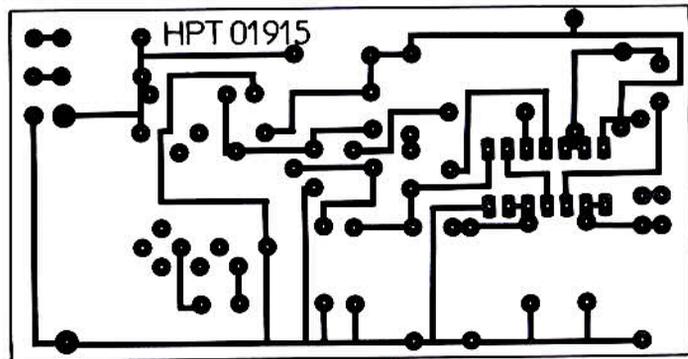


Fig. 2. - Circuit imprimé, vu côté cuivre, échelle 1.

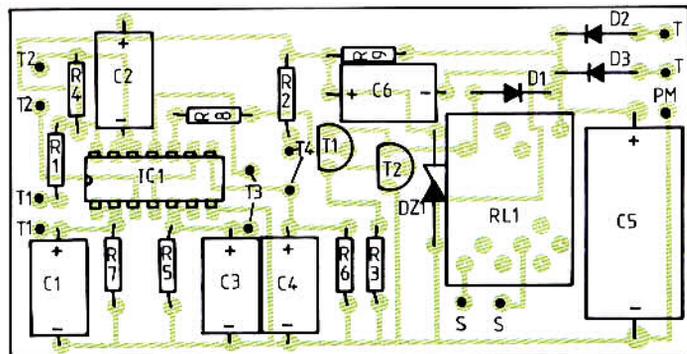


Fig. 3. - Implantation des composants.

■ A quoi ça sert ?

Si vous êtes un tant soit peu bricoleur, il vous est déjà certainement arrivé d'avoir peur, lors du perçage des murs de votre habitation, de tomber juste sur un passage de ligne électrique. Outre le fait qu'un tel incident peut s'avérer extrêmement dangereux si les lignes sont sous tension, tant par le risque d'électrocution que par celui de chute de l'escabeau ou de l'échelle, provoquée par le choc électrique ressenti. Il est toujours très ennuyeux à réparer car il faut mettre à nu la gaine contenant les fils pour raccorder ou changer ceux-ci.

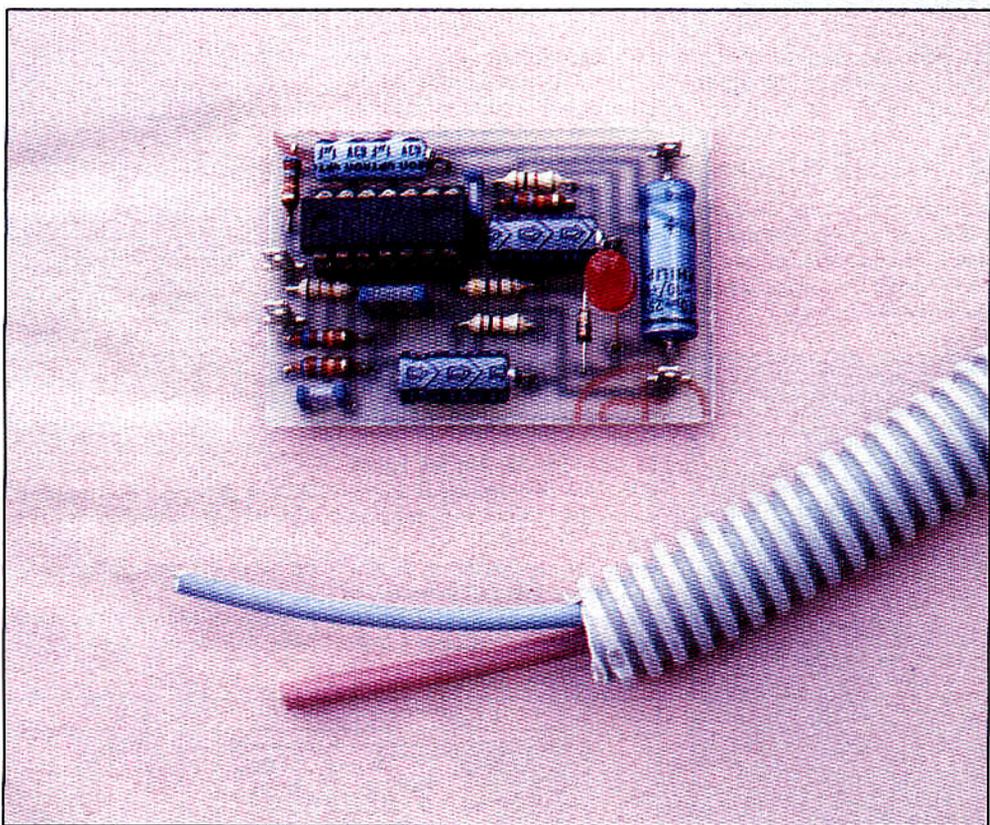
Il faut donc démolir un morceau de mur et, lorsque la réparation est faite, boucher le trou aussi discrètement que possible. Une banale opération qui ne devait prendre que quelques minutes demande alors une bonne demi-journée de travail !

Pour vous éviter cela voici un remède qui, sans avoir la prétention d'être universel, permet de détecter les lignes EDF enfouies dans les murs jusqu'à une profondeur de quelques centimètres ; en principe largement suffisante pour percer un trou destiné à fixer ou accrocher quelque chose.

■ Le schéma

Pour réaliser une telle fonction, deux approches sont possibles : celle du détecteur de métaux classique qui détecte alors la présence du cuivre des fils électriques et celle adoptée aujourd'hui qui détecte le 50 Hz du secteur EDF. Cette dernière méthode a l'avantage d'être plus sensible que la précédente mais présente l'inconvénient de ne

Détecteur de lignes électriques



détecter que les fils électriques reliés au secteur EDF. Il faut reconnaître que ce sont eux les plus dangereux !

Le principe du montage est fort simple comme vous pouvez le constater. Il utilise en effet un quadruple amplificateur opérationnel dont deux sections sont montées en am-

plificateurs à grand gain priviliégiant les fréquences basses grâce à des réseaux de contre-réaction sélectifs.

En présence de 50 Hz, la sortie du deuxième amplificateur délivre des carrés à cette fréquence, qui font alors allumer la diode LED indicatrice. Celle-ci est polarisée à la moi-

tié de la tension d'alimentation grâce à une section de l'amplificateur monté en suiveur de tension.

La qualité du capteur de 50 Hz est essentielle pour un tel montage.

La meilleure solution est obtenue avec les capteurs téléphoniques à ventouse, utili-

Détecteur de lignes électriques

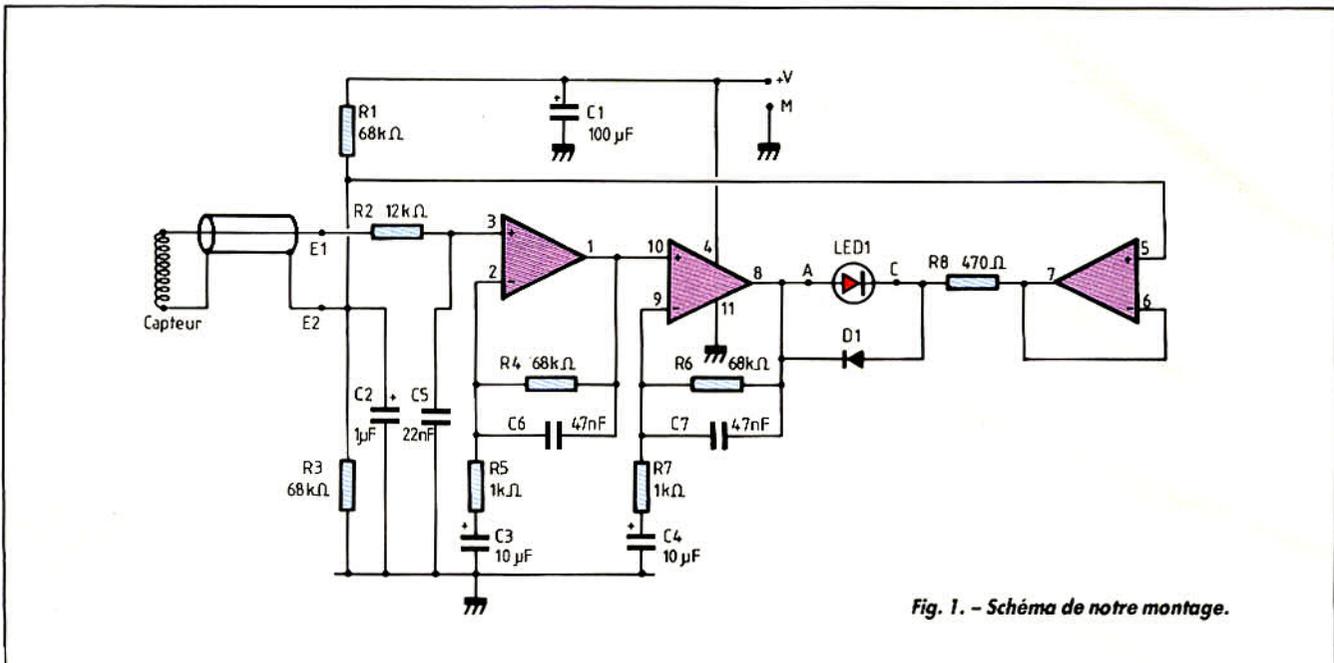


Fig. 1. - Schéma de notre montage.

sés pour les magnétophones (grandes surfaces ou accessoires HiFi).

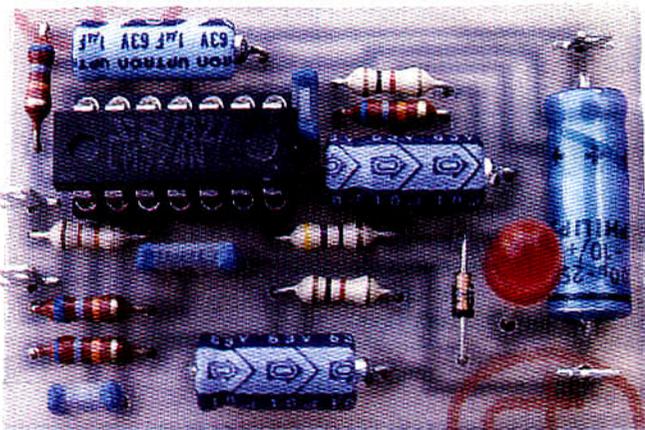
■ La réalisation

Le circuit imprimé est de petite taille et occupe à peu près le même encombrement que la pile 9 V que l'on utilisera pour alimenter le montage.

La réalisation ne pose pas de problème particulier et le montage fonctionne dès la dernière soudure réalisée.

Le capteur à ventouse sera relié au montage par un fil blindé aussi court que possible, faute de quoi, il se peut fort que ce soit son fil de liaison et non la bobine elle-même qui capte le 50 Hz. Il ne faut pas oublier en effet que nous en sommes entourés, dans nos habitations modernes de plus en plus « électrifées ».

Le montage décèle les lignes EDF, que les appareils qui y sont reliés soient sous tension ou non. Toutefois, pour améliorer ces conditions de détection, dans les cas difficiles, il est souhaitable de faire consommer du courant sur la



ligne à détecter. Un radiateur électrique connecté sur la prise desservie par le câble à détecter est une bonne solution.

Attention! Même si le montage fonctionne bien, ne lui

accordez tout de même pas une confiance aveugle et prenez les précautions habituelles que l'on doit prendre avant tout percement de trou dans un mur, surtout qu'il ignore les conduites d'eau...

Nomenclature des composants

Semi-conducteurs

IC₁ : LM324
D₁ : 1N914 ou 1N4148
LED₁ : LED rouge

Résistances 1/4 W 5 %

R₁, R₃, R₄, R₆ : 68 kΩ
R₂ : 12 kΩ
R₅, R₇ : 1 kΩ
R₈ : 470 Ω

Condensateurs

C₁ : 100 µF 10 V
C₂ : 1 µF 25 V
C₃, C₄ : 10 µF 25 V
C₅ : 22 nF mylar
C₆, C₇ : 47 nF mylar

Divers

Capteur téléphonique à ventouse

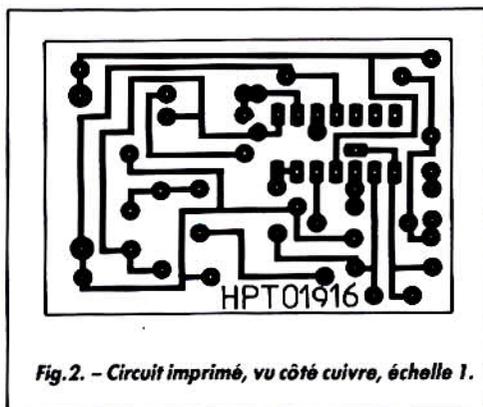


Fig. 2. - Circuit imprimé, vu côté cuivre, échelle 1.

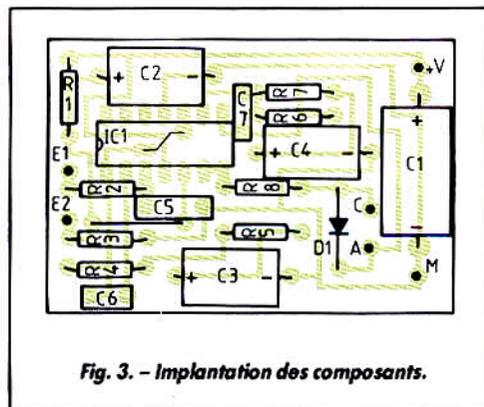
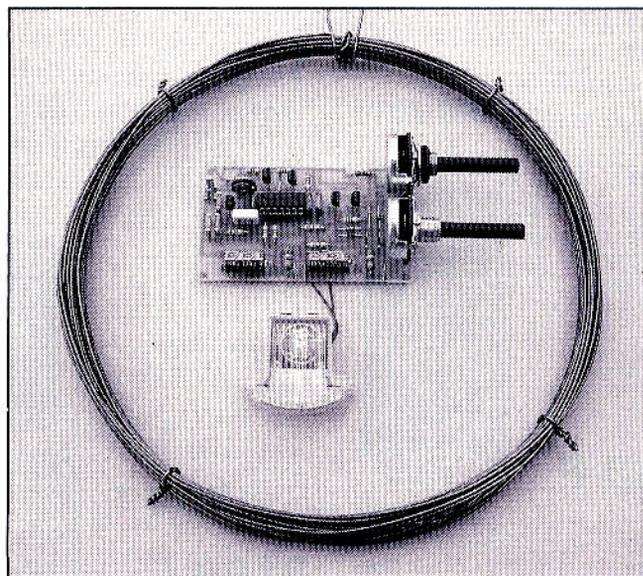


Fig. 3. - Implantation des composants.

Réalisez un détecteur de métaux

Bien connu des amateurs de films guerriers où il sert en général à détecter les mines enfouies dans le sol, le détecteur de métaux connaît aussi des applications plus « paisibles » telles que la recherche de conduites enterrées avant de faire des travaux, la recherche des « trésors » abandonnés dans le sable des plages par les vacanciers ou bien encore l'aide à la recherche de vestiges archéologiques.

De nombreux modèles sont commercialisés, au point qu'il existe même, dans certaines grandes villes, des magasins consacrés exclusivement à ces appareils. Les prix varient bien évidemment dans de larges proportions, depuis les quelques centaines de francs des modèles les plus simples jusqu'à plusieurs milliers de francs pour les détecteurs de haut de gamme.



Les performances, aux dires des fabricants, sont évidemment toutes remarquables, et l'on ne compte plus les appareils qui détectent une pièce de cinq centimes à plusieurs dizaines de centimètres de profondeur d'enfouissement... Malheureusement, ceux d'entre vous qui ont essayé de tels appareils en situation réelle (nous y reviendrons) ont dû être déçus par ces alléchantes possibilités. En effet, hormis pour des appareils coûteux et complexes utilisant la technique de compensation de l'effet de sol, la détection de petits objets métalliques, si elle reste facile dans certains sols très particuliers, tourne vite à l'utopie dans la majorité des

cas. La raison en est fort simple et n'est pas due à un défaut des appareils eux-mêmes mais plutôt à une limitation technique inhérente au procédé utilisé.

Généralités

Avant de voir la partie technique, accordons quelques secondes d'attention à la figure 1 qui présente l'allure générale de la majorité des appareils. On y voit la tête de détection, qui a très souvent l'aspect d'un large cylindre aplati (la poêle à frire des militaires !), munie d'un manche qui la rend solidaire d'un boîtier. Ce dernier renferme

l'électronique du détecteur et supporte les divers réglages et indicateurs. La tête, quant à elle, ne contient que la ou les bobines utilisées. Plus rarement, quelques composants peuvent aussi y être placés si c'est nécessaire pour une meilleure stabilité de fonctionnement du montage.

Cette façon de procéder, outre le fait qu'elle conduit à une disposition logique des éléments, permet de réaliser facilement des têtes de détection étanches (puisqu'elles n'ont en principe pas besoin d'être démontées par la suite) que l'on peut donc tout à loisir utiliser dans un environnement humide, voire même sous l'eau.

Ceci étant précisé, le principe de fonctionnement de l'immense majorité des détecteurs de métaux repose sur la modification de l'inductance d'une bobine lorsqu'on en approche une masse métallique, ferreuse ou non. Une fois cette règle admise, les détecteurs ne diffèrent que par le principe de mesure de la modification de cette inductance. Sans vouloir brosser un tableau exhaustif des méthodes utilisées, voici tout de même quelques-unes des principales solutions rencontrées.

Les détecteurs à oscillateur instable

Les appareils les plus simples, que l'on doit considérer

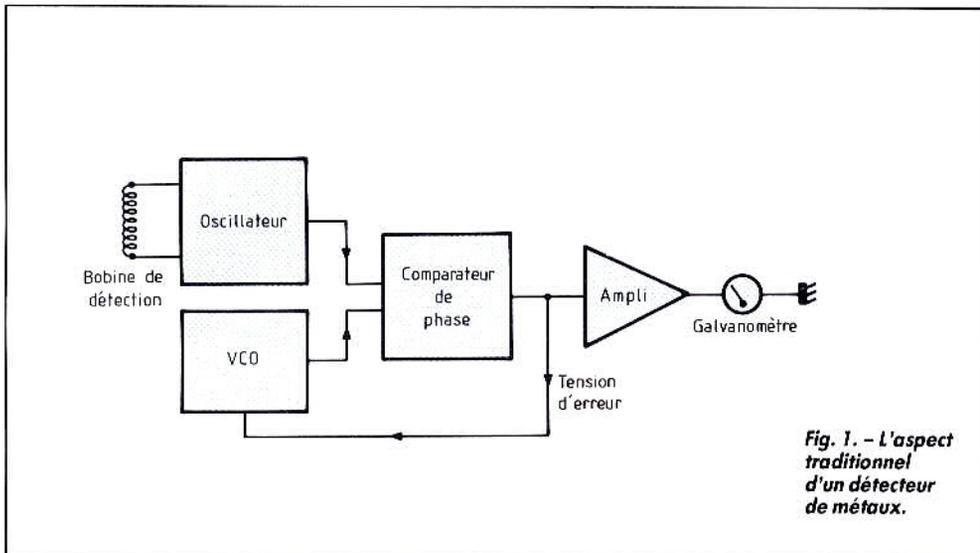


Fig. 1. - L'aspect traditionnel d'un détecteur de métaux.

comme des gadgets ou des montages d'initiation à l'électronique par exemple, utilisent un principe schématisé figure 2. Un oscillateur, à transistor ou circuit intégré, est réglé à la limite du décrochage, c'est-à-dire qu'il oscille mais tout juste. Le fait d'approcher une masse métallique de sa bobine de détection modifie suffisamment les caractéristiques de celle-ci pour que l'oscillateur s'arrête (on dit « décroche »). Un système de redressement suivi d'un galvanomètre ou d'une simple diode électroluminescente

permet de constater ou non la présence d'oscillations et, donc, d'en déduire la présence de métaux près de la bobine.

Dans un tel appareil, la tête de détection ne comporte que la bobine, qui est tout à la fois celle de détection et celle de l'oscillateur.

Vu leur principe de fonctionnement, il est évident que de tels montages sont assez délicats à régler ; qu'ils sont très sensibles aux influences extérieures et qu'ils ne permettent pas de faire de discrimination entre métaux ferreux ou non

ferreux puisque tout ce que sait faire l'oscillateur, c'est osciller ou s'arrêter.

Le seul usage « sérieux » qui est fait actuellement de ce type de montage est celui des détecteurs de conduites et fils électriques enfouis dans les murs, vendus pour une centaine de francs environ dans de nombreux magasins de bricolage. Dans une telle application, on ne demande pas en effet une grande sensibilité, on se moque complètement de savoir si le métal détecté est ferreux ou non (puisque la seule chose qui compte est qu'il n'y ait aucun métal), et on peut admettre de devoir ajuster la sensibilité de l'appareil lors de chaque utilisation puisque celle-ci ne dure que quelques dizaines de secondes à chaque fois. Dans ces détecteurs, la tête de détection n'a pas l'aspect de la traditionnelle poêle à frire mais est en principe constituée

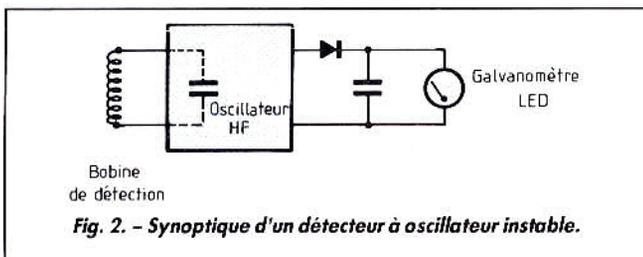


Fig. 2. - Synoptique d'un détecteur à oscillateur instable.

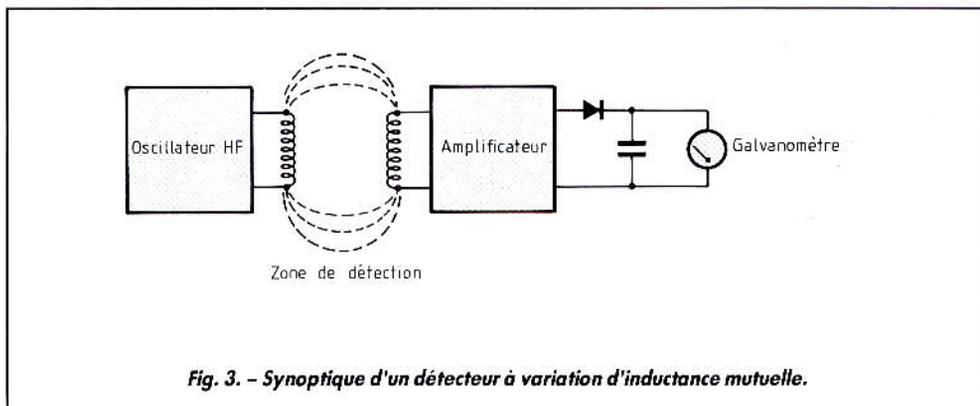


Fig. 3. - Synoptique d'un détecteur à variation d'inductance mutuelle.

d'un bâtonnet de ferrite placé contre une des faces du boîtier qui, lui, est impérativement réalisé en matériau non magnétique (du plastique bien souvent).

Les détecteurs à variation de couplage mutuel

Ces appareils, plus compliqués que les précédents, sont aussi plus performants et, surtout, plus stables dans le temps. Comme le montre la figure 3, ils font appel à un oscillateur à fréquence fixe qui débite sur une bobine de grand diamètre et de forme particulière appelée bobine émettrice. A faible distance de celle-ci se trouve une autre bobine, appelée réceptrice, suivie d'un amplificateur et d'un circuit de mesure de niveau du signal recueilli.

La présence à proximité de ces bobines d'une masse métallique modifie leur coefficient de couplage mutuel et, donc, le niveau du signal recueilli sur la bobine réceptrice. L'efficacité de ces détecteurs repose en grande partie sur l'art et la manière de réaliser la tête de détection qui, vous l'avez compris, doit contenir les deux bobines suivant une savante imbrication pour qu'elles ne soient ni surcouplées (auquel cas on ne détecterait jamais rien !) ni sous-couplées (auquel cas on détecterait n'importe quoi).

Les détecteurs à variation de fréquence

Ces appareils sont, et de loin, les plus utilisés dans toutes les réalisations sérieuses. Ils peuvent faire appel à trois types de schémas différents mais qui tous font appel au même principe. Un oscillateur, dont la bobine qui fixe la fréquence de fonctionnement est aussi la bobine de détection, oscille de façon très stable.

Son signal de sortie est appliqué, dans le cas de la figure 4, à un convertisseur

fréquence/tension qui alimente un galvanomètre.

Lorsque la bobine s'approche d'une masse métallique, son inductance varie dans un sens ou dans l'autre selon que le métal est ferreux ou non, et la fréquence de fonctionnement de l'oscillateur fait de même. Le galvanomètre placé en sortie du convertisseur indique donc tout à la fois :

- la présence d'une masse métallique du fait de la variation de son indication par rapport à sa position de repos ;
- le type de métal (ferreux ou non, n'en demandez pas plus tout de même !) selon le sens de sa variation.

Ces détecteurs sont donc tout à la fois des détecteurs et des discriminateurs.

Le deuxième type de réalisation possible, parfois couplé au précédent d'ailleurs, fait appel à un deuxième oscillateur, comme schématisé figure 5, oscillateur à fréquence fixe celui-là. On mélange alors les signaux issus de ces deux oscillateurs. La différence de fréquence de fonctionnement donne un signal appelé parfois signal de battement. Sous réserve d'un choix judicieux des fréquences de travail, ce signal peut être dans la gamme audible, et un casque et les oreilles de l'opérateur constituent alors le système de détection. Il faut savoir en effet que, si l'un des oscillateurs fonctionne à 150 kHz et l'autre à 152 kHz, le mélange de ces deux signaux donnera une fréquence somme de 302 kHz, sans intérêt dans notre cas, et une fréquence différence de 2 kHz parfaitement audible, elle.

Le troisième type de réalisation possible est celui présenté figure 6 et n'est autre que la version moderne du précédent. C'est d'ailleurs celui que nous avons adopté pour le montage que nous vous proposons. Nous retrouvons bien évidemment notre oscillateur et sa bobine de détection mais, cette fois-ci, la mesure de variation de fréquence est confiée à une boucle à verrouillage de phase.

Le signal issu de l'oscillateur de mesure est appliqué à un comparateur de phase dont l'autre entrée reçoit un signal

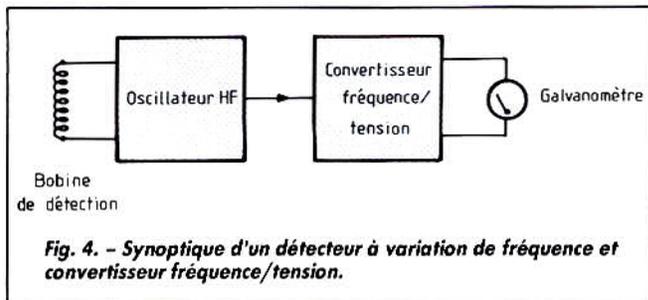
en provenance d'un VCO ou oscillateur commandé en tension. Ce comparateur délivre une tension d'amplitude et de polarité dépendant de la différence des phases et fréquences des signaux d'entrées. Cette tension, convenablement filtrée, permet d'amener la VCO à osciller sur la même fréquence que l'oscillateur à bobine. Il suffit donc de mesurer cette tension, dite tension d'erreur, pour savoir qu'une masse métallique est détectée et pour connaître sa nature.

Les performances

Vous l'avez certainement compris à la lecture de ces lignes, la détection des métaux ne tient pas du miracle mais tout simplement des lois de la physique. Sans faire de développement mathématique complexe, vous concevez bien que la variation d'inductance de la bobine, sur laquelle reposent tous les principes de détection, est d'autant plus faible que la taille de la masse métallique est elle-même faible et que celle-ci est éloignée.

En outre, si des matériaux contenant des constituants à caractéristiques métalliques se trouvent placés entre la bobine de détection et la zone de recherche ou à proximité de celle-ci, ils vont perturber les mesures, voire même les rendre complètement impossibles.

Contrairement à une idée reçue, la terre ordinaire contient bien souvent de tels constituants sous forme de sels mé-



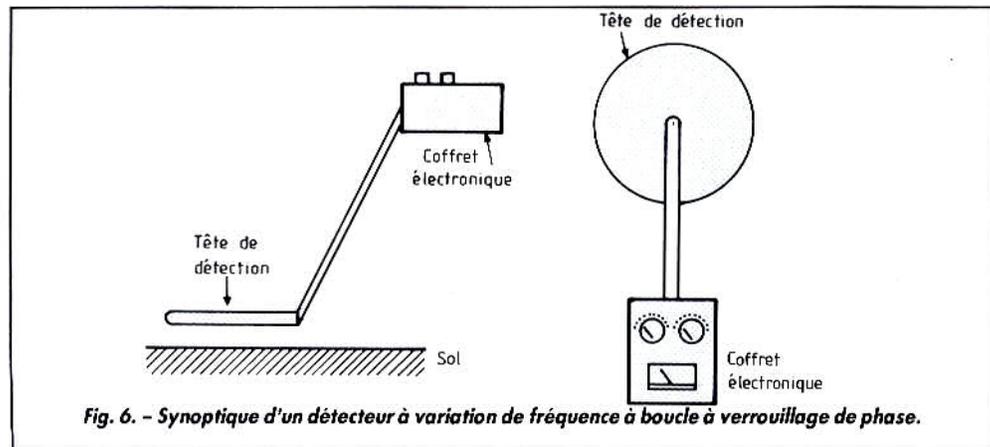
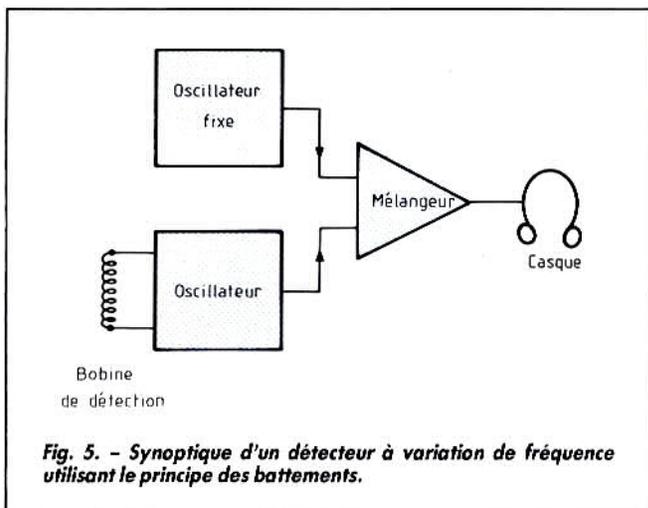
talliques variés qui, s'ils n'empêchent pas de détecter une citerne à mazout enterrée, rendent tout à fait illusoire la recherche de la boucle d'oreille de la tante Hortense tombée dans le jardin ! Les seuls endroits où ce genre de sport reste praticable sont les plages de sable, car ce dernier est à peu près vierge de sels métalliques.

C'est d'ailleurs en partie pour cela que certains magasins font essayer leurs détecteurs au-dessus d'un bac à sable

dans lequel ont été préalablement enfouies des pièces de monnaie et autres capsules de bouteilles.

Le seul remède à ce mal est la réalisation d'un montage dit à compensation de l'effet de sol qui, s'il n'est pas hors de portée de l'amateur moyen, n'en reste pas moins assez complexe.

Ce n'est pas notre but aujourd'hui, et notre détecteur ne fera donc pas mieux que ses homologues du même type du commerce ; il faut en



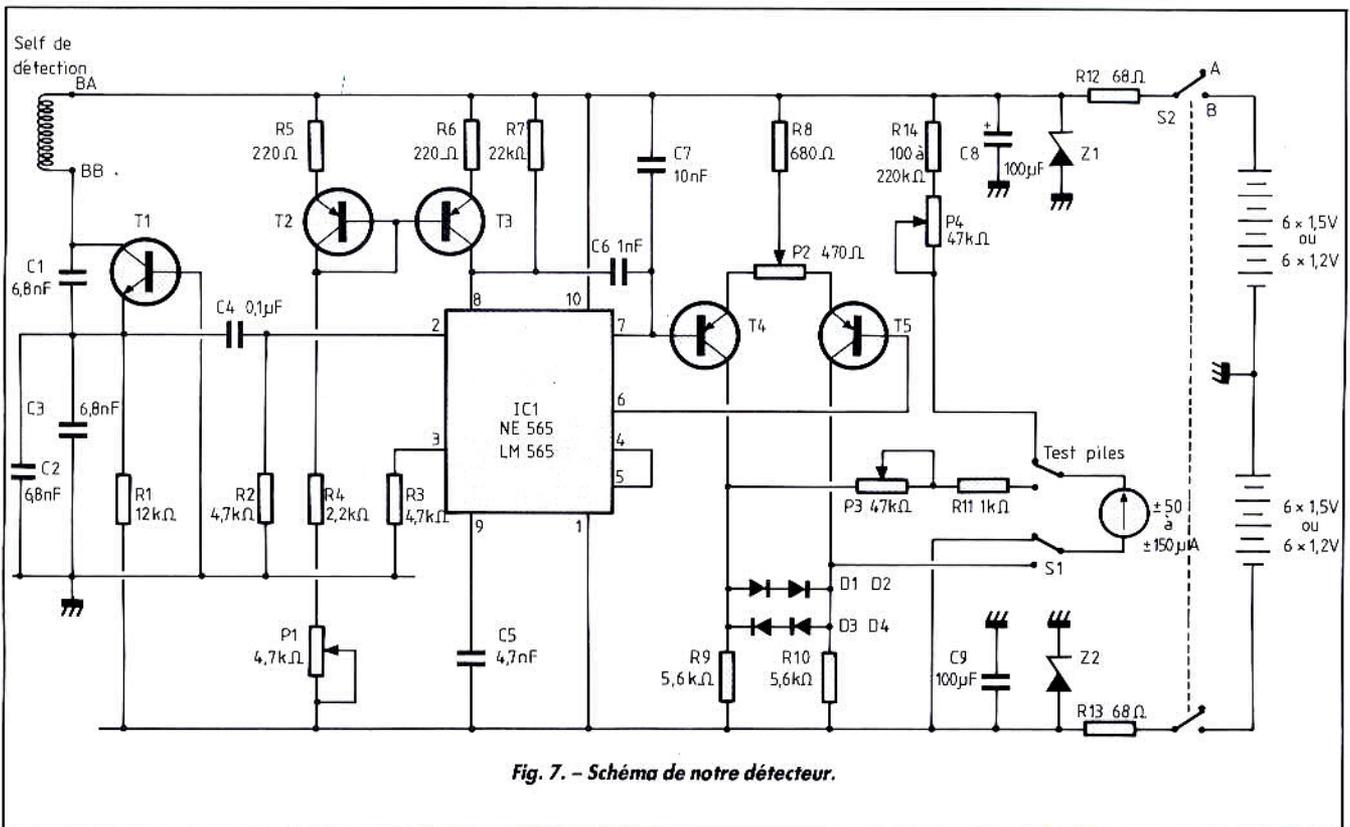


Fig. 7. - Schéma de notre détecteur.

être conscient. En revanche, il fera aussi bien et très certainement pour moins cher eu égard à la simplicité de son schéma, que nous allons maintenant étudier.

Notre schéma

Nous avons fait appel à une suggestion fournie dans une note d'application Signetics déjà ancienne mais qui présentait le mérite d'être suffisamment astucieuse pour ne pas nécessiter de modernisation, même après quelques années.

Comme vous pouvez le constater à l'examen de la figure 7, le schéma est particulièrement simple, principalement grâce à l'utilisation d'un circuit intégré contenant le VCO et le comparateur de phase qui forment, comme nous venons de l'expliquer, le cœur de notre boucle à verrouillage de phase. Ce circuit est néanmoins très répandu et fort peu coûteux, ce qui ne gêne rien.

Afin de pouvoir comprendre plus facilement le schéma, vous trouverez en figure 8 le

synoptique interne simplifié du circuit intégré. Nous voyons qu'il contient un oscillateur contrôlé en tension ou VCO dont l'entrée de commande est reliée en interne au comparateur de phase. Les entrées de ce dernier sont directement accessibles de l'extérieur tandis que sa sortie est disponible après passage au travers d'un amplificateur également intégré. Dès lors, notre schéma est très simple à analyser. Le transis-

tor T₁ est monté en oscillateur Colpitts dont la seule et unique bobine est tout à la fois celle de détection et celle qui fixe la fréquence de fonctionnement, comme expliqué ci-avant. La sortie de cet oscillateur est appliquée à une des entrées du comparateur de phase de IC₁ qui reçoit, par ailleurs, la sortie de son propre VCO interne. La fréquence de fonctionnement de ce dernier est fixée par le condensateur C₅ et par le courant en-

trant par la patte 8. Ce courant est ajustable grâce au potentiomètre P₁ puisque l'ensemble T₂-T₃ constitue un générateur à courant constant. On peut ainsi amener, en l'absence de tout élément métallique placé à proximité de L₁, la fréquence du VCO à la même valeur que celle de l'oscillateur à bobine. La tension d'erreur délivrée par le comparateur de phase est appliquée à T₄ tandis qu'une tension de référence

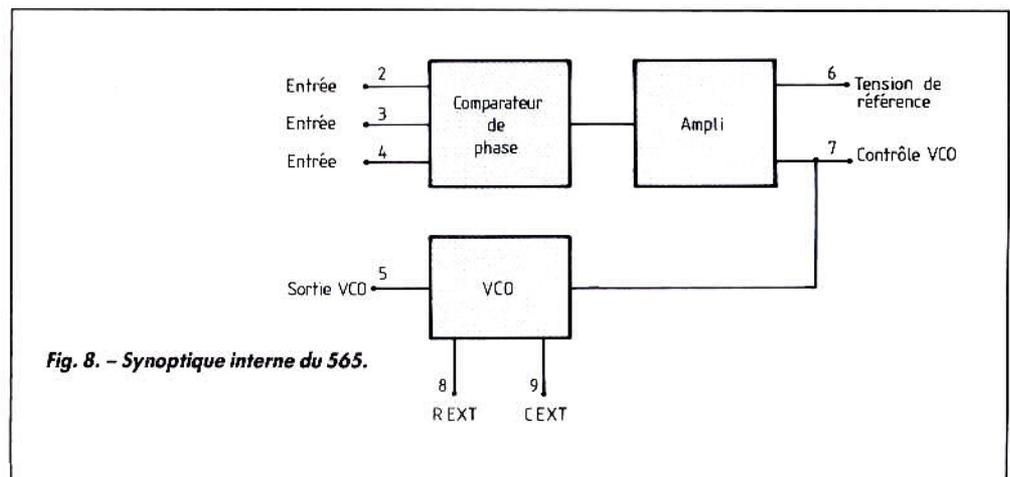


Fig. 8. - Synoptique interne du 565.

Nomenclature des composants

Semi-conducteurs

IC₁ : NE565 ou LM565
 T₁ : BC 547, 548, 549
 T₂, T₃, T₄, T₅ : BC 557, 558, 559
 D₁, D₂, D₃, D₄ : 1N914 ou 1N4148
 Z₁, Z₂ : Zener 6,2 V 0,4 W, par ex. BZY88C6V2

Résistances 1/4 W 5 %

R₁ : 12 kΩ
 R₂, R₃ : 4,7 kΩ
 R₄ : 2,2 kΩ
 R₅, R₆ : 220 Ω
 R₇ : 22 kΩ
 R₈ : 680 Ω
 R₉, R₁₀ : 5,6 kΩ
 R₁₁ : 1 kΩ
 R₁₂, R₁₃ : 68 Ω
 R₁₄ : 100 kΩ à 220 kΩ (selon sensibilité galvanomètre)

Condensateurs

C₁, C₂, C₃ : 6,8 nF mylar
 C₄ : 0,1 μF mylar
 C₅ : 4,7 nF céramique
 C₆ : 1 nF céramique
 C₇ : 10 nF céramique ou mylar
 C₈, C₉ : 100 μF 15 V

Divers

P₁ : potentiomètre ajustable pour CI de 4,7 kΩ, modèle debout
 P₂ : potentiomètre linéaire de 470 Ω
 P₃ : potentiomètre linéaire de 47 kΩ
 P₄ : potentiomètre ajustable pour CI de 47 kΩ, modèle debout
 S₁ : inter 2c 2p
 S₂ : inter 2c 2p
 G : galvanomètre à zéro central ± 50 μA à ± 150 μA
 20 mètres de fil émaillé de 10 à 15/10 de mm de diamètre

interne alimente la base de T₅. Ces deux transistors constituent un amplificateur différentiel simple, mais suffisant. Leurs collecteurs alimentent un galvanomètre à zéro central qui reste au repos en l'absence de masse métallique et

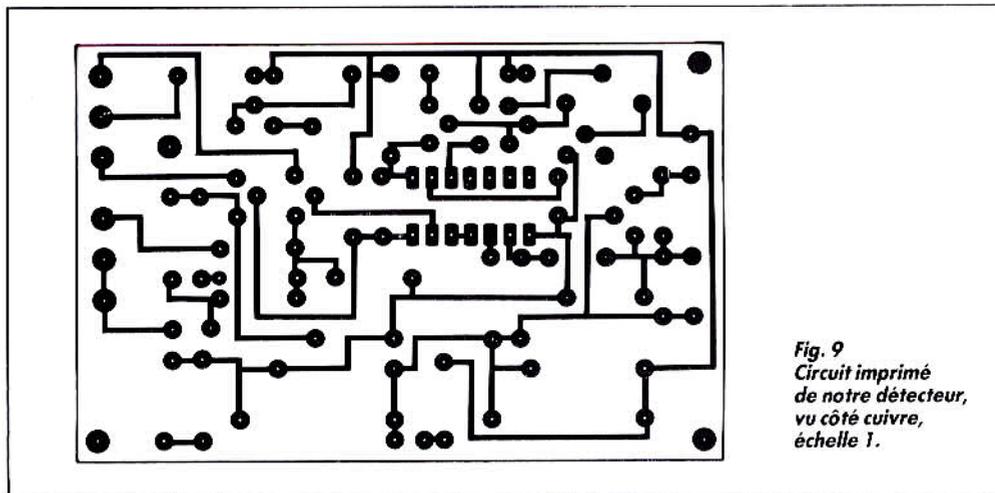
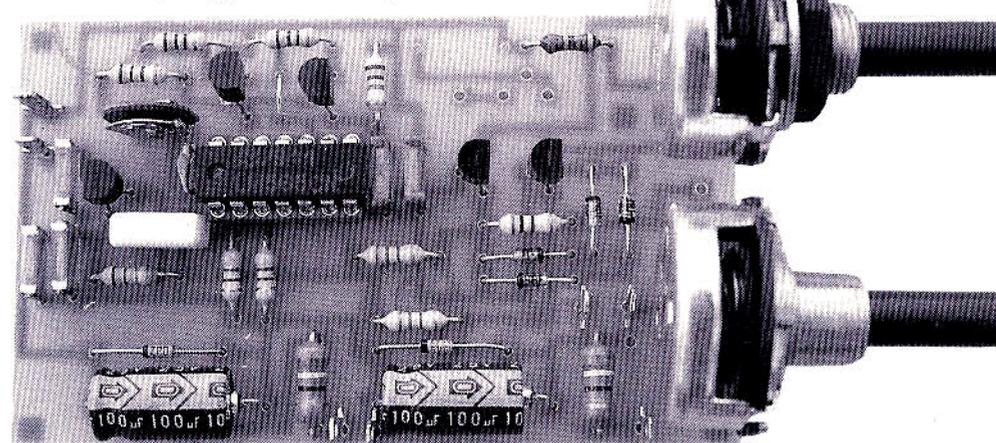


Fig. 9
Circuit imprimé de notre détecteur, vu côté cuivre, échelle 1.

Un circuit fort simple supporte tous les composants.



qui dévie dans un sens ou dans l'autre selon la nature du métal détecté.

Le potentiomètre P₂ permet d'ajuster le zéro en jouant sur l'équilibrage de l'amplificateur différentiel tandis que P₃ fait varier la sensibilité du montage ou, plus exactement, de son indicateur.

L'alimentation est confiée à des piles ou batteries cadmium nickel rechargeables, ce qui, pour une utilisation intensive, s'avérera certainement plus économique. Pour que les oscillateurs soient raisonnablement stables, il est nécessaire de stabiliser les tensions d'alimentation du montage. On utilise donc deux jeux de six piles de 1,5 V ou de six batteries de 1,2 V et l'on réduit les tensions délivrées à 6,2 V grâce aux diodes Zener Z₁ et Z₂. Un inverseur permet

de connecter temporairement le galvanomètre aux bornes de ces piles aux accumulateurs via un diviseur de tension approprié afin de s'assurer qu'elles délivrent encore une énergie suffisante à la bonne marche du montage.

La réalisation

L'approvisionnement des composants ne doit poser aucun problème. La self L₁ n'est évidemment pas disponible toute prête, mais nous verrons dans un instant comment la réaliser. Pour ce qui est du galvanomètre à zéro central, sa sensibilité est peu critique et peut varier de ± 50 μA à ± 150 μA sans modification notable des performances. Point n'est besoin de choisir un modèle de grande taille, précis et coûteux ; en effet

seuls comptent ici le fait que l'aiguille dévie et son sens de déviation. Les galvanomètres utilisés, par exemple, pour l'accord de certains tuners conviennent donc très bien.

Tous les composants, à l'exception de la self de détection et des interrupteurs, prennent place sur un circuit imprimé dont le tracé vous est présenté figure 9.

L'implantation ne pose pas de problème particulier en suivant les indications de la figure 10. Le circuit intégré n'est pas fragile et n'a donc besoin de support que si vous avez peur de trop le chauffer en soudant !

Le travail le plus délicat, si l'on peut dire, est de réaliser la self. Pour cela, il faut se munir de fil émaillé de 10 à 15/10 de mm de diamètre environ et d'un support circulaire de

21 cm de diamètre. Nous avons utilisé un vieux seau en plastique dans lequel nous avons planté des clous afin de constituer un guide pour le bobinage. Sans cela, celui-ci glisse en effet très facilement et rend la réalisation de la bobine acrobatique. Il suffit ensuite de bobiner 30 spires de fil, en vrac, de façon à former une sorte de gros boudin. Des petits colliers en plastique utilisés habituellement pour maintenir les câbles électriques ou quelques petits morceaux de ce même fil émaillé sont alors répartis tout autour de la bobine pour maintenir fermement ses spires avant de pouvoir l'enlever de son support improvisé.

Muni de cet élément, et avant de procéder à la mise en boîtier finale, il est alors prudent de procéder à un essai sur table pour s'assurer qu'aucune erreur n'a été commise.

Essais et montage définitif

Placez votre bobine à environ un mètre du montage et, bien évidemment, loin de toute masse métallique. Reliez-la au montage par du fil blindé dont la tresse sera connectée au point repéré BA sur le CI, l'âme du câble arrivant en BB. Placez P₂ à mi-course et P₃ en butée côté résistance maximale et mettez sous tension. Agissez alors doucement sur P₁ pour amener le galvanomètre à sa déviation minimale. Au fur et à mesure que vous approchez de ce point, augmentez sa sensibilité en diminuant P₃. Pendant cette phase des réglages, retouchez éventuellement P₂ dont la position médiane peut ne pas être parfaite, ce qui conduit le galvanomètre à toujours dévier du même côté.

Si, même avec P₁ en butée d'un côté ou de l'autre, vous n'arrivez pas à obtenir l'équilibre du galvanomètre, c'est que votre self ne présente pas les caractéristiques requises. Diminuez ou augmentez son nombre de spires d'une ou deux unités pour corriger ce défaut.

Lorsque le réglage d'équilibre est atteint, approchez un mé-

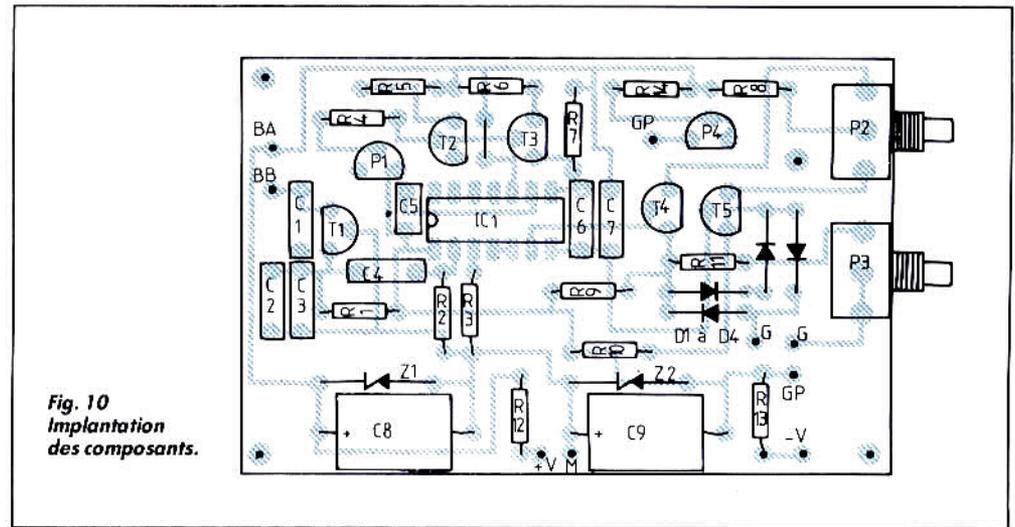


Fig. 10
Implantation
des composants.

tal ferreux de la bobine. Le galvanomètre doit dévier dans un sens. Faites de même ensuite avec un métal non ferreux ; il doit dévier dans l'autre sens. Repérez soigneusement ces deux sens qui vous serviront par la suite.

Vous pouvez alors procéder à la mise en coffret du montage, mais ne bloquez pas, pour l'instant, P₁ avec du vernis car il sera très probablement à retoucher légèrement lors de la mise en place définitive des éléments.

Basculez ensuite l'interrupteur en position « test piles » et ajustez P₄ pour que l'aiguille du galvanomètre arrive sur une position que vous prendrez soin de repérer. Par la suite, lorsque l'action sur l'interrupteur amènera l'aiguille en dessous de ce point, c'est qu'il faudra changer les piles ou charger les batteries.

Le coffret utilisé pour le montage devra s'inspirer de ce

que nous avons dessiné en figure 1. La bobine devra se trouver parallèle au sol en utilisation normale. Elle pourra être montée sur tout support non magnétique (bois ou plastique par exemple) et même être imprégnée de résine de synthèse pour la rendre étanche. Elle devra être reliée au montage par du fil blindé, comme nous l'avons dit ci-avant. Le montage, quant à lui, peut être placé dans tout boîtier à votre convenance. Donnez tout de même la préférence à des boîtiers assez hermétiques afin que l'eau ne puisse pénétrer à l'intérieur à la moindre averse.

Une fois les éléments mis en place, retouchez P₁ si nécessaire puis bloquez son curseur avec une goutte de vernis.

L'utilisation du montage est alors fort simple. Arrivé sur les lieux de détection, diminuez la sensibilité au moyen de P₃, puis ajustez le zéro grâce à

P₂ ; ceci permet, dans une certaine mesure, de compenser certains effets de sol. Déplacez-vous alors doucement en jouant sur P₃ pour augmenter la sensibilité autant que nécessaire. Utilisez les repères réalisés ci-avant lors des essais pour reconnaître la nature des métaux en fonction du sens de déviation de l'aiguille.

Conclusion

Si vous habitez en bord de mer, il ne vous reste plus qu'à arpenter les plages pour y découvrir tout ce que les derniers vacanciers ont oublié ou perdu. Il paraît qu'à défaut d'être une activité lucrative c'est distrayant et digne d'un inventaire à la Prévert.

C. TAVERNIER

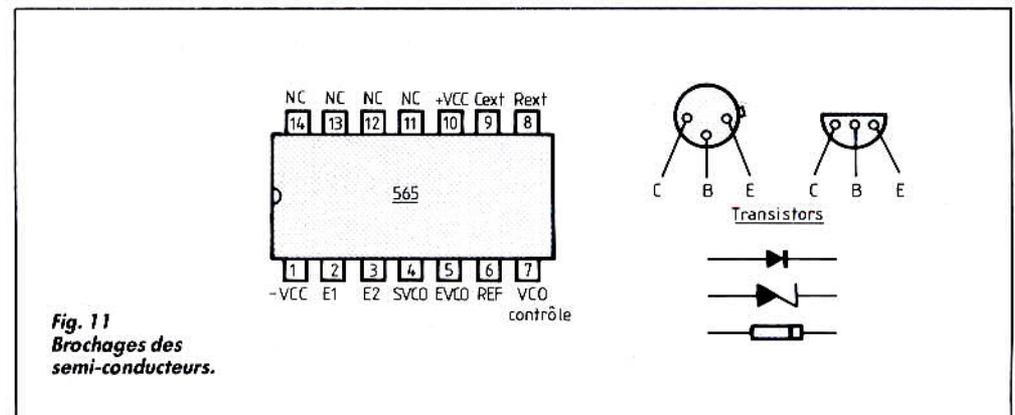


Fig. 11
Brochages des
semi-conducteurs.

Pratique de l'électronique

5^e PARTIE
voir n° 1780 et suivants

Comment réaliser le phasemètre ?

Il y a un élément extrêmement important dans le PLL, élément que nous n'avons, jusqu'ici, pas examiné, le désignant simplement par le mot « phasemètre », soit un petit rectangle dans les schémas.

Nous allons voir deux réalisations de phasemètres, en précisant leurs avantages et inconvénients, ce qui nous amènera à proposer une troisième solution, celle-là tout à fait « de luxe » (comme on dit aux USA, mais on prononce « déliouxe ») : le comparateur phase-fréquence ou « CPF ». Nous supposons systématiquement que les signaux dont nous voulons comparer les phases sont des signaux rectangulaires et, de préférence, symétriques (encore que, dans la solution « basculeur R-S », cette symétrie ne soit pas nécessaire).

Un type très simple de phasemètre est constitué d'un simple circuit « ou exclusif ». Pour l'utiliser correctement, il faut que les signaux dont on veut comparer la phase soient parfaitement symétriques (durée du signal au niveau haut exacte-

Division et multiplication de fréquence

tement égale à sa durée au niveau bas). On sait que le circuit « ou exclusif » (il y en a quatre, par exemple, dans le HEF 4070) donne un niveau haut en sortie quand les niveaux de ses deux entrées sont différents (une entrée haute, l'autre basse). C'est pourquoi on l'appelle aussi « circuit d'anticoïncidence ».

Ce circuit est souvent désigné, dans la littérature technique américaine, sous le nom de « X-OR », qui surprend quelquefois. Pensez seulement à la prononciation de la lettre X en anglais (on dit « aixe »), destinée à rappeler le mot « EXclusif ».

Quelques formes d'ondes

La figure 33 montre ce qui se passe quand on applique aux entrées d'un circuit « ou exclusif » les signaux A et B. La sortie, S, n'est haute que quand A et B sont à des niveaux différents. Si le signal B arrivait en phase avec le signal A, la tension de sortie S serait constamment nulle. A l'inverse, dans le cas où A et B sont en opposition de phase, la tension de la sortie S reste toujours au niveau haut. Il suffit alors de disposer de la valeur moyenne de la tension de sortie, par exemple en utilisant un simple filtre R-C passe-bas (fig. 34), pour avoir un phasemètre.

Comment variera la tension de sortie u en fonction du déphasage entre les signaux ?

On le voit sur la courbe de la figure 35. Pour un déphasage nul, S est constamment égal à zéro, donc u aussi.

Quand le déphasage entre A et B croît, et tend vers une demi-période, la sortie S demeure au niveau haut pendant une proportion de plus en plus grande du temps. Sa valeur moyenne tend donc vers le niveau haut.

Malheureusement, lorsque le déphasage croît encore, dépassant une demi-période (180°) pour tendre vers une période (360°), la valeur de u a la mauvaise idée de diminuer, ce qui est fort regrettable. En effet, plus le retard de phase de B par rapport à A dépasse les 180°, plus il y a d'annulation de S pendant la période, ce qui fait diminuer u . Quand le déphasage a dépassé « un tour » (360°), le

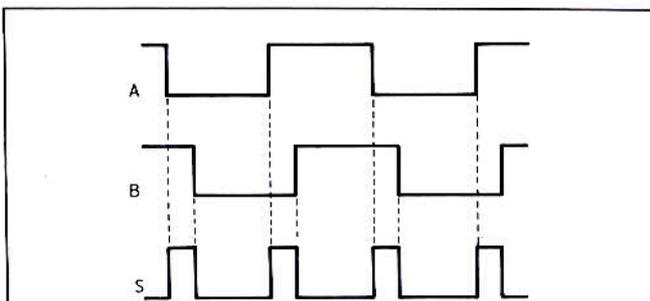


Fig. 33. - La sortie (S) d'un circuit « ou exclusif » n'étant haute que quand ses deux entrées (A et B) ne sont pas au même niveau, cette sortie est haute d'autant moins longtemps, à chaque période, que les deux tensions appliquées en (A) et (B) sont plus proches de la concordance de phase.

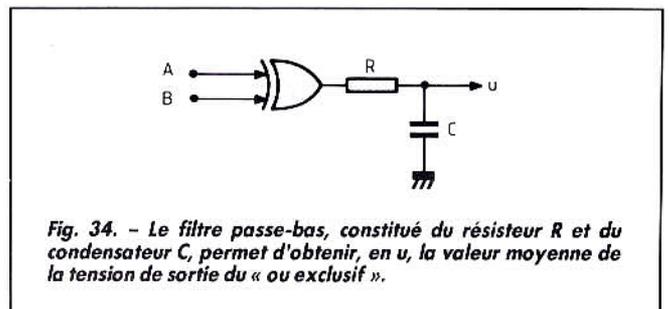


Fig. 34. - Le filtre passe-bas, constitué du résistor R et du condensateur C, permet d'obtenir, en u , la valeur moyenne de la tension de sortie du « ou exclusif ».

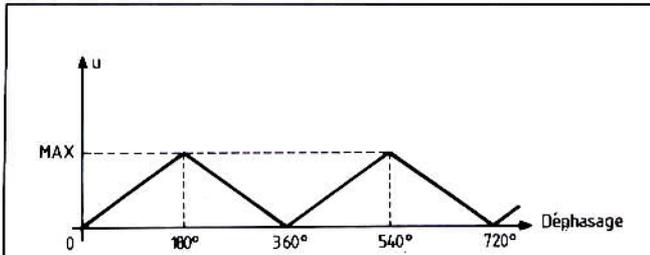


Fig. 35. - La tension moyenne u du circuit de la figure 34 passe donc par un maximum quand les deux tensions d'entrée sont en opposition de phase, elle est nulle quand ces tensions sont en phase.

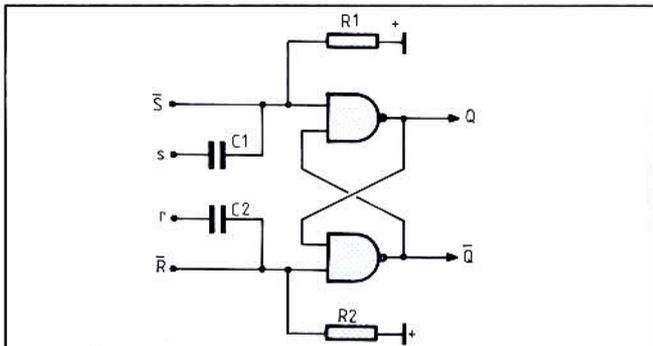


Fig. 36. - Ce bistable dit « R-S » est déclenché par des niveaux bas appliqués à (A) ou à (B) (jamais aux deux à la fois, sinon on ne sait pas quel sera l'état ultérieur du bistable). On peut le déclencher par des flancs descendants, si on l'attaque par des condensateurs.

tout recommence identiquement. Autrement dit, la réponse de ce phasemètre peut être positive (u croissant quand le déphasage croît) ou négative (u décroissant pour une augmentation du déphasage). Nous verrons plus loin qu'on peut s'en accommoder tout de même.

Basculeur R-S en phasemètre

Un autre moyen de comparer la phase de deux signaux, ne nécessitant plus, cette fois, qu'ils soient symétriques, consiste à utiliser un basculeur bistable, dit « R-S ».

Ce circuit, rappelons-le, est caractérisé par le fait que c'est un bistable ayant deux entrées de commande, l'une l'amenant à l'état « travail » (s'il n'y est pas déjà), l'autre le ramenant à l'état « repos », sauf s'il s'y trouve quand on envoie la commande.

Le plus simple, pour avoir un tel bistable, est de le réaliser au moyen de deux portes « nand » (par exemple, deux des quatre portes d'un HEF 4011), ainsi que le montre la figure 36. Les entrées S (comme Set, ou « mis » en état travail, correspondant à $Q = 1$) et R (comme Reset, ou « remis » au repos) doivent normalement être maintenues au niveau haut, d'où la présence des deux résisteurs R_1 et R_2 , dits « de tirage haut » (pull up).

Comme c'est l'application momentanée d'un niveau zéro à l'une de ces entrées qui agit, on désigne souvent ces entrées par \bar{R} et \bar{S} (non-R et non-S), rappelant ainsi que ces entrées sont actives par leur niveau bas.

Normalement, on déclenche un tel bistable par l'application momentanée d'un niveau bas à une des entrées. Il ne faut pas appliquer un niveau bas aux deux entrées à la fois, non que l'on risque ainsi

de détériorer le montage, mais parce que, alors, le bistable est dans un état « anormal », les deux sorties étant hautes simultanément.

Donc, si l'on veut déclencher notre R-S par des flancs, de signaux, il faut utiliser des condensateurs de commande, tels que C_1 et C_2 sur la figure 41. Alors, le déclenchement aura lieu lors d'un flanc descendant de l'entrée s ou r . Comment utiliser ce bistable pour réaliser un phasemètre ? Rien de plus simple : la figure 37 nous indique le montage. Les circuits « dérivateurs » C_1-R_1 et C_2-R_2 doivent avoir des « constantes de temps » (produit de la capacité du condensateur par la résistance du résistor) très petits par rapport à la période des signaux A et B appliqués sur les entrées.

Ainsi, les entrées des portes seront presque tout le temps au niveau haut, sauf pendant un instant très court à chaque

flanc descendant du signal appliqué en A ou B.

La figure 38 montre ce qui se passe lorsque le signal B a un petit retard de phase par rapport au signal A. La sortie M de la porte du haut monte au niveau haut lors des flancs descendants du signal A, elle repasse au niveau bas lors des flancs descendants de B. Elle reste donc au niveau haut pendant une fraction très petite de la période.

A l'opposé, dans le cas de la figure 39, le retard de phase de B par rapport à A atteignant presque une période, on voit que le signal en M est presque toujours haut.

Donc, la tension u en sortie du filtre passe-bas R_3-C_3 passe de presque zéro (quand le retard de phase de B par rapport à A est faible) à une valeur proche du maximum (quand le signal B prend un retard de phase de presque une période par rapport au signal A).

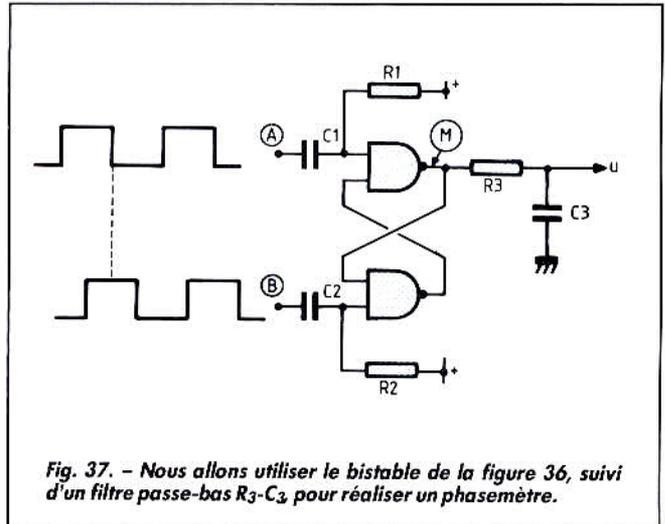


Fig. 37. - Nous allons utiliser le bistable de la figure 36, suivi d'un filtre passe-bas R_3-C_3 , pour réaliser un phasemètre.

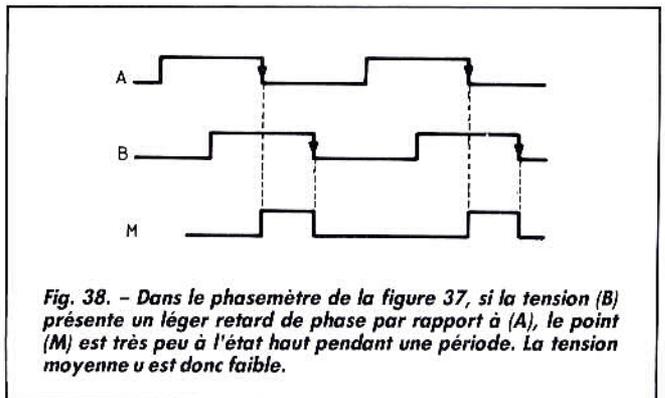


Fig. 38. - Dans le phasemètre de la figure 37, si la tension (B) présente un léger retard de phase par rapport à (A), le point (M) est très peu à l'état haut pendant une période. La tension moyenne u est donc faible.

La courbe de la figure 40 nous indique comment varie la tension u en fonction du déphasage. Ici, plus de changement de pente de la courbe. Evidemment, quand le déphasage atteint 360° , tout recommence comme si l'on repartait d'un déphasage nul : la tension u retombe à zéro et se remet à croître.

Cas de deux fréquences inégales

Ne perdons pas de vue le but de notre phasemètre. Il est destiné à réaliser l'accrochage de l'oscillateur VCO (oscillateur à commande de fréquence par une tension) sur la fréquence de « référence » F_0 .

Nous voulons donc que le phasemètre détecte une différence de fréquence entre les signaux qu'il reçoit. Or, ce phasemètre, comme son nom l'indique, est sensible à la phase des signaux. Il semble y avoir là une difficulté majeure. Quand deux signaux sont à une fréquence très proche, tout se passe comme si la phase de l'un d'eux « glissait » lentement par rapport à celle de l'autre signal. Supposons, par exemple, que le signal A ait une fréquence de 10 000,5 Hz et que B soit à 10 000 Hz exactement.

Supposons aussi que, à l'instant zéro, les signaux A et B soient exactement en phase. Un dixième de seconde plus tard, il y a eu 1 000,05 périodes de A et exactement 1 000 périodes de B. Autrement dit, B a pris un retard de phase de 0,05 période par rapport à A, ce qui correspond $1/20$ de période, soit 18° .

On peut donc dire que le déphasage en retard de B par rapport à A croît de 18° par dixième de seconde, ou de $180^\circ/s$, atteignant 360° au bout de 2 s (pendant lesquelles il y a eu 20 001 périodes de A et 20 000 périodes de B). Toutes les 2 s, les signaux A et B se retrouvent en phase. Si nous appliquons de tels signaux au phasemètre de la figure 37, comment variera la

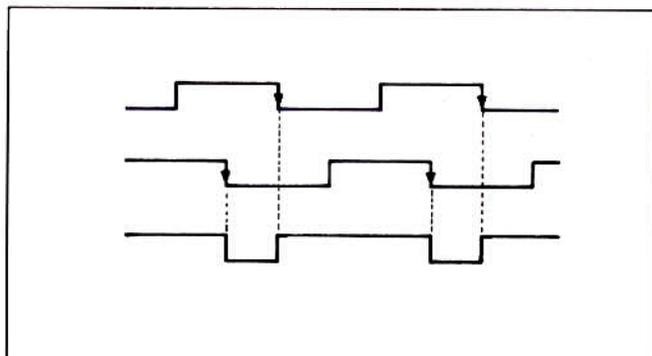


Fig. 39. - Si la tension en (B) présente un grand retard de phase (ou une petite avance, ce qui revient au même) par rapport à (A), la sortie (M) est haute pendant une grande partie de la période, la tension moyenne u est alors élevée.

tension u ? Cela dépend des caractéristiques du filtre passe-bas R_3-C_3 .

Le filtre fait tout

Bien entendu, le filtre en question a été prévu pour supprimer presque totalement la composante à 10 kHz de la tension en M. Mais nous n'allons pas, pour autant, le réaliser avec $R_3 = 1 \text{ M}\Omega$ et $C_3 = 4,7 \mu\text{F}$, car il aurait une atténuation de 3 dB pour une fréquence de 0,03 Hz environ. La tension de sortie u serait « dans la graisse consistante », ne pouvant varier que très lentement.

Supprimer le résidu à 10 kHz de la tension en M, c'est bien, mais supprimer presque totalement la variation à 0,5 Hz de la tension u , cela ne va plus !

Nous souhaitons, au contraire, que la tension u présente une variation lente, à 0,5 Hz, attestant le glissement de phase de B par rapport à A. Ainsi, cette tension u , appliquée au VCO de la fi-

gure 32, va permettre à ce dernier de se « verrouiller » sur la fréquence F_0 (nous supposons, par exemple, que la fréquence initiale du VCO était celle du signal A, soit 10 000,05 Hz, celle du signal B étant la valeur F_0 , soit 10 kHz exactement).

La variation de phase du signal A par rapport au signal B est d'autant plus rapide que la différence des fréquences est grande. Plus le déphasage varie rapidement, plus la variation de u doit pouvoir « suivre », si l'on veut réaliser le verrouillage du VCO sur la fréquence F_0 .

On voit donc arriver ici la première règle d'utilisation du PLL : plus la fréquence de capture du filtre qui suit le phasemètre est basse, plus la plage de capture du PLL sera petite (autrement dit, moins nous tolérerons de différence, au départ, entre la fréquence du VCO et F_0).

En fait, nous nous trouvons devant un paradoxe : nous voulons synchroniser un oscillateur (le VCO) sur un autre en

comparant uniquement les phases de leurs signaux, et la commande qui va nous permettre de réaliser cette synchronisation agit sur la fréquence du VCO.

Une analogie mécanique

Les choses se passent un peu comme si l'on disposait de deux moteurs, chacun entraînant un disque blanc avec un repère radial noir bien visible (fig. 41). Le premier moteur, M_1 , entraînant le disque D_1 , tourne à vitesse parfaitement fixe, il sera « la référence » (équivalent de la fréquence F_0).

Le second moteur, M_2 , entraînant le disque D_2 , a une vitesse qui peut être commandée (c'est l'équivalent du VCO). Un opérateur, regardant les deux disques, veut les amener en « synchronisme », c'est-à-dire obtenir qu'ils tournent à la même vitesse et que, à chaque instant, leurs repères noirs soient parallèles.

Comme les disques tournent trop vite pour qu'on puisse observer leurs repères noirs, l'opérateur a utilisé un stroboscope qui lui permet de voir le mouvement des disques très ralenti.

C'est là que commencent les difficultés. Si les vitesses de rotation des deux disques sont très différentes, l'opérateur pourra, en réglant la fréquence de son stroboscope, voir l'un des disques presque immobile, mais alors l'autre lui semblera tourner très vite.

Il se peut même qu'il ne distingue pas dans quel sens se fait

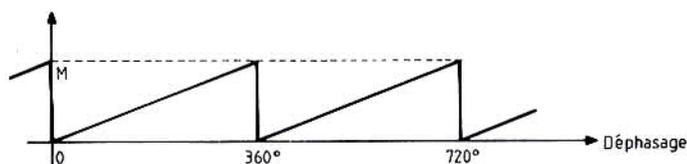


Fig. 40. - La valeur de la tension moyenne u varie en fonction du retard de phase de (B) par rapport à (A) suivant une courbe en dents de scie, très différente de la courbe de la figure 35.

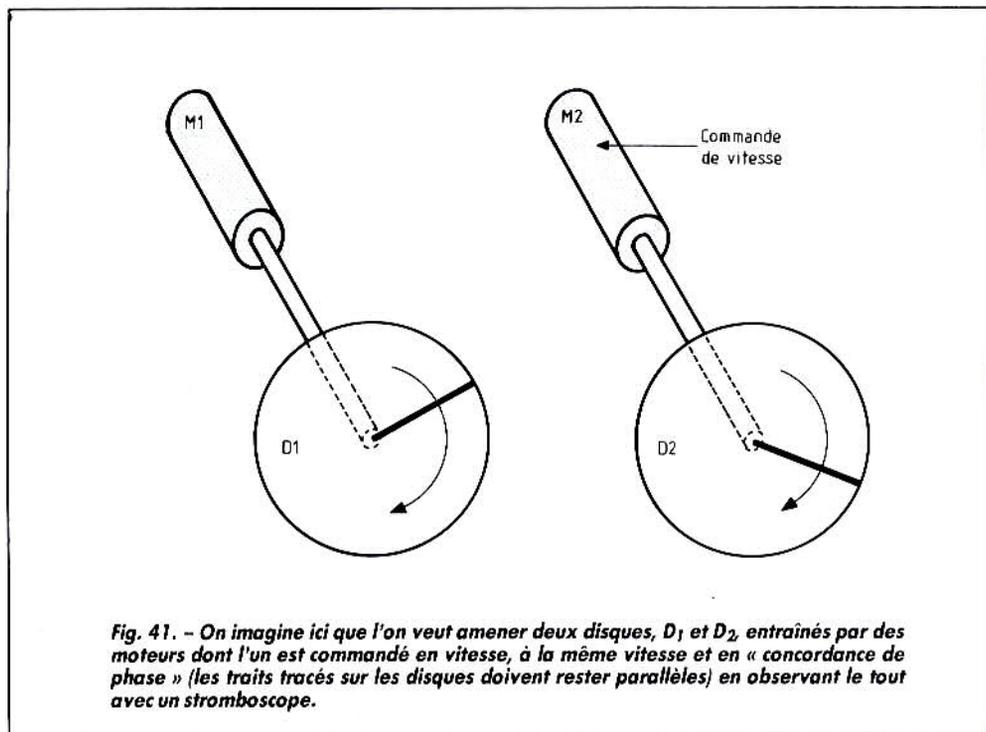


Fig. 41. - On imagine ici que l'on veut amener deux disques, D1 et D2, entraînés par des moteurs dont l'un est commandé en vitesse, à la même vitesse et en « concordance de phase » (les traits tracés sur les disques doivent rester parallèles) en observant le tout avec un stroboscope.

le mouvement apparent (nous parlons de mouvement « apparent » parce que la vision que procure le stroboscope lui fait croire que le mouvement est bien plus lent qu'il n'est en réalité).

Il faudra que la différence des vitesses ne soit pas trop grande pour que, ayant réglé le stroboscope correctement, l'opérateur puisse voir deux mouvements apparents assez lents des disques, dans des sens opposés.

Il va alors, en agissant sur la vitesse de M2 dans le sens adéquat, amener les mouvements apparents des disques à la même vitesse, dans le même sens. Il re-réglera alors son stroboscope, pour que les deux mouvements apparents soient très lents.

S'il sait bien s'y prendre, en agissant avec précaution sur la vitesse de M2, il va amener les deux disques en « synchronisme » (parallélisme des repères noirs). Mais il aura de la peine à les y maintenir, car une différence de vitesse, même très faible, entre les moteurs, introduira entre les positions des repères des disques un « déphasage » qui ira en croissant.

C'est un peu ce qui se passe quand on veut amener sa voi-

ges, la fréquence est généralement déterminée par le produit $R \times C$, R étant la résistance d'un résistor extérieur au circuit, C la capacité d'un condensateur.

Mais ici, si le VCO emploie bien un condensateur, au lieu d'un seul résistor, le montage en utilise deux. Pourquoi est-ce mieux ? Tout simplement parce que l'un des résistors définit la fréquence centrale de l'oscillateur VCO, l'autre définissant l'excursion de fréquence.

Revenons sur ce point. La notice du circuit désigne par R1 le résistor qui arrive sur la broche 11 du circuit, R2 arrivant sur la broche n° 12. Si nous ne connectons pas ce second résistor (en laissant la broche 12 « en l'air »), la fréquence de sortie du VCO ira pratiquement de zéro à un certain maximum, fonction de la capacité du condensateur C et de la résistance de R1.

Mais, si nous relions la broche 12 au + par un résistor R2, dont la résistance soit, par exemple, égale au tiers de celle de R1, la fréquence minimale du VCO ne sera plus zéro, mais à peu près 70 % de la fréquence maximale.

Donc, grâce à l'utilisation de ces deux résistors, il nous sera

possible de faire en sorte que la fréquence du VCO reste dans un domaine limité, ce qui facilite l'accrochage du circuit.

Si, par exemple, vous désirez que votre VCO s'accroche sur une fréquence de 71 kHz, il vaut mieux que la plage de fréquences qu'il peut fournir (en fonction de la tension de commande) aille de 65 à 76 kHz que de 0 à 150 kHz.

Nous conseillons vivement aux lecteurs qui voudraient utiliser le HEF 4046 de demander au fournisseur du circuit une feuille de caractéristiques détaillées.

Certains constructeurs donnent ainsi des foules de renseignements précieux sur l'emploi du 4046, sur les filtres à réaliser, les limites de fréquence du VCO, etc.

D'autres sont infiniment plus « discrets ». Or, la réalisation du filtre lui-même est assez ardue, et nous ne pensons pas la détailler ici, car cela prendrait bien trop de place.

En suivant simplement les indications d'une bonne notice, les lecteurs réaliseront facilement un PLL de fonctionnement irréprochable.

Le premier phasemètre... et l'autre

Quand on regarde le schéma-bloc du HEF 4046, on voit qu'il y a bien un premier phasemètre (tout simplement un « ou exclusif », utilisé comme dans le montage de la figure 34), mais qu'on en trouve un autre, sur lequel le constructeur est un peu discret, et qui est en fait un « CPF » (comparateur phase-fréquence), un des montages les plus ingénieux qui soient.

Nous ne savons pas comment est réalisé le CPF du HEF 4046, mais nous avons eu l'occasion de voir une réalisation de CPF différente, et nous avons pensé qu'une solution aussi intelligente devrait passionner les lecteurs du *Haut-Parleur*, même si elle leur demande (avec nos excuses anticipées) un sérieux effort pour en suivre l'explication.

Revenons sur les phasemètres. Supposons que nous ap-

Le premier phasemètre... et l'autre

Revenons sur les phasemètres. Supposons que nous ap-

Revenons sur les phasemètres. Supposons que nous ap-

pliquions aux deux entrées d'un tel circuit (ou exclusif ou basculeur R-S) des signaux de deux générateurs. L'un est à fréquence F_0 fixe, le second oscille à la fréquence F_1 variable.

Au début, nous calons la fréquence de ce second générateur très près de F_0 .

Pour observer ce qui se passe, nous avons connecté la sortie du filtre du phasemètre à un voltmètre à aiguille (fig. 42).

Si le phasemètre est du type « ou exclusif », comme sur la figure 34, que verrons-nous sur le voltmètre ? Tout simplement une aiguille qui oscille lentement, allant régulièrement de zéro (signaux en phase à ce moment) jusqu'au maximum M (quand les signaux arrivent en opposition de phase), puis revenant, tout aussi régulièrement, vers zéro.

Bref, le mouvement de l'aiguille suit la loi indiquée par la courbe de la figure 35.

Nous avons supposé que F_1 était très proche de F_0 , l'écart entre les deux fréquences étant par exemple de 0,2 Hz, pour que le déphasage varie très lentement (5 s pour déphaser d'une période, soit un aller et retour de l'aiguille).

Augmentons l'écart de F_0 et de F_1 : le mouvement de l'aiguille s'accélère. Si l'écart dépasse les 2 à 5 Hz, il y a fort à parier que l'aiguille, avec l'amortissement habituel des voltmètres, va refuser de suivre une variation aussi rapide de la tension.

On la verra donc osciller (fig. 43) dans une plage située à mi-course entre le zéro et le maximum (ce qui correspondait au déphasage de 180°).

Avec un écart entre F_0 et F_1 qui dépasse 70 Hz, par exemple, l'aiguille, du fait de son inertie, s'immobilise pratiquement à mi-course.

Supposons que, au lieu d'utiliser le phasemètre à « ou exclusif » de la figure 34, nous ayons employé le montage à basculeur R-S de la figure 37. Avec une différence de 0,2 Hz entre F_0 et F_1 , le mouvement de l'aiguille aurait été un peu différent. Au lieu d'aller de zéro à M en 2,5 s et de revenir de M à 0 en 2,5 s, l'aiguille serait allée de zéro à M en

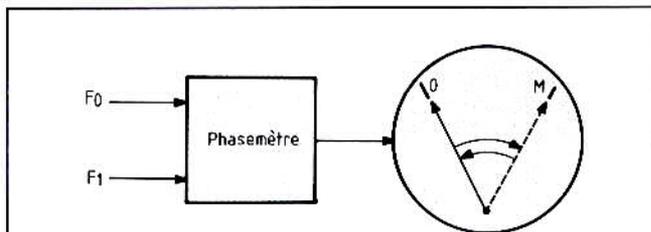


Fig. 42. - Dans le phasemètre de la figure 37, si l'on utilise une fréquence F_1 peu différente de la fréquence F_0 , la variation lente de phase se traduit par un mouvement de l'aiguille d'un voltmètre commandé par la tension u . Il va lentement au maximum, revient très vite au minimum.

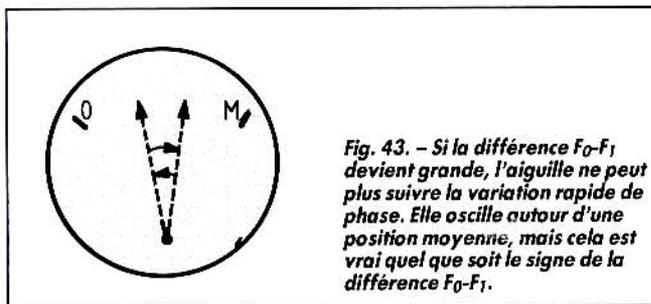


Fig. 43. - Si la différence $F_0 - F_1$ devient grande, l'aiguille ne peut plus suivre la variation rapide de phase. Elle oscille autour d'une position moyenne, mais cela est vrai quel que soit le signe de la différence $F_0 - F_1$.

5 s, puis elle serait revenue très brusquement à zéro, conformément à la courbe de la figure 40.

Mais, en faisant croître la différence des fréquences, l'aiguille se serait, là aussi, prati-

quement immobilisée à mi-course.

Or, il faut le noter parce que c'est important, quand on voit l'aiguille s'immobiliser ainsi (ou presque) à mi-course, cela signifie que les deux fréquen-

ces sont nettement différentes, mais nous ne savons pas laquelle des deux est la plus grande.

Un montage simple... au fonctionnement compliqué

Le fameux CPF (Comparateur Phase Fréquence) va nous permettre de lever cette ambiguïté. Sa structure est fort simple, mais l'explication de son fonctionnement l'est beaucoup moins, ce qui montre qu'il ne faut pas confondre « complexe » et « compliqué ».

La figure 44 nous montre sa structure, les basculeurs (1) et (2) étant chacun fait de deux portes « nand », comme sur la figure 36.

Comme on le voit, le basculeur (1) a sa sortie Q qui passe au niveau haut (ou qui y reste si elle y est déjà) quand on applique en A un flanc descendant. La valeur moyenne de la tension de sa sortie Q, obtenue par le filtre passe-bas $R_3 - C_3$, est u .

De même, ce seront les flancs descendants du signal B qui

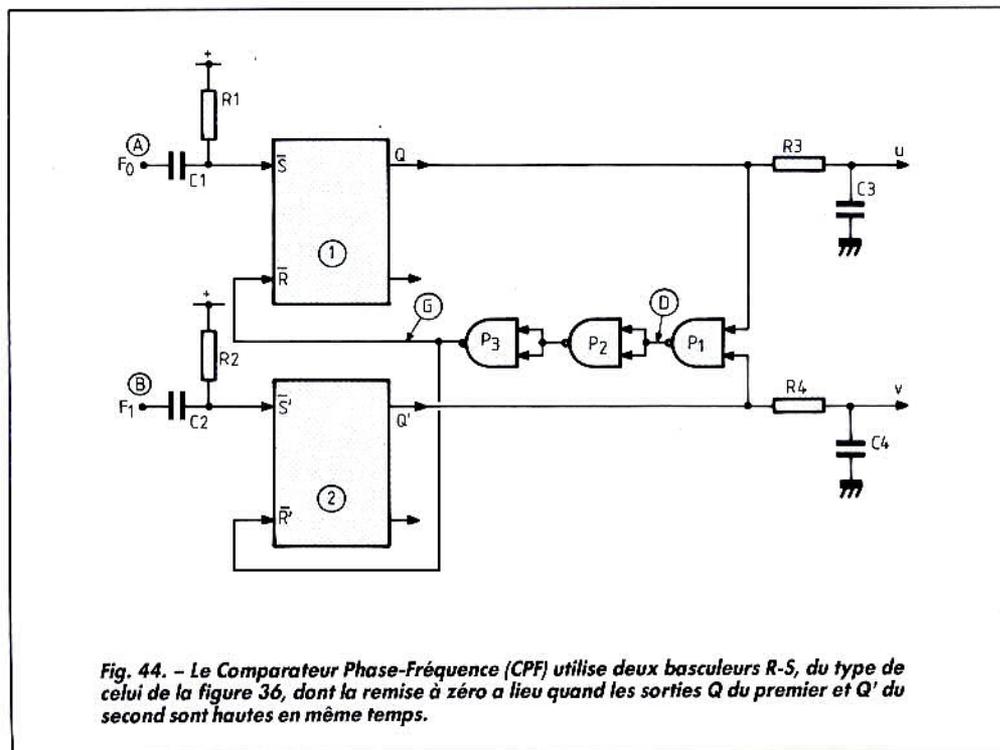


Fig. 44. - Le Comparateur Phase-Fréquence (CPF) utilise deux basculeurs R-S, du type de celui de la figure 36, dont la remise à zéro a lieu quand les sorties Q du premier et Q' du second sont hautes en même temps.

feront passer la sortie Q' du basculeur (2) au niveau haut. La valeur moyenne de la tension de Q' est disponible en v. La porte nand P₁ ne donnera une sortie (D) au niveau bas que si ses deux entrées Q et Q' sont hautes en même temps (comme toute porte nand qui se respecte).

Ce qui surprend, au premier abord, c'est la présence des portes P₂ et P₃, chacune montée en « inverseuse » (les deux entrées reliées entre elles), ce qui fait que le niveau logique en (G) est le même qu'en (D) (puisque'il est « le contraire de son opposé »). Donc, à première vue, ces portes ne servent à rien. Méfiez-vous des conclusions trop rapides et continuons.

Supposons, au départ, que les sorties Q et Q' soient toutes les deux basses, donc (D) et (G) sont au niveau haut et les entrées R des deux basculeurs n'agissent pas.

Supposons que ce soit le basculeur n° 1 qui reçoive le premier flanc descendant sur son entrée A. Sa sortie Q passe au niveau haut. Comme il n'y a qu'une seule entrée de la porte P₁ qui est haute (Q' est toujours bas), (D) et (G) restent au niveau haut.

Maintenant, c'est le second basculeur qui va recevoir un flanc descendant sur l'entrée B : normalement, la sortie Q' doit passer au niveau haut, et c'est bien ce qu'elle fait.

Mais, alors, la porte P₁ a ses deux entrées hautes, ce qui fait passer sa sortie (D) au niveau bas. Les portes P₂ et P₃ vont transmettre ce niveau en (G), ce qui va remettre à zéro les deux basculeurs, faisant descendre à la fois les sorties Q et Q'.

Autrement dit, le basculement du basculeur (2) est un basculement « suicide », puisqu'il provoque, par là même, une action qui tend à le ramener

au zéro. Pauvre basculeur (2) ! En même temps, le premier basculeur est, lui aussi, ramené à zéro. Donc, quand une des sorties, Q ou Q', est déjà haute, la montée de l'autre sortie provoque la redescende des deux sorties.

Il convient de remarquer que, si le basculeur n° 2 avait été le premier à passer au niveau haut, c'est le basculement du n° 1 qui serait du type « suicide ».

Le retour à zéro de la sortie Q qui monte en second est-il rigoureusement instantané ? Non, car il faut compter les délais de propagation des signaux dans les portes. Pour être sûr que le tout fonctionne correctement, on a augmenté le temps qui s'écoule entre la montée de la seconde des sorties (Q ou Q') et leur redescende simultanée.

C'est là qu'interviennent les portes P₂ et P₃, sans action sur le niveau logique, mais faisant

intervenir leurs délais de propagation, pour retarder un peu la remise au zéro des deux basculeurs. Oh ! il ne s'agit pas d'heures, mais de quelques nanosecondes.

En fait, pour le basculeur qui bascule en second (et remet les deux basculeurs à zéro), on a voulu que le « contre-ordre » (remise à zéro) ne suive pas de trop près l'« ordre » (mise à 1), pour que tout fonctionne correctement.

Précisons enfin que si, les sorties Q et Q' étant basses toutes les deux, il y avait simultanément un flanc descendant sur l'entrée A et sur l'entrée B, nous assisterions à un « suicide collectif » : les deux sorties Q et Q' passeraient toutes deux, ensemble, au niveau haut, ce qui les ferait repasser quelques nanosecondes plus tard au niveau bas toutes les deux.

(à suivre)

J.-P. OEHMICHEN

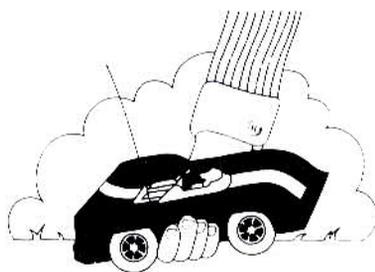
B L O C - N O T E S

30 000 m² DE MAQUETTES ET MODELES REDUITS

Le prochain Salon international de la maquette et du modèle réduit, qui se tiendra du 30 mars au 7 avril 1991, bénéficiera de 30 000 m² couverts, dont la moitié avec 25 mètres sous plafond, au Palais des expositions de Paris, porte de Versailles, hall 1. Les organisateurs espèrent ainsi que les visiteurs (170 000 l'an passé) pourront à nouveau profiter d'exhibitions aéronautiques spectaculaires, comme l'étaient celles du CNIT autrefois.

Par ailleurs, un accueil amélioré permettra d'éviter toute attente à l'entrée du salon.

Plus de 200 exposants, fabricants, importateurs et artisans présenteront toutes les nou-



veautés en matière de maquettes et de modèles d'avions, de bateaux, de trains, d'autos, de figurines... Le dernier week-end connaîtra l'organisation d'une Bourse d'échange, où chacun aura la possibilité de découvrir des « trésors » du passé. Du côté des animations,

les espaces réservés aux démonstrations doublent ou triplent de surface pour certains d'entre eux : plus de 200 mètres de piste pour les voitures radiocommandées, de quoi satisfaire les véhicules au 1/4 qui mesurent près de un mètre de long ; un plan d'eau, pour

les évolutions nautiques, dont la surface passe de 400 à 600 m² ; un réseau de trains à vapeur-vive, plus vrais que les vrais, qui roulent au sol et peuvent transporter plusieurs dizaines de passagers ; des figurines par milliers participent à des saynettes ou des dioramas.

Enfin, l'événement aéronautique qui constitue un des points forts du Salon 91, avec près de 2 000 m² d'espace aérien et un gigantesque podium de présentation destiné à accueillir plusieurs centaines de modèles.

Renseignements : CEP, B.P. 317, 92107 Boulogne-Billancourt Cedex. Tél. : (1) 49.09.60.82.

Les enceintes acoustiques : catégories et systèmes en présence

Etroitement associées avec les haut-parleurs qui les équipent, les enceintes acoustiques ont – nul le l'ignore – un rôle déterminant à jouer en matière de restitution des signaux sonores.

Obéissant à des lois strictes, leur conception peut sensiblement varier selon la catégorie à laquelle elles appartiennent, les différences étant grandes qui séparent une simple enceinte close d'une enceinte résonnante ; et, à plus forte raison, d'une enceinte asservie ou d'un ensemble triphonique.

Une bonne raison pour passer en revue les règles et impératifs régissant la réalisation des enceintes acoustiques et faire en quelque sorte le point sur la question.

De l'écran-plan au coffret acoustique

Excités à partir des signaux électriques que leur communiquent les amplificateurs de puissance, les haut-parleurs ont pour fonction principale de transmettre aux masses d'air environnantes des variations de pression plus ou moins fortes et plus ou moins rapides.

Pour y parvenir de façon satisfaisante, il leur importe d'être chargés acoustiquement, de façon à réaliser un couplage optimal entre leur partie vibrante (membrane, diaphragme...) et l'air ambiant.

Aux fréquences correspondant au registre médium ou aigu, cela est généralement obtenu sans grands problèmes. En revanche, pour les fréquences du registre grave, il en va différemment, car on doit alors tenir compte de la longueur d'onde des vibrations transmises.

En effet, sous l'action des déplacements de la membrane des haut-parleurs, des zones de **surpression** et de **dépression** sont engendrées au niveau de celle-ci.

Tant que la distance séparant ces deux zones – localisées à l'avant et à l'arrière de la

membrane – se trouve supérieure à la demi-longueur d'onde des fréquences à reproduire, tout se passe normalement, et les signaux sonores sont correctement restitués. En revanche, lorsque cette distance devient égale ou inférieure à la demi-longueur d'onde des fréquences à reproduire, la **surpression**, créée par exemple à l'avant de la membrane des haut-parleurs, se trouve en partie – voire en totalité – neutralisée par la **dépression** engendrée à l'arrière de celle-ci, et réciproquement.

On est dans ce cas en présence de ce que l'on appelle un **court-circuit acoustique**, dont la principale conséquence est une forte diminution du rendement des haut-parleurs aux fréquences considérées.

Pour y remédier, la solution la plus simple consiste à allonger artificiellement au moyen d'un écran-plan – communément désigné sous le nom de « **baffle** » – la distance séparant les zones de surpression et de dépression. Un tel écran, pour être efficace, doit avoir des dimensions au moins égales à la demi-longueur d'onde de la fréquence la plus basse à reproduire. Ainsi, pour une fréquence à 100 Hz, c'est un

écran carré d'au moins 1,70 m de côté dont on doit pouvoir disposer, compte tenu que la vitesse de propagation des vibrations sonores dans l'air est de l'ordre de 340 mètres/seconde. A supposer que l'on veuille descendre jusqu'à 50 Hz, c'est cette fois un écran mesurant quelque 3,40 m de côté qu'il faudrait utiliser. Donc très difficilement logeable.

D'où une première solution qui consiste à replier les côtés du **baffle-plan** pour en diminuer l'encombrement, la transformation ainsi opérée correspondant à ce que l'on appelle un **coffret à dos ouvert**, dont l'exemple le plus typique est fourni par les ébénisteries de téléviseurs.

Toutefois, le comportement d'un tel coffret – dont la profondeur doit être faible par rapport à ses autres dimensions – n'est guère satisfaisant en pratique.

En effet, on constate généralement qu'il affecte la reproduction sonore de résonances parasites, difficiles à maîtriser, et qui se situent principalement dans le haut du registre grave.

Un inconvénient auquel échappent les **coffrets clos** – appelés parfois, improprement, **baffles infinis** – dont

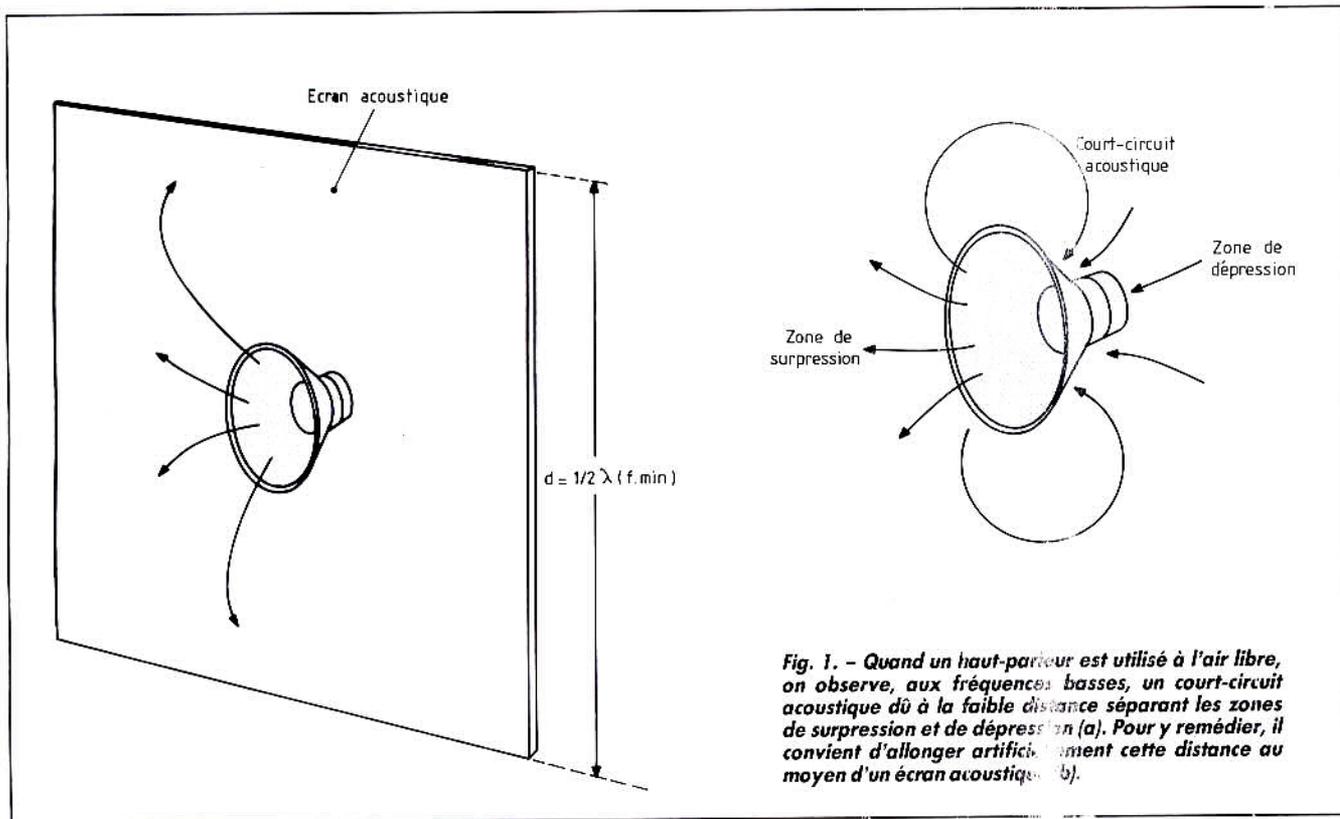


Fig. 1. - Quand un haut-parleur est utilisé à l'air libre, on observe, aux fréquences basses, un court-circuit acoustique dû à la faible distance séparant les zones de surpression et de dépression (a). Pour y remédier, il convient d'allonger artificiellement cette distance au moyen d'un écran acoustique (b).

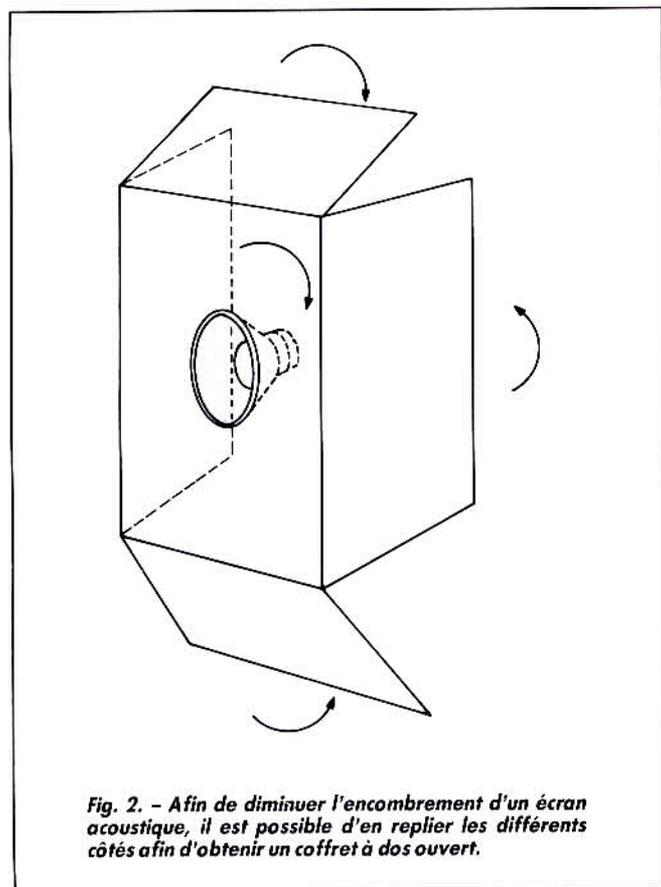


Fig. 2. - Afin de diminuer l'encombrement d'un écran acoustique, il est possible d'en replier les différents côtés afin d'obtenir un coffret à dos ouvert.

la conception permet d'isoler les zones de surpression et de dépression existant de part et d'autre des membranes des haut-parleurs, étant donné qu'elles transmettent leurs vibrations dans deux volumes n'ayant aucune communication entre eux.

Les **coffrets clos** – plus connus sous le nom d'enceintes acoustiques closes – présentent un avantage intéressant : celui de ne nécessiter aucun réglage particulier. En revanche, leur réalisation est délicate car il est indispensable que leur étanchéité soit aussi parfaite que possible et que les résonances internes – correspondant à différents modes d'ondes stationnaires – soient parfaitement amorties.

D'autre part, comme l'onde arrière des haut-parleurs ne peut être utilisée, le rendement des enceintes closes est sensiblement inférieur à celui des autres types d'enceintes acoustiques dont le volume interne communique avec l'extérieur au moyen d'une petite ouverture.

Les enceintes résonnantes

À l'inverse des **enceintes closes** qui ne visent qu'à l'élimination du court-circuit de l'onde avant par l'onde arrière, aux fréquences basses du spectre sonore, les **enceintes résonnantes** – plus connues sous le nom de **bass-reflex** – permettent, en plus, de récupérer une partie de l'énergie rayonnée par le haut-parleur à l'intérieur du coffret de l'enceinte acoustique.

C'est rendu possible grâce à la présence d'une ouverture de petites dimensions assurant un couplage avec l'air ambiant. Leur principe – dérivé du résonateur de Helmholtz – repose sur le fait que, dans une cavité, telle qu'une enceinte close, communique avec l'atmosphère au moyen d'une petite ouverture – ou évent – il existe une fréquence pour laquelle la masse de l'air poussée au travers de l'évent, entre en résonance avec les forces élastiques de

l'air enfermé à l'intérieur de la cavité.

Dans le cas du résonateur de Helmholtz, c'est à un piston vibrant qu'incombe la tâche de comprimer l'air à l'intérieur de la cavité, afin de le pousser au travers de l'évent.

Un rôle qui est confié à la membrane du haut-parleur dans le cas d'une enceinte acoustique, dont les dimensions – autrement dit, la cavité interne – de même que celles de l'évent, sont déterminées de telle sorte que la fréquence de résonance de l'ensemble soit identique à celle de la fréquence de résonance du haut-parleur.

Conséquence pratique, aux fréquences proches de la résonance fondamentale de l'enceinte acoustique, la membrane du haut-parleur étant fortement chargée, ses vibrations se trouvent sensiblement réduites, ainsi que les distorsions associées, tandis que l'évent rayonne un maximum d'énergie sonore.

On comprend que l'on puisse de la sorte améliorer le rendement de l'ensemble haut-parleur/enceinte acoustique dans le registre grave où, normalement, on constate une perte de rendement au point de vue acoustique.

Cette fréquence de résonance s'abaissant lorsque l'on accroît le volume de l'enceinte acoustique – ou encore, en allongeant la longueur du tunnel de l'évent, ou en en diminuant

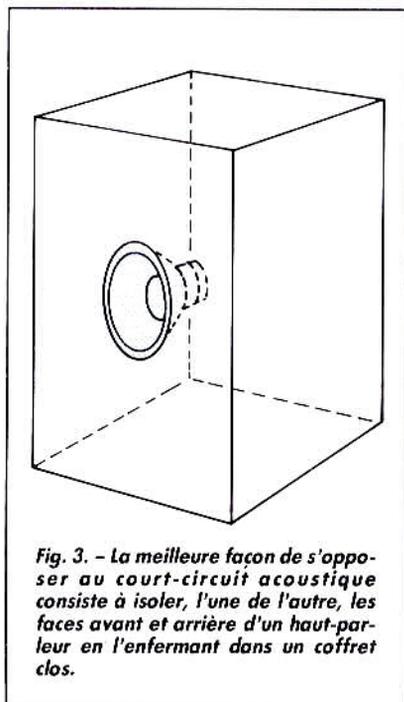


Fig. 3. – La meilleure façon de s'opposer au court-circuit acoustique consiste à isoler, l'une de l'autre, les faces avant et arrière d'un haut-parleur en l'enfermant dans un coffret clos.

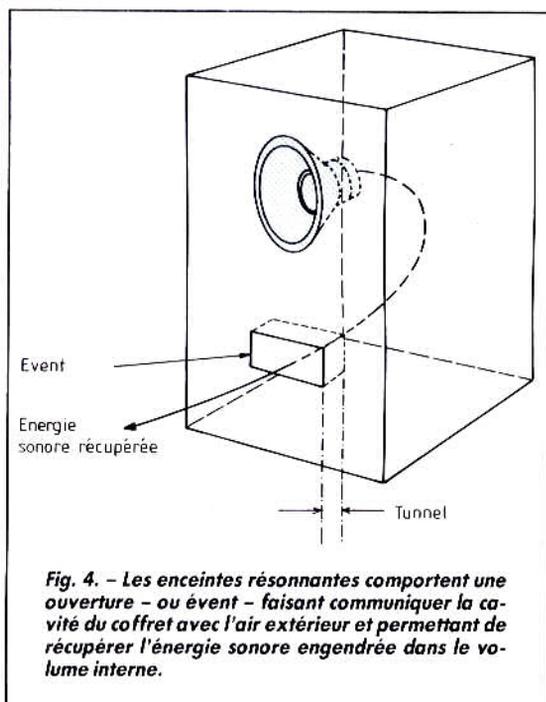


Fig. 4. – Les enceintes résonnantes comportent une ouverture – ou évent – faisant communiquer la cavité du coffret avec l'air extérieur et permettant de récupérer l'énergie sonore engendrée dans le volume interne.

sa section –, il est donc possible d'accorder la résonance de l'enceinte acoustique sur celle du haut-parleur.

D'importantes précautions doivent toutefois être prises si l'on veut éviter que des oscillations parasites indésirables ne résultent de cette association. Ce qui implique un amortissement très étudié de l'enceinte proprement dite.

Pour ces diverses raisons, un certain nombre de variantes ont vu le jour, dont les plus connues sont les enceintes à

radiateur passif et à double résonateur

Les premières font appel à un second haut-parleur – non connecté électriquement à l'amplificateur, mais dont la bobine mobile est généralement court-circuitée – utilisé pour fermer le passage de l'évent, normalement ouvert à l'air libre.

Grâce à cette disposition, on parvient à freiner très efficacement les modes de résonances parasites de l'enceinte acoustique, tout en rendant

possible le transfert, à l'air ambiant, de l'énergie émise par l'évent. La solution est toutefois assez onéreuse car elle nécessite la mise en œuvre de deux haut-parleurs.

C'est pourquoi le second haut-parleur destiné à l'amortissement de la résonance est souvent remplacé par une unité passive, sorte de diaphragme inerte, monté sur une suspension souple.

Les enceintes à double résonateur visent également à la réduction des résonances pa-

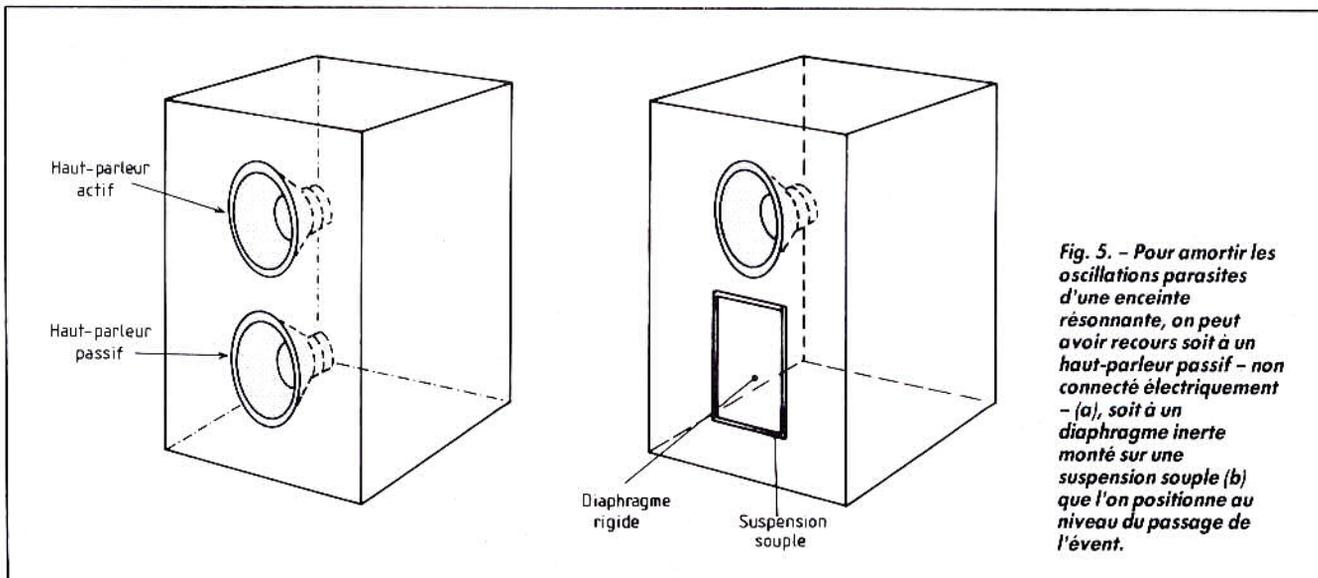


Fig. 5. – Pour amortir les oscillations parasites d'une enceinte résonnante, on peut avoir recours soit à un haut-parleur passif – non connecté électriquement – (a), soit à un diaphragme inerte monté sur une suspension souple (b) que l'on positionne au niveau du passage de l'évent.

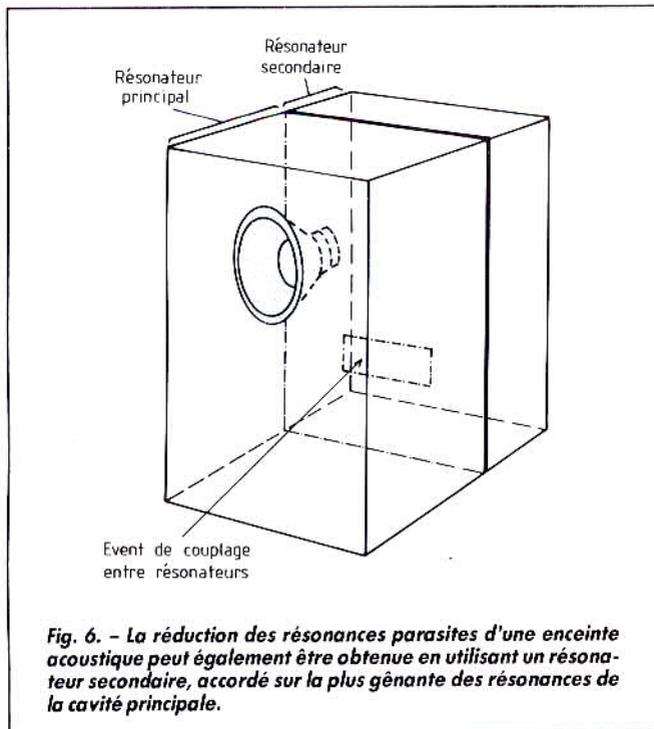


Fig. 6. - La réduction des résonances parasites d'une enceinte acoustique peut également être obtenue en utilisant un résonateur secondaire, accordé sur la plus gênante des résonances de la cavité principale.

rasites, mais, cette fois, en faisant appel à une technologie différente. En effet, ces enceintes sont constituées par deux cavités closes, par rapport au milieu externe, mais couplées entre elles au moyen d'un évent. Celles-ci constituent deux résonateurs, le **résonateur principal** et le **résonateur secondaire**, le dernier nommé ayant pour mission d'absorber la plus gênante des résonances de la cavité principale.

Nettement moins répandue, une dernière catégorie d'enceintes résonnantes mérite d'être signalée. Il s'agit des enceintes à **tuyau sonore**, dont on connaît surtout la variante dite à **labyrinthe ouvert**, nettement moins encombrante compte tenu que le tuyau sonore servant de charge au haut-parleur est remplacé par une chicane de longueur équivalente, constituée par un cloisonnement interne de l'enceinte acoustique. Moyennant quoi les dimensions de ces enceintes peuvent demeurer acceptables, malgré l'obligation qui est faite d'avoir une longueur de tuyau égale au quart de la longueur d'onde correspondant à la fréquence de résonance du haut-parleur utilisé.

L'intérêt de cette formule réside dans l'impédance de charge très élevée du haut-parleur, améliorant considérablement le rendement de l'ensemble. Malheureusement cette amélioration n'est valable que pour une étroite bande de fréquences. Car, au voisinage de toutes les fréquences pour lesquelles la longueur du labyrinthe est un

multiple pair de quarts de longueur d'onde, l'impédance de charge tombe à une très faible valeur. Ce que l'on ne parvient à combattre, en partie, qu'en donnant au labyrinthe une section interne à profil exponentiel.

Les enceintes multivoies

Depuis que la HiFi a définitivement acquis droit de cité, il est devenu courant de ne rencontrer que des enceintes acoustiques équipées de plusieurs haut-parleurs. Souvent deux, généralement trois, parfois davantage. La raison en est simple. En effet, un seul haut-parleur, même large bande passante, n'est pas en mesure de reproduire avec le même rendement l'ensemble des fréquences du spectre sonore. En conséquence, lorsque l'on est désireux de conserver un judicieux équilibre entre toutes les fréquences reproduites, il n'est d'autre solution que de partager l'ensemble du spectre sonore audible en plusieurs sections dont la restitution est confiée à des haut-parleurs spécialisés dans la reproduction du grave, du médium et de l'aigu.

Lesquels doivent recevoir les signaux correspondants par l'intermédiaire de filtres sépa-

rateurs réalisant une sorte d'aiguillage au niveau des fréquences du spectre sonore. Les filtres ainsi utilisés sont des modèles **passifs**, qui viennent se placer entre l'amplificateur de puissance et les haut-parleurs spécialisés.

C'est ainsi que les systèmes à deux haut-parleurs comportent normalement un réseau de filtres à deux voies plus ou moins complexe selon le degré de la pente d'atténuation (généralement 6 dB/octave ou 12 dB/octave) par rapport à la fréquence de coupure qui est comprise entre 500 Hz et 1 500 Hz.

Ces filtres sont du type « passe-haut » et « passe-bas », le premier ayant pour objet de réduire la réponse aux fréquences graves du haut-parleur spécialisé dans le registre aigu ; le second étant destiné à couper la réponse du haut-parleur de graves aux fréquences élevées.

Sur les enceintes les plus sophistiquées, il est généralement tenu compte du déphasage apporté par un tel filtre (90° pour un modèle à 6 dB/octave) que l'on corrige en plaçant le haut-parleur d'aigus légèrement en retrait du haut-parleur de graves.

Plus évolué - donc plus performant en ce qui concerne l'équilibre des diverses fréquences reproduites - un sys-

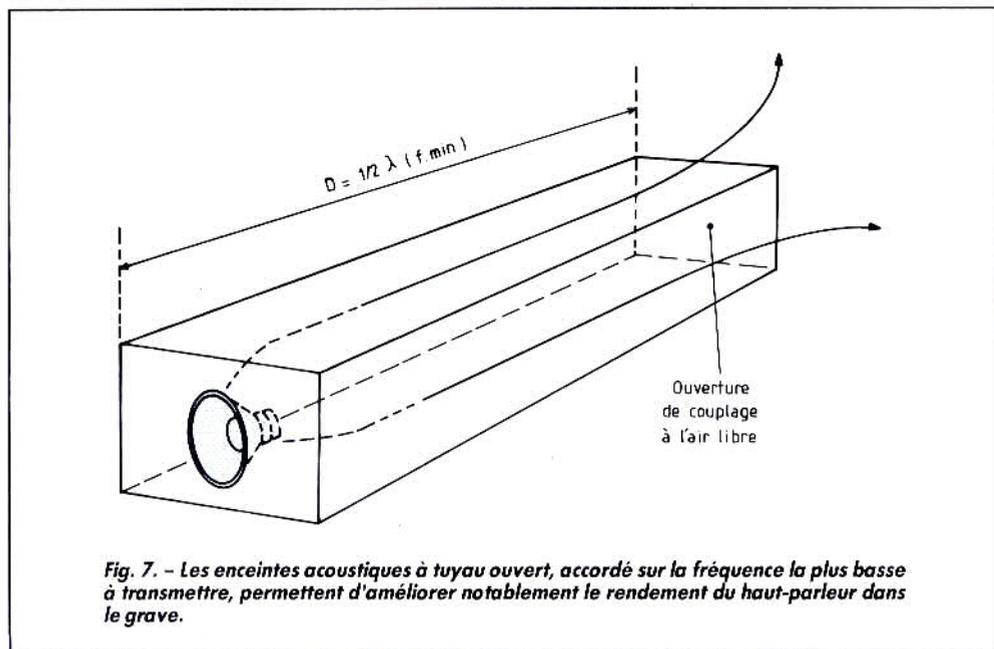


Fig. 7. - Les enceintes acoustiques à tuyau ouvert, accordé sur la fréquence la plus basse à transmettre, permettent d'améliorer notablement le rendement du haut-parleur dans le grave.

tème à trois haut-parleurs comporte d'ordinaire un réseau de filtres à trois voies : un filtre passe-haut, un filtre passe-bande et un filtre passe-bas travaillant comme ceux d'un ensemble à deux voies. Le filtre passe-bande — complémentaire des précédents — contrôle, quant à lui, la gamme des fréquences re-

produites par un haut-parleur spécialisé dans le médium. D'où une réponse acoustique de l'ensemble plus homogène — car présentant moins « d'accidents » que celle d'un ensemble à deux voies. Mais à la condition expresse, toutefois, que les fréquences de coupure — ou de raccordements des divers filtres soient convenablement calculées et bien adaptées aux haut-parleurs utilisés.

Mais s'il est vrai qu'une enceinte à trois voies, bien étudiée, est généralement plus performante qu'une enceinte à deux voies, il ne faut pas pour autant en conclure qu'en multipliant le nombre des haut-parleurs — et, par extension, le nombre des filtres — les choses vont en s'améliorant. La pratique montre en effet que l'on est alors confronté à de sérieux problèmes résultant du couplage

mutuel des haut-parleurs entre eux, qui se traduisent le plus souvent par des absorptions indésirables résultant des inévitables déphasages se produisant entre les fréquences transitant par les filtres et les mouvements des membranes de haut-parleurs multiples. Dans la pratique, la division du spectre sonore au moyen de filtres séparateurs **passifs** — directement en liaison avec les haut-parleurs spécialisés — débouche parfois sur une autre solution, moins répandue, quoique fort intéressante.

C'est la formule dite des **enceintes actives**, dont la principale caractéristique est d'intégrer, dans leur coffret, deux ou trois amplificateurs de puissance, précédés chacun d'un filtre opérant l'aiguillage entre les différentes fréquences du spectre audible.

Associés au niveau des circuits de préamplification, ces filtres sont dits **actifs**, compte tenu qu'ils sont généralement réglables, permettant ainsi d'adapter au mieux les fréquences de coupure aux caractéristiques des haut-parleurs utilisés.

En outre, à l'inverse des filtres passifs, ils ne modifient pas le facteur d'amortissement des

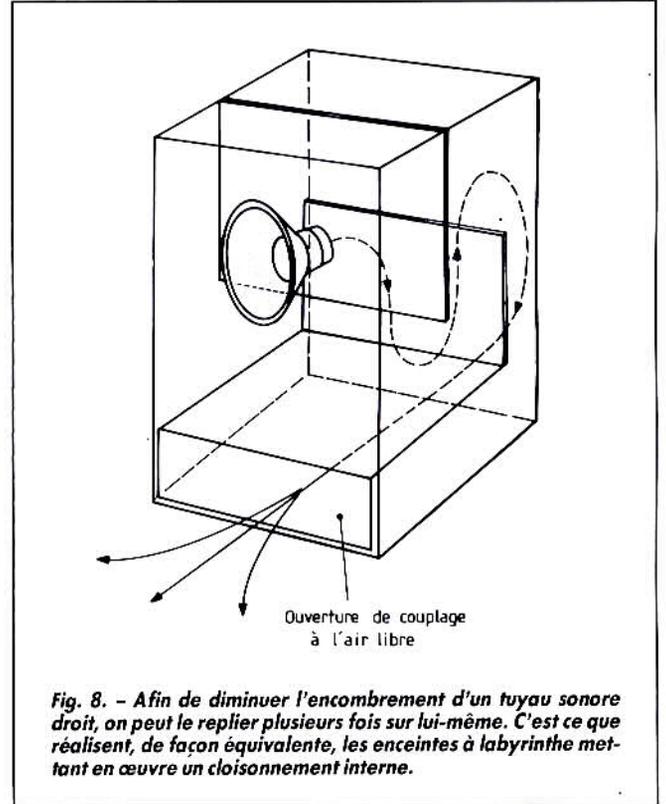


Fig. 8. — Afin de diminuer l'encombrement d'un tuyau sonore droit, on peut le replier plusieurs fois sur lui-même. C'est ce que réalisent, de façon équivalente, les enceintes à labyrinthe mettant en œuvre un cloisonnement interne.

amplificateurs de puissance, puisqu'ils sont placés en amont de ceux-ci. Enfin, et surtout, ils n'introduisent aucun déphasage au niveau des signaux traités.

Les enceintes asservies

Occupant une place à part, les enceintes asservies associent

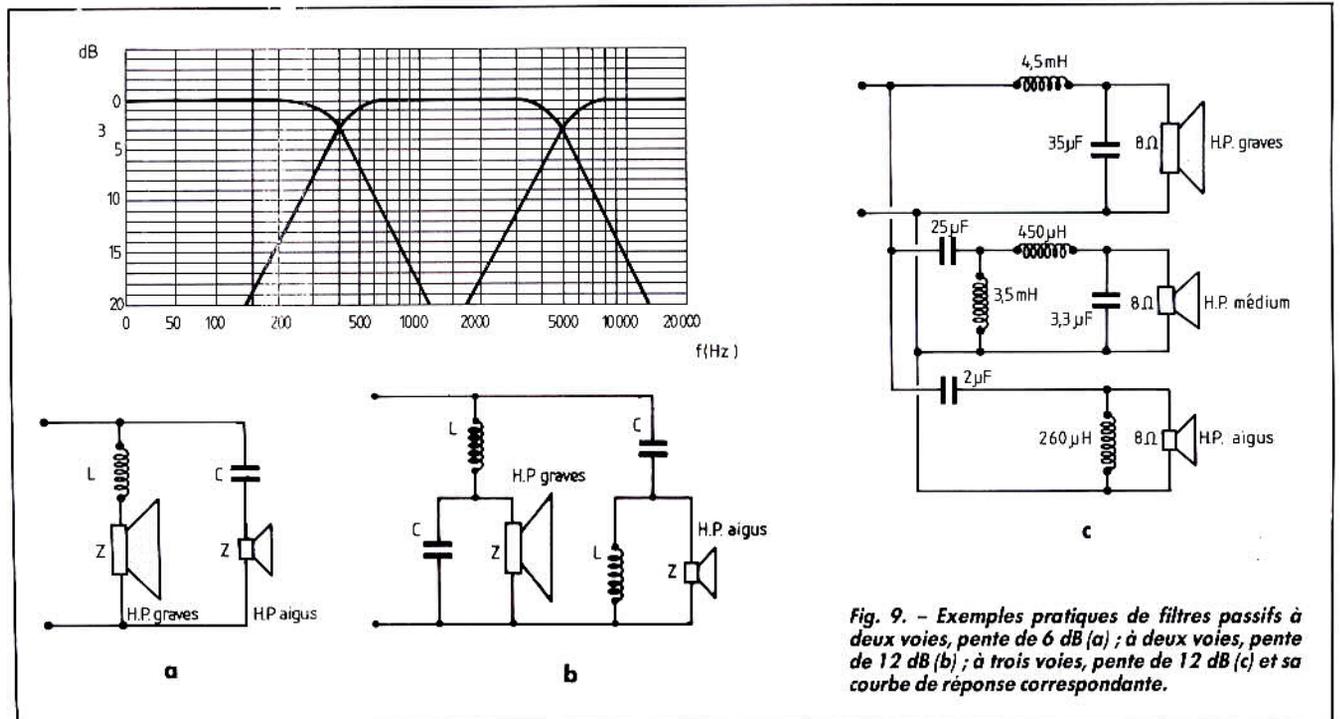


Fig. 9. — Exemples pratiques de filtres passifs à deux voies, pente de 6 dB (a) ; à deux voies, pente de 12 dB (b) ; à trois voies, pente de 12 dB (c) et sa courbe de réponse correspondante.

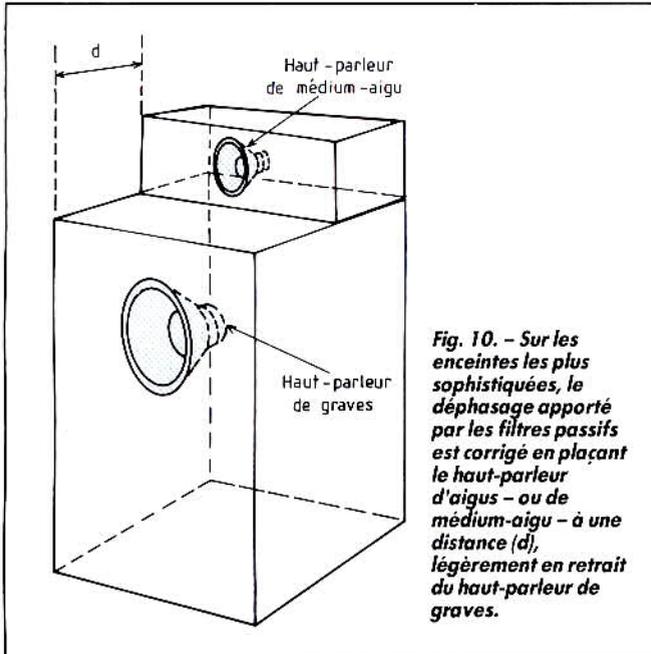


Fig. 10. - Sur les enceintes les plus sophistiquées, le déphasage apporté par les filtres passifs est corrigé en plaçant le haut-parleur d'aigus - ou de médium-aigu - à une distance (d), légèrement en retrait du haut-parleur de graves.

étroitement leur fonctionnement à l'intervention de circuits électroniques, dont le rôle essentiel est de maintenir aussi constante que possible la pression acoustique des signaux sonores reproduits. Notamment dans le registre grave, où la perte de rendement est le plus caractéristique pour une enceinte de conception classique.

Etant donné que la pression acoustique engendrée par un haut-parleur est étroitement liée aux mouvements de sa membrane, l'asservissement va consister à contrôler les mouvements de celle-ci, de façon à obtenir un niveau acoustique aussi régulier que possible.

Les mouvements d'une membrane étant caractérisés par son déplacement, sa vitesse et son accélération, l'asservissement d'un haut-parleur peut donc être obtenu en utilisant chacun de ces paramètres, ensemble ou séparément, au niveau d'une boucle de contre-réaction réintroduisant, en opposition de phase, dans une électronique de commande, des signaux proportionnels à l'un des trois paramètres précisés ci-dessus.

Une première méthode consiste à alimenter cette boucle de contre-réaction à

partir de signaux obtenus en fonction des déplacements de la membrane, mis en évidence par un capteur capacitif.

La deuxième méthode, basée sur la détection de la vitesse de la membrane du haut-parleur à asservir, met en œuvre un système « en pont » pour obtenir les signaux électriques induits dans la bobine mobile du haut-parleur, en fonction de son mouvement dans le champ magnétique de l'entrefer.

La troisième méthode - de loin la plus répandue -

consiste à mettre en œuvre un accéléromètre conçu de manière à réagir aux mouvements de la membrane et à transformer ceux-ci en signaux électriques appliqués à la boucle de contre-réaction englobant l'amplificateur de puissance associé au haut-parleur.

Indépendamment du fait que ces méthodes d'asservissement permettent d'obtenir - avec des enceintes acoustiques closes, de très faible volume - un rendement extrêmement intéressant dans le registre grave, il faut noter que, grâce au contrôle de la pression acoustique, les phénomènes classiques de résonances parasites se trouvent, par voie de conséquence, parfaitement maîtrisés dans le cas des enceintes acoustiques.

En effet, les signaux recueillis au niveau de la membrane du haut-parleur - constitués des signaux originaux amplifiés et des signaux parasites - étant réinjectés, via la boucle d'asservissement, à un étage comparateur, les différences existant entre les signaux de modulation originaux et les signaux prélevés en sortie donnent naissance à un signal d'erreur mis à profit pour corriger les mouvements parasites de la membrane du haut-parleur.

Ce qui a pour effet, d'une part, de réduire sensiblement

le taux de distorsion du haut-parleur utilisé ; d'autre part, d'abaisser sa fréquence de résonance. Et, par voie de conséquence, de rendre possible la reproduction, dans d'excellentes conditions, de signaux de fréquence inférieure à la fréquence de résonance nominale du haut-parleur.

Comme on peut aisément s'en rendre compte, les avantages du procédé sont loin d'être négligeables. Sur le plan pratique, toutefois, il ne faut pas perdre de vue qu'un tel asservissement est difficile à appliquer correctement à un haut-parleur unique, restituant la totalité des fréquences audibles.

Et qu'il est préférable de ne considérer que la seule zone de fonctionnement en piston d'un haut-parleur, là où précisément les vibrations parasites sont les plus marquées.

Conséquence pratique, étant donné que l'asservissement d'un haut-parleur ne présente réellement d'intérêt qu'aux fréquences inférieures à 500 Hz, cette technique n'est habituellement appliquée qu'au seul haut-parleur de graves, qui dispose de son propre amplificateur spécialisé.

Ce qui implique l'amplification séparée des registres médium et aigu à partir d'un filtre actif passe-haut, et l'attaque des haut-parleurs correspondants par l'intermédiaire d'un dou-

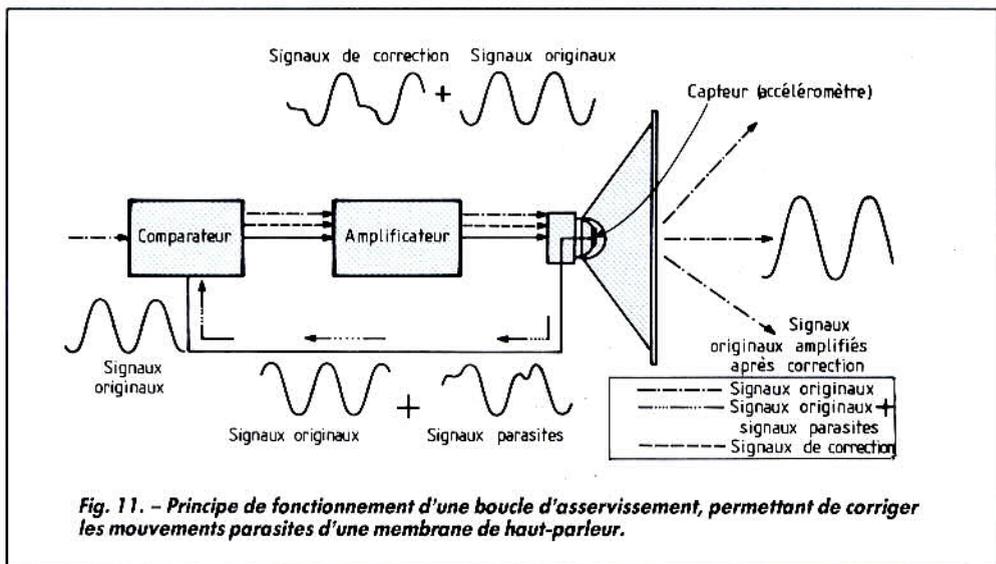


Fig. 11. - Principe de fonctionnement d'une boucle d'asservissement, permettant de corriger les mouvements parasites d'une membrane de haut-parleur.

ble filtre passif, comme dans le cas des enceintes classiques à trois voies, les signaux destinés à l'amplificateur de graves étant, quant à eux, recueillis à la sortie d'un filtre actif passe-bas.

Les ensembles triphoniques

A l'inverse des solutions classiques qui, toutes, font appel à une paire d'enceintes acoustiques pour restituer le message sonore stéréophonique, les ensembles triphoniques sont basés sur la mise en œuvre – d'où leur appellation – de trois enceintes acoustiques entre lesquelles sont réparties les composantes du spectre audible.

Toutefois, partant du principe que les sons émis dans le registre grave – et extrême grave – sont très peu directifs et que leur origine peut, à l'inverse des sons du registre médium et aigu, être difficilement localisée, la répartition du message sonore entre ces trois enceintes s'effectue d'une manière inhabituelle.

En effet, alors que les signaux du médium et de l'aigu sont traités séparément pour les voies gauche et droite, les fréquences les plus basses du spectre sonore sont confiées – après mélange préalable des deux voies – à une enceinte acoustique unique.

Autre différence par rapport à une installation traditionnelle, les haut-parleurs affectés à la restitution du médium et de l'aigu sont contenus dans des coffrets clos de très petites dimensions, prévus pour venir se loger de part et d'autre – d'où le nom d'*enceintes satellites* – d'une enceinte résonnante – ou *caisson de graves* abritant les haut-parleurs chargés de la reproduction de la partie inférieure du spectre sonore.

L'intérêt de la formule est évident, car elle permet notamment de réaliser un ensemble très facile à loger, même dans une pièce de petites dimensions, et davantage acceptable par les maîtres de maison soucieuses de l'esthétique de leur salle de séjour.

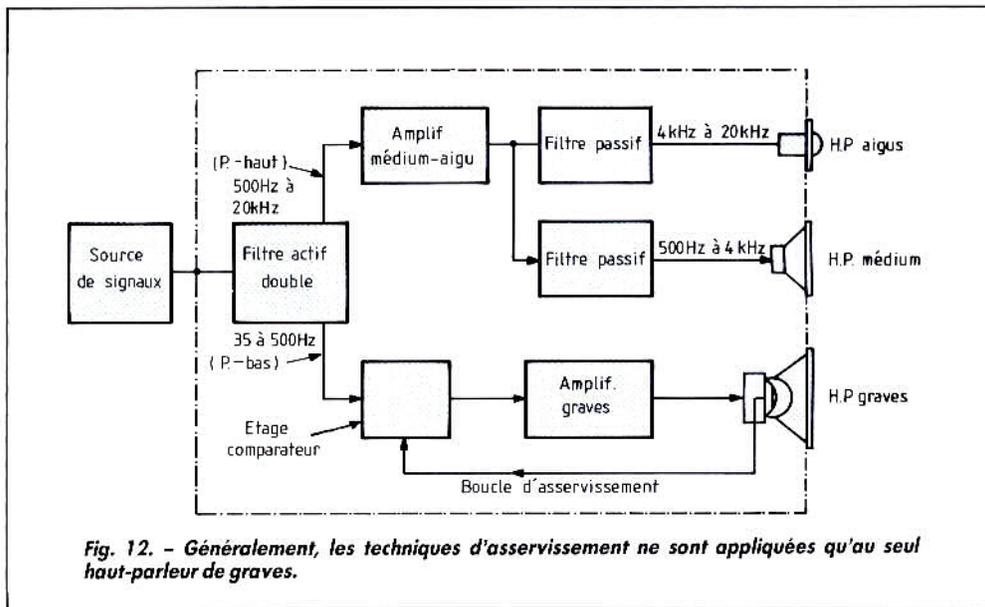


Fig. 12. - Généralement, les techniques d'asservissement ne sont appliquées qu'au seul haut-parleur de graves.

En effet, les enceintes satellites pouvant venir prendre aisément place sur les rayons d'une bibliothèque et le caisson de graves étant généralement traité comme un élément de mobilier – style « table basse » –, un tel ensemble est en mesure de s'intégrer sans aucune difficulté à n'importe quel style de décor.

Semblables réalisations n'échappent évidemment pas à la règle du filtrage des différentes fréquences à resti-

tuer, qui nécessite du reste la mise en œuvre de filtres particulièrement élaborés au niveau des enceintes satellites. D'un point de vue pratique, les caissons de graves sont à peu près tous conçus de manière identique et mettent habituellement en œuvre deux haut-parleurs montés en phase, l'un rayonnant vers le sol, et l'autre étant placé sur un côté du caisson – le plus souvent du type bass-reflex – afin d'améliorer le rendement global.

Rien ne s'oppose d'ailleurs à ce que, au niveau de ce caisson, il soit fait appel aux techniques d'asservissement pour une meilleure restitution du registre grave et pour gagner également sur les cotes d'encombrement.

Deux paramètres qui militent fortement en faveur des systèmes triphoniques, dont l'impression d'écoute est très voisine de celle obtenue avec une installation classique de haut niveau.

C.D.

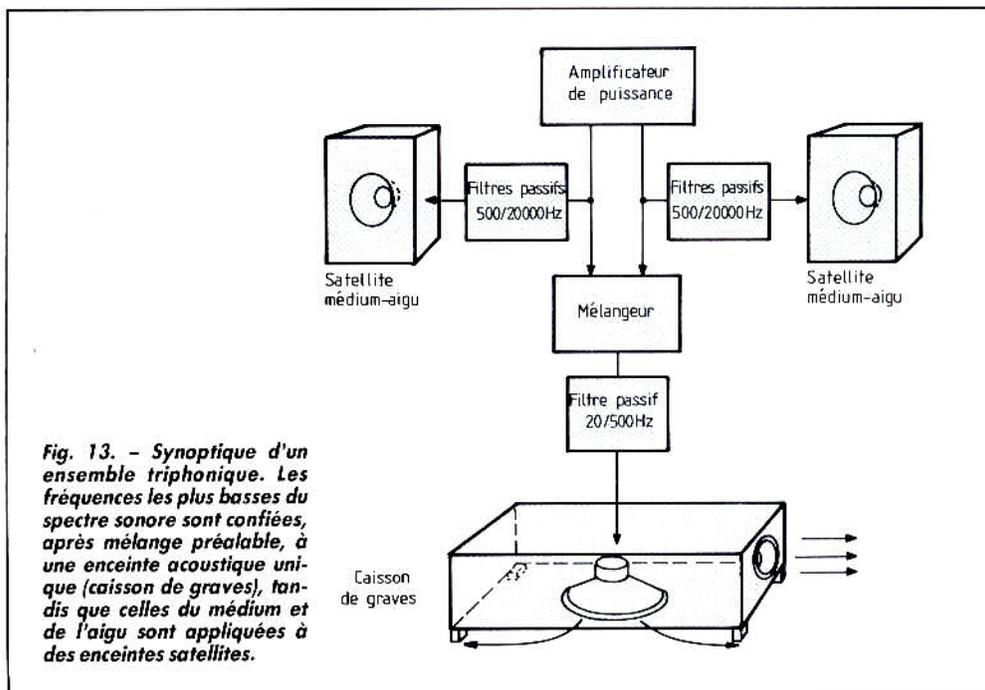


Fig. 13. - Synoptique d'un ensemble triphonique. Les fréquences les plus basses du spectre sonore sont confiées, après mélange préalable, à une enceinte acoustique unique (caisson de graves), tandis que celles du médium et de l'aigu sont appliquées à des enceintes satellites.