

LE HAUT-PARLEUR

LE MAGAZINE DES TECHNIQUES DE L'ÉLECTRONIQUE

10 ENCEINTES
AU BANC D'ESSAIS

L.C.D. ET ECRANS PLATS

REALISEZ :
**UN DECODEUR
TELEPHONIQUE
DTMF**



FACE A FACE :
**LES MAGNETOSCOPES
S-VHS
THOMSON S 4000
PANASONIC NV-FS 100**

T 1843 - 1772 - 23,00 F



3791843023000 17720

15 JANVIER 1990 - N° 1772 - LXV^e ANNÉE

SOMMAIRE

LE DOSSIER DU MOIS : LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

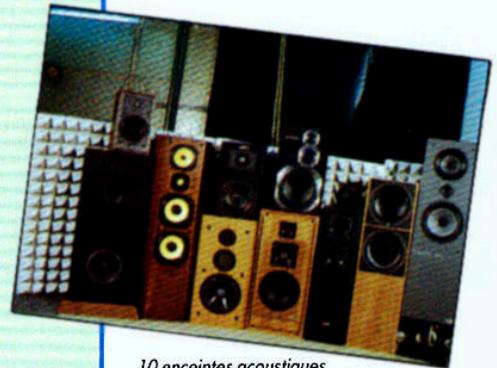
37 10 ENCEINTES ACOUSTIQUES AU BANC D'ESSAIS

41 FICHES TESTS

CABASSE DRAKKAR M2 ● CELESTION 3 ● DBX SF 1500 ● ELIPSON GRAPHITE 3
● INFINITY RS 4001 ● JBL XPL 90 ● JM LAB 708 ● KEF C 95 ● KENWOOD LS 770
● MAGNAT LAMBDA

58 PANORAMA : LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

70 COMMENT CHOISIR SES ENCEINTES ACOUSTIQUES



10 enceintes acoustiques
au Banc d'essais,
page 37

AU BANC D'ESSAIS

19 FACE A FACE : LES MAGNETOSCOPES S-VHS PANASONIC NV-FS 100 ET THOMSON S 4000

32 LE MAGNETOPHONE NUMERIQUE D.A.T. CASIO DA 2

INITIATION

78 INITIATION A L'ELECTRONIQUE : UN BOBINAGE SANS BOBINE - LE GYRATEUR (4^e partie)

89 L.C.D. ET ECRANS PLATS

132 TRANSMISSION DE 12 CANAUX PAR LE SATELLITE ASTRA, PROGRAMMES MULTILINGUES

REALISATIONS

116 UN DECODEUR DTMF

124 HORLOGE FRANCE-INTER AUTONOME

137 ALIMENTATION REGULEE 0 A 30 V - 0 A 3 A

REALISATIONS « FLASH »

103 UN CLIGNOTANT ECONOMIQUE

105 INDICATEUR D'ORDRE DE PHASES

107 EXTRACTEUR DE LIGNE DE TELEVISION

109 MICRO ESPION AUTOMATIQUE

111 RECEPTEUR A SUPER-REACTION

113 INDICATEUR DE NIVEAU TRICOLORE



Comment choisir ses enceintes
acoustiques, page 70

DOCUMENTATION - DIVERS

6 LE PETIT JOURNAL DU HAUT-PARLEUR

10 QUOI DE NEUF ?

18 BLOC-NOTES (suite pages 29, 86, 88, 136)

24 NOUVELLES DU JAPON

26 REPORTAGE : COMONIC 89

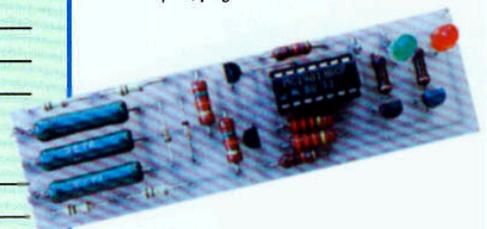
101 COMMANDEZ VOS CIRCUITS IMPRIMES

130 LE JOURNAL DES O.M. : LE PACKET RADIO

142 NOTRE COURRIER TECHNIQUE

162 PETITES ANNONCES

170 BOURSE AUX OCCASIONS



▲ Indicateur
d'ordre de
phases
Flash, page 105



Un extracteur de
ligne télévision
Flash, page 107 ▼



LE PETIT JOURNAL

DU HAUT-PARLEUR

ASTRA FAIT LE PLEIN

En signant un contrat de diffusion avec quatre chaînes allemandes, la Société européenne des satellites fait le plein des canaux de son satellite Astra 1A. Il s'agit des chaînes privées Sat 1, RTL Plus, Pro 7 et Teleclub. Elles s'ajoutent, pour les téléspectateurs allemands, aux programmes à vocation européenne déjà doublés en langue allemande. Astra 1A est équipé de seize canaux, dont quinze sont utilisés par la télédiffusion.

Chaque répéteur d'Astra dispose en plus d'un minimum de cinq canaux sonores pouvant être utilisés pour la diffusion des différentes versions linguistiques ou pour la diffusion de programmes de radio. En ce moment, Astra diffuse les stations Sky Radio, Radio 10 et Radio Klassiek.

Les programmes diffusés par Astra peuvent être reçus dans la majeure partie de l'Europe avec des antennes paraboliques d'un diamètre de 60 cm. Le matériel de réception est en vente à des prix à partir de 2 000 F en Grande-Bretagne. Le développement du marché de la réception directe en Grande-Bretagne (352 000 unités installées jusqu'à la fin du mois d'octobre, plus de 100 000 prévues pour le mois de novembre et 600 000 prévues jusqu'à la fin de l'année 1989) prouve qu'il est possible d'atteindre un grand nombre de téléspectateurs, pourvu que l'offre de programmes soit élevée et que l'équipement de réception soit disponible à un prix attractif.

Astra 1B, dont le lancement est prévu en novembre 1990, est le deuxième satellite de la Société européenne des satellites. Il sera sta-

tionné dans la même position orbitale qu'Astra 1A afin que les téléspectateurs européens aient la possibilité de recevoir jusqu'à trente-deux chaînes de télévision avec le même équipement qu'ils ont acquis pour Astra 1A. Actuellement, Astra diffuse les chaînes suivantes :

1. TV Sport/Screen-Sport/Sportkanal (en langues française, anglaise, allemande et néerlandaise).
2. RTL plus (en langue allemande).
3. TV3 (en langue suédoise, sous-titrée en langues norvégienne et danoise).
4. Eurosport (en langue anglaise, néerlandaise et allemande).
5. Lifestyle (en langue anglaise) ; The Children's Channel (en langue anglaise, partiellement néerlandaise et sous-titrée en langues suédoise, danoise et norvégienne).
6. SAT.1 (en langue allemande).
7. TV1000 (en langue suédoise). Crypté.
8. Sky One (en langue anglaise).
9. Tests techniques.
10. Teleclub (en langue allemande).
11. FilmNet (en langue anglaise, sous-titrée en néerlandais, suédois, danois, norvégien, finlandais et français). Crypté.
12. Sky News (en langue anglaise).
13. RTL-Véronique (programmes en néerlandais, anglais, allemand, français, luxembourgeois et italien, sous-titrés en néerlandais).
14. PRO7 (en langue allemande).
15. MTV Europe (en langue anglaise).
16. Sky Movies (en langue anglaise). Crypté ; The Satellite Shop (en langue anglaise).

L'an passé, Pioneer a fait don d'une pompe à eau pour irriguer les récoltes de Gao, en République du Mali.

Les tests concernant les autoradios et lecteurs laser Pioneer pour automobiles, ne seront pas reconduits cette année, étant donné les résultats extraordinaires qui ont été obtenus au cours des années précédentes.

« Nous sommes tout à fait satisfaits des résultats obtenus avec notre matériel qui a déjà prouvé, à deux reprises, qu'il pouvait résister à des conditions de conduite très rudes. Au cours du 10^e Paris-Alger-Dakar, plus de 90 % des modèles stéréo que nous avons récupérés dans les véhicules à la fin de la course étaient en parfait état de fonctionnement et, au cours du 11^e Paris-Dakar, notre modèle équipé d'un Compact Disc continuait de fonctionner parfaitement après 11 000 km de chaleur, de poussière, de chocs et d'humidité », a constaté M. Murata, directeur de Pioneer Car Electronic Division.

MAX GRUNDIG EST MORT

Créateur de la société qui porte son nom après la Seconde Guerre mondiale, Max Grundig en a fait une des pionnières de la radio en modulation de fréquence puis de la haute fidélité. La société s'est ensuite diversifiée dans la télévision et plus récemment la vidéo. Au milieu des années 1980, Philips est entré dans le capital de la société Grundig qui réalise aujourd'hui un chiffre d'affaires de l'ordre de 3,4 milliards de marks. Avec Max Grundig, c'est l'un des grands symboles de l'industrie électronique ouest-allemande qui disparaît.

IMAGES MOBILES SUR CDI

Annoncé depuis mars 1987 par Philips et Sony, le CDI, compact-disc interactif, pourra afficher des images mobiles plein écran grâce à un circuit intégré Motorola. Un disque compact stockera 72 minutes d'images vidéo avec son numérique. Ce CDI nécessitera l'insertion d'un appareil nouveau entre le lecteur CD et le téléviseur (environ 6 000 F à la fin 1990). Grâce à cette nouvelle possibilité, le CDI mar-

que des points vis-à-vis du DVI (Digital Video Interactive) proposé par Intel et IBM qui nécessite, lui, un PC et l'art de le manipuler.

CABLE : EN RFA, SEPT MILLIONS D'ABONNES

Avec six millions d'abonnés à la fin de l'année 1989 et sept millions prévus à la fin 1990, le plan câble allemand est une réussite indéniable : en 1989, 1,4 millions de nouveaux abon-

nés. Même si la croissance se ralentit en 1990, c'est plus de quinze millions d'abonnés qui sont prévus pour le milieu des années 1990, donc près de 80 % des foyers.

PIONEER PARIS-DAKAR

Pioneer est resté le sponsor officiel du 12^e Paris-Dakar. Comme les années précédentes, Pioneer et TSO continuent d'offrir aux populations locales du matériel destiné à l'irrigation et du matériel médical.

NOUVELLES DU JAPON

Nouvelle tendance chez les fabricants de magnétoscope de salon : le mécanisme d'entraînement de la bande vient prendre place au centre de l'appareil pour obtenir une meilleure qualité de l'image et du son. Déjà commercialisés par Sanyo et Panasonic, ces modèles à chargement au centre de la face avant « Mid Mount » sont des SVHS car leur production coûte pour l'instant un peu plus cher que pour les modèles à chargement sur le côté de la face avant. L'emplacement au centre de la platine d'enregistrement/lecture permet de mieux la protéger des vibrations externes ou internes.

En plus, cette structure évite toute diaphonie entre les circuits audio et vidéo. Les mauvaises interférences dues au bloc d'alimentation peuvent être aussi éliminées.

Par exemple, Sanyo a placé le bloc d'alimentation à gauche et le tuner, le circuit de contrôle et l'horloge à droite de la mécanique. Les circuits vidéo et audio sont implantés au centre, au-dessus de la platine, tandis que les circuits qui gèrent la mécanique sont en dessous.

Chez Matsushita, on implante les circuits vidéo à droite de la platine et les circuits audio à gauche, et les sorties audio et vidéo sont également largement séparées sur la face arrière.

Sanyo propose trois modèles « Mid Mount » VZ-CS30 à 152 000 yens (7 600 F environ), VZ-CS1 à 163 000 yens (8 150 F environ) et VZ-CS50 à 175 000 yens (8 750 F environ). Le VZ-CS30, par exemple, obtient un taux de fluctuation inférieure à 0,07 %. Il utilise un isolateur en résine de silicone et un filtre à peigne à trois lignes logiques pour réduire les aberrations de couleur. Les bobinages rapides avant ou arrière ne durent que 150 s pour une cassette 120 mn et le passage de l'arrêt à la lecture seulement 1 s. Le modèle Matsushita-Panasonic, NV-FS900, coûte 178 000 yens (8 900 F environ), mais Matsushita annonce

LES SVHS CHARGE AU CENTRE

Petite révolution dans le magnétoscope de salon : la trappe de chargement des cassettes ne se trouve plus sur le côté de la face avant des nouveaux SVHS, mais au centre. Une disposition qui a bien sûr des retombées sur les performances de l'appareil. A peine annoncés, voici que les convertisseurs 1 bit pour lecteurs de disques compacts s'améliorent déjà. Quant aux nouvelles normes de télévision, les Japonais continuent d'avancer alors que l'Europe piétine. Un baladeur qui bat des records de poids, c'est nouveau... c'est Sharp...



que tous ses nouveaux SVHS adapteront la nouvelle structure.

LA CONVERSION 1 BIT DEJA AMELIOREE

Sony suit le mouvement de la conversion 1 bit avec un convertisseur N/A 1 bit à impulsion qui propose une dynamique de 118 dB et un taux de distorsion inférieure à 0,001 %. C'est un convertisseur à impulsions suivant la méthode PLM avec circuit de synchronisation numérique directe. Le convertisseur à impulsions utilise un générateur d'impulsions qui peut produire 50 millions d'impulsions par seconde.

Chez Matsushita (Technics) on en est à la seconde génération de Mash avec deux versions haut de gamme du convertisseur 1 bit utilisant la

méthode PWM. Le circuit Mash est capable de suréchantillonner 64 fois et le filtre numérique peut être commuté en entrée de 16 à 20 bits pour une sortie à 24 bits. La dynamique atteint 123 dB !

MONTAGE A VUE

Pour que le montage des composants électroniques s'effectue plus vite et mieux, Sanyo propose une machine appelée TCM-V280 qui utilise une caméra vidéo. Equipée d'un CCD à 380 000 pixels, cette caméra permet de corriger les erreurs dans le positionnement ou l'angle des composants. Le montage peut être réalisé sur des bandes de 8 à 32 mm de large avec une vitesse de 0,25 s par pièce. La TCM-V280 (1,65 million de francs environ) contrôle les composants durant le montage.

99 GRAMMES

Le justement nommé JC-K99 de Sharp est un baladeur ne pesant que 99 g, soit la moitié du poids de son prédécesseur Sharp JC-K70 ou le quart du poids du premier walkman présenté par Sony il y a dix ans. Le gain de poids a été réalisé grâce à de nouveaux matériaux, à une intégration poussée et à une nouvelle batterie CdNi. Le coffret utilise de la fibre de carbone renforcée de résine thermoplastique. Les circuits intégrés employés ont permis de réduire la surface du circuit électronique de 60 %. Leur consommation électrique étant de 20 mW inférieure, Sharp a pu utiliser une batterie CdNi qui occupe un volume inférieur de un tiers par rapport à la série précédente, mais qui procure tout de même trois heures d'autonomie. Le JC-K99 propose un circuit Xbass pour une réponse améliorée dans les basses fréquences et une tête magnétique avec un entrefer de 1,2 micron pour une bonne linéarité dans les aigus. Il y a tout de même une ruse : à l'exception du bouton d'éjection de la cassette, toutes les commandes sont sur la télécommande.

COMPATIBLES

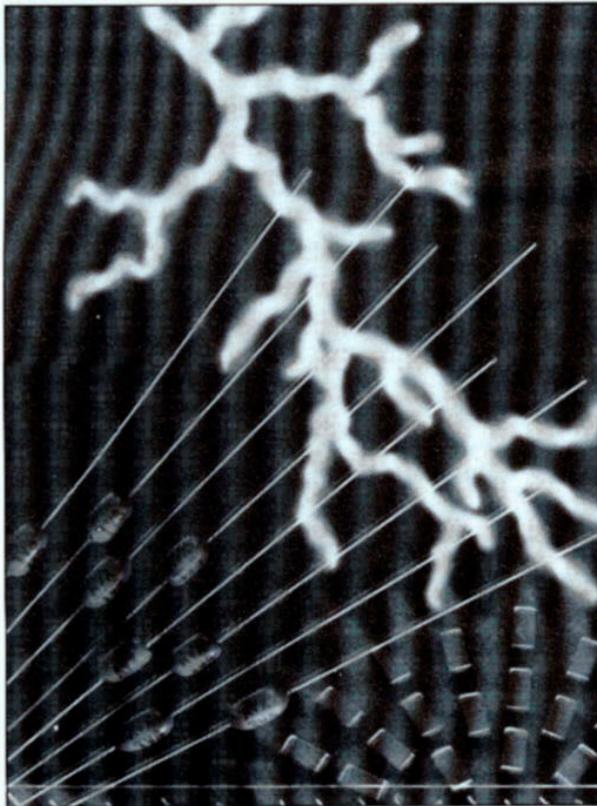
Les téléviseurs haute définition présentés au récent Japan Electronics Show d'Osaka sont équipés d'un décodeur Muse compatible avec les standards NTSC et EDTV (NTSC amélioré). Il faut trois circuits imprimés pour supporter les composants. Toshiba et Nec présentaient des modèles de 32 pouces (81 cm) de diagonale, tandis que le modèle Panasonic était un 50 pouces (125 cm) de diagonale ! En même temps, Toshiba commercialisait un magnétoscope compatible EDTV. Ce A-L91 est un SVHS qui coûte 225 000 yens (11 250 F environ). Son tuner permet d'éliminer les images fantômes.

Pierre LABEY

COMPONIC 89

Componic, vous le savez, c'est le nouveau nom du Salon international des composants électroniques. L'occasion pour nombre de sociétés de présenter l'évolution de leur technologie. Dans le domaine du composant, l'évolution est permanente, et les nouveaux produits se succèdent sans cesse. Comme nous n'avons pas tellement l'occasion de vous parler de cette évolution, d'autres revues plus spécialisées dans le composant électronique le font, nous nous limiterons à l'évocation de quelques technologies nouvel-

les. Difficile en effet d'aller à la pêche à la nouveauté dans les 1 738 stands du Salon... 578 fabricants français, 866 étrangers et 294 mandataires. Une nouveauté cette année : une zone réservée à la distribution, où sous une même étiquette plusieurs marques, par ailleurs présentes (ou absentes), étaient représentées par les gens chargés de leur commercialisation. En outre, avaient lieu les Assises de la distribution, deux demi-journées d'étude consacrées aux distributeurs, et des tables rondes sur les semi-conducteurs.



Ces varistances AVX Transguard sont maintenant disponibles en version à fils ! Chez AVX, on passe de la version CMS à la version à fils, une illustration de l'importance prise par ces composants subminiature.

S'agissant de la fréquentation, Componic a accueilli 53 143 visiteurs dont 10 732 étrangers de 62 pays, des chiffres stables par rapport à ceux de la dernière édition (une augmentation de 3,6 % environ).

Terminons avec la date du prochain Componic qui se tiendra du 18 au 22 novembre 1991, dans les halls 5 et 6 du parc des Expositions de Paris-Nord, qui permettront de porter la surface de l'exposition à 90 000 m². Et, comme vous avez sorti votre agenda, nous vous rappelons la date de Pronic, manifestation réservée à la production : 12-16 novembre 1990.

Une nouveauté Componic 89 : un espace vitrine européen où étaient présentés le TGV, Ariane et Airbus, démonstrations de technologies qui n'existeraient pas sans l'électronique.

LE CMS

Tous les fabricants de composants proposent des composants de montage en surface dans leur gamme. On a commencé par les condensateurs, les résistances, les semi-conducteurs, et aujourd'hui aucun domaine n'est épargné,

notamment ceux où la mécanique intervient. Des exemples : des micropots blindés de 5 x 5 x 8 mm chez Saphyr, des microcommutateurs rotatif et microdil chez SECME, des relais électromécaniques chez SDS.

On cherche toujours à miniaturiser à l'extrême, les résistances par exemple qui, chez ROhm, passent à 1 x 0,5 mm pour une puissance de 1/32 W. Nous retrouverons bientôt ces composants dans les baladeurs, les caméscopes et autres merveilles de miniaturisation.

LA PUISSANCE

Après les nanocomposants, les géants. Nous passons directement aux forts courants avec l'évolution des composants de puissance. Les transistors à effet de champ de puissance, les transistors bipolaires de puissance, et même les triacs évoluent. Un marché intéresse beaucoup les fabricants, c'est celui de l'automobile. Un marché où on travaille en basse tension (sauf pour l'allumage) et aussi à fort courant. L'électronique solide vise là au remplacement des relais, contacteurs simples et d'une fiabilité éle-

REPORTAGE

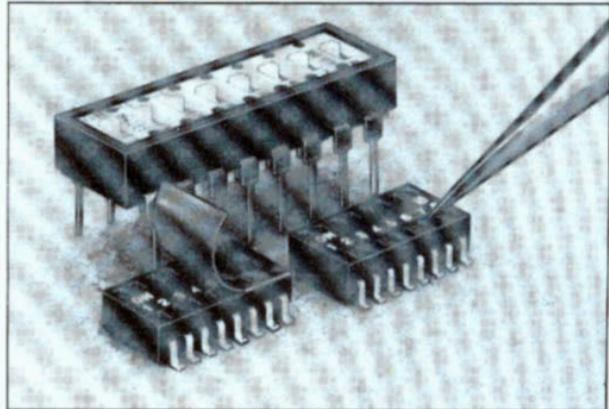
COMPONIC 89

vée, les commutations de moteurs, de lampes étant nombreuses en ce domaine. La recherche de fiabilité exige une protection de ces semi-conducteurs, et, comme les semi-conducteurs réagissent rapidement, on cherche à intégrer les circuits de protection.

L'intégration de circuits de protection se complète de celle de systèmes de surveillance capables de signaler la défaillance au cerveau de l'installation. Ces exigences ont conduit les fabricants à associer sur une même puce le composant de puissance : transistor bipolaire ou à effet de champ et un circuit de commande, de protection et de contrôle. L'utilisation d'une structure verticale réduit les pertes à l'intérieur du composant. On arrive, comme chez SGS/Thomson, à faire cohabiter plusieurs technologies sur la même puce : DMOS et NMOS, Bipolaire puissance et circuit linéaire et logique, ou encore MOS de puissance, Bipolaire, CMOS, DMOS (BCD).

Un exemple d'application de ce type de circuit : la commande d'un moteur dont une borne est à la masse. Le composant de puissance est un MOS de puissance canal N, donc à faible résistance de saturation, mais comme la charge est reliée à la masse, il est nécessaire d'élever le potentiel de la porte au-dessus de la tension d'alimentation. Il y aura donc, à l'intérieur du composant de puissance, un convertisseur à pompe de charge, en plus, bien sûr, de la logique de commande, de la détection de courant et de la protection thermique et contre les surtensions. SGS produit en grande série un transistor de puissance « intelligent », 450 V, 6 A pour l'excitation des bobines d'allumage. Il intègre les circuits de commande, un circuit de clamping pour la bobine d'allumage, une limitation du courant de bobine et supporte les variations de tension d'alimentation présentes en milieu automobile.

Tous les autres fabricants de

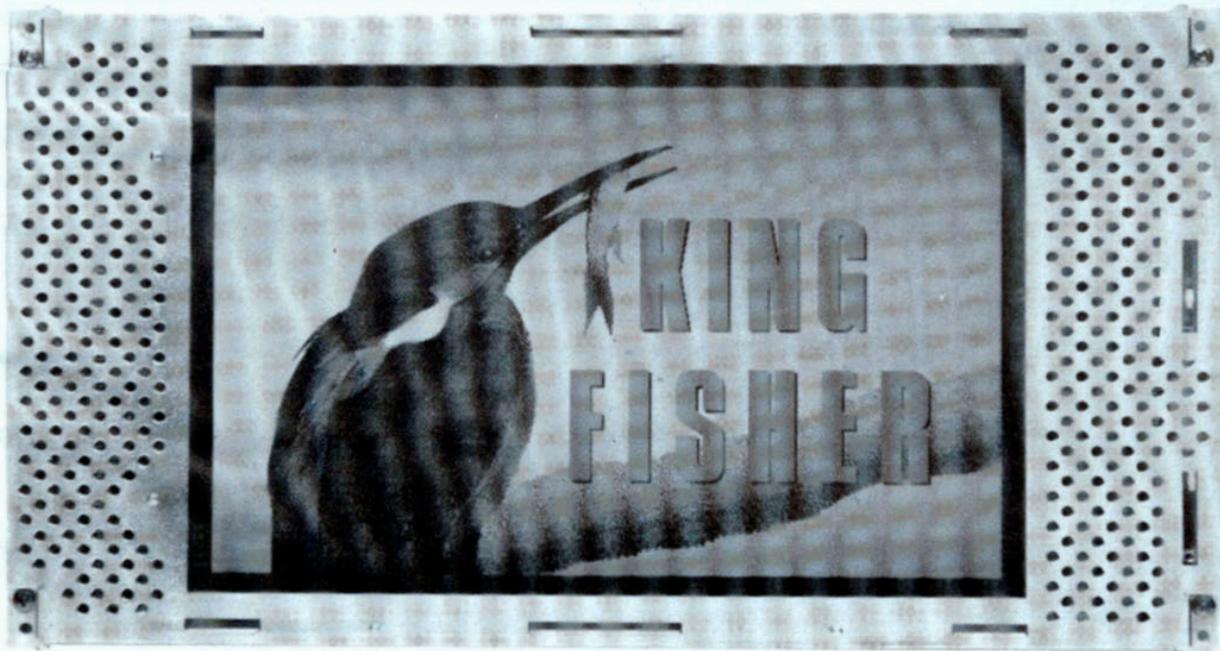


Le passage au CMS, ce n'est pas toujours une simple modification de la forme des sorties. Chez SECME, on en profite pour miniaturiser le composant. Un film autocollant protège les contacts lors des opérations de montage et de soudure.

semi-conducteurs de puissance, comme IR, Philips, Siemens, sans oublier ceux qui n'étaient pas à Componic, proposent des solutions « intelligentes » à ces problèmes. Pour le futur, il est possible d'imaginer des composants de puissance tirant directement leur signal de commande

d'un bus série, ce qui permettrait de simplifier considérablement le câblage des véhicules.

Toujours dans la puissance, l'IGBT tient la vedette. L'IGBT, c'est un transistor hybride comportant un élément de puissance et dont l'entrée se fait sur la porte d'un transistor



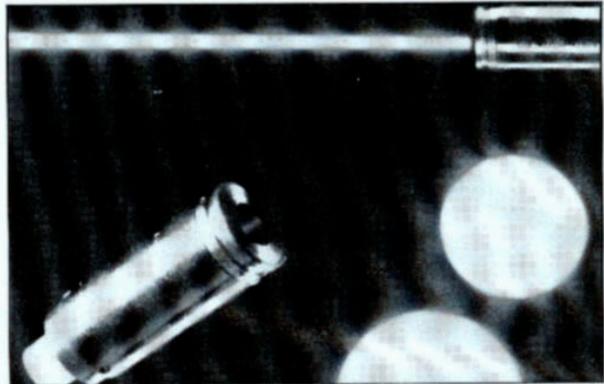
Lancés en 1990, des afficheurs à cristaux liquides noirs sur fond blanc et à diagonale de 33 cm, 8 niveaux de gris, résolution 1 024 x 768 points. Ici, écran couleur, 640 x 400 points. Epson.

REPORTAGE

COMPONIC 89



Le tube cathodique 16/9 arrive chez Philips Composants...



Des diodes laser émettant dans le visible. Ici, une version collimatée pour des systèmes d'alignement, de barrière longue portée, de transmission, etc.

à effet de champ. Ce type de composant est tout à fait adapté aux fortes tensions et offre une alternative aux thyristors et GTO pour des applications sous tension secteur. Le triac reste imbattable pour des applications domestiques, où il devrait encore améliorer ses performances en matière de coût, grâce à une réduction du nombre de composants périphériques nécessaires à son bon fonctionnement. Ce souci de réduction du nombre des composants périphériques est le même que celui qui conduit à l'intégration de fonctions complexes sur une puce de semi-conducteur de puissance, ou encore l'intégration de plusieurs composants de puissance dans un boîtier unique. Le composant est plus cher mais, une fois installé, il permet de réduire le coût du câblage, et aussi l'encombrement du produit. On gagne sur la matière première, sur les dimensions du produit fini, sur son emballage, son espace de stockage, des économies indirectes peut-être, mais bien réelles.

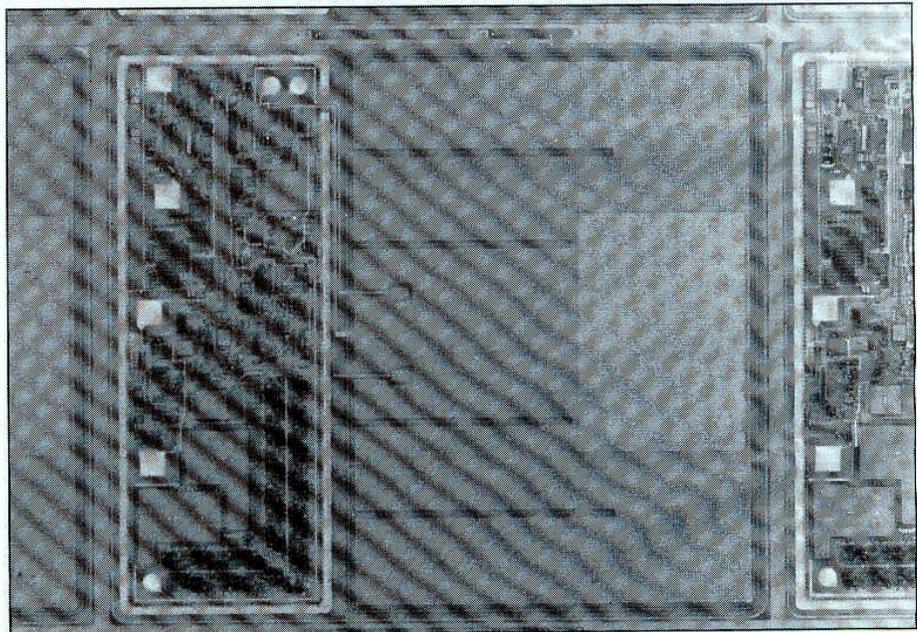
LES LED

Les diodes électroluminescentes, au cours des ans, voient leur brillance augmenter. Hewlett Packard a eu la bonne idée de présenter une

comparaison des diodes des premières générations et des nouvelles, une comparaison qui met en évidence les progrès accomplis ; l'intensité lumineuse obtenue aujourd'hui permet leur utilisation en pleine lumière. L'association d'une puce à haut rendement et d'un boîtier optique réduit l'angle de rayonnement.

Plusieurs fabricants, comme NEC, Philips, Sony ou Toshiba, proposent des diodes laser émettant un rayonnement visible (les diodes laser des lecteurs de CD travaillent dans l'infrarouge proche). Ces diodes laser ont une divergence faible et permettent de réaliser des lecteurs de codes barres, des barrières optiques à

longue portée, etc. ; leur avantage est la visibilité du faisceau qui en facilite l'utilisation et, dans le second cas, les réglages. Une nouvelle intéressante : Philips signale que les lasers spécialement conçus pour le CD rencontrent un gros succès en télécommunication, notamment du fait de leur faible coût.



Un exemple d'intégration de circuits logiques et de surveillance sur une puce de puissance. Ici, la technologie M2 de SGS/Thomson, transistors NPN et PNP, transistors CMOS et DMOS, la puissance est fournie par un DMOS à structure verticale.

REPORTAGE

COMPONIC 89

Autre domaine où des progrès apparaissent, c'est celui de l'accumulateur. Les fabricants comme Saft ou Sanyo proposent des éléments à énergie volumique accrue, dans une technologie nickel-cadmium traditionnelle. Saft annonce ses premiers accumulateurs nickel-hydrogène, qui ont l'inconvénient de moins bien supporter les charges rapides. En revanche, la capacité volumique est supérieure, la R₆, qui faisait 450 mA, est passée à 600 puis à 800 mAh ; la version nickel-hydrogène aurait une capacité de 1 100 mAh. Autre accumulateur en cours d'étude, celui au lithium. Les

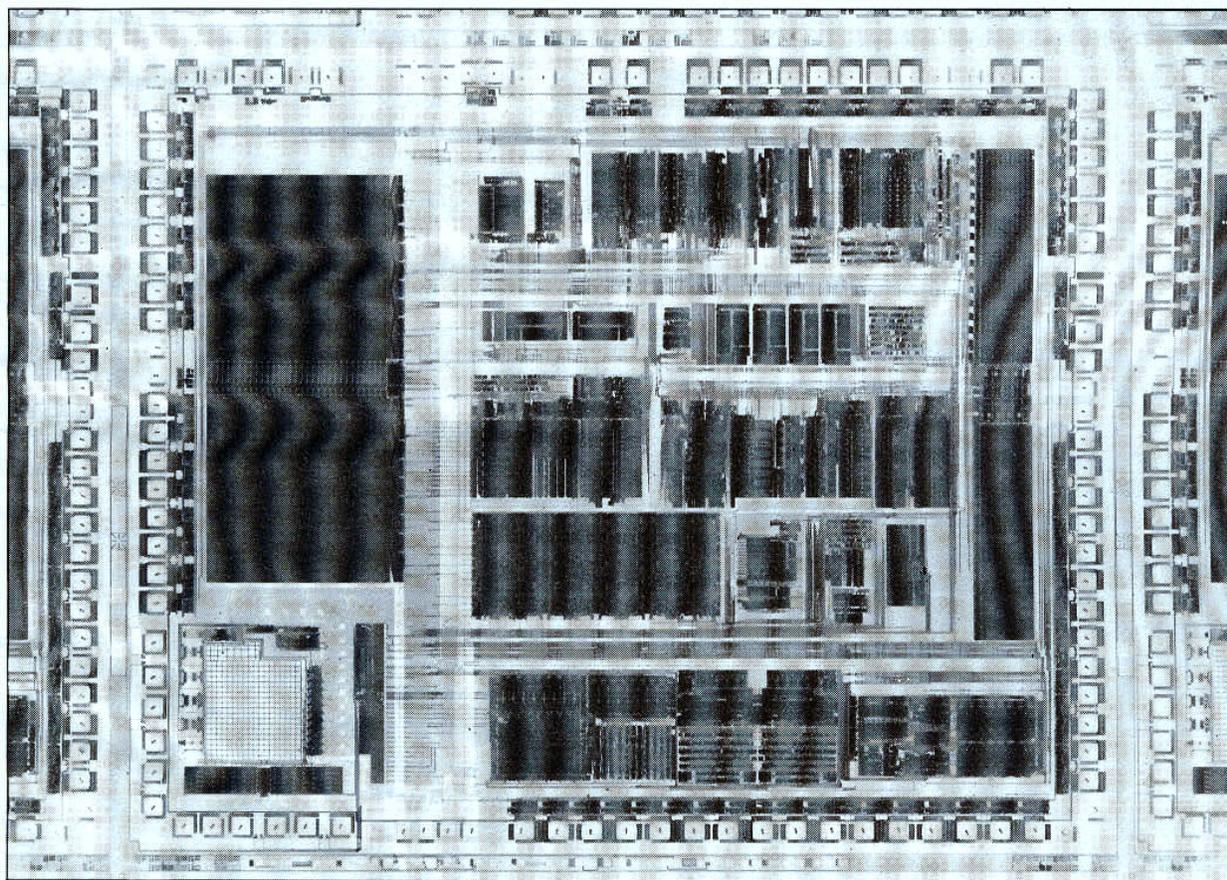
informations le concernant sont plutôt maigres, il a l'avantage d'une tension de sortie de 3 V et d'une auto-décharge nettement plus lente que celle des accus Ni-Cd. Ces accumulateurs seraient prévus pour une décharge lente, c'est à peu près tout ce que l'on a pu nous dire...

Télévision tous azimuts chez RTC Philips Composants, avec présentation d'un prototype de tube au format 16/9, télévision à cristaux liquides avec présentation de téléviseurs portatifs couleurs, ou encore de téléviseurs intégrés dans le dos des sièges d'avion. Beaucoup de composants sont

concernés par la télévision, Philips profitait de Componic pour présenter son concept de circuits intégrés pour les tuners de réception de satellites, depuis les composants de synthèse de fréquence pour la réception jusqu'aux circuits du décodeur D2-MAC, étudié en collaboration avec Plessey Semiconductors et Nordic VLSI. Dans ce système, les deux formats 4/3 et 16/9 ont été prévus. La production en volume est prévue pour le second trimestre 1990. Nous allons arrêter là notre évocation de ce Salon, nous aurions pu vous parler des premiers RAM statiques de 4 Mbits, el-

les étaient là, ou encore de microprocesseurs 32 bits à architecture RISC (Texas Instruments, absent à Componic, en propose un sur arséniure de gallium et non silicium, il travaille à 150 MHz et démontre les possibilités d'utilisation de ce matériau dans une technique à très haut degré d'intégration), ou encore d'ASIC, de mer de portes*, de ces circuits « en kit » ou presque que vous pourrez dédier à une application par une vaporisation de conducteurs, à moins que vous ne préférerez une technique à programmation par logiciel du réseau de portes...

● Sea gate. ■



Un microcontrôleur 16 bits européens. Il est proposé par Siemens et sera commercialisé fin 1990. Situé entre le microcontrôleur et le microprocesseur, il intègre une unité centrale, 1 Ko de mémoire RAM, un générateur d'horloge, sa puissance de calcul est celle d'un processeur RISC 32 bits, il intègre également des modules périphériques comme un CAN de 10 bits, une unité de capture/comparaison à 16 canaux, 5 temporisateurs, deux USART indépendants, 76 lignes E/S et un chien de garde.

BANC-D'ESSAIS

DAT - CASIO DA-2

Le magnétophone numérique DAT CASIO DA-2

Il y a un an, dans notre numéro d'octobre 1988, nous vous présentions un tout petit magnétophone numérique au standard DAT : le DA-1 de Casio. Vraiment petit, cet appareil, trop sans doute, car Casio a complètement revu son DAT pour proposer aujourd'hui le DA-2, second de la famille. Autre modification, française celle-là, la distribution de ce produit est maintenant assurée par le groupe Setton, plus apte à diffuser largement un magnétophone qu'un spécialiste de l'instrumentation musicale. Le DAT va-t-il démarrer en France ? Difficile pour le moment de vous donner une réponse. Le DA-2 ne s'adresse pas au marché domestique intérieur mais plutôt aux professionnels de la prise de son et à tous ceux qui souhaitent enregistrer une musique de haute qualité, autrement qu'à partir d'un lecteur de CD ou d'un poste de radio MF...

LA NOUVELLE VISION DE LA PRISE DE SON

Poids : 1 300 g, accumulateur compris, nous perdons 100 g par rapport au DA-1. Pour les dimensions, la largeur a doublé, la profondeur est restée la même à quelques millimètres près, et l'épaisseur s'est accrue de 2 mm. Donc, le volume a doublé, ce qui, comme vous le pensez sans doute, simplifie les problèmes de fabrication et aussi d'utilisation. La surface frontale elle aussi est plus étendue, les boutons n'ont plus besoin d'être repérés avant manipulation et, en

hiver, vous pourrez l'utiliser sans enlever vos épaisses mouffes de laine.

Indiscutablement, le DA-2 est mieux paré pour le travail. Les touches sont moins nombreuses, certaines fonctions d'exploitation annexes, pas toujours simples ou parfois longues à mettre en œuvre, ont disparu, comme par exemple, la notation de titres ou de genre sur les morceaux avec repérage par ces paramètres. Le DA-2 est donc moins gadget, plus fonctionnel, tout est conçu en vue d'une exploitation rationnelle, efficacité avant tout. Comme on a plus de place, les prises d'entrée, qui à l'époque ne nous semblaient pas très fiables, ont été remplacées. Il s'agissait



Le magnétophone DAT de Casio, du bon matériel pour les chasseurs de son.

BANC-D'ESSAIS

DAT - CASIO DA-2

en effet de prises pour jack de 3,5 mm de diamètre. On passe aujourd'hui à la taille supérieure pour les entrées micro en tout cas, car pour le niveau ligne, aussi bien en entrée qu'en sortie, ce sont des prises RCA que le constructeur a installées. Ces prises sont dorées, c'est utile sur un magnétophone. Il reste tout de même un jack de 3,5 mm, c'est celui de sortie casque. La touche d'éjection de la cassette reste sur le dessus de l'appareil mais elle est mieux encastree que sur le DA-1. Pas trop de problème de manipulation accidentelle pour la face avant, surtout si on s'équipe d'une sacoche de transport. Les touches sont un peu plus dures mais dépassent un peu du plan de la façade. A l'exception de la touche d'enregistrement, moins épaisse que

les autres. Autre modification fondamentale, la position des potentiomètres, qui passent des côtés à la façade. Pour les micros et les entrées ligne, nous avons deux boutons concentriques permettant un ajustement de la balance ou une commande commune grâce à la friction. Pas trop de risque de dérèglement accidentel ici. La mise en service se fait par un commutateur à déplacement latéral, là encore difficile à déplacer accidentellement. Manifestement, Casio a pris des précautions pour cette nouvelle génération de magnétophones DAT. Un petit point noir à chasser, c'est en cours, il s'agit de la tenue de l'appareil. Il se tient normalement par une courroie que l'on peut se procurer en option, une économie de bout de chandelle, pardon, de ficelle... Nous aurions préféré

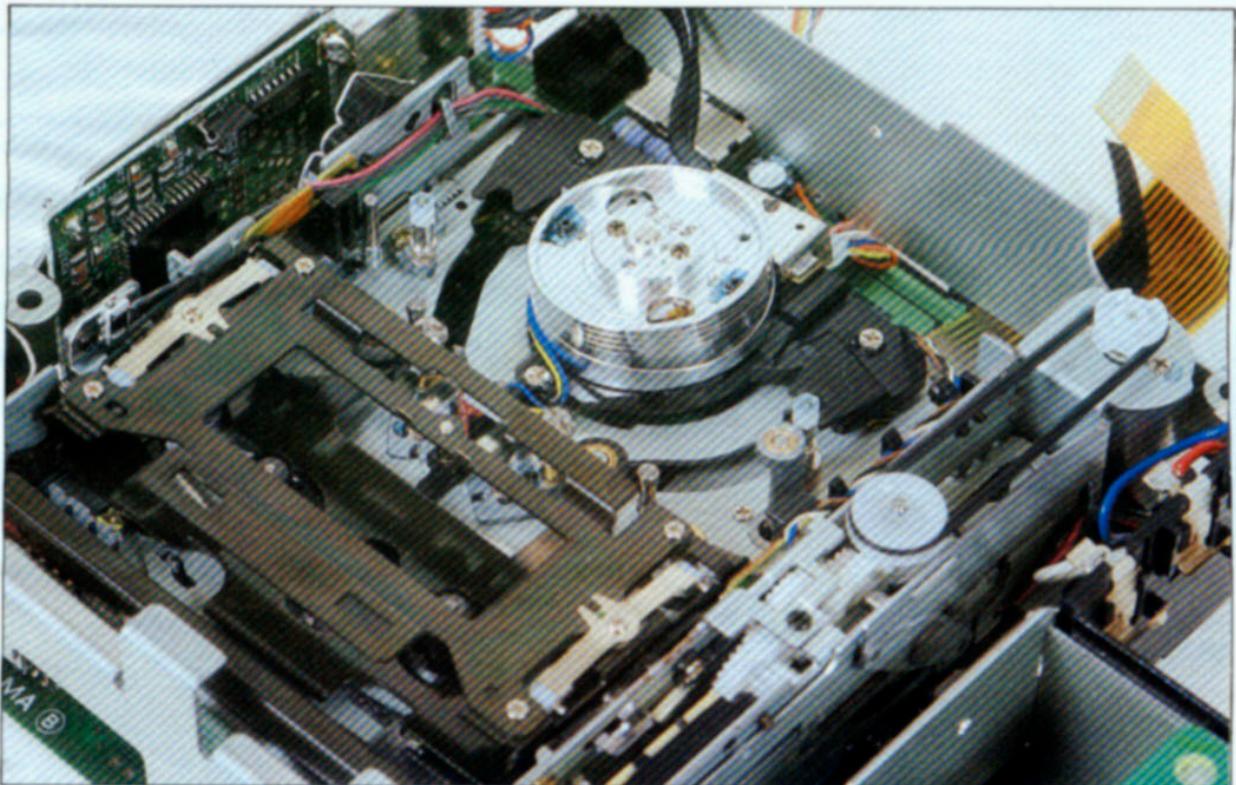


Le panneau de raccordement. Remarquez la jolie couleur des prises, c'est de l'or (fin), intéressant sur un magnétophone de bourlingueur. Deux sensibilités commutables, ligne et micro. Le réglage de niveau d'enregistrement est confié à des potentiomètres concentriques.

cette courroie à la place des deux câbles stéréo aux belles prises dorées, présents dans l'emballage. Cette courroie est en fait vendue avec l'étui de protection.

ALIMENTATION

Casio a conservé son principe de double alimentation, positive et négative, il économise ainsi un convertisseur interne.



Détail de la platine de défilement, le tambour vidéo a un diamètre de 3 cm.

BANC-D'ESSAIS

DAT - CASIO DA-2



L'afficheur à cristaux liquides, l'indispensable indicateur de niveau est là, c'est un crêtemètre, avis aux vumétrophiles, ils devront s'adapter. On connaît aussi le temps écoulé, le temps restant, le numéro de la plage et on saura que la cassette est arrivée à sa fin.

L'autonomie de 4 heures passe à 2, la capacité de l'accumulateur a été révisée à la baisse : 1 A/h au lieu de 1,7 pour le + et 600 mA au lieu de 900 pour le -. L'appareil s'ali-

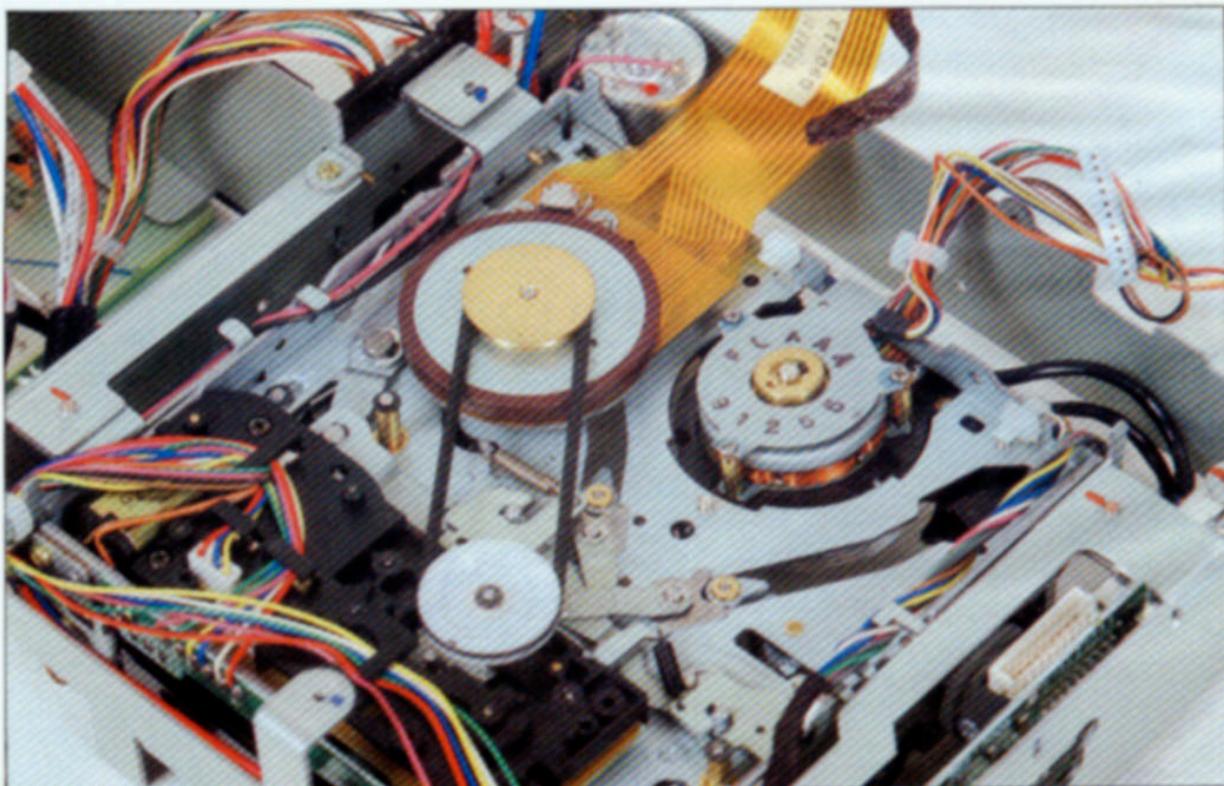
mente aussi par un adaptateur secteur qui charge l'accu, autre système possible : l'adaptateur pour prise d'allumecigare. Casio propose aussi la cassette qui se met dans l'au-

toradio et se branche sur la prise casque. Le magnétophone DAT supporte merveilleusement les chocs, nous avons pu le constater.

LES FONCTIONS DAT ET LES AUTRES

Un écran à cristaux liquides occupe la partie gauche du magnétophone. Dans le haut : un indicateur de niveau ; dans le bas : le système de comptage. Casio a éliminé son afficheur alphanumérique pour le remplacer par un compteur arbitraire et temporel associé à un indicateur de numéro de plage. Les fonctions classiques des magnétophones DAT sont là : le magnétophone enregistre, sur la zone consacrée aux instructions de service, un témoin de début, un

numéro de plage et le temps. Ainsi, la cassette peut être placée n'importe comment, l'indication du compteur et de la plage sera correct. Deux touches commandent la recherche automatique des débuts d'enregistrements, dans les deux sens, une recherche nettement plus lente que pour le CD, incontestable champion de vitesse il est vrai. Le principe de recherche demande un examen de la bande avec défilement rapide avant de revenir, au début exact, par une lecture à vitesse normale. Il faut une quarantaine de secondes pour bobiner une cassette de 60 minutes... La recherche rapide et bidirectionnelle existe également, elle se fait, en silence, à 10 fois la vitesse nominale, le compteur est là pour assister la recherche. Le compteur affiche donc plu-



L'autre face de la platine mécanique. Le moteur à entraînement direct est celui du tambour, le disque, c'est le moteur, toujours à entraînement direct, du cabestan, on voit bien la tête tachymétrique.

BANC-D'ESSAIS

DAT - CASIO DA-2

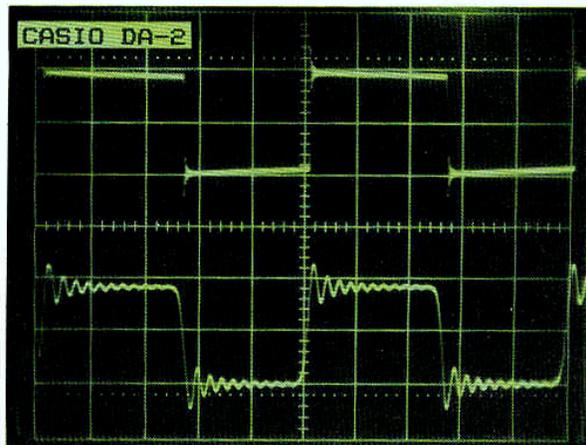
sieurs données ; en mode arbitraire, ses quatre chiffres vous donnent une adresse, lorsque ce mode est sélectionné, l'arrêt automatique au zéro s'enclenche, il n'agira qu'en défilement rapide. Vous pourrez également indiquer le temps absolu, c'est-à-dire écoulé depuis le début de la bande ou un temps écoulé depuis le début de la plage. Dernière information, valable même si la cassette est vierge ou partiellement vierge, c'est le temps restant, il est calculé par le microprocesseur de bord. En revanche, dès que le signal enregistré disparaît, et cela pendant plus de 9 secondes, le magnétophone s'arrête, le panneau affiche le mot « fin », en anglais bien entendu. Comme d'autres données de service peuvent être inscrites sur la bande, vous aurez peut être droit à l'indication du sommaire de la cassette.

Le magnétophone inscrit automatiquement des index de départ après 3 secondes de silence : c'est-à-dire 3 secondes au-dessous de -40 dB. Si ces index vous gênent, vous

pourrez les enlever à la lecture de la cassette. Par ailleurs, vous pouvez installer un index là où vous en avez envie. Une numérotation automatique existe, elle peut être modifiée ultérieurement après suppression des index de départ. Autre possibilité du DA-2 : la création automatique d'un blanc. Le DA-2 est simplifié par rapport au DA-1, la recherche par titre ou par genre est supprimée ainsi que le générateur de caractères, long à manipuler.

TECHNIQUE

La platine mécanique ressemble tout de même à la précédente, mais des modifications ont été apportées. Par exemple, les guides bande métalliques ont été remplacés par des éléments de matière plastique. Les doigts d'extraction de la bande sont installés sur des blocs en zamack moulé, le châssis lui-même a pour base une tôle d'acier assez épaisse. Nous nous attendions à des techniques de fabrication plus précises. En fait, le numérique semble moins

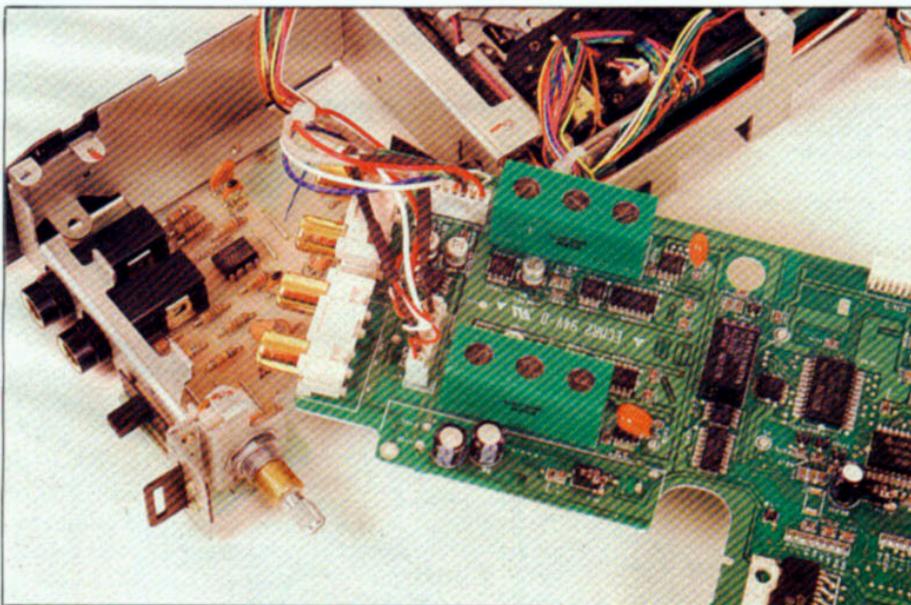


Oscillogramme. - Réponse du magnétophone à cassette DAT Casio DA-2. En haut, 100 Hz, en bas 1 kHz, l'oscillation est celle des filtres antirepliement et de reconstitution. L'échelle verticale est de 0,5 V par division, l'échelle horizontale est de 2 ms par division en haut et 0,2 ms par division en bas.

exigeant que la vidéo, les signaux sont ici transmis en mode tout ou rien, avec un tout qui doit simplement être supérieur à un et inversement. Cette platine est une merveille de miniaturisation industrielle. Plusieurs moteurs se chargent

deux sont classiques, c'est-à-dire avec un collecteur et des balais, pour des déplacements mécaniques comme la mise en place de la bande ou l'ouverture du tiroir, le tambour bénéficie d'un moteur ultra-plat : disque aimanté solidaire de l'axe du tambour, bobinages fixes à commutation électronique du courant. Ce même type de moteur est utilisé pour le défilement longitudinal de la bande, cette fois pour le cabestan où une couronne aimantée multipolaire tourne devant un détecteur, constituant ainsi une génératrice tachymétrique. Solidaire de cet axe, une poulie entraîne les axes des bobines.

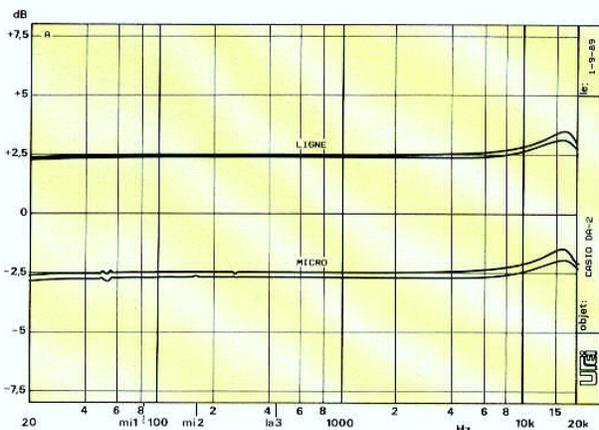
Au circuit électronique maintenant, concrétisé par un circuit imprimé en verre époxy double face avec trous métallisés. Des liaisons par connecteurs sont réalisées entre plusieurs circuits perpendiculaires, comme, par exemple, celui de traitement des signaux d'enregistrement et de lecture. D'autres liaisons se font par câbles extra-fins terminés par connecteurs. Beaucoup de composants sont de type montage en surface : des circuits intégrés, des condensa-



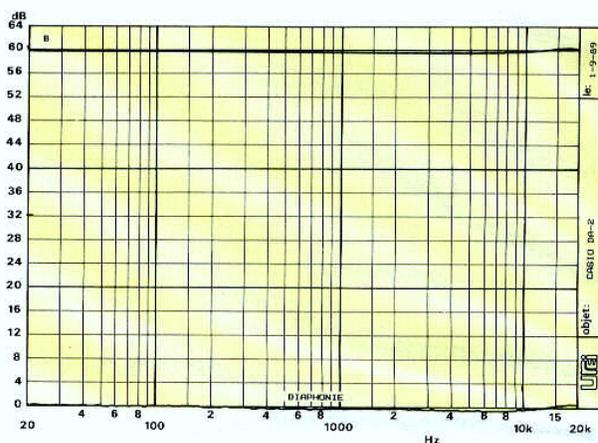
Une partie du circuit imprimé. Les deux boîtiers verts sont des filtres passe-bas d'ordre 6 ou 7. La plupart des composants sont montés en surface. Derrière les prises RCA dorées : le préamplificateur micro.

BANC-D'ESSAIS

DAT - CASIO DA-2



Courbe A. - Courbe de réponse en fréquence du magnétophone DA-2 relevée sur les deux canaux et sur les entrées ligne et micro. Courbe très régulière, avec une petite remontée dans l'extrême aigu.



Courbe B. - Courbe de diaphonie du magnétophone DA-2, le signal de diaphonie est pratiquement noyé dans le bruit de fond. La mesure se fait ici avec un signal enregistré au-dessous de 0 dB ; en effet, le magnétophone est équipé d'un circuit de préaccentuation qui interdit d'enregistrer le signal au niveau maximal sur toute la bande de fréquences.

teurs chimiques très particuliers, des condensateurs céramique, des transistors. Les composants classiques sont rares et, comparés aux précédents semblent monstrueux, comme le filtre de sortie. Il reste tout de même un circuit imprimé classique, sur papier époxy et simple face, c'est celui du préamplificateur du micro. Les circuits imprimés sont signés Matsushita.

Le convertisseur numérique/analogique est un PCM 55 de Burr-Brown, l'enregistrement se fait en 15 bits, la lecture en 16 bits, en fait, la différence de qualité entre 15 et 16 bits est infime. Une particularité signalée bien sûr par le constructeur. La fréquence d'échantillonnage est de 48 kHz pour l'enregistrement, de 48 ou 44,1 kHz, suivant la cassette, pour la lecture. Un circuit de préaccentuation, non commutable, est en service pour l'enregistrement.

LES MESURES

Pas de mesure du taux de pleurage et de scintillement ici, une horloge à quartz stabilise le débit des informations numériques après leur intro-

duction, par paquets, dans la mémoire.

Nous avons, comme pour le DA-1, mesuré le temps de bobinage. Nous avons noté un peu moins d'une minute pour une cassette R-90, cette fois nous avons choisi une cassette R-60 qui permet une comparaison directe avec les performances des magnétophones à cassette. Il faut 41 secondes pour le rebobinage d'une heure de programme ; dans un magnétocassette analogique, cette opération demande 160 secondes, 4 fois plus de temps. Autre performance temporelle : le temps qu'il faut pour passer en lecture une fois la cassette en place. Nous avons mesuré environ 8 secondes, le temps de mettre la bande en place autour du tambour. Pour aller d'une plage « normale » à la suivante, il faut environ 11 secondes, c'est relativement long par rapport au lecteur de CD bien sûr. Le temps mis pour aller chercher une autre plage dépend de la durée des morceaux. Nous avons testé cette donnée sur une cassette de 7 plages de 30 minutes : une trentaine de secondes sont nécessaires.

- Niveau de sortie audio à

0 dB : + 7,8 dBu, soit une tension de 1,87 V.

- Le taux de distorsion harmonique est alors de 0,012 % à 1 kHz.

- Le rapport S/B, potentiomètre au zéro, par rapport au niveau maximal d'enregistrement est de 86 dB sans pondération, 89 dB en mesure pondérée.

Sur l'entrée ligne, nous mesurons pratiquement la même valeur, mais le canal droit est un peu meilleur : 91 dB sans pondération et un de mieux avec pondération.

Sur l'entrée micro, le préamplificateur introduit un peu de bruit de fond, la dynamique conserve une très bonne valeur. Potentiomètre à fond, entrée fermée sur 150 Ω, nous avons mesuré 81,8 dB, c'est bien sûr la dynamique maximale, avec un enregistrement au zéro.

La sensibilité d'entrée ligne est de 160 mV, celle de l'entrée micro de 2,3 mV. L'impédance d'entrée ligne de 63 kΩ, celle de l'entrée micro de 10 kΩ. L'impédance de sortie est de 230 Ω. Le temps de montée en signaux carrés est de 29 μs, nous n'avons pas constaté de décalage important. Relevé en mono, en-

tre les voies, nous l'avons estimé à 0,4 μs, en cherchant bien !

La bande passante montre une meilleure linéarité que pour le DA-1, le filtre de sortie est peut-être mieux réglé. La diaphonie a également été améliorée, nous avons mesuré ici plus de 60 dB.

CONCLUSIONS

A une époque où tout se miniaturise, Casio double le volume de son magnétophone DAT en passant du DA-1 au DA-2. Il en profite pour le simplifier en éliminant une fonction qui n'est pas vraiment utile (recherche par titre). Le DA-2 ressemble maintenant un peu plus à ses concurrents, et se prépare à les affronter à un prix qui devrait les laisser sur place. Il faut en effet compter moins de 13 000 F pour s'équiper de cette petite boîte numérique. Un produit séduisant pour les chasseurs de son de l'an 2000.

Etienne LEMERY

BANG-D'ESSAIS

10 ENCEINTES ACOUSTIQUES

Nous voici revenus à l'aube d'une nouvelle année, d'une décennie même, en ces jours frileux où l'on se préoccupe plus particulièrement d'acoustique, notamment dans le *Haut-Parleur*. Contrairement aux mois de janvier antérieurs, les nouveautés sont nombreuses, cette année.

Pour l'heure et pour fixer les idées, on dénombre trois nouveaux modèles chez Elipson, c'est la série graphite, trois chez JM Lab, les intégrales en K2, cinq ou six chez Cabasse si on compte les versions réactualisées, six chez Infinity, une Kef 105 UniQ Q qui sortira bientôt, les nouvelles Magnasphères, cinq JBL, dont les

quatre de la série XPL, trois DBX, une Celestion, mais laquelle ! Et c'est sans parler de B et W avec les séries Vision (quatre modèles), la « Solid », l'« Acoustitone » ; des cinq nouvelles Cerwin Vega, saluant la distribution de la marque par Major Loisirs ; la palme revient à Jamo qui vient d'en sortir sept, dont trois

A tel point que dix enceintes, pour faire le tour d'un marché, cela semble un peu juste ; quinze auraient presque suffi. En effet, beaucoup de fabricants ont renouvelé partie ou totalité de leur gamme. Nous aurons l'occasion d'en reparler plus tard, tant il y a à dire.

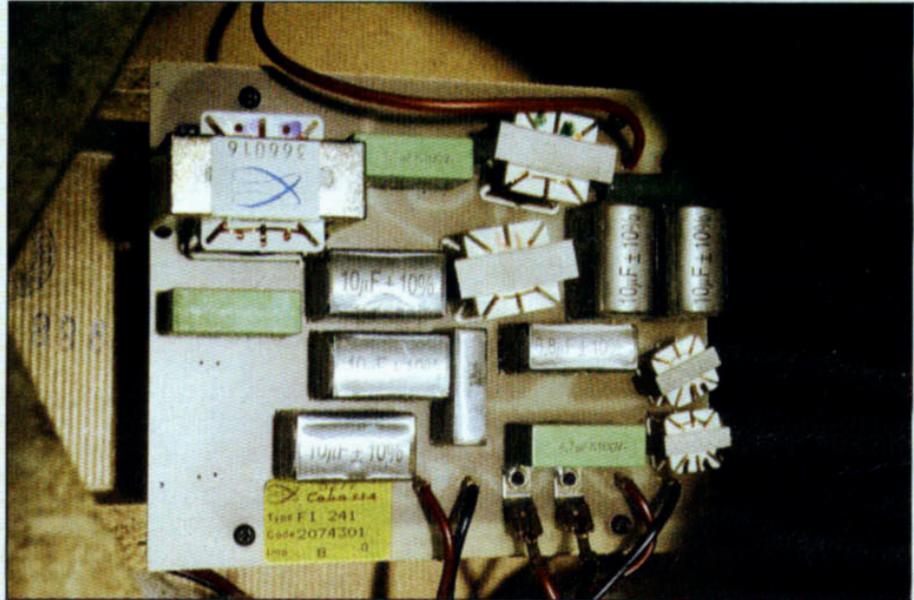
bass-reflex de très haut niveau, les modèles « Concert », à faire frémir (haut-parleurs très performants, ébénisteries lourdes, évent à double flux, bicâblage, prises dorées, cônes de découplage !). Profusion donc, mais pas révolution, car les grands principes sont conservés. En effet,

cette année tous les transducteurs étudiés sur les dix enceintes en test sont du type électrodynamique, principe remontant à 1925... Comment ça marche ? Le courant porteur de l'information audio issu de l'amplificateur traverse une bobine, essentiellement résistive. La bobine baigne dans un champ magnétique



10 ENCEINTES ACOUSTIQUES

radial. Elle est donc soumise à une force dont la valeur vaut le produit du courant par le champ, multiplié par la longueur de fil de la bobine. La force sert à animer le mouvement d'un diaphragme ou membrane, généralement circulaire, en forme de cône ou de dôme. Ce diaphragme, suspendu élastiquement au châssis, vibre au rythme du courant et crée une pression acoustique localement, puis une onde acoustique vers l'auditeur. Le **rendement** d'une telle opération est très faible : 1 % de l'énergie électrique, en moyenne, est convertie en bruit ; le reste en chaleur. Ce rendement nous allons le chiffrer pour chacune des enceintes, en appliquant une puissance électrique de 1 W et en mesurant la pression acoustique à 1 m en face de celle-ci. Il sera exprimé en décibel à 1 W à 1 m. Les décibels se substituent aux unités de pression habituelles (le Pascal et ses sous-multiples) en prenant la convention suivante : 1 % de rendement donne 94 dB, 2 % en donnent 97 (+ 3 dB), 0,5 % donne 91 (- 3dB), etc. Le rendement n'est pas une fin en soi, mais il donne une idée de la puissance électrique nécessaire pour faire fonctionner l'enceinte acoustique à un niveau sonore confortable. Finalement, c'est un critère de choix pour l'amplificateur... Pour gagner du rendement, donc pour ne pas engager une puissance électrique démesurée, les fabricants utilisent plusieurs méthodes. L'une consiste à augmenter le champ, en jouant sur la taille des aimants. C'est coûteux, et les lois de la physique montrent que cette solution a une limite. D'autres consistent à alléger le diaphragme, qui finalement peut perdre sa rigidité, essentielle à une bonne restitution ; ou encore à augmenter sa surface, mais la masse augmente d'autant et le rendement chute dans l'aigu. De plus, on sait que les membranes (supposées circu-



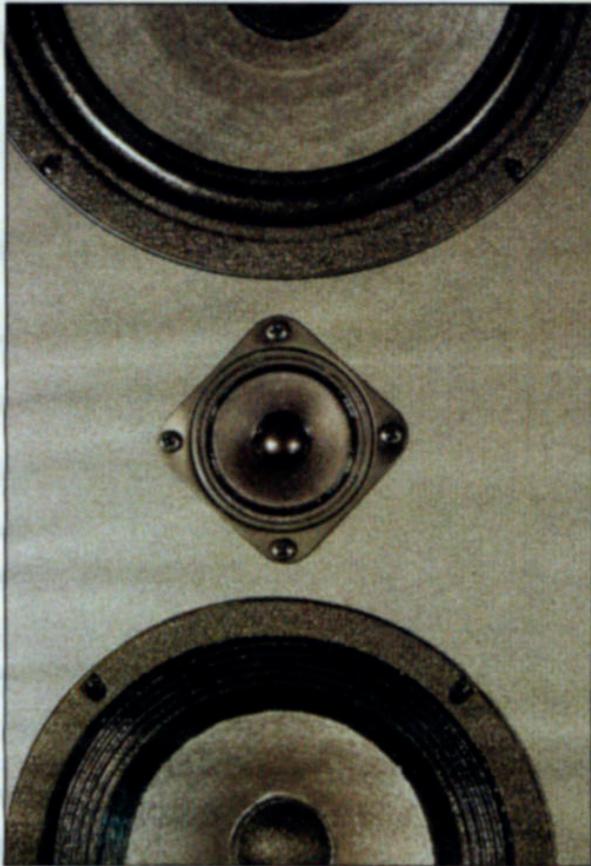
Un filtre complexe, destiné à une enceinte trois voies.

laire) de grande surface voient leur rayonnement rétréci dans l'aigu. D'où l'existence de haut-parleurs spécialisés et assemblés sur un même plan émissif et reliés à un filtre chargé de guider le courant porteur de l'information vers chacun d'eux, selon son registre. On nomme cela enceinte à deux, trois voire quatre voies selon le nombre de transducteurs utilisés ; lesquels offrent tous le même rendement dans le registre (grave, médium ou aigu) concerné. Le nombre de voies ne constitue pas un critère de qualité. Il augmente au fur et à mesure que la puissance admissible de l'enceinte est élevée, afin de répartir plus justement cette puissance sur chacune des bobines. Nos mesures mettent en évidence l'homogénéité de ces assemblages : **la réponse en fréquence** en est, sous forme de courbe, la visualisation. L'idéal serait une droite horizontale, mais cela est fort peu fréquent. Cette réponse en fréquence, quelle qu'elle soit, doit se conserver si on ne s'écarte pas trop de l'axe d'écoute normal, dans un an-



Un dôme en polysphérite de Infinity. Il s'agit d'une mousse légère et rigide.

10 ENCEINTES ACOUSTIQUES



La cellulose traitée au graphite en poudre, chez Elipson.



Famille de haut-parleurs issus d'un même fabricant, Focal, utilisés sur la JM LAB. Les diaphragmes sont en polykevlar.

gle de plus ou moins trente degrés par exemple. Afin de figurer cette caractéristique, nommée **directivité**, nous avons utilisé un programme de visualisation, qui fait voisiner, sur un diagramme en trois dimensions, les courbes de réponse en fréquence relevées pour un angle d'écoute croissant de zéro à trente degrés. Une enceinte peu directive dans l'aigu montrera un diagramme dont la face supérieure sera relativement plane. En revanche, un modèle directif montrera un diagramme incliné voire ondulé dans sa partie droite et en avant, c'est-à-dire correspondant respectivement aux sons aigus perçus avec un angle d'écoute assez accentué.

L'origine de cette directivité est connue et résulte de la conception des haut-parleurs médium et aigu : diamètre trop large, profil inadéquat, déformations du diaphragme, montage du transducteur sur une surface trop large.

Par ailleurs, la mesure de la réponse en fréquence des sons graves est faussée par des phénomènes complexes de propagation d'ondes dans le local. On effectue alors cette mesure avant la formation de l'onde, au plus près du diaphragme, en pression. D'où dans le tableau de mesure la mention : **réponse grave**, indiquant d'une part la pression engendrée par l'enceinte à 1 W à une fréquence très basse (son très

grave), 30 Hz ; d'autre part la fréquence de coupure, c'est-à-dire à partir de quelle hauteur de son l'affaiblissement de la réponse commence à être perceptible. Exemple : une enceinte de rendement égal à 88 dB dont le niveau à 30 Hz est de - 20 dB ne dispensera à cette hauteur de son que 68 dB, soit pas grand-chose en regard du bruit ambiant.

Précisons que la qualité de cette réponse grave peut être calculée chez le fabricant ; qu'elle est largement tributaire du volume de l'enceinte ; qu'il existe, du point de vue conception, deux familles : **les enceintes closes** (hermétiques) et celles à événement (ouvertes par une embouchure) no-

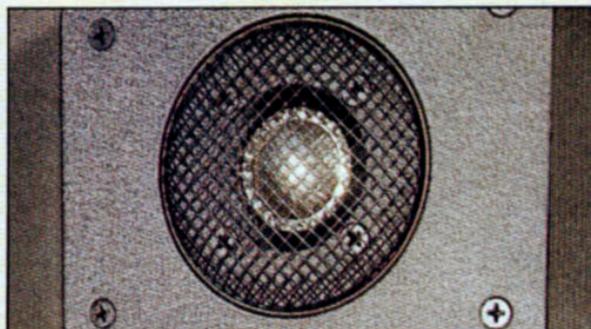
tées **B.R.** dans notre tableau récapitulatif. Le second type donne de bons résultats quantitatifs, mais sa mise au point s'avère assez souvent délicate. Enfin il est utile de préciser que cette réponse grave est finalement très variable selon le positionnement des enceintes acoustiques chez l'utilisateur. La proximité d'un ou de plusieurs murs (cas extrême, en encoignure) a tendance à gonfler ce registre. La seconde courbe, en partant du haut (dos des fiches), figure cette réponse grave mesurée comme indiqué avant. La quatrième illustration est un diagramme à trois dimensions, permettant de juger de l'**amortissement** de l'enceinte acoustique. En termes

10 ENCEINTES ACOUSTIQUES

plus clairs, supposons que l'on soumette à l'enceinte un message électrique très bref.

L'idéal consisterait à mesurer sa traduction acoustique, en ondes, dont la durée serait exactement la même que celle du message. Or la réalité diffère bien évidemment de cet idéal, car les diaphragmes continuent à vibrer après que l'excitation électrique a cessé.

De plus le phénomène n'est pas égal à toutes les hauteurs sonores. Il affecte surtout les sons graves et médians. L'excitation en est faite par balayage du son du plus grave au plus aigu, comme pour une courbe de réponse, tandis que l'analyse procède avec un retard temporel croissant à chaque balayage, afin de voir ce qui traîne. L'enceinte idéale montrerait, en fond de diagramme, sa courbe de réponse normale, puis une succession de courbes d'amplitude décroissante au fur et à mesure que l'on observe la partie avant du diagramme, mettant en évidence une décroissance régulière et assez rapide du son à l'extinction. La réalité révèle des comportements différents pour chacune des enceintes testées et permet de déceler la présence de résonances préjudiciables à une bonne intelligibilité du message sonore émis.



Un cône polymère et un dôme en titane, chez JBL.

Autre sujet de souci : l'**impédance**. Cette caractéristique traduit la gourmandise en courant (pas en tension) de l'enceinte acoustique. Cette consommation est croissante pour une impédance décroissante. Elle est variable selon la hauteur du son. On relève la valeur moyenne, la plus significative, et la valeur minimale, celle qui cause le plus gros afflux de courant. Souvent cette valeur minimale est localisée et, statistiquement, la probabilité de tomber dessus, au sens où un exécutant de l'œuvre reproduite jouerait la note fatidique, est très faible. Le risque de surconsommation (activant alors le disjoncteur ou les fusibles de l'amplificateur) survient pour des valeurs moyennes inférieures à 4 Ω. Il existe une norme NF à ce sujet, mais nous

ne vous ferons l'affront ni de l'expliquer ni de l'appliquer brutalement aux modèles présentés. Les revues consoméristes s'en chargent assez, considérant, à ce seul titre il est vrai, les sciences de l'électro-acoustique semblables à celles des fers à repasser ou des machines à laver. Dernier détail, pour ceux qui désirent interpréter au mieux les diagrammes en trois dimensions : l'échelle des fréquences est linéaire (le milieu correspond à 10 kHz). Le fond du diagramme correspond respectivement à zéro degrés pour la directivité, 3 000 μs pour l'amortissement (3 000 μs ≈ 1 m de propagation, cette distance correspondant à celle entre le micro de mesure et l'enceinte). L'avant du diagramme correspond à 32 degrés d'angle à la mesure pour

la directivité, à 20 000 μs pour l'amortissement.

La **distorsion** est une valeur des déformations du signal sonore engendrées par l'enceinte elle-même. Il s'agit d'une valeur moyenne et pondérée, issue d'une observation sur l'ensemble du spectre compris entre 50 et 5000 Hz. Elle doit être, numériquement, aussi faible que possible.

Comme on pourra le constater, la conception d'une enceinte acoustique de coût raisonnable résulte souvent d'un compromis, par lequel l'on tente de tirer l'ensemble des caractéristiques vers la performance, tout en veillant à ce que l'amélioration d'un point particulier ne vienne pas dégrader les autres. Il en est ainsi, par exemple, du rendement et de la réponse grave qui ne font que très rarement bon ménage. La conception des haut-parleurs eux-mêmes procède de la même méthode avec laquelle l'on tente de s'approcher d'un idéal composé : rendement, bande passante, directivité, fidélité sont assez difficiles à concilier.

Pour l'heure, en attendant la chimère, l'apport des travaux sur les matériaux métalliques et plastique composites est le plus gros moteur du progrès en matière d'électro-acoustique. Les modèles présentés en témoignent largement. ■

Marque	Cobasse	Celestion	DBX	Elipson	Infinity	JBL	JM LAB	Kef	Konwood	Magnat
Modèle	Drakkar M2	3	SF 1.500	Graphite 3	RS-4001	XPL-90	708	C-95	LS-770	Lambda
Origine	France	R.U.	E.U.	France	E.U.	E.U.	France	R.U.	Japon	RFA
Type	3 voies close	2 voies close	3 voies B.R.	3 voies B.R.	3 voies close	2 voies close	3 voies B.R.	3 voies B.R.	3 voies close	2 voies close
Équipement										
Grave	21 cm MS	17 cm cell.	17 cm cell.	21 cm cell.	21 cm poly./carb.	17 cm cell.	2x17 cm kev.	20 cm poly.	20 cm poly.	2x13 cm poly.
Médium	10 cm MS	-	13 cm cell.	16 cm cell.	5 cm MS	-	12 cm kev.	20 cm poly.	10 cm poly.	-
Aigu	2,5 cm DS	2,5 cm DR	1,9 cm DS	5 cm poly.	2,5 cm MS	2,5 cm DR	2,5 cm kev.	2,5 cm DS	2,5 cm DS	2x2,5 cm DR
Rendement (1)	93,5 dB	90 dB	90 dB	93 dB	89 dB	87 dB	93 dB	90 dB	87 dB	90 dB
Puiss. max. (2)	100 W	50 W	-73 W	-100 W	110 W	65 W	135 W	130 W	90 W	65 W
Niveau acoust. maximal	113,5 dB	104 dB	107 dB	113 dB	109 dB	103 dB	114 dB	112 dB	107 dB	106 dB
Réglages	-	-	-	-	médium, aigu	-	-	-	-	-
Dimensions (mm)	640 x 300 x 280	310 x 185 x 220	840 x 400 x 370	1 110 x 260 x 300	570 x 290 x 270	395 x 240 x 240	950 x 280 x 312	370 x 245 x 330	440 x 260 x 235	805 x 240 x 200
Finition	noyer naturel	vinyle noyer	noyer naturel	laque	chêne naturel	noyer naturel	noyer naturel	noyer	vinyle frêne	vinyle noir
Prix (paire)	9 180 F	2 200 F	7 980 F	6 760 F	7 990 F	9 980 F	7 990 F	11 000 F	2 990 F	7 990 F

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

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



JM LAB 708 Olymp

C'est tout nouveau : cette 708 Olymp K2 remplace la 610 Olymp, afin d'homogénéiser la gamme Polykevlar, jusqu'au top model, la 715 Oriane K2, dont nous reparlerons bientôt. En effet, tous ces modèles commençant par le chiffre 7 possèdent désormais un équipement intégralement réalisé à base de kevlar : dans le cas de la 708, le grave est confié à deux 17 cm (type 7K 415) à membrane semi-exponentielle en sandwich de kevlar et de microsphères de silice ; le médium est un 5K 413 S, adoptant le même principe, avec une ogive centrale pour une meilleure diffusion spatiale ; le tweeter est un T-90 KF, dôme inversé en kevlar, décompressé à l'arrière et ferrofluidé. L'utilisation de deux 17 cm à la place d'un 21 ou d'un 26 permet de disposer d'une largeur moindre, d'une puissance nominale admissible de 120 W au lieu de 100 W pour un 21 cm, tout en conservant une impédance minimale voisine de $4,5 \Omega$. Tous calculs faits, compte tenu du volume de cette enceinte et du type de haut-parleurs utilisés, on peut prévoir un rendement assez élevé (93 dB), une coupure basse située légèrement au-dessus de 40 Hz, ce qui constitue déjà un excellent compromis. Pour le reste, c'est l'écoute qui fait découvrir la qualité des transducteurs médium et aigu : la « famille » kevlar, acoustiquement parlant, n'a pas toujours été très homogène, chacun défendant sa tonalité particulière. Ici, ce n'est plus le cas : le 5K 413 et le T-90 K travaillent de concert et semblent réellement ne faire qu'un. La conception du filtre n'est pas étrangère à la chose.



Le Haut-Parleur a aimé :

- une technologie avancée et bien maîtrisée
- d'heureuses retombées auditives

Le Haut-Parleur a regretté :

- rien



KEF C-95

Voilà le top model de la série C. La jonction avec la série référence (102, 103, 104, 105, 107) sera bientôt effectuée avec une prochaine version de la Kef 105, dont la tête médium-aigu adoptera la technique des haut-parleurs coaxiaux, nommée Uni-Q chez le fabricant anglais. Technique qui est appliquée depuis un an maintenant sur cette série C (35, 55, 75, 95). La C-95 est une colonne de 870 mm de hauteur, dont le centre d'émission principal se trouve à 750 mm au-dessus du sol. Sa conception dérive de la 104 II par le fait qu'elle utilise (malgré les apparences) un haut-parleur de grave monté à l'intérieur de l'enceinte dont le rayonnement s'effectue par le biais d'une cavité accordée et d'un évent dont le diamètre est très proche de celui de médium-aigu. L'embouchure de l'évent est cerclée d'un anneau supportant une grille, d'où l'aspect d'une trois-voies traditionnelle. La section médium aigu dispose d'un transducteur coaxial de 210 mm accueillant en sa partie centrale un dôme d'aigu de 25 mm. La C-95 s'inspire également de la 104 II avec un filtre à impédance constante, voisine de 4Ω en module et à phase limitée dans ses variations (technique nommée Conjugate Load Matching pour Appariement par charge conjuguée, au sens des impédances complexes). Bref, voilà réunies sur un même modèle, et pas le plus coûteux, les plus belles idées de Kef de ces cinq dernières années. On ne lui reprochera que sa directivité encore un peu accusée (avec un tweeter à dôme positif de 25 mm, c'est normal), mais cela est bien peu en regard des nombreuses qualités de ce produit, bien abouti dans sa conception et sa réalisation.



Le Haut-Parleur a aimé :

- le concept Uni-Q
- la charge bass-reflex très bien optimisée
- l'écoute sous certaines conditions...

Le Haut-Parleur a regretté :

- une directivité encore prononcée

NOUS AVONS MESURE :

KEF-C 95

HP 15/01/90

AMPLITUDE

Réponse en fréquence, dans l'axe (-3 dB) 40 Hz à 20 000 Hz

Variation moyenne par rapport à la réponse dans l'axe, dans $\pm 30^\circ$ horizontal -6 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 4 Ω

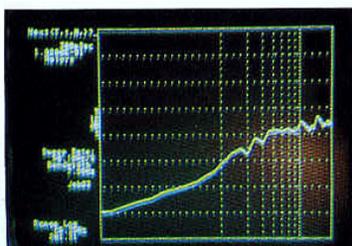
REPONSE GRAVE

Niveau à 30 Hz (par rapport à 200 Hz, à 3 cm) -12 dB

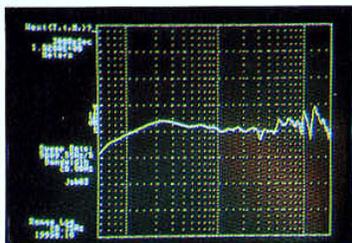
Fréquence de coupure à -3 dB 40 Hz

EFFICACITE

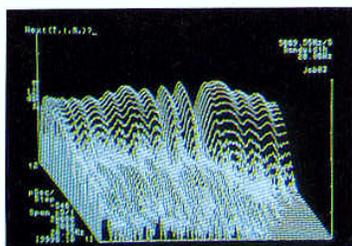
Pour 2,83 V, en bruit rose 91 dB



◀ Réponse grave (20 à 200 Hz) de l'enceinte KEF. On atteint 45 Hz sans problème.



Réponse globale (20 ▶ à 20 000 Hz) de l'enceinte KEF. La charge coaxiale du tweeter se fait un peu ressentir en bout de bande.



◀ Diagramme 3D d'amortissement de l'enceinte KEF. Bons résultats dans l'ensemble dus à l'utilisation du polypropylène, réputé à cet égard.

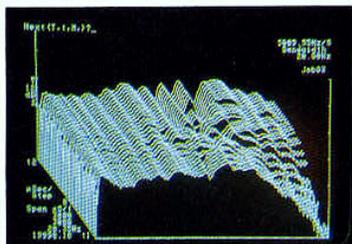


Diagramme 3D de direc- ▶ tivité de l'enceinte KEF. Bien sûr, tout se passe au-dessus de 12 kHz, mais quand même...

NOUS AVONS MESURE :

JM LAB 708 OLYMP

HP 15/01/90

AMPLITUDE

Réponse en fréquence, dans l'axe (-3 dB) 35 Hz à 19 000 Hz

Variation moyenne par rapport à la réponse dans l'axe, dans $\pm 30^\circ$ horizontal inf. à 1 dB

DISTORSION

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

IMPEDANCE

Module minimal 4 Ω

Moyenne, de 20 Hz à 20 000 Hz 5 Ω

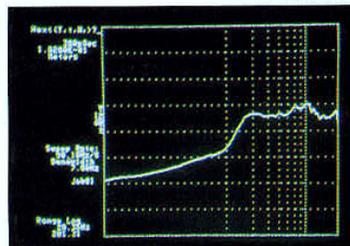
REPONSE GRAVE

Niveau à 30 Hz (par rapport à 200 Hz, à 3 cm) -13 dB

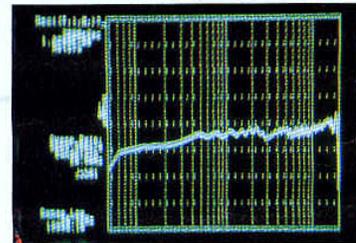
Fréquence de coupure à -3 dB 42 Hz

EFFICACITE

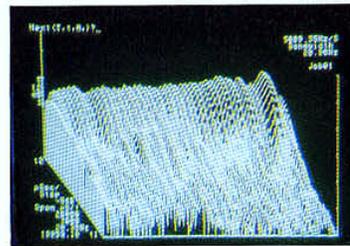
Pour 2,83 V, en bruit rose 93 dB



◀ Réponse grave (20 à 200 Hz) de l'enceinte JM LAB. On atteint presque 40 Hz, avec un niveau voisin de 93 dB !



Réponse globale (20 ▶ à 20 000 Hz) de l'enceinte JM LAB. Profil régulier et légèrement ascendant.



◀ Diagramme 3D d'amortissement de l'enceinte JM LAB. L'amortissement est régulier à toutes les fréquences. Conséquence de l'utilisation systématique de kevlar ?

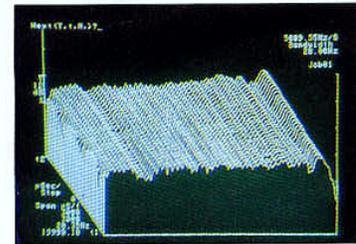


Diagramme 3D de direc- ▶ tivité de l'enceinte JM LAB. Très bons résultats.

PANORAMA

LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

En complément à nos 10 bancs d'essais HiFi, nous vous proposons ci-après les caractéristiques principales d'une grande partie des appareils de ce type, disponibles actuellement sur le marché. Ce tableau a été établi à partir des documentations qui nous ont été transmises par les constructeurs. Les prix indiqués sont donnés à titre indicatif mais correspondent bien souvent aux prix généralement pratiqués.

MARQUE	TYPE	Puissance nominale (W)	Impédance nominale (Ω)	Nombre de voies	Nombre de H.P.	∅ H.P. grave (cm)	∅ H.P. médium (cm)	∅ H.P. tweeter	Réponse en fréquence (Hz)	Sensibilité dB/W/m	Fréquence(s) de coupure (Hz)	Dimensions l x H x P (cm)	Poids (kg)	Prix (F) la paire
CABASSE	SAMPAN 305	110	8	3	3	30	12	2,5	60 à 20 000 (± 3 dB)	93	700-3 800	64 x 35 x 34,2	19	9 180
	SLOOP M5	110	8	3	3	30	12	2,5	60 à 20 000 (± 3 dB)	94	650-3 500	64 x 35 x 34,2	21,3	9 780
	CLIPPER III	110	8			30	5,5	2,5	55 à 20 000 (± 3 dB)	93,5	700-4 000	74 x 35 x 34,7	23	13 480
	NEF	100	8	2	2	21		2,5	60 à 20 000 (± 4 dB)	92	4 000	64 x 26 x 27,6	13,5	7 000
	DUNDEE	100	8	2	2	21		2,5	50 à 20 000 (± 4 dB)	92	4 000	85 x 26 x 27,5	17	8 000
	DRAKKAR M II	100	8	3	3	21	12	2,5	65 à 20 000 (± 4 dB)	93,5	1 000-4 000	64 x 30 x 28,1	16,9	9 180
	COTRÉ	150	8	3	3	30	12	2,5	60 à 20 000 (± 3 dB)	94	650-3 500	64 x 35 x 34,2	21,8	12 200
	YAWL	150	8	3	3	30	5,5	2,5	55 à 20 000 (± 3 dB)	94	650-4 000	74 x 35 x 34,6	24	15 400
	GALLION VII	150	8	3	4	30	17-5,5	2,5	50 à 20 000 (± 3 dB)	93	300-1 200-3 500	100 x 36 x 35	34	25 400
	COLONNE 135	150	8	3	5	21-21	17-5,5	2,5	40 à 20 000 (± 3 dB)	93	350-1 200-4 000	135 x 30 x 54	51,5	36 200
	GALIOTE	100		2	2	17		2,5	70 à 20 000 (± 3 dB)	93,5	4 000	29,7 x 20 x 19,6	6	7 620
	CORVETTE M2	120	8	3	3	17	5,5	2,5	65 à 20 000 (± 3 dB)	91	900-3 500	48 x 25 x 27,1	12	11 540
	CARAVELLE M2	120	8	3	3	21	5,5	2,5	60 à 20 000 (± 3 dB)	93	800-3 500	66 x 30 x 29	18	13 500
CELESTION	DITTON 44	130	8	3	3	30	16,5	N.C.	45 à 30 000 (± 3 dB)	93	N.C.	850 x 335 x 310	N.C.	7 440
	DITTON 66	150	8	3	4	2x30	16,5	N.C.	32 à 30 000 (± 3 dB)	93	N.C.	1 150 x 335 x 330	N.C.	8 440
	DITTON DL 4 Série II	75		2	2	16,5		2,5	70 à 20 000 (± 3 dB)	92	3 000	384 x 208 x 217	4,8	2 680
	DITTON DL 6 Série II	100		2	2	20		2,5	60 à 20 000 (± 3 dB)	92	3 500	454 x 245 x 257	7,5	3 220
	DITTON DL 8 Série II	150		2	2	20		2,5	50 à 20 000 (± 3 dB)	92	3 500	500 x 275 x 257	9,9	4 020
	DITTON DL 10 Série II	150		3	3	25	16,5	3,2	48 à 20 000 (± 3 dB)	92	3 500	740 x 350 x 305	19,3	6 760
	SL 6	120	8	2	2	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	84	2 800	376 x 200 x 268	8,4	5 800
	SL 12	150	8	3	3	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	86	500-2 800	530 x 200 x 286	13,4	9 800
	SL 600	120	8	2	2	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	82	2 300	370 x 200 x 235	5,1	17 400
	SL 700	120	8	2	2	16,5		3,2	N.C.	82	3 000	375 x 200 x 235	6,3	27 000
	3000	100	4	2	2	20		N.C.	N.C.	86	900	650 x 330 x 300	19,5	13 000
	5000	100	4	2	2	20		N.C.	N.C.	86	900	650 x 330 x 300	19,5	15 400
	7000	150	4	3	3	20	N.C.	N.C.	N.C.	86	300-900	1 200 x 340 x 347	36,5	22 000
CERWIN-VEGA	AT 20	100	6	2	2	20		2,5	38 à 22 000	94	3 000	54 x 31 x 26	12	4 350
	AT 40	125	6	3	3	25	12,5	2,5	30 à 22 000	95	400-3 000	73 x 36 x 35	18	5 900
	AT 60	150	6	3	3	30	12,5	2,5	30 à 22 000	96	400-3 000	72 x 41 x 32	22	6 900
	AT 80	200	6	3	3	30	12,5	2,5	28 à 28 000	97	400-3 000	77 x 41 x 36	25	8 400
	AT 100	400	4	3	3	37,5	12,5	2,5	28 à 28 000	102	400-3 000	94 x 49 x 47	41	11 950
DBX	SF 1500	250	4	3	4	20	10	12,5/12,5	44 à 20 000 (± 3 dB)	92	450-3 150	84 x 42 x 36	16	7 980
	SF 2500	200	6	3	4	16	10	12,5/12,5	49 à 20 000 (± 3 dB)	90	1 600-4 500	74 x 30,5 x 20	10	5 980
	SF 5000	150	6	3	4	16	10	12,5/12,5	65 à 20 000 (± 3 dB)	89	1 600-4 500	38,4 x 29,8 x 19,7	5,9	3 900
DENON	SC 300	120	4	3	3	17,5	2,5	1,9	40 à 30 000	88	800-5 500	22,5 x 32 x 21,5	N.C.	2 640
	SCL 30	120	6	2	2	12		N.C.	37 à 30 000	89	N.C.	16,5 x 43,5 x 29,3	6,5	4 680
	SCL 50	150	6	3	3	18	12	N.C.	35 à 30 000	90	N.C.	29,6 x 110 x 29,6	15	9 760
ELIPSON	1400	120	8	3	2	13		1,9	60 à 20 000	91	120/5 k	36 x 20 x 20	7	3 600
	1410	100	8	3	2				45 à 20 000	91		46 x 28 x 23	9,5	4 400

PANORAMA

LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

MARQUE	TYPE	Puissance nominale (W)	Impédance nominale (Ω)	Nombre de voies	Nombre de H.P.	\varnothing H.P. grave (cm)	\varnothing H.P. médium (cm)	\varnothing H.P. tweeter	Réponse en fréquence (Hz)	Sensibilité dB/W/m	Fréquence(s) de coupure (Hz)	Dimensions l x H x P (cm)	Poids (kg)	Prix (F) la paire
ELIPSON (suite)	1313	150	8	3	3	21	13	2,5	40 à 20 000	88	80/4 k	90 x 30 x 30	18	9 600
	1303	150	8	3	3	17	13	2,5	40 à 20 000	86	N.C.	100 x 30 x 30	21	10 400
	402	120	8	2	2	21	-	2,5	55 à 20 000	92	4,5 k	\varnothing 40 cm	8	7 800
	1401	120	8	4	3	13	11	1,9	60 à 20 000	89	120/1 k/5 k	35 x 20 x 21	8	5 800
	1412	100	8	3	2	17	-	2,5	45 à 20 000	91	200/4 k	76 x 25 x 29	12	7 800
	1403	150	8	4	3	17	10	2,5	45 à 25 000	91	150/450/4 k	81 x 25 x 35	17	9 000
	1404	200	8	4	5	2x21	10	2,5	32 à 25 000	91	80/400/4,5 k	105 x 30 x 33	35	17 600
	4240	200	8	3	3	31	21	2,6	35 à 20 000	92	80/4,5 k	130 x 40 x 40	45	18 000
	Crystal	120	8	3	2	13	-	1,9	50 à 20 000	91	120/4,3 k	48 x 43 x 32	9	10 000
	Orphée	120	8	3	3	13	13	2,5	45 à 20 000	91	80/4 k	108 x 18 x 20	23	13 200
	Design	120	8	3	4	13	13	1,9	28 à 20 000	90	90/450/5 k	150 x 18 x 20	23	13 200
	Junior	100	8	2	2				70 à 20 000	92		400 x 250 x 245	8	2 500
	Mélodine 2	100	8	3	3				60 à 20 000	92		510 x 270 x 245	8,5	2 980
	Mélodine 3	100	8	3	3				45 à 20 000	92		710 x 250 x 235	13,5	3 380
	Mélodine 6	150	8	3	3				50 à 20 000	92		760 x 250 x 255	14,5	4 380
	Mélodine 7	200	8	3	3				38 à 20 000	92		820 x 350 x 320	21	6 300
	Graphite 1	80	8	2	2	16	-	5,7	60 à 25 000	92	400 x 220 x 260	7,5	420	
Graphite 2	100	8	2	2	21	-	5,7	45 à 25 000	93		900 x 260 x 320	15	2 400	
Graphite 3	120	8	3	3	21	16	5,7	40 à 25 000	93		1110 x 260 x 300	20	3 380	
INFINITY	RS 1001	50	6	2	2	12		1,3	70 à 22 000 (\pm 3 dB)	89	4 500	320 x 190 x 160		1 980
	RS 2001	75	6	2	2	17		1,9	55 à 22 000 (\pm 3 dB)	89	4 800	340 x 220 x 180		3 180
	RS 3001	100	6	2	2	21		1,9	45 à 22 000 (\pm 3 dB)	89	4 000	570 x 290 x 240		4 460
	RS 4001	125	6	3	3	21	5	1,9	44 à 22 000 (\pm 3 dB)	89	600-4 000	570 x 290 x 240		6 400
	RS 5001	125	6	3	3	21	5	N.C.	42 à 45 000 (\pm 3 dB)	89	600-4 200	790 x 290 x 240		8 400
	RS 6001	200	6	3	3	21	5	N.C.	42 à 45 000 (\pm 3 dB)	89	600-4 200	940 x 290 x 240		12 200
	KAPPA 5	100	4	2	2	16		N.C.	49 à 45 000 (\pm 3 dB)	87	4 500	430 x 270 x 230		9 300
	KAPPA 6	150	4/6	3	3	25	7,5	N.C.	39 à 45 000 (\pm 3 dB)	88	800-4 500	630 x 380 x 260		11 840
	KAPPA 7	200	4/6	3	3	30	7,5	N.C.	37 à 45 000 (\pm 3 dB)	88	800-4 500	940 x 430 x 310		14 600
	KAPPA 8	250	4/6	4	4	30	13/7,5	N.C.	33 à 45 000 (\pm 3 dB)	89	80-800-4 500	120 x 520 x 200		22 900
KAPPA 9	340	4/6	5	5	2x30	13/7,5	N.C.	29 à 45 000 (\pm 3 dB)	89	80-800-4 500-10 000	151 x 550 x 200		31 500	
JAMO	CONCERT II	80	8	2	2	16,7		2,5	40 à 20 000	89	2 000	16,1 x 9,5 x 9,8	9	3 990
	CONCERT V	110	6	3	3	16,7	16,7	2,5	30 à 22 000	89	150-3 500	80 x 24,5 x 27,5	19	7 990
	CONCERT VII	200	6	3	3	20,5	16,7	2,5	24 à 22 000	89	150-4 000	92 x 28,5 x 31,5	28	10 900
	CL 20	100	8	2	2	20,5		2,5	40 à 20 000	92	3 500	46,1 x 27,1 x 25,8	8	2 590
	CL 30	120	8	3	3	20,5	10,5	2,5	35 à 20 000	92,5	2 500-5 000	84,2 x 27,1 x 25,8	13	3 990
	COMPACT 60	50	8	2	2	10,2		5	90 à 20 000		2 600	16,5 x 10,4 x 17,2	1,3	980
	COMPACT 70	70	8	2	2	16,7		2,5	70 à 20 000		2 500	30 x 18,8 x 21	3,8	1 094
	COMPACT 90	90	8	3	3	20,5	8,4	2,5	65 à 20 000	92	1 200-4 000	37 x 23 x 22,1	5	1 590
	COMPACT 120	120	8	3	3	20,5	12,3	2,5	55 à 20 000	92,5	1 200-5 000	42 x 26 x 22	6,5	1 990
	MAGIC 6	60	8	3	3	14,1	5	1,9	65 à 20 000		4 000-8 000	30 x 18,8 x 21	3	1 290
	MAGIC 8	80	8	3	3	16,7	5	2,5	47 à 20 000		1 500-5 000	41,5 x 24 x 21,5	6	1 690
	MAGIC 10	100	8	3	3	20,5	8,4	2,5	43 à 20 000		1 500-4 000	47 x 27,5 x 21,5	8	2 090
	MAGIC 14	140+	8	3	3	26	8,4	2,5	40 à 20 000		1 200-4 000	52 x 30 x 21,5	9	2 290
	S 3	50	8	2	2	10,2		5	80 à 20 000		4 500	20 x 13,5 x 8	1,3	1 170
	S 60	50	6	2	2	10,2		5	70 à 20 000		3 000	20 x 13,5 x 17,4	2	1 180
S 100	60	8	2	2	14,1		2,5	45 à 20 000		3 500	26 x 13,5 x 17,4	3,6	1 580	
JBL	LX 22	125	8	2	2	16,5		2,5	50 à 20 000	90	3 000	39,4 x 25,4 x 21,9	6,5	2 980
	LX 33	135	8	2	2	16,5		2,5	42 à 20 000	90	3 000	80 x 25,4 x 22	13	3 980
	LX 44	150	8	3	3	20	12,5	2,5	45 à 20 000	91	800-4 000	58,4 x 29,8 x 29,9	13	4 980
	LX 55	200	8	3	3	25	12,5	2,5	40 à 20 000	92	800-4 000	66 x 34,3 x 29,9	15	5 980
	LX 60	160	8	3	3	20	12,5	2,5	38 à 20 000	91	750-3 000	94 x 29,8 x 29,5	20	6 900
	LX 66	250	4	3	4	20-20	12,5	2,5	45 à 20 000	94	650-3 800	106,6 x 35,6 x 39,9	28	7 980
	XPL 90	100	6	2	2	16,5		2,5		87	3 000	39,4 x 24,1 x 24,8	18	9 980
	XPL 140	125	6	3	3	20	7,5	2,5		88	900-4 000	77,2 x 33,7 x 30,2	25	17 980
	XPL 160	150	6	3	3	25	7,5	2,5		90	800-4 000	84,1 x 37,5 x 32,7	28	22 000
	XPL 200	200	6	4	4	30	16,5-7,5	2,5		90	300-1 100-4 500	100,6 x 40,6 x 35,6	41	27 380
	Pro III	100	4	2	2	12,5		2,5	65 à 27 000	87	3 000	23,5 x 15,9 x 14,3	2,5	2 780
	S 119	100	8	2	2	20		2,5	40 à 20 000	86	3 000	101,6 x 25,4 x 25,4	9,1	15 580
	TLX 3	75	8	2	2	16,5		2,5		90	3 600	37,5 x 25,4 x 22	17,7	1 980

PANORAMA

MARQUE	TYPE	Puissance nominale (W)	Impédance nominale (Ω)	Nombre de voies	Nombre de H.P.	∅ H.P. grave (cm)	∅ H.P. médium (cm)	∅ H.P. aigüer	Réponse en fréquence (Hz)	Sensibilité dB/W/m	Fréquence(s) de coupure (Hz)	Dimensions (x H x P (cm))	Poids (kg)	Prix (F) la paire
JBL (suite)	TLX 6	125	8	3	3	20	13	2,5		91	1 100-3 400	52 x 32,2 x 30	17	3 380
	TLX 12	75	8	2	2	16,5		2,5		90	3 200	38 x 23 x 24,2	16	2 580
	TLX 14	100	8	2	2	21		2,5		90	3 000	51 x 28 x 24,5	22	3 380
	TLX 16	125	8	3	3	21	13	2,5		91	3 000	56 x 28 x 30,5	14,5	3 980
	TLX 18	150	8	3	3	25	13	2,5		93	1 000-3 400	62 x 33 x 30,8	17,5	4 780
	TLX 20	150	8	3	3	25	13	2,5		93	1 000-3 400	94 x 33 x 30,8	24	6 780
JM LAB	715 ORIANE K2	200	8	4	4	26-21	13	N.C.	32 à 22 000 (-3 dB)	95	150-500-4 000	115 x 36,5 x 37,1	41	23 000
	DB 19	70	8	3	2	21		N.C.	53 à 18 000 (-3 dB)	93,5	3 500	52,5 x 29 x 31,6	11	3 980
	603 OPALINE	75	8	3	3	N.C.	N.C.	N.C.	48 à 18 000 (-3 dB)	94	650-4 000	66,5 x 30 x 33,1	17	6 500
	706 OPALE	100	8	3	3	26	N.C.	N.C.	42 à 18 000 (-3 dB)	95	600-3 800	86,5 x 35,8 x 34,2	24	9 300
	DB 24	60	8	3	2	18		N.C.	50 à 18 000 (-3 dB)	93,5	4 000	80 x 22,5 x 25,1	12,5	3 980
	708 OLYMP K2	125	8	3	3	18	18	N.C.	43 à 22 000 (-3 dB)	93	200-3 800	95 x 30 x 31,6	21	9 900
	DB 17 K2	60	8	3	2	18		N.C.	57 à 20 000 (-3 dB)	91	4 000	39,5 x 25 x 24,6	7	4 500
	DB 26 K2	60	8	3	2	18		N.C.	45 à 20 000 (-3 dB)	91	4 000	80 x 25 x 26,2	12,5	5 980
	703 OPIUM K2	75	8	3	3	21	13	N.C.	45 à 20 000 (-3 dB)	93	650-4 000	66,5 x 30 x 33,1	17	7 500
713 ONYX K2	180	8	4	4	21-21	13	N.C.	35 à 22 000 (-3 dB)	95	180-550-4 000	105 x 36,5 x 38	35	14 900	
JVC	SX-911 KD	150	6	3	3	30,5	11,5	2,5	40 à 50 000	91	500-4 000	38 x 66,5 x 35,1	28,5	5 980
	SX-E7 BKE	100	4	3	4	20,5-17,5	3,5	2,5	25 à 25 000	87	950-5 000	29 x 88,5 x 36,4	23	5 980
	SX-E6 BKE	80	4	3	3	20,5	3,5	2,5	25 à 22 000	85	1 900-6 000	29,5 x 47 x 29,3	11	3 980
	SX-E3 BKE	70	4	3	3	20,5	8,5	2,5	25 à 22 000	84	1 800-8 000	28 x 46 x 26,5	9,2	2 780
	SP-97 BKE	125	8	3	4	30-30	10	8	35 à 20 000	93	N.C.	37,4 x 98,5 x 31,2	17,3	2 780
	SP-93 BKE	120	8	3	3	25	10	8	36 à 20 000	91	N.C.	35,3 x 92,7 x 31,2	15	2 180
	SP-X 660 BKE	100	8	3	3	25	10	8	40 à 20 000	91	N.C.	32,5 x 59 x 27,3	8,9	1 500
	SP-X 440 BKE	80	8	3	3	20	8	5	45 à 20 000	90	N.C.	28 x 52 x 22,1	5,6	1 100
	SP-X 220 BKE	60	8	3	3	16	6	2	55 à 20 000	90	N.C.	27,5 x 48,5 x 20,4	5	780
KEF	C 15	50	4	2	2	11		0,19	68 à 20 000 (± 3 dB)	85	N.C.	26,5 x 18 x 15	3,2	1 900
	C 25	70	4	2	2	16		0,19	65 à 20 000 (± 3 dB)	87	N.C.	34 x 20,5 x 17,5	4,2	2 000
	C 35	80	4	2	2	20		0,19	64 à 20 000 (± 3 dB)	88	N.C.	37,6 x 24,6 x 20,6	5	2 800
	C 42	100	8	3		20	20		68 à 20 000 (± 3 dB)	91	N.C.	65 x 24,7 x 26,2	10	3 400
	C 55	100	4	3	3	20	20	0,19	60 à 20 000 (± 3 dB)	90	N.C.	47,9 x 24,6 x 25,6	7	3 800
	C 75	120	4	3	3	20	20	2,5	57 à 20 000 (± 3 dB)	91	N.C.	72 x 24,6 x 35,6	13	6 000
	C 95	150	4	3	3	20	20	2,5	50 à 20 000 (± 3 dB)	90	N.C.	87 x 24,6 x 31,6	19	11 500
	102	100	4	2	2	16		N.C.	65 à 20 000 (?? dB)	92	N.C.	33 x 20,8 x 20,3	6,8	6 000
	103/3	150	4	3		20	N.C.	N.C.	50 à 20 000 (± 2 dB)	92	N.C.	57,5 x 26,5 x 31,7	17	12 000
	104/2	200	4	3		N.C.	N.C.	N.C.	35 à 20 000 (± 2 dB)	94	N.C.	90 x 28 x 41,5	32	13 000
107	300	4	3		25-25	N.C.	N.C.	20 à 20 000 (± 2 dB)	94	N.C.	116,5 x 33 x 44,8	45	29 000	
KENWOOD	LS 93	120	8	3	3	23	10	2,5	35 à 20 000	90	2 000-5 000	270 x 480 x 235	7	1 990
	LS 770 G	140	4	3	3	22	7	1,6	35 à 20 000	86	60-4 000	259 x 443 x 257	9	2 990
	LS 880 G	160	4	3	3	22	7,5	2,5	33 à 45 000	86	500-4 000	280 x 510 x 261	10,5	3 990
MAGNAT	MASTER 12	60		3										2 780
	MASTER 14	80		3										3 580
	MASTER 16	90		3										3 980
	MASTER 20	120		3										5 580
	MONITOR A	60		3										1 990
	MONITOR B	80		3										2 980
	MONITOR D	100		3										3 980
	MONITOR	120		3										5 180
	ZERO 1	50		2										3 590
	ZERO 3	80		2										5 580
	ZERO 4	90		3										6 560
	ZERO 5	100		3										7 960
ZERO 7	110		3										11 960	
ZERO 8	120		3										13 380	

PANORAMA

LES ENCEINTES ACOUSTIQUES

MARQUE	TYPE	Puissance nominale (W)	Impédance nominale (Ω)	Nombre de voies	Nombre de H.P.	∅ H.P. grave (cm)	∅ H.P. médium (cm)	∅ H.P. tweeter	Réponse en fréquence (Hz)	Sensibilité dB(W/m)	Fréquence(s) de coupure (Hz)	Dimensions l x H x P (cm)	Poids (kg)	Prix (F) la paire
MAGNAT (suite)	ZERO 9	140		3										17 780
	MAGNASPHERE BETA	100												15 960
	MAGNASPHERE GAMMA	140												19 800
	MAGNASPHERE DELTA	120												27 000
PHILIPS	FB 820	200	8	3	4	N.C.	N.C.	N.C.	38 à 20 000	88	N.C.	27 x 86 x 33	N.C.	2 790
	FB 815	150	8	3	3	N.C.	N.C.	N.C.	43 à 20 000	88	N.C.	27 x 63 x 27	N.C.	1 990
	FB 770	70	8	3	3	N.C.	N.C.	N.C.	40 à 20 000	89	N.C.	31 x 56 x 21,5	N.C.	1 290
PIONEER	PROLOGUE 100/100W		4	3	3	20	3,5	2	20 à 40 000	85	750-4 500	300 x 942 x 321	26,5	7 980
	PROLOGUE 70		8	3	3	25	3,5	2	25 à 40 000	88,5	1 000-4 000	310 x 570 x 267	11	3 980
	PROLOGUE 50		8	3	3	25	3,5	2	28 à 40 000	88,5	1 000-4 000	290 x 460 x 267	9	3 580
	PROLOGUE 30		8	2	2	20		2	32 à 40 000	87	3 000	258 x 460 x 245	7,5	1 980
	PROLOGUE 10		8	2	2	20		2	32 à 40 000	87	3 000	254 x 405 x 245	6,5	1 580
SIARE	TPX 15	60	8	2	2	20		2,5	60 à 20 000 (± 3 dB)	N.C.	N.C.	27 x 60 x 27	18	N.C.
	TPX 25	80	8	3	3	20	10	2,5	50 à 20 000 (± 3 dB)	N.C.	N.C.	27 x 90 x 27	22	N.C.
	FLAT 35	100	8	3	3	20	10	2,5	40 à 20 000 (± 3 dB)	N.C.	N.C.	87 x 105 x 27	26	N.C.
	FLAT 45	150	8	3	4	20-20	10	2,5	35 à 20 000 (± 3 dB)	N.C.	N.C.	27 x 115 x 27	34	N.C.
SONY	APM 66 ES II	100	6	3	3	N.C.	N.C.	N.C.	30 à 30 000	89	N.C.	38 x 66 x 36	24,5	10 000
	APM 44 ES	100	8	3	3	N.C.	10	1,9	26 à 20 000	88	N.C.	29 x 57,5 x 37,6	17	5 000
	APM 22 ES II	80	6	2	2	N.C.		2,5	40 à 20 000	86	N.C.	29 x 51,5 x 32	13,5	4 500
	APM 141 ES	80	8	3	3	N.C.		1,9	309 à 20 000	88	N.C.	26 x 61,5 x 34	12	3 000
	APM 101 ES	50	8	2	2	N.C.		1,9	45 à 20 000	86	N.C.	22,5 x 39,5 x 26	4,8	2 000
	SS-E 66 II	100	8	3	4	20-20	8	2	N.C.	90	N.C.	28 x 75 x 29	13,5	3 000
	SS-E 440 II	70	8	3	3	20	8	2	N.C.	89	N.C.	28 x 75 x 29	10,3	2 400
	SS-E 220 II	50	8	3	3	16	5	1	N.C.	88	N.C.	25 x 48 x 19	4,8	1 200
TANNOY	E 11	90	8	2	2				55 à 20 000 (± 3 dB)	88	3 000	21 x 38,8 x 20,5	5,2	2 740
	M 15	100	8	2	2				48 à 20 000 (± 3 dB)	89	3 000	24,8 x 49,7 x 20,5	7	3 820
	M 20	100	8	2	2				48 à 20 000 (± 3 dB)	89	3 000	24,8 x 49,7 x 20,5	8,4	6 240
	DC 1000	120	8	2	2				48 à 25 000 (± 3 dB)	90	2 300	24,8 x 49,7 x 20,5	8,1	5 080
	DC 2000	150	6	3	3				44 à 25 000 (± 3 dB)	92	400-2 300	26 x 71,6 x 25,3	19,9	7 220
	DC 3000	175	6	3	3				30 à 25 000 (± 3 dB)	92	400-2 300	26 x 91 x 30	26,7	12 900
	GREENWITCH	120	8	2	2				45 à 20 000 (± 3 dB)	93	1 800	58 x 28 x 27,5	15	11 100
	STIRLING	150	8	2	2				35 à 20 000 (± 3 dB)	93	1 200	70 x 48,6 x 31	22	19 320
	GRF	200	8	2	2				29 à 20 000 (± 3 dB)	95	1 000	110 x 80 x 48	62	35 200
	RHR	250	8	2	2				35 à 20 000 (± 3 dB)	95	1 000	111,5 x 70 x 57,5	75	46 800
	WESTMINSTER	200	8	2	2				18 à 20 000 (± 3 dB)	99	1 000	130 x 103 x 63,1	115	58 000
TECHNICS	SB-CS 5	60	8	2	2	18		2,5	36 à 25 000 (-16 dB)	86	3 000	25,1 x 42,7 x 24,1	6,1	1 000
	SB-CS 7	80	8	3	3	18	10	2,5	34 à 25 000 (-16 dB)	87	8 000-3 000	26,6 x 46 x 24,1	6,7	1 200
	SB-CS 9	100	8	3	3	20	10	2,5	34 à 25 000 (-16 dB)	88	1 500-3 000	28,2 x 49,9 x 24,1	7,8	2 000
	SB-C 450	100	6	3	3	20	4,5	2,5	30 à 33 000 (-16 dB)	86	800-4 000	29,5 x 50,5 x 25,7	10,5	4 000
	SB-C 350	70	6	3	3	20	10	2,5	36 à 33 000 (-16 dB)	88	1 000-4 500	28 x 49,5 x 20,8	7,4	3 000
	SB-C 250			2										1 980
	SB-RX 30	60	6	2	2	22		2,8	41 à 30 000 (-16 dB)	85	2 600	26,8 x 38 x 22,8	7,5	3 600
	SB-RX 50	80	6	2	2	24		2,8	30 à 48 000 (-16 dB)	85	2 200	30 x 48 x 28,2	16,5	8 000
	SB-RX 70	100	6	2	2	24		2,7	30 à 50 000 (-16 dB)	86	2 000	30 x 48 x 28	20	10 000
	SB-3650 KEF	70	8	3	3	25		5,5	42 à 30 000 (-16 dB)	90	3 500-10 000	29,2 x 55,5 x 22,1	6,4	1 180
	SB-3630	50	8	3	3	20		5,5	48 à 30 000 (-16 dB)	90	4 000-10 000	26,1 x 51,5 x 22,1	5,8	900
WHARFEDALE	504-2	100	8	2					48 à 22 000	86		29 x 18,6 x 20,6		2 290
	505-2	100	8	2					42 à 22 000	87		44 x 25,5 x 24		2 790
	DIAMOND III	100	8	2					50 à 20 000	86		24 x 18,6 x 20,4		1 600
	RITZ DIAMOND	100	8	2					40 à 22 000	90		35,5 x 24,5 x 22		2 490
	ACTIVE DIAMOND	Active		2					50 à 20 000			240 x 18,6 x 20,4		2 290

RECTIFICATIF

Dans notre précédent numéro, une erreur sur le prix de l'amplificateur KENWOOD KA 5010 s'est produite page 39. Il fallait lire 2 990 F.

COMMENT CHOISIR SES ENCEINTES ACOUSTIQUES

De tous les éléments entrant dans la composition d'une chaîne de reproduction sonore, les enceintes acoustiques sont, de loin, le maillon le plus délicat à choisir. Car, pour ces dernières, il ne saurait être fait abstraction d'une certaine part de facteur subjectif reposant notamment sur l'agrément – plus au moins important selon les réalisations – ressenti au cours des séances d'écoute.

Un facteur dont il convient donc de tenir compte, au même titre que des éléments d'appréciation beaucoup plus rigoureux, tels que la puissance admissible, la bande passante, la réponse impulsionnelle ou le taux de distorsion, pour ne citer que les principaux.



LA PUISSANCE ADMISSIBLE

En tout premier lieu, le choix des enceintes acoustiques doit s'opérer en fonction de la puissance modulée maximale qu'est capable de fournir l'amplificateur en liaison avec lequel elles sont appelées à fonctionner.

Par mesure de sécurité, leur puissance admissible – autre-

ment dit, la puissance qu'elles peuvent supporter en régime continu, sans distorsion excessive et sans danger de détérioration – doit être calquée sur celle de l'amplificateur. Et même, être légèrement supérieure au maximum prévu.

Ne serait-ce que pour pouvoir absorber, sans dommages, des pointes de puissance instantanée : un constat fréquent de nos jours, avec les lecteurs

de disques compacts, fortement modulés.

Donc, toujours arrêter son choix sur des enceintes acoustiques capables « d'encaisser » la puissance maximale en mesure d'être fournie par un amplificateur ; des enceintes acoustiques un peu « justes » risquant, en effet, d'être malmenées par les signaux audio émanant d'amplificateurs utilisés au maximum de leurs possibilités.

Cela précisé, il faut également tenir compte de la terminologie adoptée par les fabricants pour caractériser leurs enceintes acoustiques. Et notamment pour ce qui est de la puissance qu'elles peuvent accepter, la véritable définition ayant trait à la puissance continue, sensiblement inférieure à la puissance musicale – ou puissance dynamique – et à la puissance de crête.

Lesquelles sont respectivement égales à 1,5 fois et 2 fois la puissance modulée continue. Ce qui n'est évidemment pas tout à fait la même chose, et doit inciter le futur utilisateur à se montrer attentif aux performances annoncées afin de s'éviter ultérieurement des surprises désagréables.

LE NOMBRE DE VOIES

De nos jours, la question ne se pose pratiquement plus de savoir si l'on peut opter pour des enceintes équipées d'un seul haut-parleur ou s'il vaut

mieux choisir la formule des enceintes à plusieurs haut-parleurs.

C'est évidemment cette dernière solution qui rallie tous les suffrages, tant il est vrai que l'emploi d'enceintes à un seul haut-parleur se heurte à de nombreuses difficultés d'ordre technologique. Ne serait-ce que pour parvenir à réaliser des haut-parleurs à large bande passante, indispensable pour restituer toutes les fréquences du spectre audible. Mais que l'on ne parvienne généralement pas – en dehors de certaines réalisations fort coûteuses – à reproduire de façon équilibrée.

Ces diverses raisons font donc que, en pratique, c'est la solution des enceintes acoustiques à plusieurs haut-parleurs – spécialisés dans la reproduction de l'aigu, du médium et du grave – qui est normalement retenue.

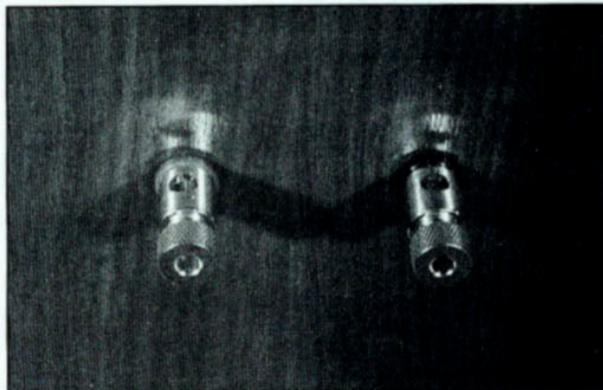
Généralement les enceintes acoustiques utilisées sont des modèles à deux et à trois voies, mettant en œuvre respectivement deux ou trois haut-parleurs. Du point de vue économique, les enceintes à deux voies sont plus intéres-

santes que les secondes. Elles se contentent en effet de faire appel à deux haut-parleurs spécialisés : un médium-aigu et un grave, associés, le premier à un filtre passe-haut et le second à un filtre passe-bas.

Plus complexes, mais davantage performantes – car mieux équilibrées au plan sonore –, les enceintes à trois voies utilisent un filtre passe-bande supplémentaire et dissocient le haut-parleur d'aigu et celui du médium. Davantage délicates à mettre au point que les modèles à deux voies, les enceintes acoustiques à trois voies constituent d'ordinaire une réponse satisfaisante aux problèmes posés par la restitution sonore de qualité qu'exigent les installations HiFi d'un niveau supérieur.

MULTIVOIES ET TRIPHONIE

S'il est vrai que la segmentation en plusieurs parties du spectre sonore à reproduire trouve une excellente solution avec les enceintes acoustiques



Les prises de raccordement des haut-parleurs doivent être de bonne qualité et assurer un bon contact. Les modèles à vis sont préférables.

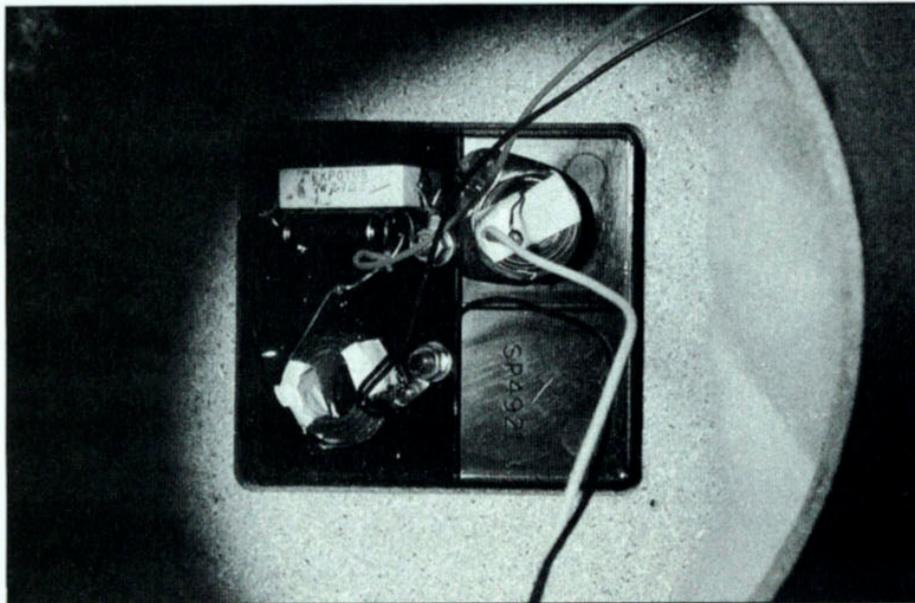
à trois voies, il ne faut pas pour autant en conclure qu'en poussant plus avant dans ce domaine les choses ne peuvent que s'améliorer.

Partant de ce principe, on serait en effet tenté de croire que la réalisation d'enceintes multivoies présenterait de nombreux avantages. En réalité il n'en est rien, et cela pour deux raisons. La première, parce que la multiplication des filtres aboutit très rapidement à l'apparition de nombreux

déphasages, difficilement contrôlables. La seconde, parce que l'existence – côte à côte – d'un grand nombre de haut-parleurs se traduit par des phénomènes de résonances et d'absorption parasites inhérents aux couplages des haut-parleurs entre eux.

D'où des courbes de réponse résultantes affectées de « basses » et de « creux » plus nombreux et plus importants que dans le cas des enceintes à deux et à trois voies. En revanche, une amélioration sensible de l'écoute subjective peut être apportée par la formule des ensembles triphoniques. Ceux-ci, rappelons-le, mettent en œuvre un « caisson » de grave, unique, pour la reproduction des signaux audio, à basse et à très basse fréquence. Quant aux signaux du médium et de l'aigu, ils sont confiés à des « satellites », de faibles dimensions, plus aisément logeables que des enceintes acoustiques classiques.

Soit un total de trois éléments transducteurs au lieu des deux habituels, nécessités par une installation stéréophonique. Avec, pour principal résultat visuel, un moins grand « envahissement » du salon d'écoute, les « satellites » pouvant se dissimuler sur les rayons d'une bibliothèque et le « caisson » pouvant se confondre avec un élément de mobilier, du type table basse.



Un filtre simple. Ici, il s'agit d'un modèle deux voies à 12 dB/octave.

A noter, toutefois, que la localisation spatiale des sons – en dépit du fait que les fréquences graves sont assez peu localisables – est un peu moins précise que dans le cas d'une installation traditionnelle, en ce qui concerne le bas du spectre sonore. En revanche, elle est excellente dans le médium et dans l'aigu.

férentes fréquences du spectre audible. D'où le nom de filtres actifs qui leur est généralement donné, compte tenu de l'association de ces filtres avec des amplificateurs spécifiques. Très intéressante, cette formule, qui débouche en fait sur des enceintes à deux ou à trois voies, présente la particularité

de rendement qui caractérise toute enceinte acoustique dans le registre grave.

De ce point de vue, la formule des enceintes asservies est tout indiquée pour les enceintes acoustiques de faibles dimensions qui, grâce à ce procédé, parviennent à un rendement dans le grave souvent étonnant.

d'offrir une charge acoustique aux divers haut-parleurs qu'ils abritent.

Sans coffret, en effet, les signaux émis par l'avant des haut-parleurs – et qui créent une pression acoustique – se verraient annulés par les signaux émis par l'arrière des haut-parleurs, auxquels correspond une dépression acoustique.

Surtout sensible aux fréquences graves, semblable phénomène, qui repose donc sur la neutralisation des ondes sonore avant par les ondes sonores arrière, est notamment combattu en isolant l'une de l'autre les deux faces avant et arrière des membranes des haut-parleurs.

Ce qui peut être très simplement obtenu en enfermant les haut-parleurs dans un coffret clos, leurs membranes rayonnant alors leur énergie dans deux volumes n'ayant aucune communication entre eux. Ce qui suppose donc que les coffrets utilisés à cet effet soient caractérisés par une étanchéité aussi parfaite que possible. D'où une certaine difficulté de réalisation qui s'accompagne, d'autre part, de l'élévation de la fréquence de résonance des haut-parleurs montés dans de tels coffrets. En outre, compte tenu que les ondes arrière émanant des haut-parleurs ainsi utilisés sont perdues, il est certain que le rendement des enceintes de ce type est inférieur à celui des autres enceintes. Notamment celles qui font appel à un évent permettant de faire communiquer le volume intérieur du coffret avec l'air extérieur. Très prisées des utilisateurs, en raison notamment de leur excellent rendement, ces enceintes – dites résonnantes – sont relativement complexes à mettre au point, mais nettement plus performantes que les précédentes. Il en existe de nombreuses variantes, les plus connues faisant appel soit à un radiateur passif, soit à un double résonateur, l'un comme l'autre visant à freiner les modes de résonances parasites du coffret.



Les phénomènes d'interférences entre haut-parleurs distincts peuvent être éliminés par une disposition coaxiale de ceux-ci. C'est le cas de ce modèle, où l'unité d'aigu a été disposée au centre de celle de grave.

LES ENCEINTES ACTIVES ET ASSERVIES

La demande constante en matière d'enceintes acoustiques de faibles dimensions – mais caractérisées cependant par un bon rendement dans le grave – n'est pas étrangère à la mise au point de deux types d'enceintes particulières. Les enceintes actives et les enceintes asservies.

Les premières citées intègrent dans leur coffret l'amplificateur de puissance, qui peut être double ou triple et se trouve généralement précédé de deux ou trois filtres opérant l'aiguillage entre les dif-

férents fréquences du spectre audible. D'où le nom de filtres actifs qui leur est généralement donné, compte tenu de l'association de ces filtres avec des amplificateurs spécifiques. Très intéressante, cette formule, qui débouche en fait sur des enceintes à deux ou à trois voies, présente la particularité

de n'introduire aucun déphasage sur les signaux traités par ces filtres. Lesquels ont en outre le mérite de ne pas modifier le facteur d'amortissement de l'amplificateur, puisqu'ils sont placés en amont de celui-ci. Mettant également en œuvre deux ou trois amplificateurs spécialisés – dont un réservé essentiellement au registre grave – les enceintes asservies reposent sur un principe totalement différent de celui des enceintes actives. En effet les enceintes asservies visent essentiellement à maintenir constante la pression acoustique, quelle que soit la fréquence à reproduire. Cela, de façon à compenser la perte

de rendement qui caractérise toute enceinte acoustique dans le registre grave. De ce point de vue, la formule des enceintes asservies est tout indiquée pour les enceintes acoustiques de faibles dimensions qui, grâce à ce procédé, parviennent à un rendement dans le grave souvent étonnant.

LES TYPES DE COFFRETS

Trop souvent, on oublie le rôle important joué par le coffret des enceintes acoustiques, dont la principale mission est

LES ENCEINTES RESONNANTES

Le fonctionnement de ces enceintes, munies d'évents, est bien connu. Il repose sur le principe suivant : lorsqu'une cavité communique avec l'atmosphère par une petite ouverture, il existe une certaine fréquence pour laquelle la masse de l'air, poussée au travers de cette ouverture – laquelle n'est autre que l'évent –, entre en résonance avec les forces élastiques de l'air enfermé à l'intérieur de la cavité. C'est-à-dire, du coffret de l'enceinte acoustique. Dans la pratique, les dimensions de l'évent et de l'enceinte sont déterminées de telle sorte que la fréquence de résonance soit voisine de la fréquence de résonance du haut-parleur de graves utilisé. Dans ces conditions, aux fréquences proches de la résonance fondamentale de l'enceinte acoustique, la membrane du haut-parleur étant fortement chargée, ses vibrations parasites se trouvent nettement réduites, ainsi que ses distorsions propres. Quant à l'évent, il rayonne alors un maximum d'énergie sonore, participant à l'amélioration du rendement de l'ensemble.

Et notamment dans le registre grave, où, dans le cas d'un coffret clos, on constate habituellement une importante perte de rendement acoustique.

Ainsi donc, la formule des enceintes résonnantes présente-t-elle de nombreux avantages. En revanche, leur élaboration est relativement délicate, car de nombreuses précautions doivent être observées en vue d'éviter l'apparition d'oscillations parasites indésirables. Ce qui implique un amortissement très étudié des coffrets utilisés à cet effet, dont la rigidité de construction de même que la solidité de l'assemblage ne souffrent pas la moindre médiocrité.

D'où un prix de revient souvent sensiblement supérieur à

celui de simples coffrets clos, mais amplement compensé en pratique par le rendement élevé des enceintes résonnantes et leur faible taux de distorsion dans le registre grave.

SENSIBILITE ET DISTORSION

Dépendant à la fois des caractéristiques des haut-parleurs utilisés et du rendement du coffret acoustique dans lequel ils sont montés, la sensibilité d'une enceinte acoustique est un élément intéressant à connaître.

Car elle est en effet appelée à influencer sur le choix de l'amplificateur de puissance dont l'utilisation est envisagée, compte tenu d'un certain niveau sonore souhaité !

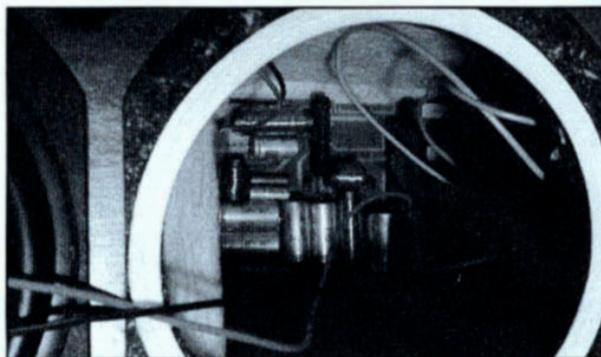
D'un point de vue pratique l'amplificateur sélectionné pourra être d'autant moins puissant que les enceintes acoustiques seront plus sensibles. Quant aux enceintes proprement dites, leur taux de distorsion sera d'autant plus faible – pour un niveau acoustique donné – que leur sensibilité sera grande.

Habituellement la sensibilité des enceintes acoustiques est définie par le niveau acoustique, exprimé en décibels (dB), mesuré à un mètre dans l'axe des enceintes, lorsque l'on applique à celles-ci un signal modulé de 1 W.

Pour fixer les idées, précisons que les enceintes acoustiques présentant une sensibilité normale fournissent d'ordinaire une pression acoustique de 90 dB/1 W/1 m, des valeurs inférieures ou supérieures caractérisant des enceintes moins sensibles ou plus sensibles que la normale.

Quant au taux de distorsion, sa valeur variant non seulement en fonction de la puissance modulée appliquée aux enceintes acoustiques, mais également en raison des fréquences restituées par celles-ci, il convient de le définir par rapport à ces deux paramètres.

Ayant tendance à augmenter



Un filtre complexe. C'est un modèle à trois voies à 24 dB/octave. Le coût de sa réalisation intervient dans le prix final, mais la répercussion sur la qualité de restitution est tout autant significative.

au fur et à mesure que la fréquence des signaux restitués tend vers le grave, le taux de distorsion ne doit pas dépasser une certaine valeur, définie par rapport à un niveau de pression acoustique déterminé : en général, 90 dB/1 m. Normalement, ce taux de distorsion doit se situer en dessous de 3 % pour les signaux inférieurs à 1 000 Hz, et être plus faible que 1 % pour les signaux de fréquence supérieure.

REPONSES EN FREQUENCE ET IMPULSIONNELLE

Le relevé de la courbe de réponse amplitude/fréquence des enceintes acoustiques demeure, aujourd'hui encore, l'une des méthodes les plus précises des évaluations des performances de l'ensemble haut-parleurs/coffret acoustique.

Car elle permet notamment de souligner les diverses variations affectant le rendu des fréquences de l'ensemble du spectre sonore. Et de constater, le cas échéant, la présence ou l'absence de toniques, le bon ou le mauvais recouvrement des filtres de séparation, les couplages intempestifs ainsi que les résonances parasites du coffret ou des membranes de haut-parleurs.

Pour ces diverses et nombreu-

ses raisons, le relevé de la réponse en fréquence des enceintes acoustiques – qui doit être aussi régulière et étendue que possible – est une quasi-nécessité pour qui veut se forger une opinion valable sur le comportement global de ces dernières. Surtout quand cette réponse en fréquence est complétée par le diagramme de directivité de ces mêmes enceintes. Lequel ne doit pas être trop prononcé si l'on ne veut pas être astreint à se placer dans l'axe de celles-ci pour parvenir à un rendement constant à toutes les fréquences.

Tout aussi importante, la réponse impulsionnelle des enceintes acoustiques est également un élément de choix que l'on ne saurait négliger. Car elle permet de juger de l'aptitude des enceintes acoustiques à reproduire correctement les signaux à temps d'établissement rapide et brutal. Mais, également, de vérifier la valeur du « traînage » des membranes des haut-parleurs qui doit être aussi faible que possible pour éviter que des oscillations parasites ne viennent prolonger les signaux de modulation, après leur disparition.

Toutes choses qui, en définitive, viennent corroborer les impressions subjectives résultant de l'écoute comparative, dont il ne saurait être question de se passer afin de se décider en toute objectivité.

C.D.

PRATIQUE DE L'ELECTRONIQUE

Un « bobinage »... sans bobine LE « GYRATEUR »

4^e PARTIE
Suite voir n° 1771

**PETIT AIDE-
MEMOIRE :**
**« LE R-C ?
MAIS C'EST
TRES SIMPLE ! »**

Rappelons, pour ceux qui l'auraient un peu oublié, que ce filtre :

- transmet la totalité de la tension d'entrée quand la fréquence de celle-ci est telle que l'impédance de C soit négligeable par rapport à R, c'est-à-dire quand F est très supérieure à la fréquence F_0 que nous verrons plus loin ;
- transmet 70,7 % (l'inverse de la racine carrée de 2) à la fréquence $F_0 = 1/2 \pi RC$

pour laquelle l'impédance de C (en valeur absolue) est égale à R, cette transmission correspondant, pour ceux qui ont l'habitude d'utiliser cette unité, à une atténuation de 3 dB ;

- transmet de moins en moins le signal d'entrée quand la fréquence décroît bien en dessous de F_0 (pour des fréquences F très basses, sa transmission est proche de F/F_0 , c'est-à-dire proportionnelle à la fréquence).

La courbe de transmission de ce filtre, en décibels, est celle de la figure 27, à condition de graduer l'axe des fréquences suivant une loi « logarithmique ». Non, ne paniquez pas ! Cela veut dire tout simplement que, au lieu de mettre une distance égale sur les abscisses entre les points correspondants à 100, 200, 300, 400... Hz, on gradue l'axe des fréquences en laissant la même

distance entre les fréquences 1, 10, 100, 1 000, 10 000... Hz.

Autrement dit, en considérant des points régulièrement espacés sur l'axe des fréquences, on trouve des valeurs de fréquences qui ne croissent pas en progression arithmétique (1, 2, 3, 4...), comme ce serait le cas avec une échelle habituelle (linéaire), mais en progression géométrique (1, 10, 100, 1 000...).

C'est exactement comme cela qu'est « gradué » (que les pianistes pardonnent à l'auteur l'emploi de ce terme) le clavier d'un piano : pour toute progression vers la droite d'une longueur égale à l'espace occupé par douze touches (noires comprises), on « passe à l'octave au-dessus », autrement dit, on multiplie la fréquence par deux.

Sur la courbe de la figure 27, on voit que l'atténuation, très

proche de 0 dB (le filtre transmet intégralement la tension d'entrée) quand F est nettement supérieure à F_0 , égale à 3 dB pour $F = F_0$, se rapproche très vite, pour $F < F_0$, de la droite en trait mixte (on dit « asymptote », quand on veut avoir l'air cultivé).

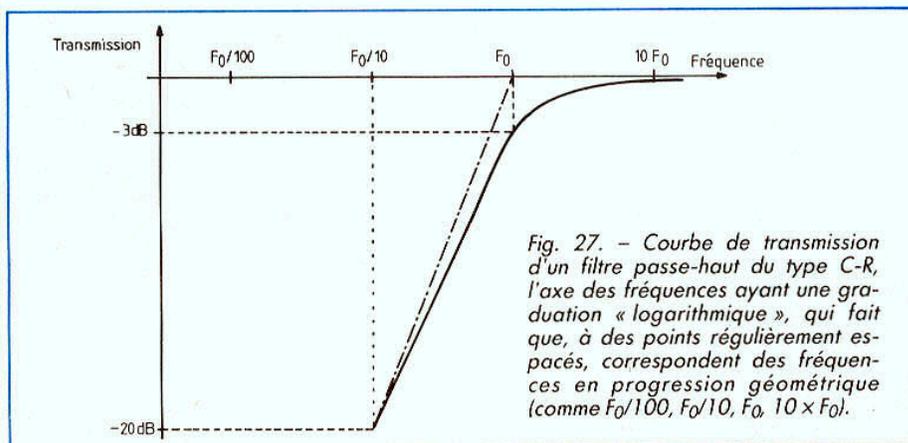
Par exemple, pour $F = F_0/10$, la transmission est très proche de 1/10, ce qui correspond à -20 dB.

Cette courbe nous donne, pour chaque fréquence F, la transmission en décibels (valeur négative, puisque le filtre donne, en sortie, une tension inférieure à la tension d'entrée).

UN TABLEAU DE VALEURS SELON LA FREQUENCE

On peut la remplacer par le tableau de la page suivante, donnant, pour différentes valeurs du rapport F/F_0 , la transmission du filtre en décibels, puis sa transmission « arithmétique », c'est-à-dire le rapport de la tension de sortie à celle d'entrée, et enfin l'atténuation (arithmétique aussi), inverse de la transmission.

Donc, dans le cas de notre exemple, si nous envisageons une fréquence $F = 111$ Hz, le rapport $F/F_0 = 111/158,8 = 0,7$, on voit que la tension d'entrée est au maximum de 0,57 fois la tension maximale en (J), soit : $6,35 \times 0,57 = 3,62$ V rms.



F/F ₀	dB	Transmission	Atténuation
100	0	1,000	1,000
10	- 0,04	0,995	1,005
5	- 0,17	0,98	1,02
2	0,97	0,894	1,118
1,5	- 1,6	0,83	1,2
1	- 3,0	0,707	1,414
0,7	- 4,83	0,57	1,74
0,5	- 7,00	0,45	2,24
0,3	- 10,8	0,28	3,48
0,2	- 14,15	0,196	5,10
0,1	- 20,04	0,0995	10,05
0,05	- 26,03	0,0499	20,03

A noter que, sur ce tableau, on voit que, pour les fréquences très inférieures à F₀, la tension maximale d'entrée est proportionnelle à la fréquence. Or, dans un bobinage, le courant est proportionnel au quotient de la tension par la fréquence. Donc, pour les fréquences faibles, c'est l'intensité qui est constante.

RESUMONS LES RESULTATS OBTENUS

Nous venons donc de voir que, en utilisation comme filtre coupe-bande, le « bobinage » est excellent, à condition de ne pas lui envoyer une intensité rms trop élevée.

En fait, ses limitations peuvent se traduire par :

- une **intensité** maximale aux fréquences faibles ;
- une **tension** maximale (6,3 V rms) aux fréquences élevées.

Mais, jusqu'ici, nous n'avons pas parlé de la qualité du filtre. Or celle-ci est excellente. On pourra en juger par les valeurs relevées sur le montage de la figure 25.

La courbe de transmission que nous souhaitons réaliser est celle de la figure 28. A la fréquence d'accord F₀, la transmission serait, en principe, presque nulle, soit « - » (moins l'infini) en décibels. C'est la courbe prolongée vers le bas par les parties en traits mixtes.

Ce résultat idéal ne peut être relevé qu'avec un générateur fournissant une sinusoïde parfaite, sans une trace d'harmoniques de la fréquence F₀, ni 50 Hz parasite superposé. Comme nous l'avons vu plus haut, la « crevasse » de la courbe est « comblée (partie en pointillé) du fait du résidu aux fréquences 2 F, 3 F... », que le filtre transmet intégralement comme on va le voir.

D'autre part, le résidu « se tortille » sur l'écran de l'oscilloscope, montrant que le signal du générateur comporte du 50 Hz parasite, qui fait une sorte de battement avec le 158,8 Hz. On caractérise la qualité du filtre, autrement dit le caractère « à pic » de la crevasse, en donnant, pour différentes

valeurs d'atténuation - p (en décibels) les deux fréquences F₁ et F₂, de part et d'autre de F₀, pour lesquelles la transmission du filtre est - p dB.

QUELQUES VALEURS POUR DEFINIR LA « CREVASSE » DU FILTRE

Nous indiquons dans le tableau ci-dessous les deux fréquences F₁ et F₂ relevées pour une transmission donnée - p :

- p (dB)	F ₁	F ₂	F ₂ - F ₁
- 0,3	130	220	90
- 2	137	183	46
- 8	151,4	166,3	14,9
- 14	155,5	162,1	6,6
- 20	157,1	160,5	3,4

A l'accord exact F₀ = 158,8 Hz, la transmission était - 34 dB, mais nous n'avons pas pu relever mieux, vu la qualité insuffisante du générateur BF.

L'examen de ce tableau montre que nous avons là une « crevasse » exceptionnelle, et que, à la fréquence 2 F₀, la transmission était pratiquement égale à 0 dB.

Notre réalisation peut donc déjà constituer un élément important de distorsiomètre, puisque l'on souhaite atténuer au maximum une fréquence (ici c'était 158,8 Hz) et, si possible, pas du tout ses harmoniques. Or, déjà avant l'harmonique 2, la transmission est si proche de 0 dB (tension de sortie égale à la tension d'entrée) que l'on ne peut plus l'évaluer.

Qu'on ne s'y trompe pas : la réalisation d'un filtre coupe-bande aussi « pointu » à 158 Hz en bobinage « classique » aurait été presque impossible.

Bien sûr, les spécialistes diront qu'ils peuvent obtenir des performances analogues avec un « filtre actif » bien conçu (rappelons qu'on nomme « filtre actif » un filtre qui ne comporte que des amplificateurs, des résisteurs et des condensateurs).

L'auteur ne le nie pas : en fait, le montage de la figure 25 (ou de la figure 23) est un filtre actif. Mais il a l'avantage de se calculer bien plus facilement que les réalisations classiques.

Nous ne l'avons cité ici que pour montrer l'universalité d'emploi du « bobinage » sans bobine.

ON SE RAPPROCHE DU QUARTZ

D'où vient la qualité de la « crevasse » ? Tout simplement de la valeur élevée du coefficient de self-induction de notre « bobinage », joint à son coefficient de surtension Q considérable.

En effet, à une fréquence F, correspondant à une « pulsation » :

$$\omega = 2 \pi F$$

l'impédance (en module) d'un circuit composé de L et C en série est :

$$Z = | L \omega - 1/C \omega |$$

Elle est nulle pour $L \omega = 1/C \omega$ soit $LC \omega^2 = 1$

La « dérivée » de Z par rapport à ω , c'est-à-dire la « vitesse de variation » de Z par

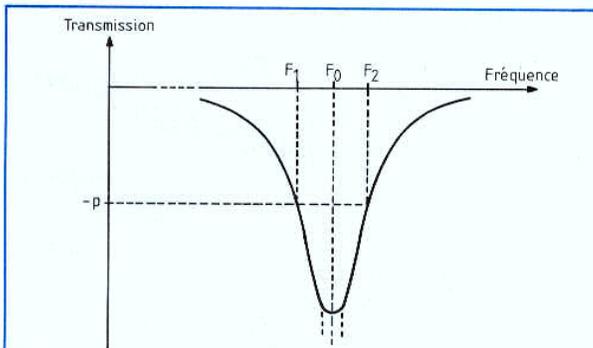


Fig. 28. - Le filtre coupe-bande est d'autant meilleur que, pour deux fréquences F₁ et F₂, très proches de F₀, il présente une atténuation p élevée. En fait, pour F₀ l'atténuation devrait être infinie (pointillé), mais la teneur en signaux parasites de la tension d'entrée (50 Hz, harmoniques) fait que l'atténuation maximale est limitée.

rapport à la fréquence (proportionnelle à ω) est :
 $dZ/d\omega = L + 1/C^2\omega^2$

A la résonance, cela donne :
 $2L$

La vitesse de variation de Z en fonction de la fréquence est donc d'autant plus grande que L est plus grand (et donc C plus petit).

Notre circuit résonnant, constitué par le condensateur C_1 et le « bobinage », est donc très bon pour la réalisation d'un filtre coupe-bande, parce qu'il permet d'obtenir des valeurs de L élevées (ici 10 H).

Donc, dès que la fréquence s'écarte, même très peu, de la valeur F_0 (fréquence d'accord), la variation de l'impédance du circuit C_1 -« bobinage » étant très rapide, cette impédance prend très vite une valeur importante, forte par rapport aux 2,2 k Ω de R_1 (fig. 24). La transmission du filtre remonte donc rapidement vers l'unité (0 dB), et la « crevasse » est à bords très raides.

Si l'on pouvait augmenter encore L , et diminuer C dans le même rapport, on améliorerait encore la qualité du filtre, le caractère « aigu » de la « crevasse ». Malheureusement, en essayant cela avec notre gyrateur, nous ne gagnons guère. Les réglages deviennent trop pointus, donc moins stables, en particulier celui du potentiomètre P de la figure 18.

Il y a un « circuit oscillant » qui a cette qualité de « L très grand, C très petit », c'est... tout simplement un résonateur à quartz (une lame de quartz correctement taillée avec des électrodes adéquates). En effet, si l'on étudie les propriétés d'un cristal piézo-électrique, à l'issue de calculs horribles, on conclut que la lame de quartz est équivalente au circuit de la figure 29. Dans ce circuit, c'est la simple capacité entre électrodes de la lame de quartz, celle que l'on pourrait mesurer avec un capacimètre. Le circuit résonnant est composé de C , L et R en série.

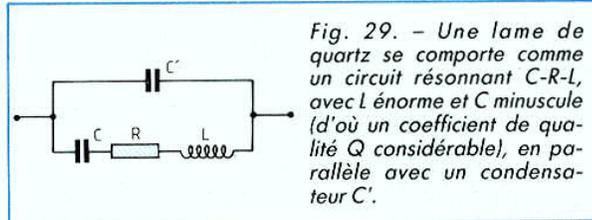


Fig. 29. - Une lame de quartz se comporte comme un circuit résonnant C-R-L, avec L énorme et C minuscule (d'où un coefficient de qualité Q considérable), en parallèle avec un condensateur C' .

Ce qui en fait tout l'intérêt, c'est que le calcul indique que L est énorme (de quelques centaines à quelques milliers d'henrys, ce qui est démesuré pour une fréquence d'accord de 1 MHz ou encore plus), C ayant une capacité « hypo-frelinesque », de l'ordre du millionième de picofarad, ou moins encore.

Le résistor R_1 , correspondant à l'amortissement, est insignifiant par rapport à L . Pour les bons quartz, il varie de 50 à 300 Ω .

Donc, à la fréquence d'accord du circuit, F étant grand et L énorme, le coefficient de surtension :

$$Q = \omega L/R$$

est gigantesque (plusieurs dizaines de millions représentent une valeur courante).

C'est cela qui explique l'extraordinaire sélectivité des filtres à quartz.

Signalons toutefois que la présence du condensateur C' complique les choses, en donnant à la lame de quartz deux fréquences de résonance, une « série » et une « parallèle », très proches l'une de l'autre.

On voit donc que, avec l'augmentation de L et la diminution de C que permet l'emploi du gyrateur, notre circuit accordé est un « pseudo-quartz », et c'est ce qui explique sa très bonne qualité. Contrairement au quartz, il fonctionne parfaitement dans le domaine des basses fréquences (il ne fonc-

tionne même qu'en basse fréquence, dans une structure utilisant des amplificateurs opérationnels, mais on pourrait les remplacer par des transistors haute fréquence).

PASSONS A D'AUTRES FILTRES

Notre « bobinage » est utilisable pour bien d'autres applications que le filtre coupe-bande. Nous avons étudié (longuement) ce dernier, pour bien habituer les lecteurs aux propriétés et emplois de notre « bobinage ».

Nous allons donc réaliser d'autres filtres, dans lesquels tout ce qui devrait être un bobinage classique (en fil enroulé) sera remplacé par le gyrateur.

Malheureusement, ce dernier a un petit défaut : il simule un bobinage **ayant une extrémité à la masse**. Il faudra donc partir de schémas avec des bobinages ayant tous une extrémité connectée à la masse, ce qui va un petit peu restreindre les choix.

Nous commencerons par le filtre « passe-haut », bien classique, de la figure 30, dit « filtre en π », car les éléments qui le constituent ont (vaguement) l'air de la lettre grecque « pi » (π).

On sera peut-être surpris de voir figurer, sur ce filtre, deux

résisteurs, un en série avec l'entrée, un autre en parallèle avec la sortie.

En fait, si nous les avons mis là, c'est parce que le comportement du filtre est bien meilleur si :

- on l'attaque par une source de résistance interne R ;
- on le charge en sortie par un résistor de résistance R .

La valeur de R étant ce que l'on appelle l'« impédance caractéristique » du filtre, soit :

$$R = \sqrt{L/C}$$

ce qui donne : $L = CR^2$.

Toutefois, la présence de R série et de R parallèle signifie que la transmission maximale du filtre, pour les fréquences élevées, est de 1/2, la tension de sortie s étant, au maximum, la moitié de la tension d'entrée e .

Nous supposons donc ici que la résistance interne du générateur qui fournit la tension e est négligeable par rapport à R , et que la « charge », correspondant à la résistance d'entrée du circuit qui « utilise » la tension s , est infinie par rapport à R .

Si ce n'est pas le cas, il faudra lui adjoindre deux amplificateurs opérationnels, A_1 et A_2 , comme le montre la figure 31. On a ainsi un filtre dont l'impédance d'entrée est infinie, et l'impédance de sortie nulle, ce qui simplifie énormément toutes les utilisations.

En outre, il est facile de monter A_2 en amplificateur de tension de gain 2, pour compenser l'atténuation dans le rapport 2, dont nous avons parlé plus haut, due à la présence de R série et de R parallèle.

UN FILTRE TRES EFFICACE

C'est un filtre dit « de troisième ordre », parce que, comportant trois éléments dont l'impédance varie avec la fréquence, il donne une transmission des fréquences basses qui varie en raison inverse du **cube** (puissance 3) de la fréquence.

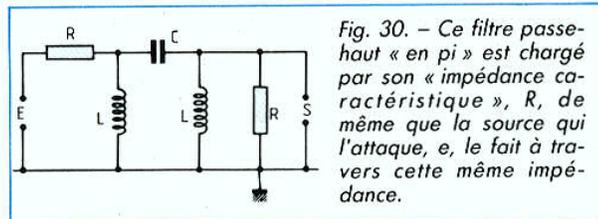


Fig. 30. - Ce filtre passe-haut « en π » est chargé par son « impédance caractéristique », R , de même que la source qui l'attaque, e , le fait à travers cette même impédance.

Autrement dit, si, à une fréquence F donnée, il transmet $1/10$ de la tension d'entrée, à la fréquence $F/3$, il transmettra 27 fois moins (soit $1/270$ de la tension d'entrée), puisque 27 est le cube de 3. En d'autres termes, il atténue très vite les fréquences inférieures à sa limite « de coupure ».

Si on le réalise tel quel, avec la valeur de capacité donnée par L/R^2 , on n'aura pas une transmission rigoureusement « plate » dans la bande qu'il transmet (les fréquences hautes), mais peu s'en faut.

Pour étudier son comportement, on calcule la fréquence F_0 pour laquelle l'impédance de C (en valeur absolue) est égale à l'impédance d'un des deux bobinages (en valeur absolue). Cette fréquence est :

$$F_0 = 1/2 \pi \sqrt{LC}$$

(à signaler que la valeur absolue de l'impédance de C , et de L à cette fréquence F_0 est précisément la valeur R , ou « impédance caractéristique » du filtre).

À la fréquence F_0 , sa transmission est exactement à son maximum $0,5$ (-6 dB), comme pour les fréquences très hautes.

Mais, à la fréquence $1,72 F_0$, il a une petite perte, de $0,16$ dB (pas de quoi foverter un chat !) par rapport à sa transmission maximale. Pour des fréquences supérieures, sa transmission remonte.

À $0,66 F_0$, il introduit une atténuation supplémentaire de 3 dB par rapport à sa transmission maximale de $0,5$ (il a donc une transmission de -9 dB).

À $0,5 F_0$, il donne une tension de sortie qui est déjà $1/3,16$ de sa valeur maximale.

DES VALEURS PRATIQUES

Supposons, par exemple, un amplificateur dont la tension de sortie maximale est de $\pm 25,3$ V crête à crête. Il donne donc une tension efficace maximale de $EM = 17,9$ V rms

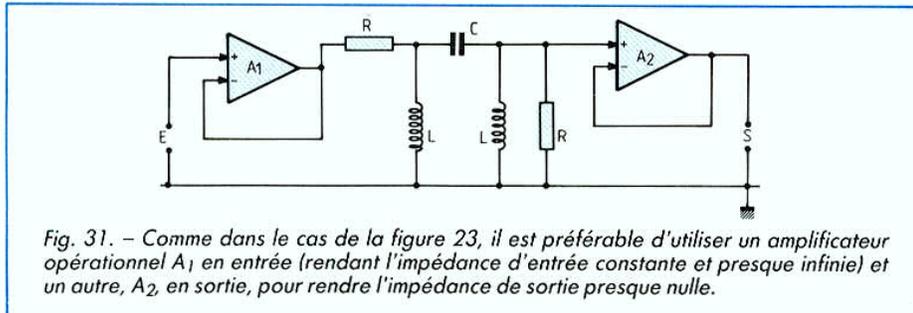


Fig. 31. – Comme dans le cas de la figure 23, il est préférable d'utiliser un amplificateur opérationnel A_1 en entrée (rendant l'impédance d'entrée constante et presque infinie) et un autre, A_2 , en sortie, pour rendre l'impédance de sortie presque nulle.

Sa sortie peut fournir une intensité maximale de $\pm 3,16$ A crête à crête, soit une intensité maximale efficace de :

$$IM = 2,23 \text{ A rms}$$

Son impédance de sortie, en raison de la contre-réaction, est à peu près nulle : quand il fournit, par exemple, 8 V rms en sortie sur une charge de 4Ω (on lui demande donc de fournir un courant de 2 A rms), si l'on supprime la charge, c'est-à-dire qu'on réduit à zéro le courant consommé, la tension de sortie ne monte qu'à $8,1$ V rms.

Donc, une variation de 2 A du courant consommé ne provoque qu'une variation de $0,1$ V de la tension de sortie. Son impédance interne de sortie est donc de : $0,1/2 = 0,05 \Omega$ (autant dire zéro).

Chargeons-le par un résistor dont la résistance est de 20Ω . Il pourra, au maximum, lui appliquer $17,9$ V rms, ce qui correspond à une intensité de : $17,9/20 = 0,895$ A rms, bien en dessous de l'intensité maximale qu'il peut fournir. La puissance débitée dans la charge sera alors :

$$P = 17,9 \times 0,895 = 16 \text{ W}$$

La puissance, dans ce cas, est limitée par le fait que l'amplificateur, s'il fournit bien sa tension maximale, ne fournit pas son intensité maximale.

Prenons maintenant une charge de 3Ω . Comme l'amplificateur ne peut lui fournir plus de $2,23$ A rms, il faudra limiter la tension appliquée à la charge à la valeur :

$$E = 3 \times 2,23 = 6,69 \text{ V rms}$$

La puissance fournie sera donc :

$$P = 2,23 \times 6,69 = 14,9 \text{ W}$$

La puissance est donc limitée par le fait que l'amplificateur, s'il fournit bien son intensité maximale, ne fournit pas sa tension maximale.

L'idéal serait qu'il puisse fournir à la fois :

- sa tension maximale de $17,9$ V rms ;
- son intensité maximale de $2,23$ A rms.

Cela n'aura lieu que si la charge a une résistance de :

$$Ra = 17,9 / 2,23 = 8 \Omega$$

et la puissance sera alors de $17,9 \times 2,23 = 40$ W.

– Donc, l'impédance optimale de charge est de 8Ω , malgré que la résistance interne de sortie soit de $0,05 \Omega$.

LE PASSAGE AU GYRATEUR

Si nous avons décrit et sommairement étudié le filtre utilisant « ces affreuses choses enroulées » que sont les deux bobinages L , c'est, évidemment, dans le but de les remplacer chacun par un gyrateur.

Nous obtenons alors un filtre passe-haut qui se comporte « comme sur le manuel théorique », ce qui aurait été fort loin de la vérité, dans la gamme des fréquences basses, avec deux bobinages « réels », en fil enroulé.

Les lecteurs protesteront peut-être contre le fait qu'il va nous falloir au moins quatre amplificateurs opérationnels (deux par gyrateur), et éventuellement six si nous en mettons un à l'entrée et un autre en sortie, comme sur la figure 31.

Cet argument ne tient pas. Les amplificateurs opérationnels ne sont pas des composants à économiser. On commence à les mettre par quatre dans le même boîtier (TL 084 C ou TL 074 C), ce qui fait que deux gyrateurs ne tiennent que fort peu de place sur le circuit imprimé.

Peut-être même êtes-vous de ces amateurs « à la pointe du progrès », qui réalisent leurs montages en « composants montés en surface » (les « CMS » ou « SMD » en anglais). Dans ce cas, la place occupée « fond » littéralement. L'auteur avoue humblement qu'il ne s'est toujours pas mis à cette technologie, un peu en raison de la difficulté qu'on éprouve (si l'on n'est pas professionnel) à trouver les composants spéciaux qu'elle nécessite, un peu aussi parce qu'il faut, pour les CMS, de meilleurs yeux que ceux d'un homme de 67 ans.

Le filtre va donc se présenter comme l'indique la figure 32.

Les deux « gyrateurs » sont G_1 et G_2 , chacun réalisé comme sur la figure 18, correspondant chacun à une valeur de coefficient de self-induction L facile à calculer.

L'amplificateur opérationnel A_1 est un abaisseur d'impédance à l'entrée, permettant ainsi d'avoir une impédance d'entrée infinie pour la tension e , ce qui simplifie tout. Le rôle de A_2 est double :

- il permet de disposer d'une impédance de sortie nulle (ce qui est bien agréable) ;
- il compense, par son gain de 2, l'atténuation de 2 introduite par les deux résistors R .

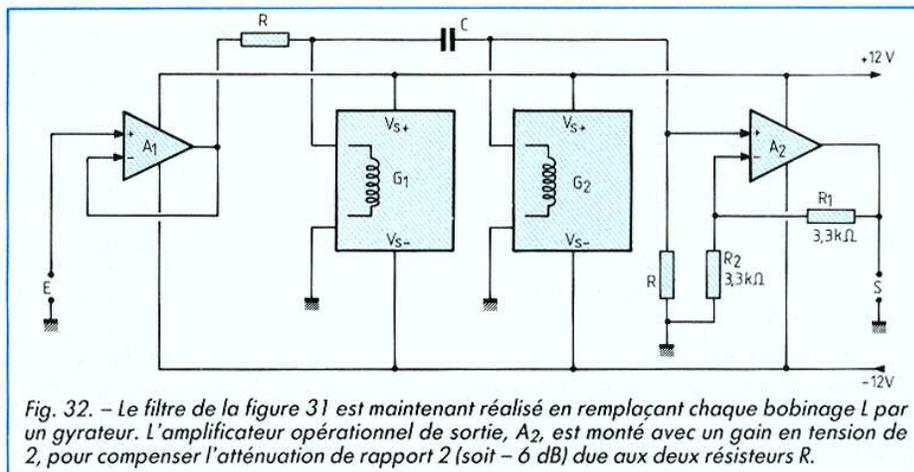


Fig. 32. - Le filtre de la figure 31 est maintenant réalisé en remplaçant chaque bobinage L par un gyrateur. L'amplificateur opérationnel de sortie, A₂, est monté avec un gain en tension de 2, pour compenser l'atténuation de rapport 2 (soit -6 dB) due aux deux résisteurs R.

UNE PETITE « DIGRESSION » SUR LES IMPEDANCES D'ENTREE ET DE SORTIE

Il est utile de préciser un peu les notions relatives aux impédances d'entrée et de sortie des montages, car beaucoup de gens ont des idées fausses là-dessus ; l'auteur est toujours étonné du nombre de lettres qu'il reçoit, venant de lecteurs qui lui demandent des explications à ce sujet.

Trop de gens en sont restés au principe de la sacro-sainte « adaptation des impédances », parfait dans le cas où l'on désire une transmission optimale de puissance, en particulier dans certains étages haute fréquence, ainsi que dans les liaisons par câble coaxial adapté.

Oui, c'est exact : un générateur de résistance interne r débite une puissance extérieure maximale lorsqu'on le « charge » par un résistor dont la résistance est égale à r . Mais ce n'est pas toujours possible, ni même souhaitable.

Un amplificateur audiofréquence, comportant automatiquement une contre-réaction importante, a presque toujours, de ce fait, une impé-

dance de sortie pratiquement **nulle**. Or le constructeur nous indique que son « impédance de charge » est 15 Ω (ou 8 Ω , ou une autre valeur). Pourquoi ?

Tout simplement parce que l'amplificateur à une limite de **tension** de sortie EM, due à sa structure. La même structure lui impose une **intensité** de sortie maximale IM.

SI L'ON NE S'INTERESSE PAS AU RENDEMENT

Dans le cas de notre amplificateur audiofréquence, il est intéressant de le mettre à même de fournir sa puissance maximale, en le chargeant par son impédance de charge optimale. Mais, avec nos filtres, il s'agit de puissances fournies minuscules, et nous nous soucions fort peu du rendement des étages.

Alors, si les circuits ont une impédance de sortie nulle (ou presque), cela voudra dire que la tension de sortie ne sera pas influencée par la valeur de la charge (tant que celle-ci ne demandera pas au montage une intensité qu'il ne peut lui fournir).

La sortie du montage, avec sa résistance interne de sortie nulle, sera devenue un peu

comme celle de la prise de courant que vous avez devant vous : demandez à cette prise 0,2 A rms (dans une petite ampoule) ou 4 A rms (dans un bon radiateur électrique) : dans les deux cas, la tension variera à peine par rapport à sa valeur nominale de 220 V rms.

Une source de grande résistance interne est, en quelque sorte, très « malade ». L'auteur ne dit pas qu'une source à « une résistance interne, mais qu'elle a « la » résistance, comme on dit de quelqu'un qu'il a « la peste » ou « le choléra ».

Une source fortement « atteinte » de résistance interne se « prétend » capable de vous donner 5 V rms (c'est sa tension à vide, quand on ne lui demande aucun courant). Demandez-lui donc de débiter 5 mA rms (en la chargeant par 1 k Ω) : elle s'« effondre » lamentablement.

La source de faible résistance interne est « imperturbable » (au sens étymologique du mot : on ne peut la perturber). Elle devient donc une source « idéale », tout comme une alimentation stabilisée est idéale pour alimenter un montage, car elle ne donne que ce qu'on lui demande (une tension continue parfaitement connue et constante), et ne peut être perturbée par les variations de consommation du montage alimenté.

ET L'IMPEDANCE D'ENTREE ?

Pourquoi un montage est-il plus facile à utiliser quand son impédance d'entrée est grande ? Tout simplement parce qu'il ne perturbe en rien la source qui doit l'alimenter. Reprenons l'exemple du filtre de la figure 30 : il se comporte, vu de l'entrée, comme une impédance qui varie, partant de R aux fréquences très basses, pour arriver à 2R aux fréquences très grandes. Or ni R ni 2R ne sont infinies, donc, quand on va attaquer ce filtre par une source qui « a la résistance interne », la consommation de courant due à l'impédance finie du filtre va réduire la tension de la source.

Si cette réduction était indépendante de la fréquence, il n'y aurait que demi-mal. Mais ce n'est pas le cas : la variation de l'impédance d'entrée du filtre va affecter différemment la source aux fréquences basses et aux fréquences élevées.

Donc, si vous voulez relever la courbe de réponse du filtre, à moins que votre générateur n'ait une résistance interne de sortie négligeable par rapport à la valeur minimale de l'impédance d'entrée du filtre (soit R), la tension d'entrée ne sera pas la même à toutes les fréquences. Vous serez donc obligé, à chaque fréquence, de corriger le niveau de sortie du générateur, en vérifiant que la tension d'entrée a bien été ramenée à une valeur constante.

Maintenant, utilisez le montage de la figure 31. L'impédance d'entrée est infinie (ou peu s'en faut). Si votre générateur est conçu de façon telle que sa tension de sortie à vide reste constante quand sa fréquence varie (ils sont pratiquement tous ainsi), vous aurez à régler la tension d'entrée une fois pour toutes, puis vous n'aurez plus à la retoucher : elle ne variera plus, quelle que soit la fréquence.

(à suivre)

J.-P. CEMICHEN

LCD ET ECRANS PLATS

La dernière édition de la **Funkausstellung – Salon International du Son et de la Vidéo – de Berlin** a mis en vedette l'utilisation des afficheurs à cristaux liquides – en anglais **LCD : Liquid Crystals Displays** – en association avec des vidéoprojecteurs. Encore une fois, ce sont les Japonais qui font œuvre de précurseurs dans ce domaine*, et il est surprenant de constater qu'un vidéoprojecteur de la taille d'un magnétoscope de salon puisse donner une image de quelque trois mètres de diagonale avec une bonne résolution. Mais, tout d'abord, un LCD, c'est quoi ?

LE CRISTAL LIQUIDE

Le plus souvent, quand un matériau est chauffé, il passe de l'état solide à l'état gazeux. Cependant, il existe des corps – généralement d'origine organique – ne suivant pas cette règle et qui passent de l'état solide à l'état liquide avec des phases de transitions (dites mésophases) caractérisées par l'apparition de cristaux liquides.

L'état solide de ces corps présente une structure cristalline, donc discontinue mais périodique à trois dimensions, alors que leur état liquide est au contraire totalement désordonné et isotrope (« isotrope » signifiant que les propriétés de cette phase liquide sont les mêmes quelle que soit la direction choisie, alors que le réseau cristallin de l'état solide se caractérise, au contraire, par des propriétés directionnelles ou d'anisotropie). Les cristaux liquides, obtenus dans une phase intermédiaire à ces deux états, bénéficient de la coexistence de certains des caractères, et de l'état liquide et de l'état solide : c'est ainsi qu'ils seront à la fois dotés des propriétés

déplacer dans les trois dimensions (fig. 1). Les cristaux à structure nématique sont utilisés dans les afficheurs de montre et appareils de mesures ainsi que dans les réalisations d'écrans à structure matricielle.

L'ETAT SMECTIQUE (fig. 1)

Au contraire du précédent, plus proche de l'état liquide, l'état smectique est voisin de l'état solide de par son caractère ordonné. Les molécules sont disposées de façon régu-

lière, tant dans l'orientation par rapport à une direction privilégiée que dans l'empilement des couches (fig. 2). Les cristaux à structure smectique sont utilisés pour la réalisation d'écrans à structure matricielle.

L'ETAT CHOLESTERIQUE

Il se caractérise par un positionnement des molécules dans des plans équidistants et parallèles. D'un plan au sui-

d'anisotropie des cristaux et de celles de fluidité des liquides. Ces propriétés communes sont dues au fait que la structure moléculaire des cristaux liquides obtenus de cette façon est particulière ; les molécules, allongées et en forme de fuseau, atteignent quelques nanomètres de long. Découverts à la fin du siècle dernier, les cristaux liquides ont été étudiés par G. Friedel qui, en 1922, a défini leur structure subdivisée en trois types différents :

- les états nématiques,
 - les états cholestériques,
 - les états smectiques,
- qui précisent l'organisation moléculaire.

Seuls les états nématiques et smectiques ont donné lieu à des applications dans le domaine qui nous intéresse, celui de la visualisation.

L'ETAT NEMATIQUE (fig. 1)

Dans cet état, la direction des fuseaux est la même pour tous les cristaux. Toutefois, leurs centres de gravité sont répartis de façon aléatoire et les molécules sont libres de se

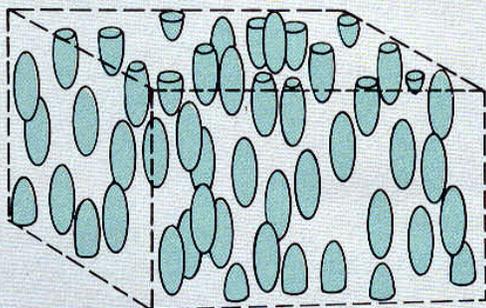


TECHNIQUES

VIDEO

Structure des cristaux liquides.

Nématique



Smectique

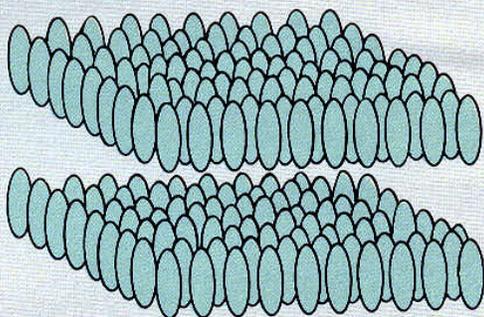


Fig. 1. - Cristaux liquides sous forme nématique (en haut) et smectique (en bas).

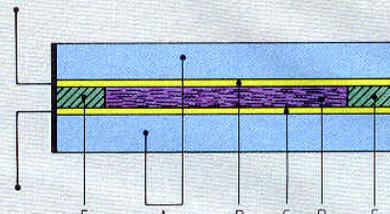
vant, les molécules tournent d'un angle constant comme si elles suivaient une hélice (rotation + translation constantes). Cet état a pour particularité un glissement de la longueur d'onde de la lumière émise en fonction de la température, d'où de multiples applications en thermométrie et en radiométrie infrarouge.

PRINCIPE DES LCD

Une cellule à cristaux liquides se compose de deux lames de verre sur la face interne desquelles ont été déposées des couches conductrices, transparentes ou réfléchissantes.

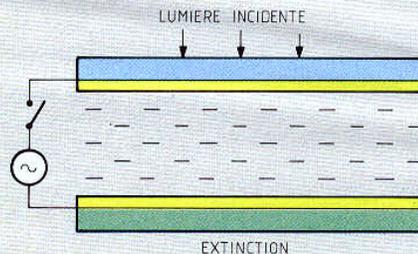
L'espace compris entre les deux lames est rempli du matériau présentant l'effet envisagé ci-dessus, effet consistant en l'existence d'une mésophase.

Sous l'influence d'un champ électrique (créé par l'application d'une tension entre les lames conductrices), les cristaux liquides passent d'un état à un autre, ce qui permet de moduler le flux lumineux incident lorsqu'une tension variable est appliquée. Le phénomène peut utiliser plusieurs effets électro-optiques différents en mettant à profit les propriétés d'absorption, de diffusion ou de coloration de la lumière suivant leur état.

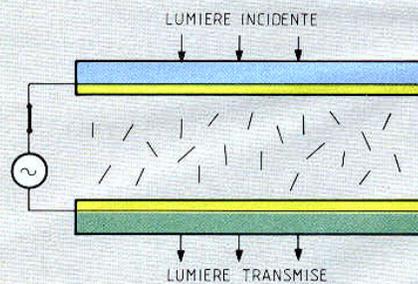


- A Lame de verre
- B Electrode semi-transparente
- C Electrode réfléchissante
- D Cristal liquide
- E Cales de mylar d'épaisseur 6 à 100 μm

Fig. 2. - Schéma élémentaire d'une cellule à cristaux liquides.



EXTINCTION



LUMIERE TRANSMISE

Fig. 3. - La lumière polarisée ne traverse pas la cellule à cristaux liquides en l'absence de champ électrique ; elle absorbe la lumière. En revanche, en présence d'un champ électrique, la cellule devient transparente. Avec d'autres types de cellules, c'est le phénomène inverse qui sera observé : transparence sans champ, absorption avec champ.

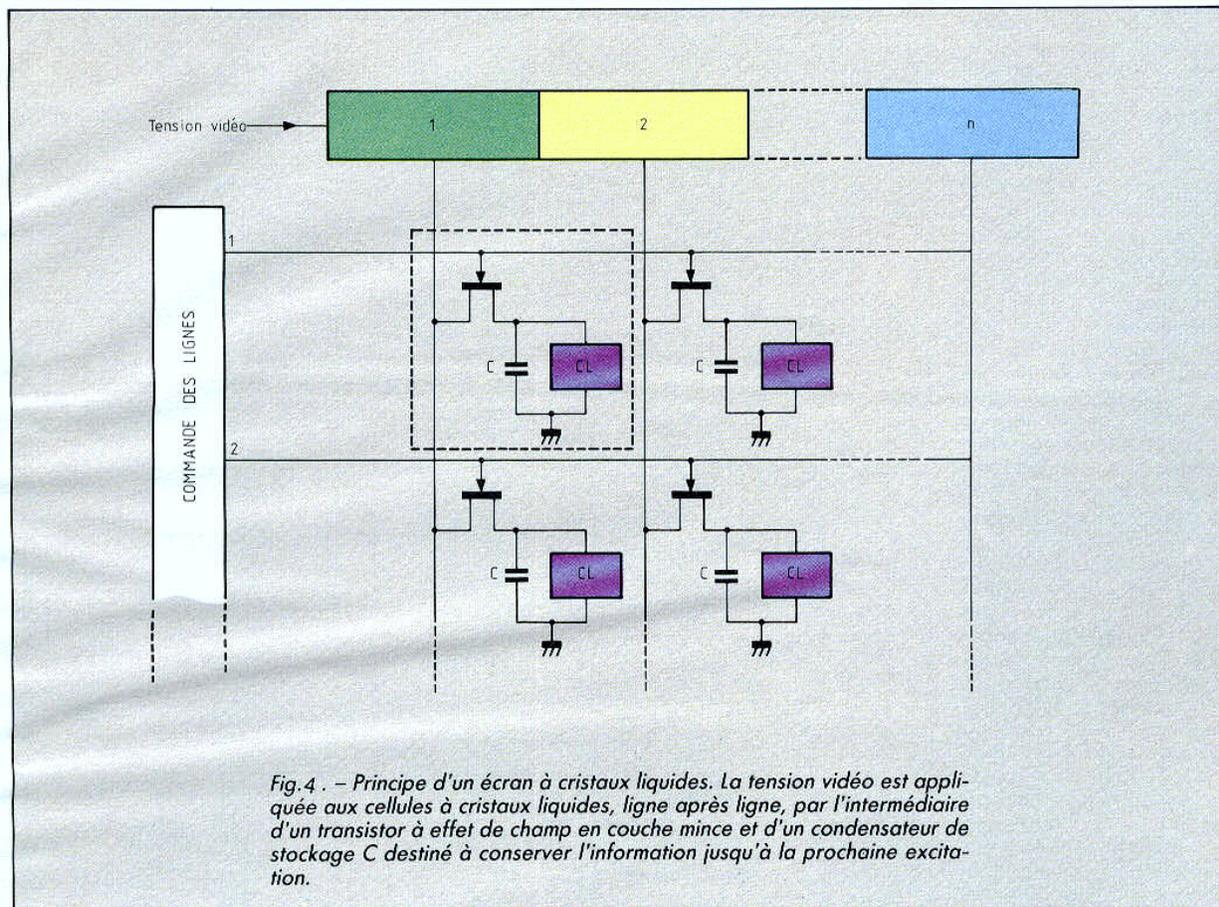


Fig. 4. - Principe d'un écran à cristaux liquides. La tension vidéo est appliquée aux cellules à cristaux liquides, ligne après ligne, par l'intermédiaire d'un transistor à effet de champ en couche mince et d'un condensateur de stockage C destiné à conserver l'information jusqu'à la prochaine excitation.

Par exemple, lorsque le cristal liquide est soumis au champ électrique, son axe optique s'oriente parallèlement suivant les faces de la cellule et perpendiculairement à la direction de la lumière incidente ; aucune lumière n'est alors transmise. Cet effet est observable avec la structure nématique en hélice, très utilisée. Dans cette structure, les molécules sont parallèles entre elles mais disposées en hélice à 90° grâce à un traitement spécifique du verre appelé alignement. La cellule est placée entre deux polariseurs croisés : si aucun champ électrique n'est appliqué, cette cellule est perméable à la lumière ; alors que si un champ électrique est présent, il détruit l'alignement des molécules

du cristal liquide et bloque la transparence à la lumière. On peut aussi envisager un autre type de cristal liquide où, en absence de champ électrique, le milieu est ordonné et ne diffuse pas ; en présence du champ, celui-ci soumet le milieu à une action qui se traduit par la mise des ions en mouvement ; ce qui entraîne un effet de diffusion en détruisant l'ordonnement des molécules. La lumière incidente est alors transmise (fig. 3). Il est possible d'ajouter des colorants particuliers - des colorants dichroïques positifs - en solution dans le cristal liquide. Le dichroïsme consiste en une variation de couleur de la lumière transmise, à partir de lumière blanche, par cer-

taines substances isotropes et suivant l'épaisseur traversée. Ces colorants sont constitués de molécules de formes allongées qui absorbent la composante du vecteur lumineux suivant leur orientation. Dans la cellule, sous l'effet du champ électrique, l'orientation des molécules du cristal change et ce changement s'accompagne d'une rotation des molécules du colorant dans le même sens, ce qui entraîne une différence d'absorption du milieu. Dans la pratique, la cellule schématisée que nous venons d'envisager sera tributaire de l'imagination et... des secrets de fabrications des constructeurs, chacun de ces derniers mettant en œuvre ses propres innovations et technologies.

LES ECRANS A CRISTAUX LIQUIDES

Les solutions que l'on peut envisager pour réaliser des écrans à cristaux liquides sont de plusieurs types. On peut, par exemple, constituer une matrice de transistors en couche mince (TFT : Thin Film Transistor) disposés sur une surface de verre et permettant de commander des cellules élémentaires à cristaux liquides. La matrice est composée d'un réseau de lignes et de colonnes. A chacun des points de rencontre d'une ligne et d'une colonne, l'élément de commutation consiste en un transistor de structure couche mince qui permet, en

TECHNIQUES

VIDEO

outre, de charger un condensateur de stockage. Les charges électriques alors présentes dans le condensateur, dont les armatures sont connectées à celles de la cellule, créent un champ électrique qui agira sur l'absorption du milieu moléculaire ; la constante de temps de décharge de chaque association élémentaire « condensateur-cellule » doit être assez longue pour mémoriser l'information jusqu'à l'excitation suivante de la ligne puisque l'adressage se fait ligne par ligne, comme pour le balayage TV, la ligne concernée étant attaquée par un signal qui rend tous les transistors qui en font partie conducteurs (fig. 4).

Une autre possibilité, qui fut également envisagée, consiste à faire appel à des cristaux liquides smectiques soumis à des actions thermiques et électriques conjuguées. Elle aussi fait appel à une configuration matricielle mais avec une approche différente : les lignes sont constituées de résistances chauffantes et les colonnes d'électrodes transparentes auxquelles est appliquée la tension vidéo. Pour comprendre comment les choses se passent, il faut se souvenir de ce qui a été dit plus haut à propos de l'action de la température sur les cristaux liquides. Le principe de fonctionnement fait l'objet de la figure 5.

Après chauffage qui l'a porté à l'état liquide, un matériau possédant les propriétés des cristaux liquides, dans un certain domaine de température, va, au cours de son refroidissement, passer par plusieurs états : de l'état liquide isotrope, il passera à l'état nématique puis smectique pour aboutir à l'état solide cristallin. La transition nématique-smectique aura lieu autour de 45 °C et la phase smectique se maintiendra jusqu'à une température assez basse, cet état se conservant dans toute la gamme des températures

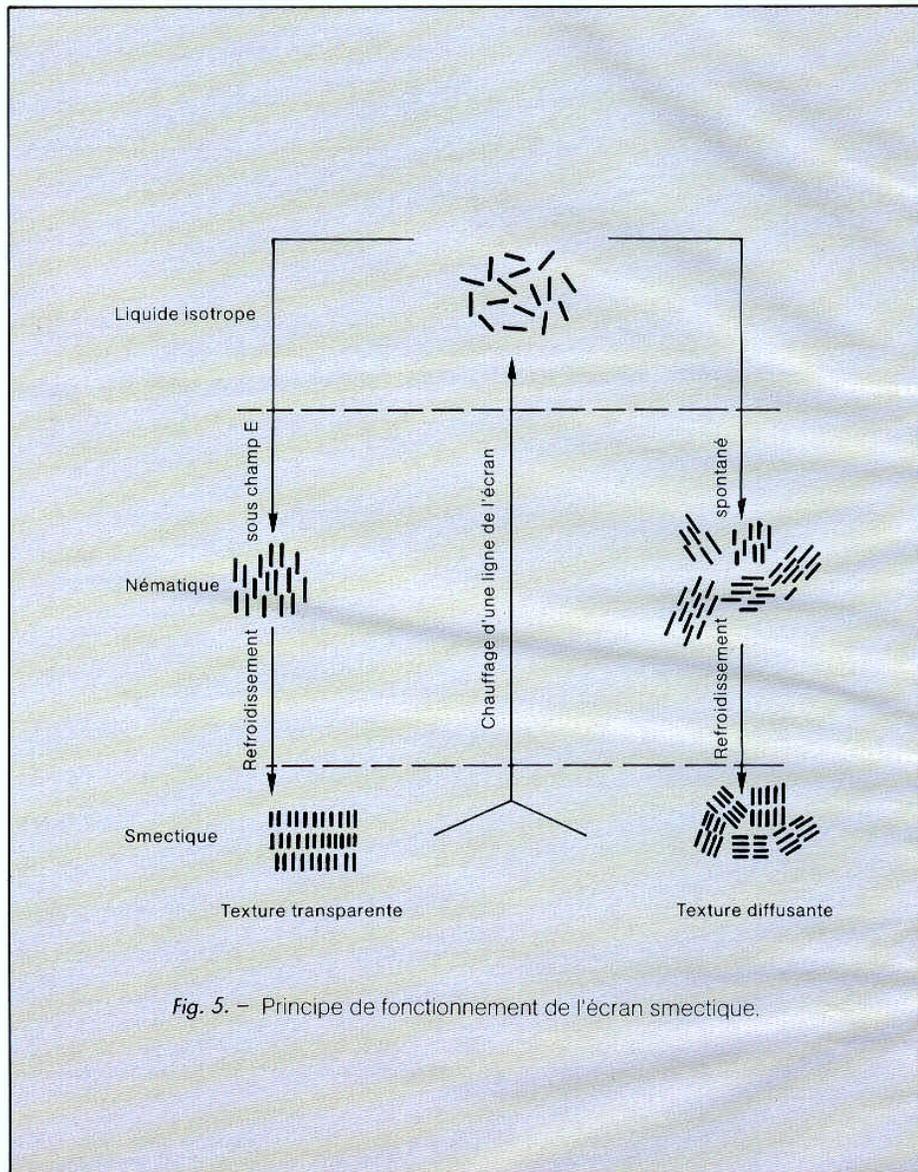


Fig. 5. - Principe de fonctionnement de l'écran smectique.

ambiantes habituelles. Si, à présent, au cours du refroidissement, nous appliquons un champ électrique dépassant une certaine valeur, nous obtiendrons un état très transparent en lieu et place de l'état diffusant obtenu en l'absence de champ. On conçoit que l'action conjuguée de la température - ici les résistances - et du champ électrique - la tension vidéo - puisse modu-

ler la lumière ; la mémoire est conservée tant que les cristaux sont dans la phase smectique et disparaît dès que, par chauffage, nous repassons à la phase liquide.

Les écrans plats ont d'abord fait leur apparition, s'agissant de TV, sous forme de récepteurs portables avec écran LCD d'une dizaine de centimètres de diamètre. C'est ainsi que Sharp a présenté, en

1988, un TVC avec écran de 7,5 cm de diagonale (92 160 pixels) et, également, un prototype d'un modèle à écran de 50 cm de diagonale. A la Funkausstellung 89, Thomson Consumer Electronics faisait état d'un récepteur TVC tris-tandard (Pal, Secam, NTSC) doté d'un écran de 13 cm de diagonale (écran de 76 x 103 mm. Définition verticale : 240 lignes ; horizon-

TECHNIQUES

VIDEO

tale : 480 pixels. Luminosité : 120 nit au centre).

Mais les LCD ne se cantonnent plus aux écrans plats à vision directe et ils commencent à occuper le créneau des vidéoprojecteurs.

Apparition restreinte pour le moment mais tellement spectaculaire qu'il semble bien que cette évolution préfigure la voie de l'avenir.

Des vidéoprojecteurs de ce type sont apparus l'an dernier au Japon, sous la marque Seiko-Epson, utilisant le principe schématisé figure 6. Chaque cellule faisait 32 mm de diagonale et comportait 70 400 cellules élémentaires pour chacune d'elles (une bleue, une verte et une rouge).

Les dimensions d'un projecteur ainsi conçu se limitaient à 420 x 125 x 266 mm pour une image projetée de 2,5 mètres de diagonale à environ 4 mètres. Depuis est apparu, entre autres, à la Funkausstellung 89 le vidéoprojecteur JVC « Super LCD Projector » qui utilise trois modules LCD (RVB), chacun de 210 000 pixels ; cet appareil présente les caractéristiques suivantes :

- Type : à LCD (TFT matriciel XY) ; trois couleurs RVB Epson.
- Dimension d'écran (diagonale) : de 90 à 300 cm.
- Luminosité : équivalente à 100 lumens.

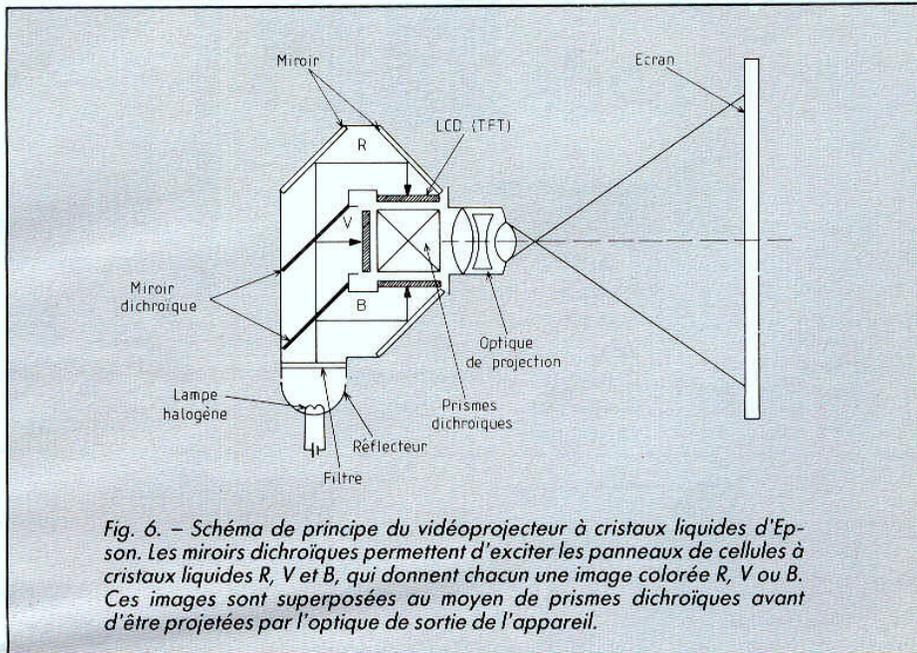


Fig. 6. - Schéma de principe du vidéoprojecteur à cristaux liquides d'Epson. Les miroirs dichroïques permettent d'exciter les panneaux de cellules à cristaux liquides R, V et B, qui donnent chacun une image colorée R, V ou B. Ces images sont superposées au moyen de prismes dichroïques avant d'être projetées par l'optique de sortie de l'appareil.

- Contraste : 100 : 1.
 - Résolution horizontale : 440 lignes.
 - Traitement du signal : réducteur de bruit pour la chrominance, amélioration de la chrominance et de la luminosité verticale.
 - Source lumineuse : halogène à haute luminosité.
 - Audio : « Dolby Surround » incorporé.
 - Entrées vidéo : composantes chrominance et luminances séparées, vidéo composite, RVB.
 - Dimensions : 435 x 400 x 173 mm.
 - Masse : 16 kg.
 - Consommation : 390 W.
- Ajoutons toutefois que ce vidéoprojecteur de JVC était annoncé comme étant un prototype. Mais les réalisations

commerciales, comme d'habitude dans d'autres domaines et s'agissant des Nippons, ne devraient guère tarder à suivre.

Ch. PANNEL

* Dans son rapport sur la TVHD (Le Haut-Parleur n° 1766 de juillet 1989), l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques estime que les Japonais sont très en avance dans le domaine des écrans plats et que les recherches sur ces écrans (écrans à cristaux liquides et écrans hybrides à plasma) constituent une clé importante de la compétitivité européenne dans la course à la TVHD.



BIBLIOGRAPHIE

- Thomson-CSF : « Télévision » n° 1, 1982.
- « Demain, les écrans plats ? ». Vidéo-Actualité n° 22, septembre 1982.
- « Les cristaux liquides ». Techniques de l'ingénieur. E 2510, juin 1983.
- « Display Devices ». JEE. Vol. 25, n° 255, mars 1988.
- JEI, novembre 1988.

REALISATION

Flash

UN CLIGNOTANT ECONOMIQUE

A QUOI ÇA SERT ?

Le montage que nous vous proposons aujourd'hui est assez particulier. En effet, sa fonction n'a rien d'original puisqu'il s'agit d'un simple clignotant, mais ce qui en fait tout l'intérêt et qui justifie le qualificatif d'économique, c'est sa consommation extrêmement faible. En effet, alimenté par une pile miniature alcaline de 9V, notre montage peut faire clignoter de façon permanente une ou deux LED pendant au moins un an !

De ce fait, il est particulièrement intéressant lorsque quelque chose doit être signalé de façon lumineuse alors qu'aucune source d'énergie électrique n'est présente sur place et que le remplacement de celle qui alimente le montage ne doit pas avoir lieu trop souvent.

On peut ainsi signaler la présence d'organes de commande peu ou pas visibles tels qu'interrupteurs, robinets, etc., mais aussi l'employer comme clignotant sur des modèles réduits de bateaux ou d'avions où l'énergie est toujours soigneusement mesurée.

LE SCHEMA

Le schéma utilisé, inspiré d'une note publiée il y a déjà quelque temps chez notre excellent confrère Electronic Design, ne fait appel qu'à un circuit intégré CMOS, en l'occurrence un 4007, et un VMOS de petite puissance.

Le 4007 est un assemblage de trois paires de transistors

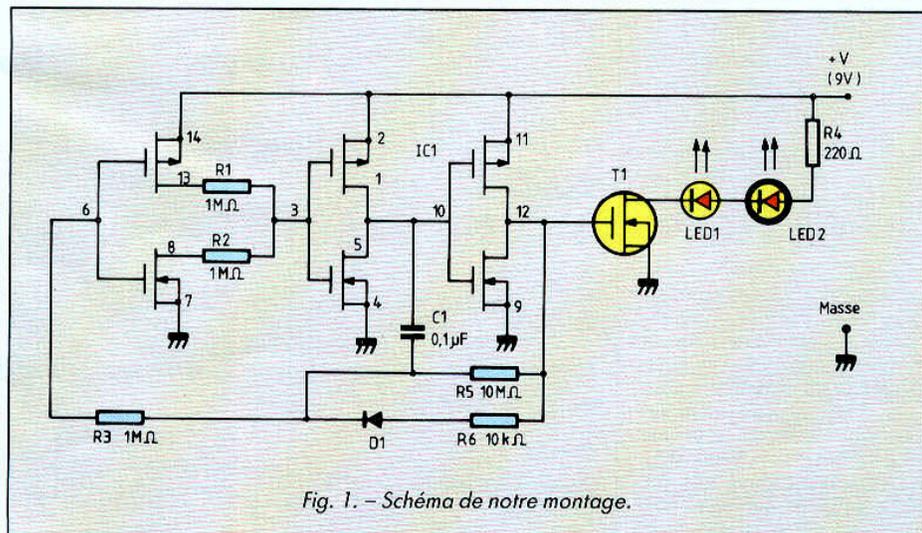
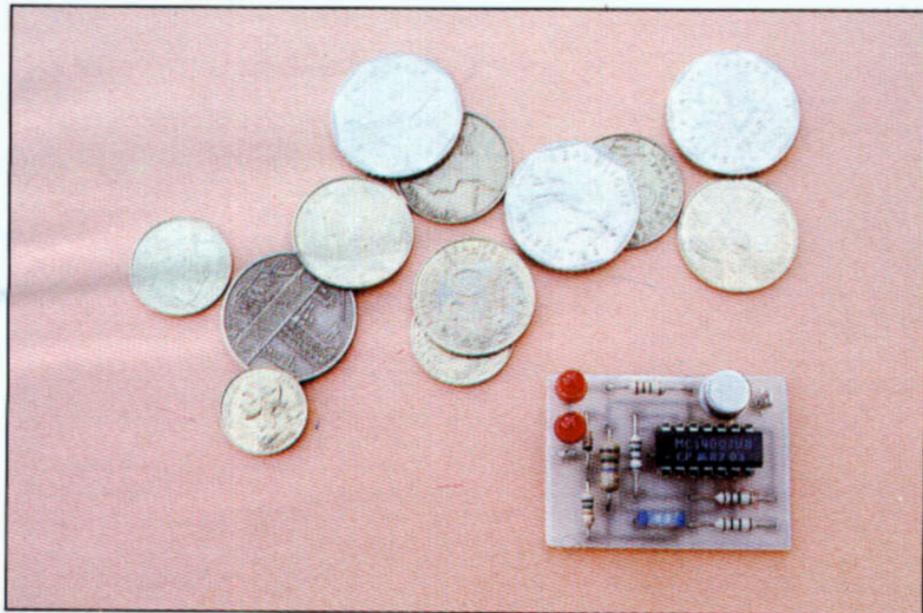


Fig. 1. - Schéma de notre montage.

UN CLIGNOTANT ECONOMIQUE

MOS complémentaires, qui sont ici couplés de façon à constituer un oscillateur très basse fréquence. La fréquence de clignotement de la LED est fixée par les éléments C_1 , R_5 et R_6 en sachant que C_1 et R_5 fixent la période du clignotement alors que C_1 et R_6 fixent le temps pendant lequel la LED est allumée. Avec les valeurs choisies, la LED clignote à environ 1 Hz, tout en restant allumée 1 ms. Bien que cela puisse vous sembler fort court, elle est parfaitement visible sous réserve de choisir, comme nous le conseillons dans la nomenclature, un modèle haute luminosité, à peine plus coûteux qu'un modèle ordinaire.

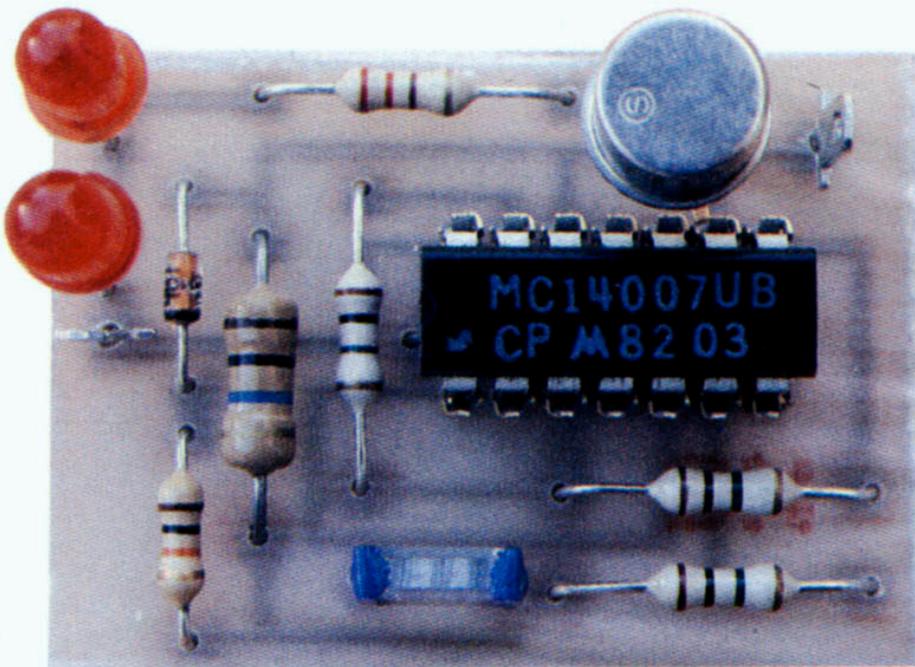
Les résistances R_1 et R_2 limitent le courant consommé par le 4007, tandis que l'utilisation d'un VMOS de puissance pour commander la ou les LED permet de ne pas faire débiter de courant à l'étage de sortie du 4007 puisque de tels transistors ont un courant de grille ou de porte quasiment nul.

LE MONTAGE

Un petit circuit imprimé supporte sans difficulté tous les composants, dont l'approvisionnement ne pose aucun problème. Le VMOS préconisé peut être remplacé par des modèles plus puissants, mais cela ne présente aucun intérêt si ce n'est de vous coûter plus cher !

Le seul strap que comporte le montage sera câblé en premier car il est placé sous le circuit intégré.

La ou les LED (puisque le montage peut en commander jusqu'à deux) seront impérativement des LED rouges car, à consommation égale, ce sont les plus lumineuses et, de plus, elles seront du type haute luminosité, voire, si vous en trouvez, très haute luminosité. De telles LED coûtent environ 50 % plus cher que leurs homologues normales mais sont



réellement plus lumineuses, ce qui, dans le cas de ce montage où elles travaillent vraiment à faible courant, fait une différence notable. Une pile de 9 V suffit à alimenter le montage et, si vous pre-

nez la précaution de la choisir de type alcaline, vous pouvez tabler sur une durée de vie assurée d'au moins un an (les calculs de consommation laissent en fait prévoir plus de deux ans).

Il ne vous reste plus qu'à intégrer notre circuit imprimé dans le boîtier de votre choix ou dans le corps même de l'élément dont vous voulez signaler la présence.

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Semi-conducteurs

IC₁ : 4007 CMOS
D₁ : 1N914 ou 1N4148
T₁ : VN10KM ou 2N6660
LED : voir texte

Résistances 1/4 W 5 %

R_1, R_2, R_3 : 1 M Ω
 R_4 : 220 Ω
 R_5 : 10 M Ω
 R_6 : 10 k Ω

Condensateur

C_1 : 0,1 μ F mylar

Divers

Support 14 pattes pour IC₁ (facultatif)

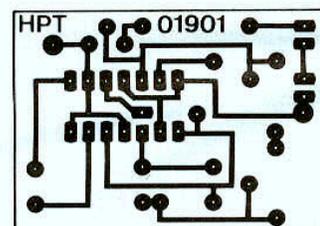


Fig. 2
Circuit imprimé,
vu côté cuivre,
échelle 1.

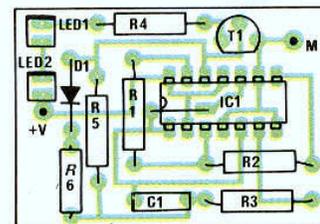


Fig. 3
Implantation
des composants.

REALISATION

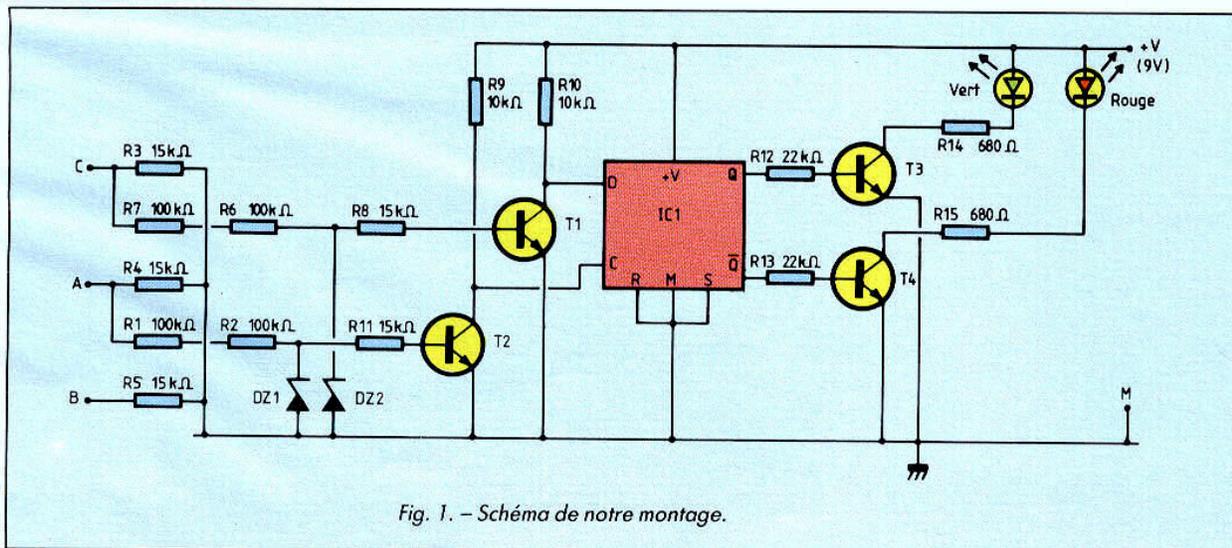
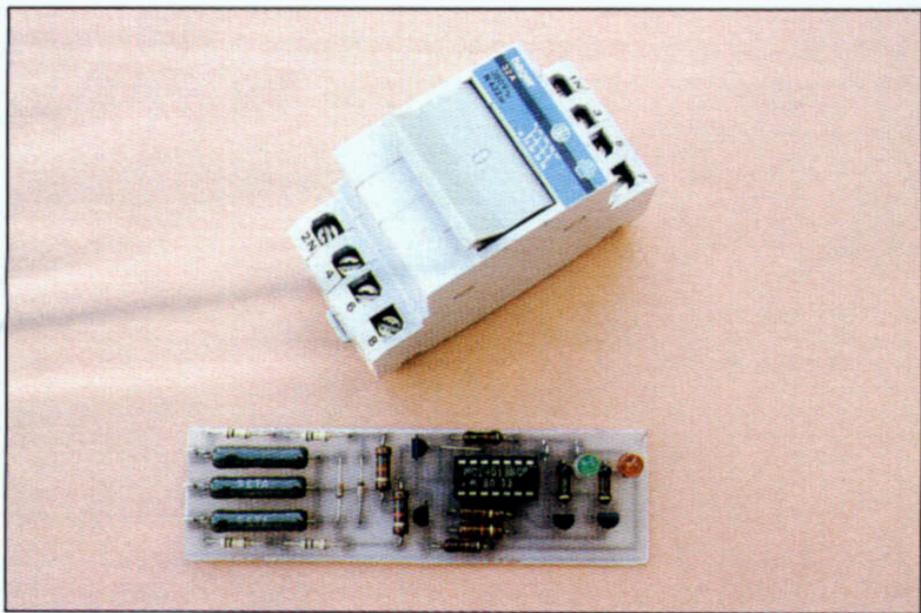
Flash

INDICATEUR D'ORDRE DES PHASES

A QUOI ÇA SERT ?

La vocation du montage que nous vous proposons aujourd'hui est un peu particulière ; en effet, il ne s'adresse qu'aux personnes possédant ou travaillant avec une installation EDF triphasée puisqu'il permet de connaître l'ordre correct de succession des phases.

Quel intérêt cela a-t-il ? nous direz-vous. Un seul mais d'importance puisque cela permet de faire tourner dans le bon sens les moteurs électriques triphasés. En effet, sans vouloir entrer dans des détails techniques qui transformeraient cet article en un cours d'électrotechnique, sachez que, selon la façon dont sont raccordés les trois fils de phase d'un moteur triphasé aux trois fils de phase de



INDICATEUR D'ORDRE DES PHASES

l'EDF, il tourne dans un sens ou dans l'autre. Le branchement d'un tel moteur se fait donc presque toujours « au hasard » et, s'il ne tourne pas dans le bon sens, on croise deux fils de phase. Ce n'est pas bien gênant, nous direz-vous. Oui et non : en effet, si le moteur et son câblage sont facilement accessibles et si la rotation « à l'envers » est sans conséquence, le croisement de deux fils fait tout rentrer dans l'ordre et on n'en parle plus. En revanche, si le câblage n'est pas facilement accessible, si le moteur n'est pas visible ou si une rotation « à l'envers » peut détériorer quelque chose, il faut procéder autrement. Avec une poignée de composants peu coûteux, notre montage permet de résoudre ce problème.

LE SCHEMA

Avant de l'étudier il faut bien comprendre que ce qui importe n'est pas l'ordre réel des phases, ce qui ne veut pas dire grand-chose, mais l'or-

dre de succession de celles-ci. Ainsi, si l'on appelle A, B et C les fils de phase du secteur et D, E et F ceux du moteur, et que les phases se succèdent dans l'ordre alphabétique, la connexion de A, B, C sur D, E, F dans cet ordre fonctionnera correctement, de même que celle de B, C, A toujours sur D, E, F. En revanche, contre B, A, C sur D, E, F ferait tourner le moteur à l'envers.

Cela étant vu, on constate que les trois phases arrivent sur trois résistances de puissance afin que l'une des phases soit prise comme référence. Les deux autres sont prélevées et atténuées par des ensembles résistances et diodes Zener pour agir sur les transistors T₁ et T₂. Selon les positions temporelles relatives des phases, le collecteur de T₁ sera au niveau haut avant celui de T₂ ou vice versa. Comme ceux-ci agissent sur les entrées D et C d'une bascule D, la sortie Q de celle-ci sera à 1 ou à 0 selon l'ordre de succession des phases. Il ne reste plus qu'à faire commander deux LED par les sorties Q et \bar{Q} barre

de la bascule pour avoir une indication visuelle de l'ordre de succession.

Nous avons mis une LED rouge pour un ordre incorrect et une verte pour un ordre correct. Ensuite, tout est affaire de repérage soigné des éléments et des connexions pour que les indications du montage aient une signification. Compte tenu du faible temps d'utilisation du montage, l'alimentation est confiée à une simple pile miniature de 9 V.

LE MONTAGE

Un circuit imprimé au tracé fort simple supporte tous les composants dont l'approvisionnement et le câblage ne posent aucun problème. Le fonctionnement est immédiat dès la dernière soudure effectuée mais nécessite tout de même quelques commentaires.

Tout d'abord, si le montage est mis sous tension sans être relié aux phases, une LED quelconque s'allume : c'est normal. La couleur n'a de si-

gnification qu'en présence du secteur.

Pour bien utiliser le montage, il faut procéder de la façon suivante : connectez les trois points A, B et C aux trois fils de phases inconnues. Si la LED verte s'allume, ils peuvent être repérés A, B et C à leur tour et être connectés dans cet ordre au moteur (dont les fils sont impérativement identifiés par un ordre alphabétique ou numérique). Si la LED rouge s'allume, échangez deux fils de phase quelconque et constatez que la LED verte s'allume. Repérez-les alors A, B et C et vous êtes ramenés au cas précédent.

Dernière précision, notre montage est relié directement au secteur, triphasé de surcroît. Il doit donc être monté dans un boîtier isolant, et aucune partie sous tension ne doit être accessible. Veillez en outre à utiliser des fils bien isolés pour le raccordement aux phases. Il y va de votre sécurité !

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Semi-conducteurs

T₁, T₂, T₃, T₄ : BC 107, 108, 109, 547, 548, 549
 DZ₁, DZ₂ : Zener 5,6 V, 0,4 W par ex. BZY88C5V6
 LED₁, LED₂ : LED de n'importe quel type, 1 rouge, 1 verte
 IC₁ : 4013 CMOS

Résistances 1/2 ou 1/4 W 5 %

R₁, R₂, R₆, R₇ : 100 k Ω , 1/2 W
 R₃, R₄, R₅ : 15 k Ω , 7 W bobinées
 R₈, R₁₁ : 15 k Ω
 R₉, R₁₀ : 10 k Ω
 R₁₂, R₁₃ : 22 k Ω
 R₁₄, R₁₅ : 680 Ω

Divers

Support 14 pattes pour IC₁ (facultatif)

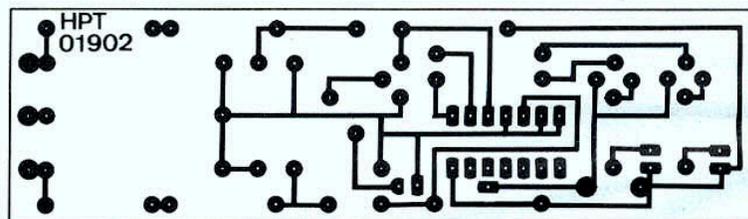


Fig. 2. - Circuit imprimé, vu côté cuivre, échelle 1.

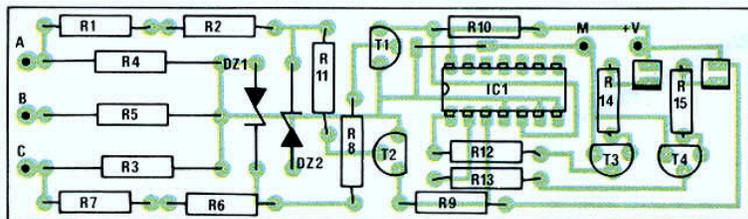


Fig. 3. - Implantation des composants.

REALISATION

Flash

MICRO ESPION AUTOMATIQUE

A QUOI ÇA SERT ?

Ce montage est un petit émetteur, travaillant dans la bande MF, qui vous permettra d'entendre ce qui se passe dans une autre pièce, par exemple pour surveiller des enfants, entendre un bébé qui pleure. On l'associera à un récepteur à modulation de fréquence qui, de préférence, disposera d'un système de squelch, c'est-à-dire de coupure automatique du son en cas d'absence de signal.

LE SCHEMA

A gauche : c'est la partie traitement acoustique. Un circuit intégré régulateur 5 V alimente le micro, polarise le premier amplificateur et procure une tension fixe pour le réglage du seuil de déclen-

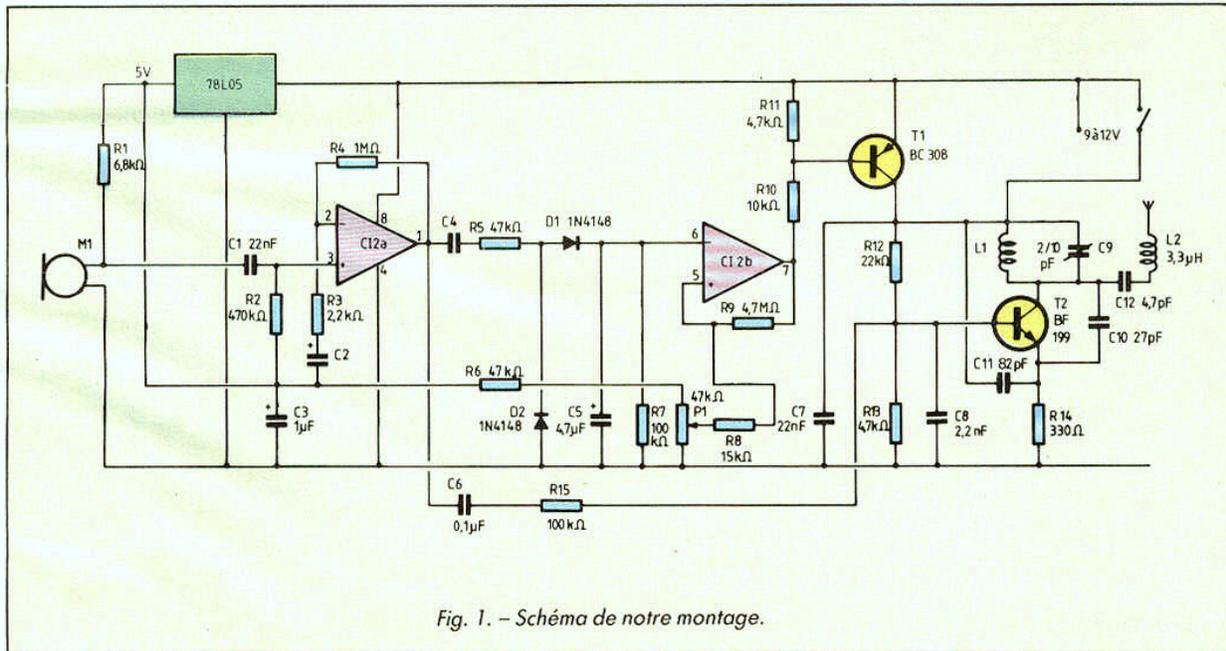
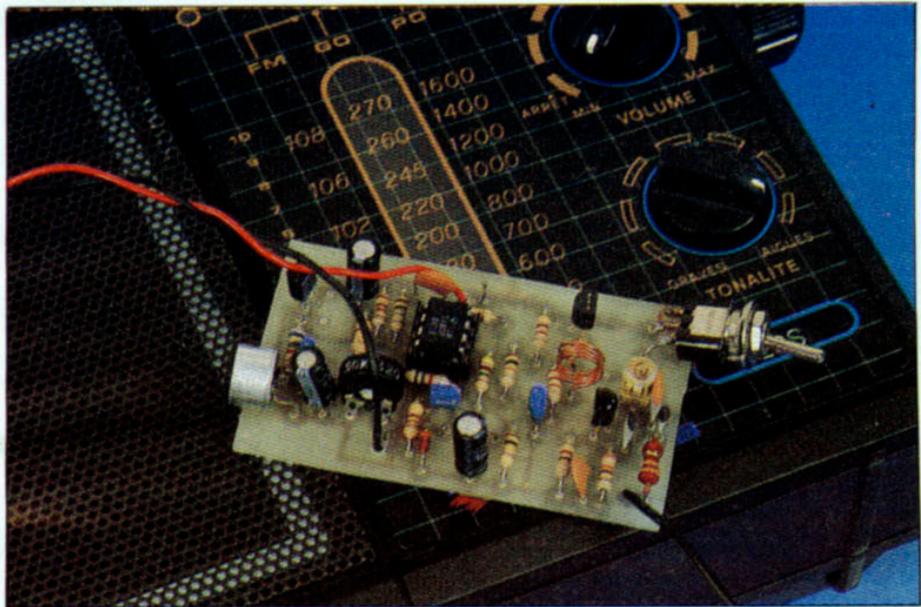


Fig. 1. - Schéma de notre montage.

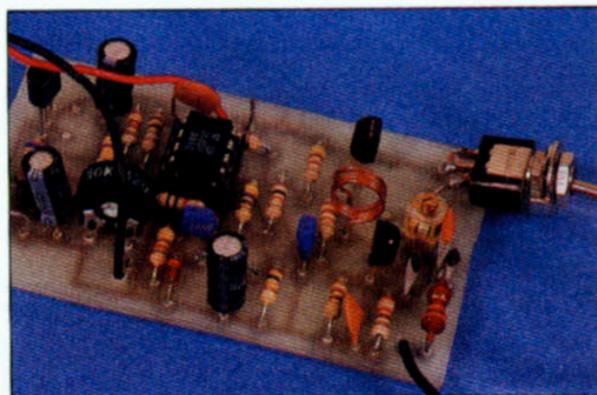
MICRO ESPION AUTOMATIQUE

chement. Le signal audio est transmis à Cl_{2a} amplifié, il est ensuite détecté par D_1 et D_2 ; R_5 retarde la charge afin d'éviter un déclenchement par un bruit trop bref. En présence d'un signal AF, C_5 va se charger et, dès que la tension atteint le seuil fixé par P_1 , la sortie de Cl_{1b} passe au zéro. Le transistor T_1 conduit, l'oscillateur T_2 oscille, il reçoit sur sa base la tension de sortie de l'ampli Cl_{1a} , cette tension audio module alors en fréquence la porteuse RF. Le signal modulé en fréquence est transmis à l'antenne. Lorsque le son a disparu, le condensateur C_5 se décharge dans R_7 , la sortie de Cl_{2b} repasse à 1, le transistor T_1 se bloque et l'oscillation cesse. Nous avons installé

un interrupteur en parallèle sur le transistor T_1 , il permet des réglages ou une écoute permanente. Si le récepteur MF dispose d'un silencieux, le son sera coupé lorsque l'oscillateur sera en veille.

REALISATION

L'ensemble sera réalisé sur circuit imprimé. Il n'existe pas de difficulté particulière de réalisation pour cet appareil, les composants sont classiques. On respectera bien entendu l'orientation des transistors et de Cl_1 qui ont tous trois le même boîtier. Cl_1 se distingue par trois pattes alignées, celle des transistors sont en triangle. La bobine L_1 est réalisée en fil de cuivre



émaillé, ou éventuellement du fil genre fil de paire téléphonique. L'antenne aura une longueur de 50 cm; elle sera réalisée à partir d'un fil souple

ou, si vous installez le montage dans une boîte, par une même longueur de corde à piano.

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Résistances 1/4 W 5 %

R_1 : 6,8 k Ω	R_9 : 4,7 M Ω
R_2 : 470 k Ω	R_{10} : 10 k Ω
R_3 : 2,2 k Ω	R_{11} : 4,7 k Ω
R_4 : 1 M Ω	R_{12} : 22 k Ω
R_5, R_6 : 47 k Ω	R_{13} : 4,7 k Ω
R_7, R_{15} : 100 k Ω	R_{14} : 330 Ω
R_8 : 15 k Ω	

Condensateurs

C_1, C_4, C_7 : 22 nF céramique
C_2, C_3 : 1 μ F chimique radial
C_5 : 4,7 μ F chimique radial
C_6 : 0,1 μ F, MKT 5 mm ou céramique
C_8 : 2,2 nF céramique
C_9 : ajustable 2/10 pF
C_{10} : 27 pF céramique
C_{11} : 82 pF céramique
C_{12} : 4,7 pF céramique

Semi-conducteurs

T_1 : transistor PNP BC 308
T_2 : transistor NPN BF 199

Circuits imprimés

Cl_1 : circuit intégré 78LO5
Cl_2 : circuit intégré LM 358
D_1, D_2 : diodes silicium 1N 4148

Divers

L_1 : 4 tours fil 0,5 mm sur 5,5 mm de diamètre
L_2 : 3,3 μ H
M_1 : micro à électret

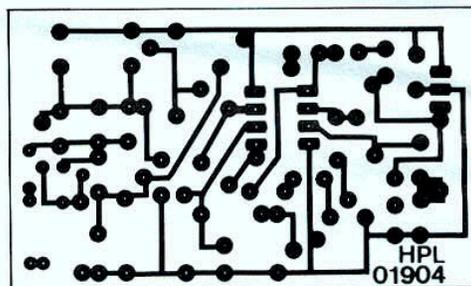


Fig. 2. - Circuit imprimé coté cuivre échelle 1.

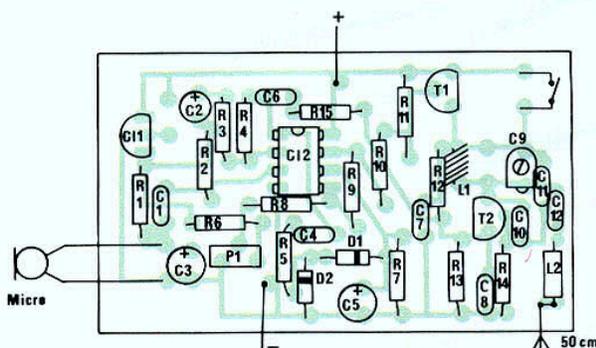


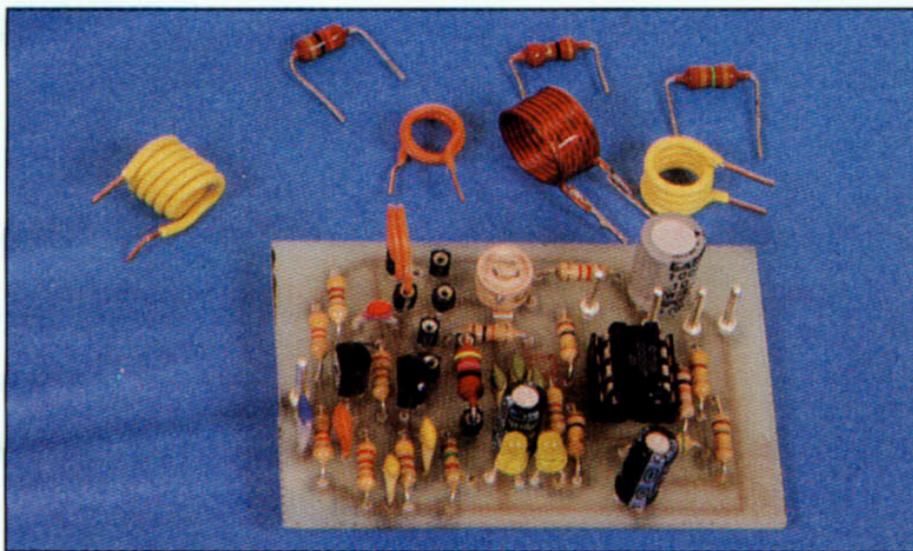
Fig. 3. - Implantation des composants.

REALISATION *Flash*

RECEPTEUR A SUPER-REACTION

A QUOI ÇA SERT ?

Il s'agit d'un classique de la télécommande, un récepteur ultra-simple, mais il faut le dire un peu capricieux, notamment si on change les types de transistors. Ce récepteur sera associé ultérieurement à des périphériques pour diverses applications précises, télécommandes domestiques par exemple. Ce type de récepteur n'est pas très sélectif mais, associé à des décodeurs comme des MM 53200, sera capable de distinguer le signal du bruit de fond. Simple mais sensible : environ $3 \mu\text{V}$ suffisent à l'entrée... Sans périphérique, il pourra servir à écouter des émissions de radiocommande ou autres...



LE SCHEMA

L'étage à super-réaction est générateur de bruit RF. T₁, monté en base commune, sert à séparer l'antenne du circuit oscillant. Le détecteur est constitué par T₂ et ses compo-

sants périphériques. L₁ et C₃ vont déterminer la gamme de fréquence, C₄ ajuste la fréquence, C₈ assure la réaction pour l'entretien des oscillations, R_x réduit le coefficient Q de l'inductance, facultative, elle peut être nécessaire si

l'amorçage ne se fait pas. La valeur de L₂ doit être respectée, l'origine aussi mais d'autres sources peuvent convenir, nous ne garantissons pas le fonctionnement pour toutes les selfs. Le signal est filtré par R₇, C₉ et C₁₀, le signal est

alors transmis à un amplificateur. La polarisation est fixée par deux diodes électroluminescentes. Suivant la valeur demandée, on utilisera une diode (environ 2 V), une verte et une rouge (3 V) ou deux vertes (un peu moins de 4 V).

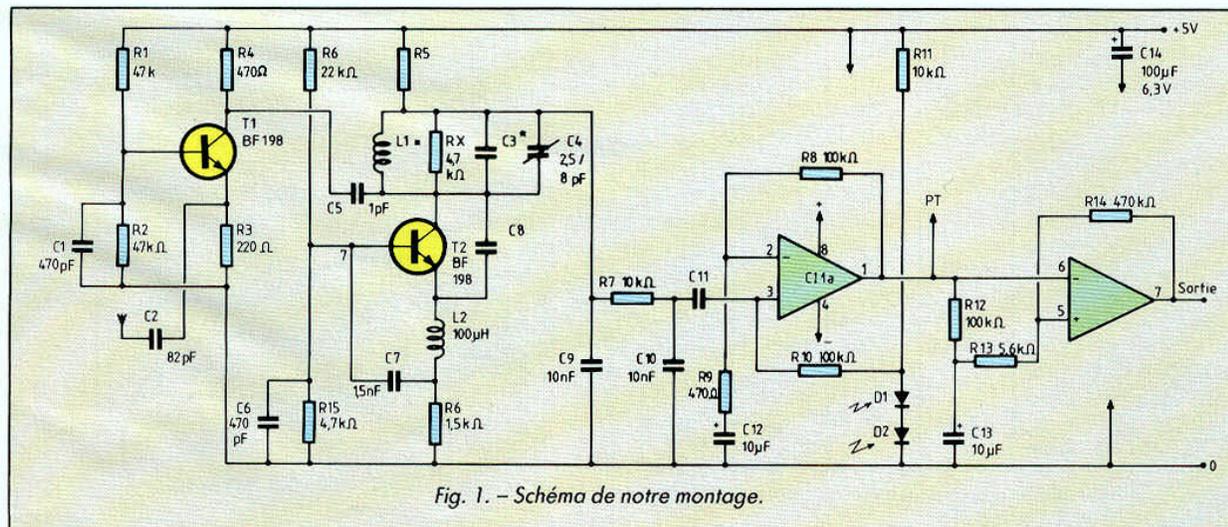


Fig. 1. - Schéma de notre montage.

RECEPTEUR A SUPER-REACTION

Les zeners de faible valeur ne travaillent pas bien à faible courant... Le signal est amplifié puis passe dans un détecteur travaillant en trigger de Schmitt. Ce circuit ne donne pas de signal en l'absence de porteuse modulée avec la polarisation par deux diodes (pour associer à un MM 53200).

REALISATION

Nous proposons un petit tableau de selfs en fonction de la fréquence de réception, le montage fonctionne pratiquement de 30 MHz à plus de 200 MHz, toujours avec la même sensibilité. La valeur de C₃ ne doit pas être trop élevée. Le bon fonctionnement sera constaté en prenant le signal sur PT, on devra entendre un souffle qui disparaîtra en présence de porteuse. En cas de non fonctionnement, on installera R_x, on pourra

aussi changer la valeur de L₁ ou encore changer L₂. Un grid-dipmètre et un oscilloscope seront très utiles pour la mise au point. S'agissant de la polarisation de Cl_{1a}, pour une écoute (par exemple trafic aviation) ou une association à des décodeurs de tonalité, une seule diode suffit... Nous vous précisons ultérieurement les polarisations à adopter.

Si vous ne savez pas exactement sur quelle fréquence travailler, vous pourrez, au lieu de souder les composants, souder des contacts de barrettes sécables qui vous permettront d'enficher les fils des condensateurs ou selfs déterminant la fréquence de fonctionnement du détecteur à super-réaction. Une fois le bon réglage terminé, vous pourrez alors souder les composants, soit après enlèvement du contact, soit directement sur ce contact...

Fréquence	L1	L2	C8	C3	RX
27 MHz	8 tours ∅ 10 L : 7 mm	47 μH	10 pF	47 pF	5,6 kΩ
40 MHz	8 tours ∅ 10 L : 7 mm	100 μH	10 pF	8,2 pF	3,3 kΩ
72 MHz	7 tours ∅ 8 L : 7 mm	100 μH	10 pF	0	3,3 kΩ
95 MHz	6 tours ∅ 5 L : 9 mm	100 μH	5,6 pF	2,2 pF	∞
104 MHz	6 tours ∅ 5 L : 9 mm	100 μH	0	2,2 pF	∞
114 MHz	4 tours ∅ 6 L : 5 mm	100 μH	0	3,3 pF	∞
134 MHz	3 tours ∅ 6 L : 3 mm	100 μH	0	3,3 pF	∞
155 MHz	2 tours ∅ 6 L : 2 mm	100 μH	3,9 pF	1 pF	∞
175 MHz	2 tours ∅ 6 L : 2 mm	47 μH	0	0	∞
210 MHz	2 tours ∅ 6 L : 2 mm				
250 MHz					

Pour C₄, on peut utiliser un condensateur ajustable de 3,5 pF à 35 pF au lieu d'un 2,5 pF à 8 pF.

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Résistances 1/4 W 5 %

R₁, R₂ : 47 kΩ
R₃ : 220 Ω
R₄ : 470 Ω
R₅ : 8,2 kΩ
R₆ : 1,5 kΩ
R₇, R₁₁ : 10 kΩ
R₈, R₁₀, R₁₂ : 100 kΩ
R₉ : 470 kΩ
R₁₃ : 5,6 kΩ
R₁₄ : 470 kΩ
R₁₅ : 4,7 kΩ
R_x : voir texte

Condensateurs

C₁ : 470 pF céramique
C₂ : 82 pF céramique
C₃ : céramique suivant fréquence,
C max = 33 pF
C₄ : condensateur ajustable 2,5 à 8 pF
C₅ : 1 pF céramique

C₆ : 470 pF céramique
C₇ : 1 500 pF céramique
C₈ : suivant fréquence (voir tableau joint)
C₉, C₁₀, C₁₁ : 10 nF céramique
C₁₂, C₁₃ : 10 μF chimique radial 10 V
C₁₄ : 100 μF chimique radial 6,3 V

Semi-conducteurs

T₁, T₂ : transistor NPN BF 198
Cl₁ : circuit intégré LM 358
D₁, D₂ : diode électroluminescente verte ou jaune ou une rouge et une jaune suivant la tension désirée.

Divers

L₁ : suivant fréquence
L₂ : inductance 100 μH Siemens B 78 108

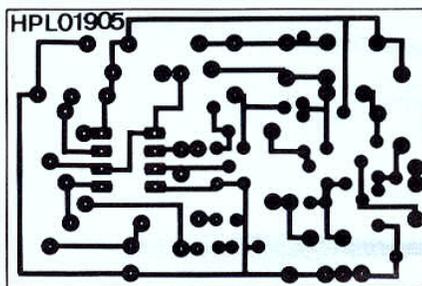


Fig. 2. - Circuit imprimé côté cuivre échelle 1.

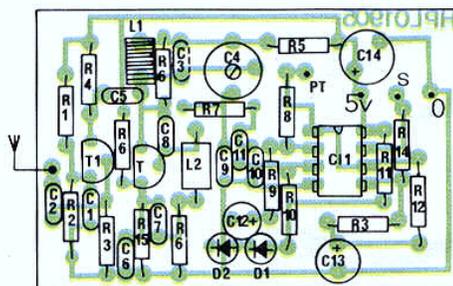


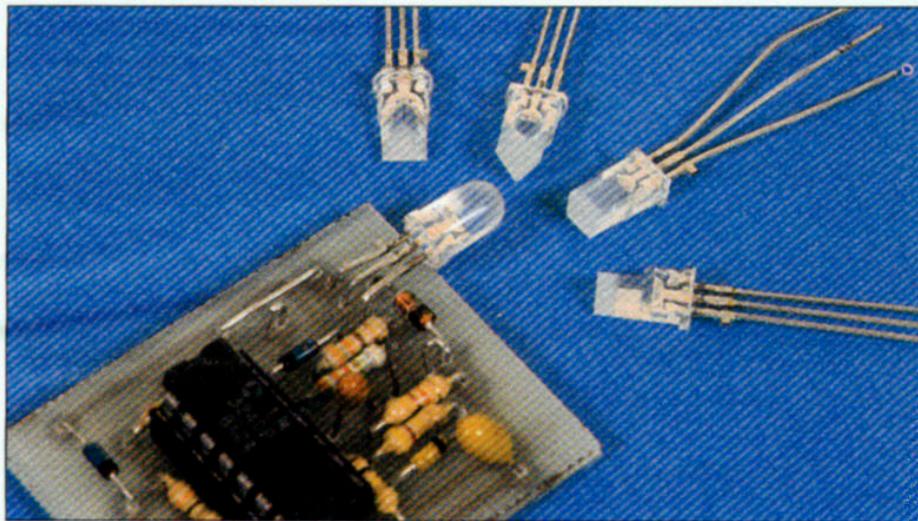
Fig. 3. - Implantation des composants.

REALISATION *Flash*

INDICATEUR DE NIVEAU TRICOLORE

A QUOI ÇA SERT ?

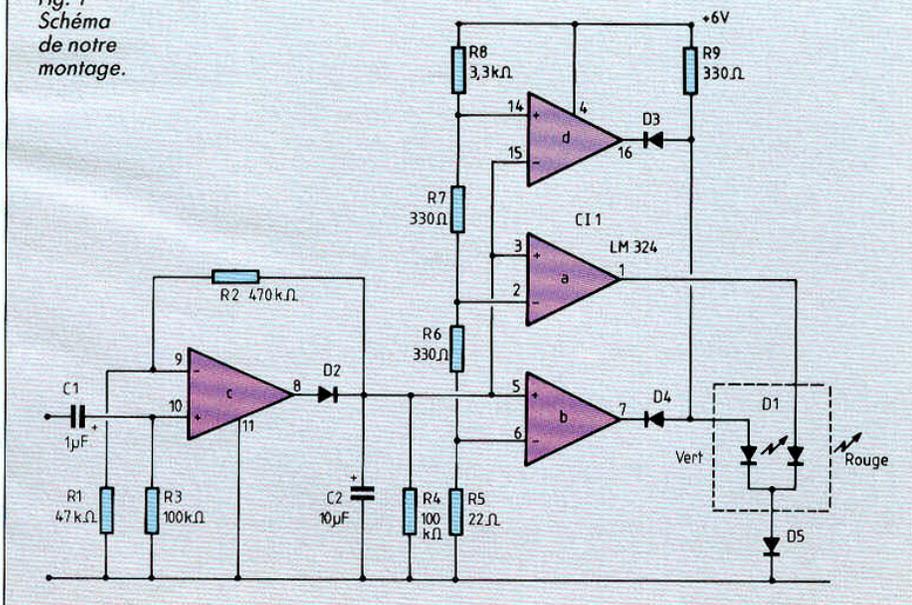
C'est tricolore, mais pas bleu-blanc-rouge. Vous pourrez installer cet indicateur de niveau audio ultra-compact dans votre ampli ou dans un mélangeur. Il signalera quatre niveaux : l'absence de signal par l'extinction du voyant, sa présence à un faible niveau (diode verte allumée) ; le niveau augmente, la couleur passe à l'orange ; ensuite, si on risque la saturation, la diode électroluminescente passe au rouge... Le redresseur est intégré ainsi qu'un amplificateur dont on pourra éventuellement adapter le gain à l'utilisation désirée.



LE SCHEMA

Deux sections dans ce montage. Tout d'abord, à gauche, un amplificateur détecteur qui travaille en diode sans seuil : lorsque la tension d'entrée est nulle, l'ampli op travaille en boucle ouverte, avec un grand gain dès que la tension de sortie atteint la tension de seuil de la diode, le gain est déterminé par R_1 et R_2 . La tension redressée, filtrée par C_2 , est appliquée à un réseau de trois comparateurs. Sans tension d'entrée, le b est à l'état bas ainsi que le a , le d est à l'état haut. Les deux diodes sont éteintes, dès que la tension dépasse le seuil fixé par R_5 , la sortie de b passe à l'état haut, la résistance R_9 alimente la diode verte. Une fois le seuil fixé par R_6 atteint, a allume la diode rouge, la verte reste allumée, on perçoit le mélange des deux couleurs rouge et verte. Avec une ten-

Fig. 1
Schéma
de notre
montage.



INDICATEUR DE NIVEAU TRICOLEURE

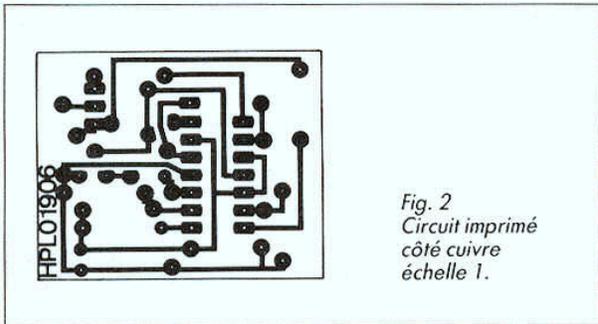


Fig. 2
Circuit imprimé
côté cuivre
échelle 1.

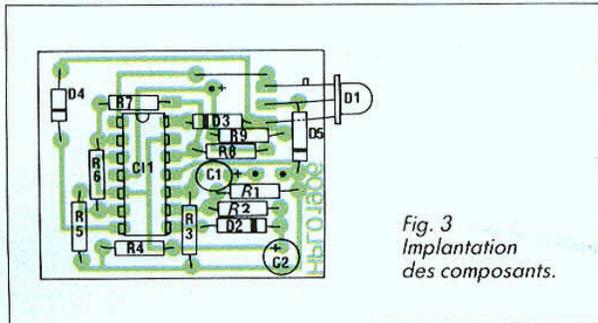


Fig. 3
Implantation
des composants.

sion plus importante, la sortie du comparateur *d* passe à l'état bas, la diode D_3 dérive le courant de la résistance R_9 à la masse, la diode verte s'éteint, la rouge reste allumée. La diode D_5 sert à compenser les chutes de tension relativement importantes dans les transistors de sortie du 324, cet étage se saturant avec un courant faible.

REALISATION

Le montage est simple, pas très encombrant. On respectera la polarité des condensateurs au tantale. Attention, si vous reliez l'entrée du montage à un étage dont la tension de sortie est superposée à une tension positive, une inversion du sens de montage du condensateur peut être nécessaire. Les seuils peuvent être changés par modification de la valeur des résistances du pont de polarisation ; il est également possible d'intervenir sur le gain de l'étage d'entrée pour modifier la sensibilité. Pour une tension

d'alimentation de 5 V, que l'on peut par exemple prendre sur une alimentation de circuits logiques, on réduira la valeur de R_8 (2,2 ou 2,7 k Ω). L'indicateur peut être utilisé en continu en court-circuitant C_1 et D_2 . Si on a besoin de seuils réglables, les résistances du pont seront remplacées par des résistances ajustables.

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Résistances 1/4 W 5 %

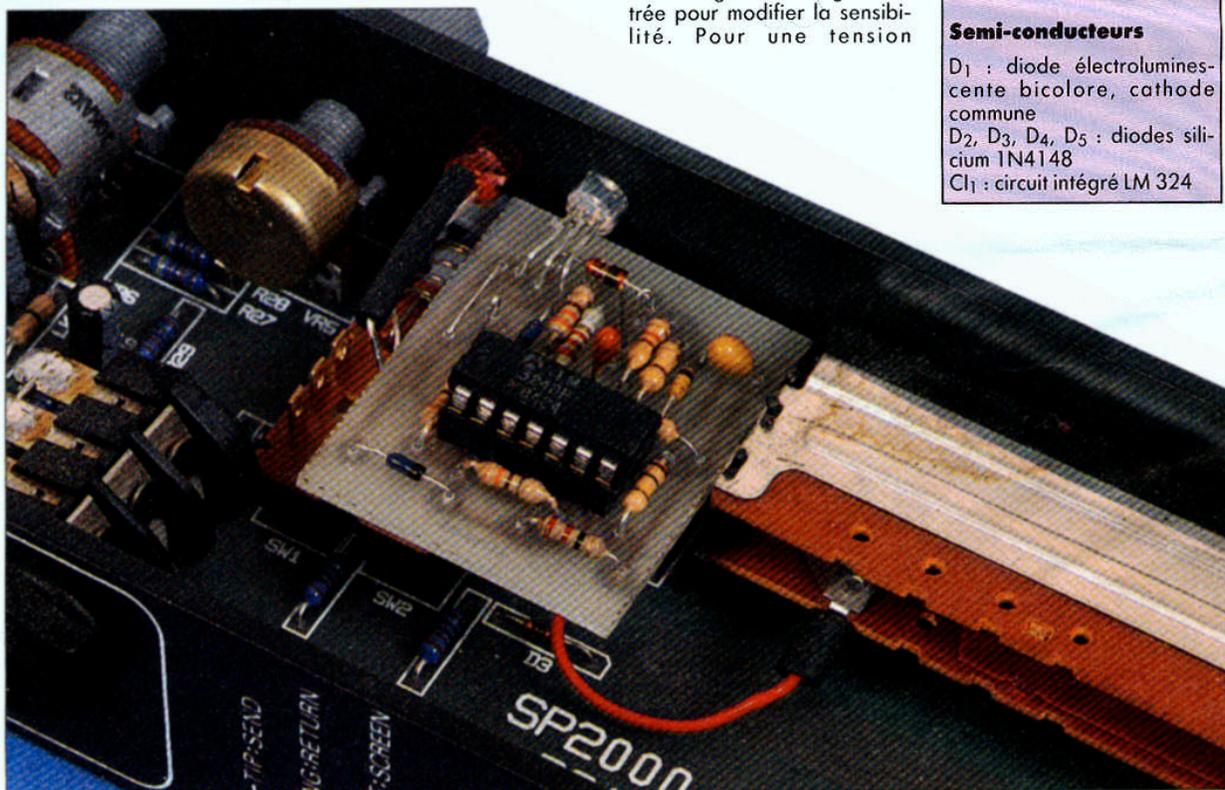
R_1 : 47 k Ω
 R_2 : 470 k Ω
 R_3, R_4 : 100 k Ω
 R_5 : 22 Ω
 R_6, R_7, R_9 : 330 Ω
 R_8 : 3,3 k Ω

Condensateurs

C_1 : 1 μ F tantale goutte 10 V
 C_2 : 10 μ F tantale goutte 10 V

Semi-conducteurs

D_1 : diode électroluminescente bicolore, cathode commune
 D_2, D_3, D_4, D_5 : diodes silicium 1N4148
 IC_1 : circuit intégré LM 324

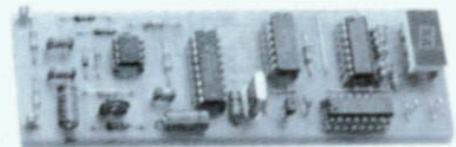


UN DECODEUR TELEPHONIQUE DTMF

Sous ce titre un peu mystérieux pour ceux d'entre vous qui ne sont pas encore familiarisés avec les sigles téléphoniques, se cache un montage très intéressant. En effet, connecté à n'importe quelle ligne téléphonique, notre réalisation sait décoder les divers

numéros qui sont composés selon la méthode DTMF encore appelée numérotation à fréquences vocales. Ce décodage se traduit par un affichage en clair des numéros composés, mais peut aussi être exploité par n'importe quel micro-ordinateur permettant ainsi de

réaliser divers automatismes ou télécommandes intelligents. Un tel montage existe d'ailleurs dans le commerce et l'on en trouve dans certaines boutiques spécialisées en appareils de surveillance en tout genre. Avant d'entrer dans le vif du sujet, et bien que nous ayons déjà abordé ces notions plusieurs fois par le passé dans *le Haut-Parleur*, il



nous semble utile de faire quelques rappels relatifs aux diverses méthodes de numérotation utilisées sur les réseaux téléphoniques. Ceux d'entre vous qui connaissent déjà tout cela peuvent passer directement à l'étude du schéma de notre réalisation.

QUELQUES RAPPELS

Le principe le plus ancien, qui subsiste encore à notre époque chez tous les abonnés non reliés à des centraux électroniques, est le système dit à rupture de boucle ou encore, bien que cela ne veuille rien dire, à numérotation décimale. Ce système est tellement universel et normalisé que, même si vous êtes relié à un central électronique et même si vous êtes équipé en combiné multifréquence, vous pouvez très bien numéroté par rupture de boucle, le central comprendra. On est en présence d'une compatibilité ascendante : les nouveaux systèmes de numérotation n'ont pas rendu l'ancien inutilisable.

Pour comprendre comment fonctionne cette rupture de boucle, il suffit de savoir qu'un téléphone décroché ferme une boucle dans laquelle circule un courant pouvant varier de 19 à 60 mA comme schématisé figure 1. Pour composer un chiffre, on ouvre et ferme cette boucle à des intervalles réguliers, un nombre de fois égal au chiffre à composer. Le temps de fermeture est de 33 ms et le temps d'ouverture de 66 ms. La figure 1 présente ainsi le chronogramme de composition du chiffre 4 ; chronogramme transposable immédiatement à n'importe quel autre chiffre bien sûr (attention ! pour le zéro on ouvre et ferme la boucle 10 fois).

Afin de séparer les divers chiffres qui composent un numéro de téléphone, un temps inter-chiffre a été défini et est, typiquement, de 350 ms. Il est bien évident que, comme la composition des chiffres était confiée et l'est toujours dans nombre de cas) aux organes mécaniques que sont les traditionnels cadrans rotatifs, une certaine imprécision sur les temps indiqués ci-avant était à prévoir. Les valeurs données sont donc des valeurs typiques et, en réalité, les spécifications techniques des centraux sont les suivantes :

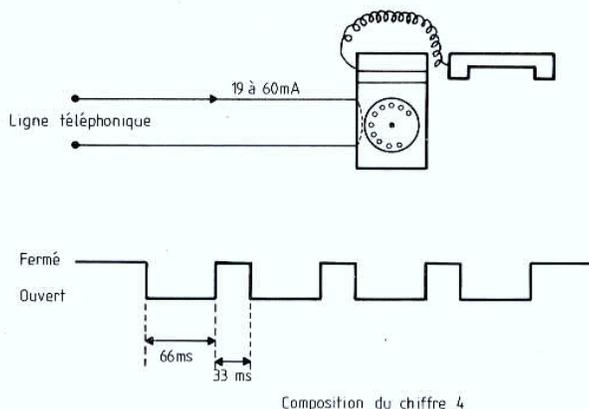


Fig. 1. - Principe de la numérotation décimale ou par rupture de boucle.

Composition du chiffre 4

vitesse de composition pouvant varier de 8 à 12 impulsions par seconde et rapport entre temps d'ouverture et temps de fermeture pouvant varier de 1,7 à 2,4.

Pour simple qu'il soit, ce système fonctionne cependant remarquablement bien, comme vous avez pu ou comme vous pouvez encore le constater journellement. Il présente, en revanche, l'inconvénient d'être relativement lent puisque, par exemple, pour appeler le Haut-Parleur depuis la province, il faut au minimum 10 secondes de composition (16.1.42.00.33.05). Le décodage de numéros composés selon ce procédé est, en revanche, relativement simple puisqu'il peut se faire

avec de simples compteurs convenablement couplés à la ligne téléphonique. Il est même possible de faire encore « pis » en enregistrant le bruit de composition sur la ligne et en l'écoutant à vitesse réduite pour compter les ouvertures et fermetures de boucle. C'est assez peu élégant mais ça marche.

LA NUMEROTATION DTMF

Utilisable uniquement sur les centraux électroniques (qui seront, dans peu de temps, les seuls centraux en service d'ailleurs), la numérotation

DTMF ou à fréquences vocales repose sur un principe fondamentalement différent de celui que nous venons de présenter. Comme son nom l'indique, puisque DTMF signifie Dual Tone Multi Frequencies : la numérotation multifréquence fait appel à 8 fréquences BF combinées par paires et émises simultanément, ce qui permet de disposer de 16 possibilités différentes. Chaque chiffre est donc codé par une paire unique de fréquences choisies parmi les 8 disponibles selon le tableau normalisé à l'échelon international présenté figure 2.

Comme l'on dispose de 16 combinaisons, les 10 chiffres traditionnels sont bien sûr codés mais aussi deux symboles que sont le dièse et l'étoile ainsi que les lettres A, B, C et D. En l'état actuel des choses, le dièse et l'étoile sont utilisés dans certains services « nouveaux » proposés aux abonnés à des centraux électroniques tels que : indication d'appel en instance, renvoi d'appel, conférence à trois, réveil téléphoné programmable, etc. Les lettres, en revanche, sont réservées pour des applications futures. Pour ce qui est des services évoqués ci-avant, et afin de nous éviter une avalanche de courrier, précisons que vous pouvez

Fréquences basses \ Fréquences hautes	Fréquences basses			
	697	770	852	941
1 209	1	4	7	*
1 336	2	5	8	0
1 477	3	6	9	#
1 633	A	B	C	D

Fig. 2. - Les couples de fréquences normalisées utilisées en numérotation DTMF.

obtenir tous les renseignements à leur sujet en vous adressant à votre Agence commerciale des télécommunications (mode d'activation, principe de taxation ou d'abonnement, etc.).

Les centraux électroniques étant à même de reconnaître les paires de fréquences émises en un temps très bref (quelques dizaines de millisecondes), la composition d'un numéro par la méthode DTMF est évidemment très rapide. La génération des fréquences étant purement électronique, la sûreté de numérotation est également augmentée par rapport au classique cadran mécanique rotatif.

Il va de soi que le décodage de numéros composés selon ce procédé est beaucoup plus difficile puisqu'il faut, en quelques millisecondes, reconnaître une paire de fréquences BF parfois noyées dans le bruit. Nous allons voir dans un instant comment est résolu ce problème délicat.

DES DETAILS PRATIQUES

Depuis le début de cet article nous parlons de centraux classiques et électroniques ; vous êtes donc en droit de vous demander sur lequel des deux vous êtes connecté. Si vous disposez déjà d'un téléphone à numérotation DTMF, il est évident que c'est forcément un central électronique ; dans le cas contraire, il vous suffit d'appeler votre agence commerciale des Télécom (appel gratuit par le 14) pour qu'au simple énoncé de votre numéro de téléphone celle-ci puisse vous répondre.

Dernière précision avant d'aborder la partie technique de notre description : certaines personnes font une confusion entre téléphones « à touches » et téléphones à numérotation DTMF. Cela n'a évidemment rien à voir car, si tous les téléphones DTMF sont « à touches », il existe aussi

de nombreux téléphones à clavier qui numérotent par rupture de boucle. Si vous avez un doute en présence d'un téléphone à clavier, décrochez et appuyez sur une touche : s'il est DTMF vous entendrez un court instant la double tonalité BF correspondant à la touche actionnée, s'il est à rupture de boucle vous entendrez un léger cliquetis comme lors de l'utilisation d'un cadran rotatif classique.

NOTRE SCHEMA

Il vous est présenté dans son intégralité figure 3 mais son apparente complexité ne doit pas vous inquiéter car nous allons l'analyser fonction par fonction.

Le premier sous-ensemble important est organisé autour de IC₁ et assure le couplage à la ligne téléphonique. Pour ce faire, et afin de conserver un isolement galvanique de très bonne qualité, deux solutions existent : celle faisant appel à

un transformateur utile lorsque l'on doit réaliser des transmissions de grande qualité et celle retenue ici, utilisant un couplage capacitif associé à un amplificateur différentiel. IC₁ est donc monté en amplificateur différentiel de gain 2. Il reçoit les signaux prélevés sur les deux fils de la ligne téléphonique via C₁ et C₂ et restitue en sortie une tension égale à 2 fois la différence de potentiel présente aux bornes de la ligne téléphonique.

Pour que ce mode de couplage donne entière satisfaction, il faut que l'amplificateur différentiel soit bien équilibré. Dans le cas contraire, une forte induction à 50 Hz se superpose généralement au signal désiré, le rendant très vite inutilisable. P₁ permet d'ajuster cet équilibrage en fonction des dispersions des caractéristiques des composants.

Le signal présent à la sortie de cet étage de couplage est appliqué, après un filtrage

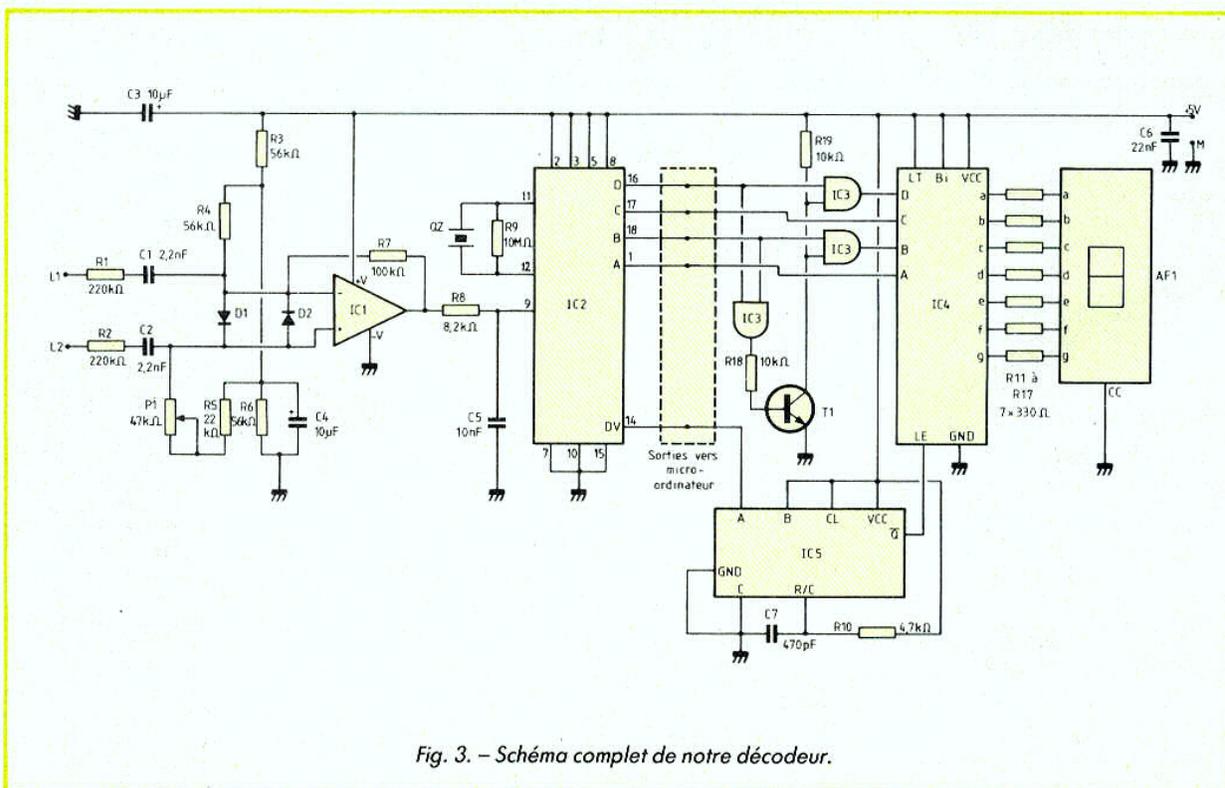


Fig. 3. - Schéma complet de notre décodeur.

R E A L I S A T I O N

ELECTRONIQUE

passe-bas sommaire, à IC₂ qui est un décodeur DTMF intégré. En effet, comme nous l'avons expliqué ci-avant, la numérotation DTMF utilise, pour représenter chaque chiffre, une combinaison de deux fréquences choisies parmi 8. Pour décoder un tel signal, il faut donc disposer de nombreux filtres précis et de circuits logiques. Cela peut être réalisé avec des circuits intégrés classiques, mais c'est lourd, volumineux et surtout cela demande un réglage long et fastidieux. Nous avons donc préféré faire appel à un circuit spécialisé qui n'est autre qu'un décodeur DTMF intégré, tels ceux utilisés par les PTT dans les centraux téléphoniques. Ce circuit baptisé SSI 202 ou 75T202 sous sa nouvelle appellation ou encore CD 22202 chez un autre fabricant mérite quelques minutes d'attention, ne serait-ce

que pour examiner son synoptique présenté figure 4. Après des filtres d'entrée, il renferme 8 filtres passe-bande centrés chacun sur les 8 fréquences du codage DTMF. Ces filtres sont des modèles à capacités commutées et ne nécessitent donc aucun composant externe pour fonctionner. Leurs sorties, via une logique de séquençage, alimentent un décodeur délivrant directement en BCD le code du chiffre reconnu. Tous les chronogrammes internes ainsi que les signaux nécessaires aux filtres sont générés par division de fréquence à partir d'une seule horloge à quartz utilisant un modèle de fréquence très courante. Le tout tient dans un boîtier à 18 pattes et est facilement disponible sur le marché français ; on croit rêver ! Comme vous pouvez le constater à l'examen de la fi-

gure 3, IC₂ ne demande de ce fait que peu de composants externes pour fonctionner. Il fournit, sur ses sorties D, C, B et A, le code BCD du chiffre reconnu ainsi qu'un signal de validation sur la patte DV. Lorsque ce signal est au niveau haut, le code présent sur les sorties D, C, B et A est significatif. Si vous désirez interfacer notre montage à un micro-ordinateur, le schéma peut s'arrêter là et nous avons d'ailleurs prévu des plots de sortie de D, C, B, A et DV sur le circuit imprimé. Il suffit de relier ces lignes au port parallèle d'un micro-ordinateur et, avec un logiciel fort simple, de venir examiner l'état de DV. Lorsque DV est à 0 aucun code DTMF valide n'est reconnu par IC₂, alors que, lorsque DV est à 1, un code valide a été reconnu et est disponible sur D, C, B et A.

Chiffre DTMF	D	C	B	A
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0
A	1	1	0	1
B	1	1	1	0
C	1	1	1	1
D	0	0	0	0

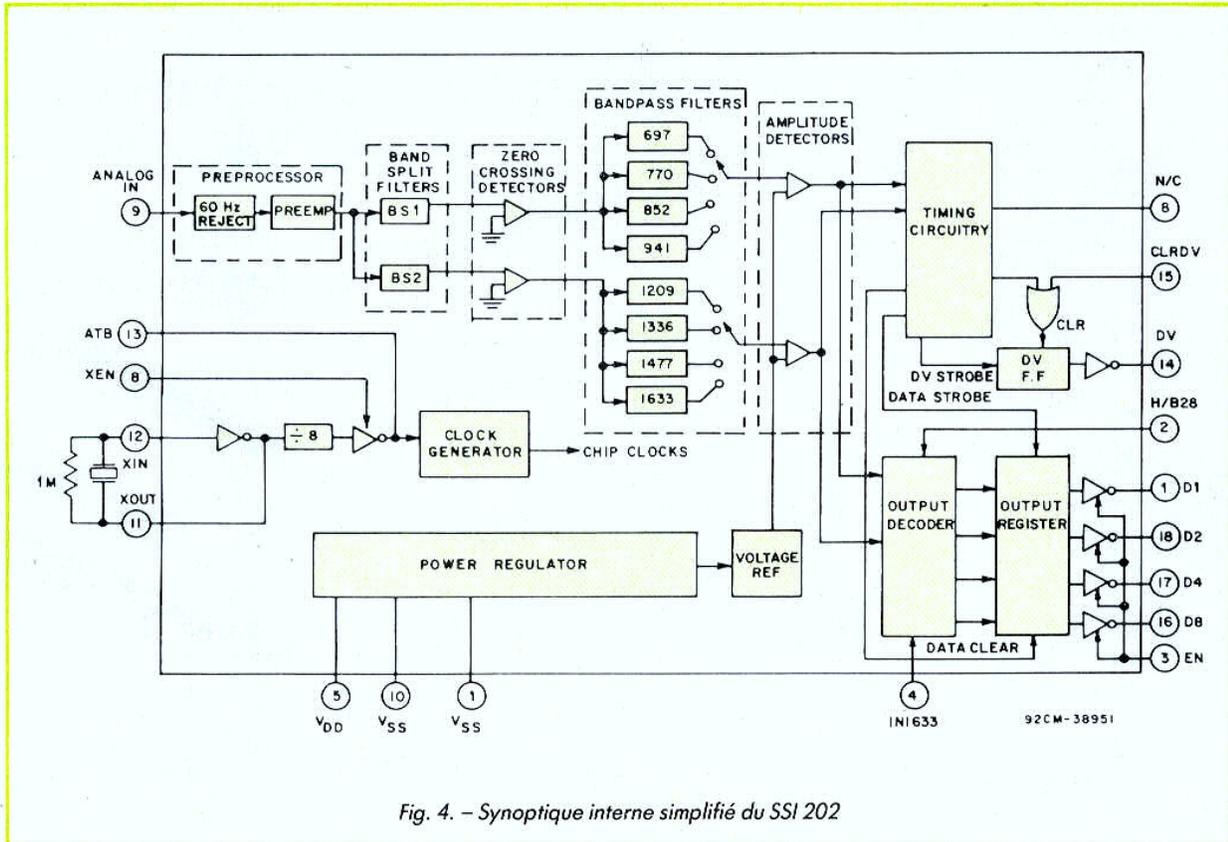


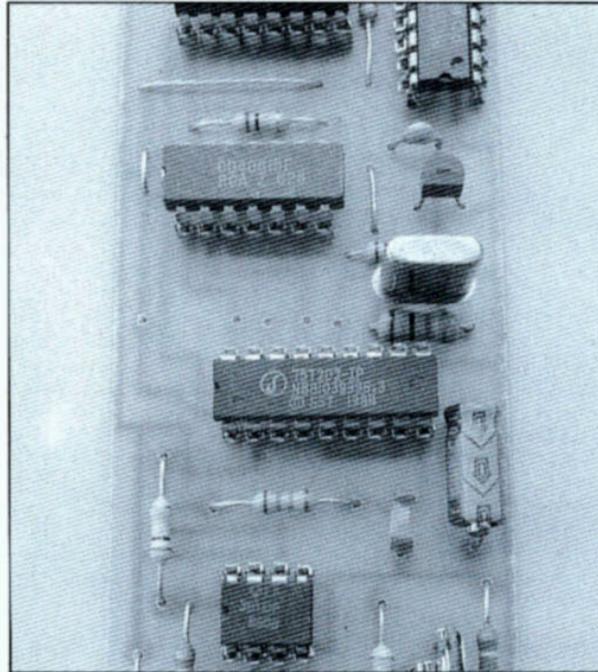
Fig. 4. - Synoptique interne simplifié du SSI 202

Pour réaliser un montage autonome affichant le numéro correspondant au code reconnu, il suffit de relier les lignes D, C, B et A à un décodeur BCD-7 segments suivi d'un afficheur. En fait, la réalité est un peu plus compliquée comme vous pouvez le voir, et cela pour deux raisons :

— La première est que IC₂ ne délivre pas le code 0000 pour le chiffre 0 mais le code 1010. C'est logique « téléphonique » parlant puisque le 0 est en fait le 10, mais cela nous gêne au niveau affichage puisqu'un décodeur BCD recevant 1010 n'affiche rien ou affiche A s'il décode aussi l'hexadécimal.

— La deuxième est que le code fourni sur D, C, B et A est fugitif et n'est présent que lorsque DV est à 1. Il faut donc le mémoriser pour avoir un affichage lisible assez longtemps.

Ces deux difficultés sont résolues de la façon suivante : IC₃ et T₁ se chargent de la conversion du code 1010 en code 0000 afin de permettre l'affichage correct du 0. Nous vous laissons le soin de dresser la table de vérité des portes ET utilisées et de vérifier que la circuiterie réalisée autour de IC₃ et T₁ ne modifie aucun des codes compris entre 1 et 9 et n'agit que sur le code du 0. Précisons à ce propos que T₁ n'est rien d'autre qu'un inverseur logique qu'il était moins coûteux et moins



Le cœur de notre montage : le SSI 202.

encombrant de réaliser de la sorte plutôt qu'en faisant appel à un boîtier spécialisé (qui aurait contenu 6 inverseurs dont 5 auraient été inutiles !). Pour ce qui est de la mémorisation des chiffres, nous avons tout simplement utilisé un décodeur BCD-7 segments muni d'un latch, c'est-à-dire d'une mémoire interne. Cette mémoire est activée par l'en-

trée LE qui, lorsqu'elle passe au niveau 0, charge la mémoire avec les données présentes sur D, C, B et A et qui, lorsqu'elle est à 1, interdit toute modification des valeurs ainsi chargées. Cette entrée LE est commandée par la sortie Q barre du monostable IC₅, lui-même déclenché par le front montant de la sortie DV de IC₂.

Un afficheur-7 segments classique placé en sortie de IC₄ permet donc de visualiser les divers chiffres décodés par le montage. Le temps de visualisation dépend de la vitesse de composition des numéros. Si c'est un opérateur manuel qui compose, il n'y a pas de problème car les claviers téléphoniques ne permettent pas de jouer les virtuoses de la frappe. Si, en revanche, vous décodez les signaux générés par un composeur automatique, il faut avoir l'œil ou faire appel à l'interface pour un micro-ordinateur de notre montage.

Dernière précision ; compte tenu du principe de mémorisation utilisé, le dernier chiffre décodé reste présent sur l'afficheur jusqu'à l'arrêt du montage ou jusqu'à une nouvelle séquence de décodage.

Aucune alimentation n'est prévue sur notre schéma ; en effet notre montage s'alimente sous une tension continue de 5 V débitant au minimum une centaine de mA dont la provenance peut être quelconque. Nous avons déjà publié de nombreuses fois de tels schémas pour qu'il ne soit pas utile d'y revenir à nouveau.

LA REALISATION

L'approvisionnement des composants ne présente pas de difficulté majeure car les circuits utilisés sont classiques. Seul le SSI 202 peut vous donner du fil à retordre. Si tel est le cas, sachez qu'il y en a chez Magnétic France, 11, place de la Nation, 75011 Paris. Une dernière remarque concerne C₁ et C₂ ; veillez à bien choisir des modèles de 400 V de tension de service car ce sont eux et eux seuls qui assurent l'isolement de votre montage vis-à-vis de la ligne téléphonique. Un circuit imprimé au tracé très simple regroupe l'ensemble des composants, afficheur compris. Son dessin vous est présenté figure 6 et peut être réalisé par toute méthode à votre convenance. La mise en place des composants est à faire en suivant

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Semi-conducteurs

IC₁ : LF 351
 IC₂ : SSI 202 ou 75 T 202 ou CD 22202
 IC₃ : 4081 CMOS
 IC₄ : 4511 CMOS
 IC₅ : 4528 ou 4538 CMOS
 AF₁ : MAN 74 ou équivalent (afficheur LED 7 segments de 0,3" à cathode commune)
 T₁ : BC107, 108, 109, 182, 183, 184, 547, 548, 549
 D₁, D₂ : 1N914 ou 1N4148

Résistances 1/2 ou 1/4 W 5 %

R₁, R₂ : 220 kΩ
 R₃, R₄, R₆ : 56 kΩ
 R₅ : 22 kΩ
 R₇ : 100 kΩ
 R₈ : 8,2 kΩ
 R₉ : 10 MΩ
 R₁₀ : 4,7 kΩ
 R₁₁, R₁₂, R₁₃, R₁₄,
 R₁₅, R₁₆,
 R₁₇ : 330 Ω
 R₁₈, R₁₉ : 10 kΩ

Condensateurs

C₁, C₂ : 2,2 nF mylar 400 V
 C₃, C₄ : 10 μF 10 V
 C₅ : 10 nF céramique ou mylar
 C₆ : 22 nF céramique
 C₇ : 470 pF céramique

Divers

P₁ : ajustable pour CI 47 kΩ
 QZ : quartz 3,579 MHz
 Supports : 1 × 8 pattes, 1 × 14 pattes, 2 × 16 pattes, 1 × 18 pattes

R E A L I S A T I O N
ELECTRONIQUE

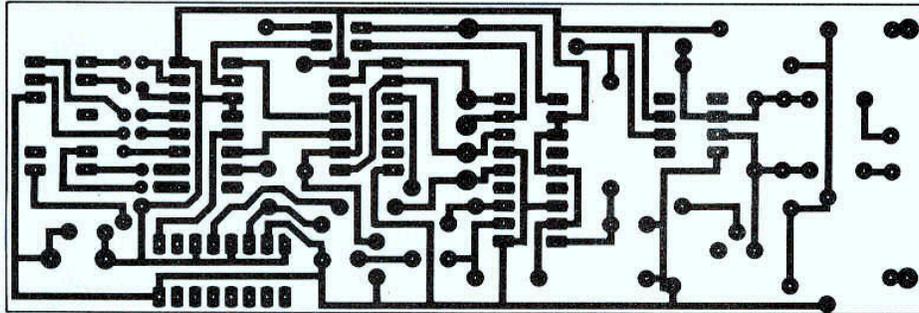


Fig. 6. - Circuit imprimé vu côté cuivre, échelle 1.

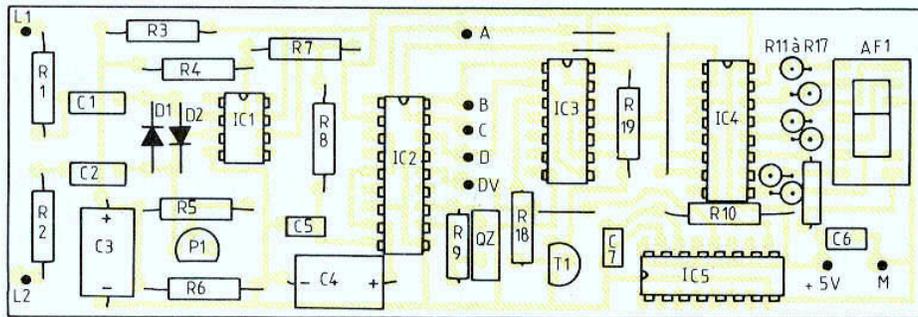
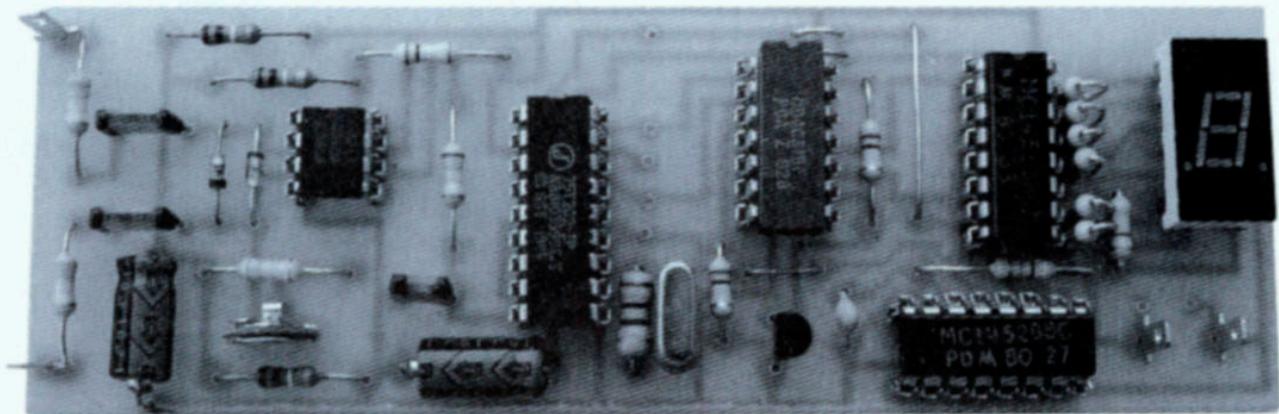


Fig. 7. - Implantation des composants.



Un circuit imprimé aéré, à la portée de tous.

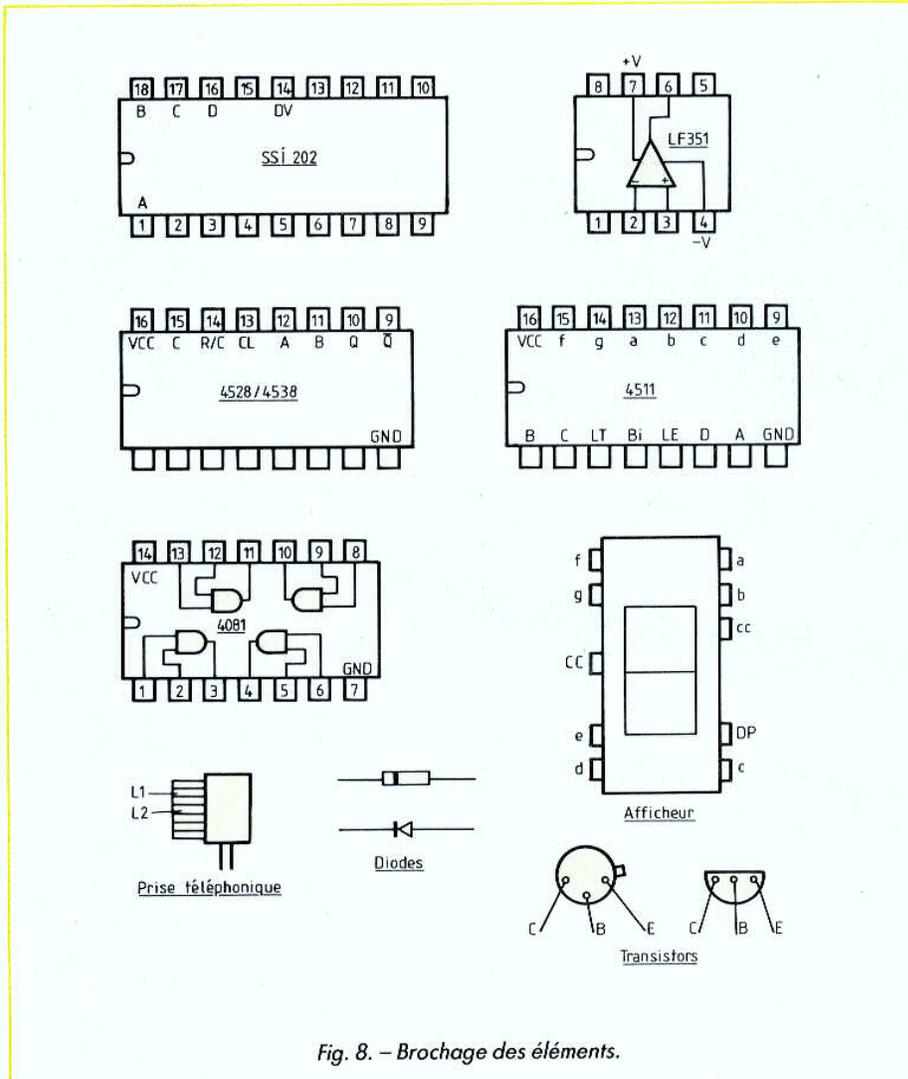


Fig. 8. - Brochage des éléments.

l'ordre habituel et en respectant les indications du plan d'implantation de la figure 7. Les supports de circuits intégrés sont facultatifs et la décision d'utilisation n'est liée qu'à vos talents de soudeur... Attention aux résistances de 330 Ω de liaison avec les afficheurs. Elles sont montées verticalement afin de ne pas trop allonger le dessin du circuit imprimé. Vérifiez soigneusement votre travail avant de passer aux essais car IC₂ n'apprécie pas tellement les erreurs de câblage.

LES ESSAIS

Avant toute autre chose, reliez le montage à une alimentation 5 V en respectant bien les polarités. L'afficheur doit s'allumer et indiquer un chiffre quelconque. Si vous disposez d'un oscilloscope ou d'un voltmètre électronique alternatif sensible, connectez-le en sortie de IC₁. Reliez les points L₁ et L₂ ensemble à un même morceau de fil d'une dizaine de centimètres que vous laisserez traîner sur votre table de travail, de préférence près d'un

transformateur sous tension ou d'un cordon secteur. Une tension alternative doit être visible en sortie de IC₁. Ajustez alors P₁ pour minimiser son amplitude. Votre montage est réglé. Vous pouvez enlever la liaison L₁-L₂ et faire le raccordement à la ligne téléphonique. Si vous n'avez aucun des deux appareils évoqués, placez le curseur de P₁ à mi-course et reliez le montage à la ligne téléphonique. Utilisez votre propre téléphone (qui doit évidemment être un modèle DTMF) pour essayer le mon-

tage. Si le décodage n'est pas fiable ou ne se fait pas du tout, ajustez P₁ jusqu'à déterminer la plage de fonctionnement correcte. Placez ensuite le curseur de P₁ au centre de cette plage.

Si votre montage a été réglé avec les appareils de mesure, son fonctionnement sur la ligne téléphonique doit être immédiat.

Si vous êtes curieux, amusez-vous à parler dans votre combiné tout en appuyant sur les touches ; vous pourrez alors apprécier l'efficacité remarquable du SSI 202 qui extrait sans problème les codes DTMF du « bruit » que vous produisez. Même en présence de tonalités d'appel ou d'occupation, pourtant de niveau très fort, il arrive à décoder sans difficulté.

CONCLUSION

Même si ce montage ne présente pas pour vous un intérêt immédiat, nous espérons que sa description vous aura permis de faire connaissance avec les principes de numérotation DTMF et avec un des standards en matière de décodeur : le SSI 202.

Si, en revanche, vous le réalisez et que vous ayez de l'imagination, ce montage ouvre la porte à une foule d'applications telles que télécommande codée, téléalarme, etc. Il suffit d'utiliser à bon escient les sorties à destination d'un micro-ordinateur, suivies d'une logique appropriée.

C. TAVERNIER

LE PACKET-RADIO

DEFINITIONS

Tout comme la RTTY était déjà une évolution perfectionnée de l'ancêtre télégraphie, le packet-radio est de la RTTY moderne, améliorée et performante. La dénomination « packet » est liée au procédé d'émission, chaque transmission étant un **paquet** de données ; ces dernières sont faites des indicatifs de la station émettrice, de la station réceptrice et éventuellement de chaque station intermédiaire. Ces données comportent évidemment aussi le message proprement dit, ainsi que quelques codages informatiques de commande ou de contrôle (qui n'apparaissent pas sur l'écran-vidéo).

Une telle installation comporte essentiellement un micro-ordinateur ou tout autre « terminal » (clavier + écran vidéo) avec entrée/sortie RS 232C, une « boîte noire » interface packet appelée TNC (Terminal Node Controller) et bien entendu un transceiver (UHF, VHF, ou décimétrique, selon le cas), le TNC étant connecté entre le terminal et le transceiver. Le cas échéant, on peut prévoir aussi une imprimante si l'on désire conserver des traces écrites des liaisons et des messages.

La majorité du trafic packet s'écoule actuellement en bandes décimétriques sur 14,103 MHz (LSB) et en VHF sur 144,675 MHz (FM). Mais d'autres fréquences sont néanmoins prévues sur les différentes bandes, à savoir : 432,675 MHz, 28,303 MHz, 21,153 MHz, 7,053 MHz et 3,603 MHz.

Donnons maintenant quelques définitions de termes ou d'abréviations fréquemment rencontrés dans ce mode de trafic.

ACK : C'est l'abréviation de « acknowledgment », c'est-à-dire reconnaissance d'exactitude ou accusé de ré-

ception. Cet accord est transmis par le destinataire à l'expéditeur, lequel sait alors que son packet est arrivé correctement. En fait, l'expéditeur transmet un packet (ou plusieurs fois de suite ce paquet) tant qu'il ne reçoit pas l'ACK du destinataire. Inversement, NACK correspond à un refus.

CONNECT/DISCONNECT : Ce sont les deux commandes qui permettent d'établir ou de terminer la liaison entre stations.

DIGIPEATER : Il s'agit d'un récepteur, d'un relais, pour les signaux digitaux utilisés dans le trafic packet ; il a le même rôle, la même raison d'être que les nombreux relais FM exploités en VHF et UHF, mais le fonctionnement en est très différent ! Un digipeater ne reçoit pas et n'émet pas simultanément sur deux fréquences décalées (shift de 600 kHz ou 1 MHz) ; il fonctionne en **simplex** (fréquence unique). Pour cela, il stocke en mémoire le packet reçu, et dès qu'il y a un « blanc » sur la fréquence en question, il réémet ce qu'il a stocké. De cela il découle que toute installation packet de radioamateur peut servir de relais, de digipeater...

PATH : C'est le chemin ou « routing » à suivre pour un packet via un ou plusieurs digipeaters. Cela peut être déterminé à l'avance, mais si l'on exagère dans ce domaine, on risque d'attendre l'ACK assez longtemps...

PBBS : Cela signifie « Packet Bulletin Board System » qui peut être traduit par boîte aux lettres accessible par le mode packet, boîte où l'on peut laisser des messages, des fichiers de texte, etc. susceptibles d'être retirés par d'autres OM.

MR (ou MONRPT) : Lorsque cette fonction est hors service (OFF), l'écran n'indique que les indicatifs de l'émetteur (expéditeur) et du récepteur

(destinataire). En revanche, lorsque le dispositif est en service (ON), on peut lire sur l'écran les indicatifs rencontrés sur tout le parcours (Path) du packet.

FRACK : C'est l'abréviation de « Frame Acknowledge », paramètre qui indique au TNC le temps qu'il doit attendre en vue de la réception d'un ACK avant de tenter un nouvel envoi, une nouvelle transmission (RETRY).

Il existe également d'autres paramètres qu'il faut connaître ou dont il faut tenir compte :

DWAIT indique le **temps** de fréquence libre avant que le TNC envoie un packet.

PACLEN qui détermine la grandeur de chaque packet (entre 1 et 255 bytes) ; à ce propos, si l'on arrive à la fin du message avant d'atteindre la valeur maximale de PACLEN, il suffit d'appuyer sur RETURN et le message sera transmis.

MAXFRAME détermine combien et à quelle vitesse les données seront transmises ; en fait, ce paramètre fonctionne conjointement avec PACLEN et définit le nombre maximal de packets que le TNC peut transmettre avant de recevoir un ACK.

TXDELAY doit tenir compte du temps de commutation « émission-réception » du transceiver.

RETRY (dont nous avons déjà parlé) et dont la valeur peut se situer entre 1 et 10 – voire 15 – qui détermine le nombre de fois où le TNC transmet le même packet... tant qu'il n'a pas reçu un ACK ; lorsque la valeur maximale est atteinte, la station est déconnectée ; plus la fréquence est encombrée, plus il est sage de faire cette valeur élevée.

De toute façon, pour tous ces paramètres, il est conseillé de se reporter attentivement à la notice technique d'emploi accompagnant le TNC acquis.

CONSIDERATIONS GENERALES

Du fait même du fonctionnement d'un réseau packet-radio, il n'y a pas d'interférence... mais parfois des attentes !

Lorsqu'on est en liaison avec une station, le TNC ne reconnaît et ne transcrit que les packets qui nous concernent ; on pourra **entendre** d'autres packets, d'autres « giclées » (nous préférons le terme « burst » !), mais rien ne sera **affiché** sur l'écran. Seuls ceux qui nous intéressent seront transcrits. Un packet n'est qu'un « burst » de quelques fractions de seconde et trouve aisément sa place entre les bursts des autres stations ; en conséquence, une seule fréquence permet l'écoulement de plusieurs liaisons simultanées. A ce propos, et toujours du fait même du principe de fonctionnement du packet-radio, il n'y a vraiment aucun intérêt (bien au contraire !) de prévoir plusieurs fréquences « packet » dans une même bande.

Le TNC ne prend pas en compte les messages transmis de façon incorrecte (contrôle par le « checksum » de l'ordinateur). Avec un packet mal reçu, le checksum est faux, le TNC refoule le message et transmet un NACK.

Naturellement, si le trafic est très dense, important et encombré, il faut parfois savoir attendre plusieurs minutes avant de recevoir un ACK ; le TNC enverra alors toujours le même message tant qu'il n'aura pas reçu cet accusé de réception ou qu'il n'aura pas atteint le paramètre maximal des répétitions (Retry).

Il nous faut parler aussi de l'éventuelle collision de packets. Si deux packets sont transmis au même instant, ils

LE JOURNAL

DES O.M.

deviennent l'un et l'autre indécodables ; plusieurs répétitions (Retry) sont alors souvent nécessaires pour que l'un des packets soit pris en compte, décodé, et... laisse la place à l'autre !

Avant d'être radioamateur, il a toujours été recommandé, de tout temps, de faire beaucoup d'écoute, de suivre attentivement les QSO des autres, etc. En packet-radio, il en est de même ; il ne faut pas se lancer les yeux fermés, sans apprentissage, dans ce nouveau mode de trafic radio. C'est fou ce que l'on peut apprendre en suivant le trafic des autres (soit stations individuelles, soit Digipeater ou PBBS).

Avant de démarrer en émission, ne pas oublier d'introduire son indicatif complet et correct dans le TNC par la

commande MYCALL, ainsi que tous les paramètres dont il a été question précédemment (se reporter à la notice d'emploi du TNC). Cette notice d'emploi (se rapportant au TNC utilisé) indique d'ailleurs les diverses fonctions des différentes commandes, les divers modes et les diverses possibilités de l'appareil ; il faut lire et relire tout cela avec attention. Le dire dans un article consacré à des généralités peut paraître idiot... Pas du tout ! Nous connaissons beaucoup d'OM venant d'acquérir un nouvel appareil et dont le premier travail est de le mettre sous tension, de tripoter tous les boutons, etc. On lit le manuel technique après !

Trafiquer en mode packet est totalement différent des autres modes du monde radioamateur. Par exemple, vous

êtes en réception... il n'y a pas d'inverseur pour passer en émission. Vous tapez pour préparer un appel, un message, et vous arrivez à la valeur déterminée du PACLEN ; automatiquement vous passez en émission et le packet est transmis. Manuellement, on peut commuter en émission en frappant un RETURN (ou CR ou ENTER selon le clavier). Dans tous les cas, l'installation revient immédiatement en réception après transmission du packet.

Parallèlement, l'installation peut brusquement se trouver en émission, tout à fait normalement, sans aucun affichage vidéo ; il peut alors s'agir soit de la répétition (Retry) d'un packet resté sans accusé de réception (ACK), soit d'un ACK ou d'un NACK en réponse d'un paquet reçu, soit enfin de

l'indication comme quoi d'autres stations utilisent ladite installation comme un digipeater.

Il peut arriver aussi que des bursts soient parfaitement reçus, et pourtant rien ne s'affiche sur l'écran vidéo ; il suffit alors généralement de diminuer le gain « audio ». En effet, le volume doit être réglé à un niveau tout juste suffisant pour obtenir l'éclairage de la diode lumineuse marquée RCV (ou DCD) du TNC. Un gain trop important provoque des déformations des signaux, d'où message indécodable.

Nous en resterons là, car enfin l'apprentissage fera le reste... Parodiant un célèbre proverbe, disons que c'est en « packetant » que l'on devient un bon « packeteur » !

Roger A. RAFFIN
F3 AV

TRANSMISSION DE 12 CANAUX PAR LE SATELLITE ASTRA PROGRAMMES MULTILINGUES

Deux satellites de télédiffusion directe sont maintenant en position pour arroser toute l'Europe occidentale. Après la réussite du lancement de TDF-1 fonctionnant en D2-MAC, c'était au tour d'Astra 1A de montrer des images codées en PAL. Le satellite Astra appartient à la Société Européenne de Satellites (E.S.A.), basée au Luxembourg. Fabriqué aux U.S.A. par GE Astro Space Div., sa masse en orbite est de 1 048 kg et son positionnement se trouve à 10° Est en longitude. Chaque canal a une puissance de 45 W dans la bande Ku de 26 MHz.

L'emploi du codage PAL permet de recevoir ce satellite sans décodeur avec un récepteur PAL/SECAM.

La puissance du satellite Astra est cinq fois plus faible que celle du satellite TDF-1 mais le nombre de canaux est trois fois plus élevé. Pour obtenir une bonne image, l'emploi d'une antenne parabolique de réception de 70 cm de diamètre est recommandé dans les régions à champ faible. C'est le cas dans le Midi de la France.

La définition verticale de l'image est celle de 625 lignes. L'emploi d'un récepteur SECAM/PAL à définition améliorée avec balayage non entrelacé et 625 lignes par trame de 1/50 de seconde augmente la qualité de l'image, qui atteint 180 000 points.

Les conditions de réception actuelles du satellite Astra sont favorables, comparées à

celles du satellite TDF-1, étant donné que son codage en PAL exclut l'emploi d'un décodeur.

DIFFUSION DES PROGRAMMES STEREO ET MULTILINGUES

Des calculs et des essais ont montré que tout battement entre les sous-porteuses son et la sous-porteuse couleur est beaucoup moins gênant si la fréquence de battement est un multiple impair de la demi-fréquence de ligne. Dans le cas d'une sous-porteuse son 5,5 MHz et d'une sous-porteuse couleur 4,43 MHz (PAL), la fréquence du battement se produit à 5,5 - 4,43 = 1,07 MHz. Cette fréquence

correspond à l'harmonique impair 137 de la demi-fréquence de ligne du fait que :

$$\frac{1,07 \times 2 \cdot 10^6}{15\,625} = 137$$

La deuxième sous-porteuse 5,7 MHz destinée au son produit un battement 5,7 - 4,43 = 1,27 MHz. Ce battement n'est pas gênant non plus du fait que sa fréquence coïncide avec l'harmonique impair 163 de la demi-fréquence de ligne :

$$\frac{1,27 \times 2 \cdot 10^6}{15\,625} = 163$$

Ces deux sous-porteuses sont modulées en fréquence. Soit A le signal stéréo de la voie gauche et B celui de la voie droite. En stéréo, la sous-porteuse 5,5 MHz est modulée par la somme A + B, et la sous-porteuse 5,7 MHz par 2 x B. A la sortie du décodeur, on obtient deux signaux qui sont 2 x A et 2 x B comme le montrera le schéma qui va suivre du décodeur.

L'EMETTEUR DE LA STATION TERRESTRE

En émission, le multiplexeur M₁ reçoit le signal composite vidéo en modulation négative donc inversée (PAL) et les deux sous-porteuses 5,5 MHz et 5,7 MHz modulées en fréquence avec A + B pour l'oscillateur 5,5 MHz et 2 x B pour l'oscillateur 5,7 MHz. La figure 1 montre le schéma de

principe du multiplexage. Le signal composite en sortie du multiplexeur M₁ module en fréquence un oscillateur dans la bande de base autour de 1,2 GHz. Ce système de modulation existe pour les 12 canaux de la bande 1,2 GHz. Les 12 modulateurs 1,2 GHz sont transmis vers le multiplexeur M₂ dont la sortie est reliée à l'entrée de la tête SHF où s'effectue la conversion, le filtrage et l'amplification des signaux des 12 canaux dans la bande des 12 GHz. La puissance en sortie de la tête SHF arrose l'antenne parabolique de l'émetteur au sol. Le faisceau de l'antenne d'émission est dirigé vers l'antenne parabolique de réception du satellite. Celui-ci fonctionne en réémetteur après changement de fréquence des 12 canaux émis par l'émetteur au sol.

LE RECEPTEUR DE LA STATION TERRESTRE

Le schéma de principe du récepteur au sol est donné en figure 2. L'antenne parabolique reçoit le faisceau émis par le satellite contenant les 12 canaux de 26 MHz chacun et répartis dans la bande des 12 GHz. Après amplification et filtrage dans la tête SHF, les fréquences des canaux subissent des conversions SHF en UHF autour de 1,2 GHz.

Les fréquences indiquées dans les figures 1 et 2 sont données

I N I T I A T I O N

T.V. PAR SATELLITE

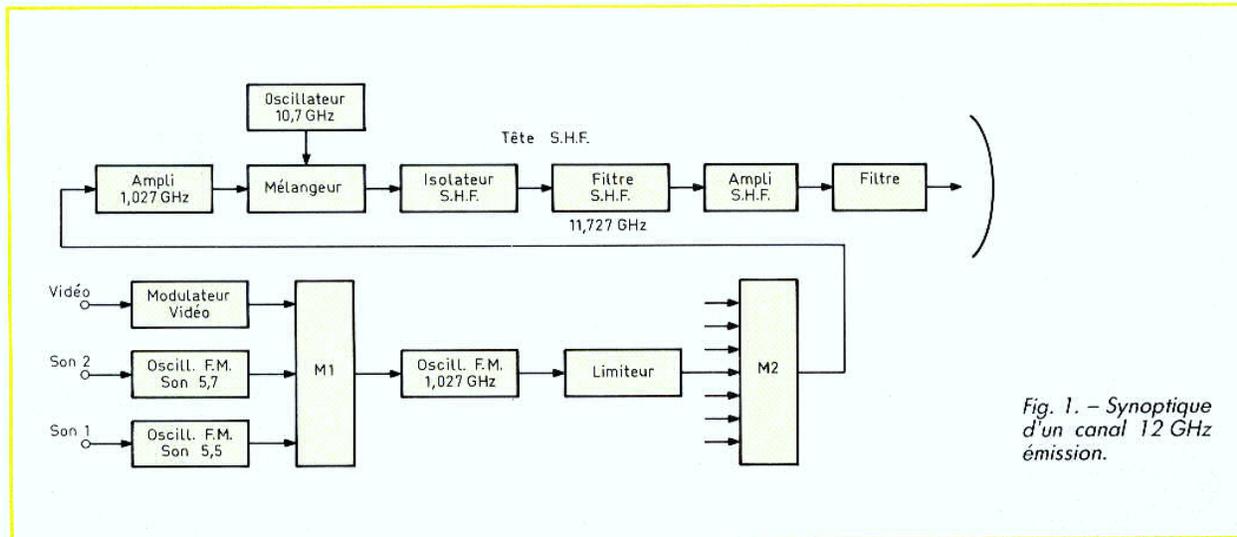


Fig. 1. - Synoptique d'un canal 12 GHz émission.

à titre d'exemple et ne concernent qu'un seul canal. Après amplification et filtrage de la bande UHF, on procède à un deuxième changement de fréquence qui se traduit par une fréquence intermédiaire 230 MHz. La sélection de chaque canal s'effectue à l'aide d'un oscillateur local dont la fréquence produit dans le mélangeur la F.I. de

230 MHz. Cette F.I. est amplifiée, filtrée, et ensuite limitée en amplitude. Elle contient les composantes du signal vidéo et des signaux de sous-porteuses modulées en fréquence par les différents sons. Tous ces signaux passent dans un discriminateur de fréquence centré à 230 MHz. Celui-ci délivre, après démodulation, le signal composite vidéo et

les signaux 5,5 MHz, 5,7 MHz... des sous-porteuses son. La démodulation des sous-porteuses exige l'emploi de deux ou plusieurs discriminateurs de fréquence dont les entrées sont connectées à la sortie du discriminateur principal 230 MHz. Après filtrage, on obtient le signal composite vidéo et les signaux stéréo ou multilingues.

LE DECODEUR STEREO

Soit A le signal audio du canal gauche et B le signal audio du canal droit. La figure 3 montre ces deux signaux, en supposant que celui du canal gauche (A) est plus fort que celui du canal droit (B). Dans la transmission actuelle du PAL, la sous-porteuse 5,5 MHz est

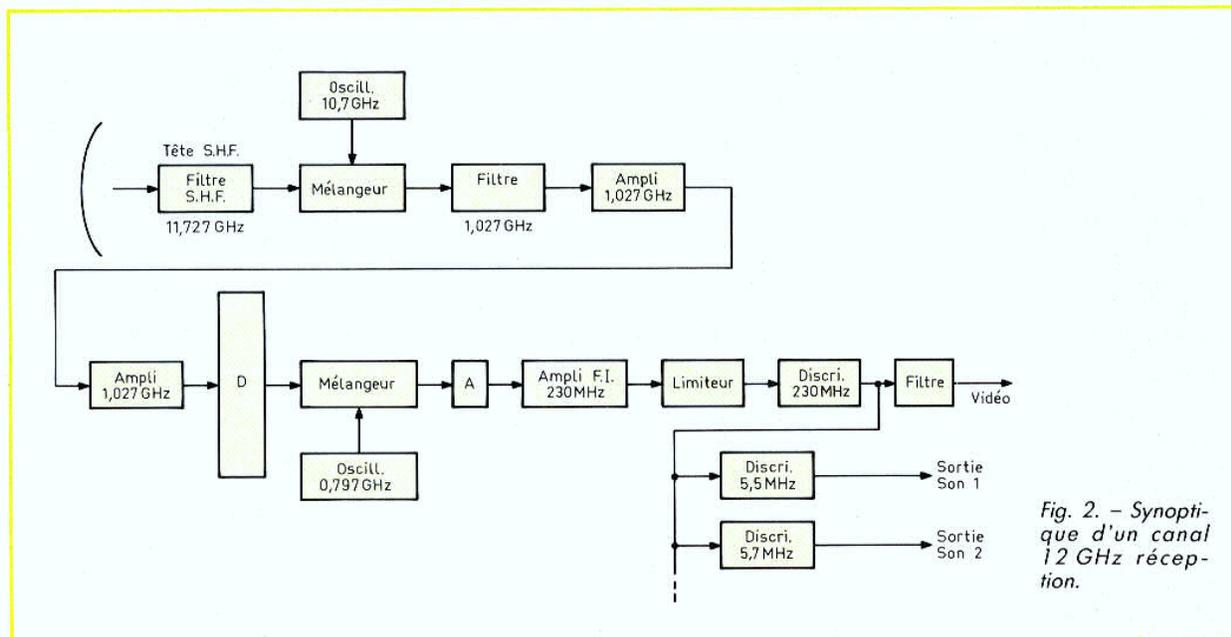


Fig. 2. - Synoptique d'un canal 12 GHz réception.

modulée par $A + B$ et la sous-porteuse 5,7 MHz par $2 \times B$. Le décodage consiste d'abord à produire $B - A$ par la soustraction $2B - (A + B)$. Ensuite, on inverse $B - A$, ce qui donne $-(B - A)$.

Et finalement, on additionne $(A + B) + (B - A)$, ce qui donne $2 \times B$, et on additionne $(A + B) + [-(B - A)]$, ce qui donne $2 \times A$. Ce procédé est illustré par les diagrammes de la figure 3. La séparation des signaux décodés A et B est supérieure à 45 dB.

PEUT-ON ARROSER TOUTE L'EUROPE OCCIDENTALE AVEC 45 W PAR CANAL ?

Le rapport des puissances entre les satellites TDF-1 et Astra est de l'ordre de 5, donc 7 dB. On peut recevoir en France TDF-1 avec une antenne parabolique individuelle de 40 cm dont le gain est de 33 dB et qui donne un rapport signal à bruit thermique de 12 dB pour 99 % du temps, pendant le mois le plus défavorable. Pour obtenir le même résultat dans la réception du satellite Astra, il faut employer dans les régions défavorisées, en France, une antenne parabolique de 40 dB correspondant à 75 cm de diamètre et, dans les pays à champ faible, une antenne de 150 cm.

CALCUL DE LA PUISSANCE RAYONNÉE ET DE LA PUISSANCE REÇUE

Chacun des 12 canaux du satellite Astra a une puissance de 45 W ou 16,5 dBW. En supposant que le gain de l'antenne est de 40 dB, la puissance rayonnée par le faisceau arrosant toute l'Europe

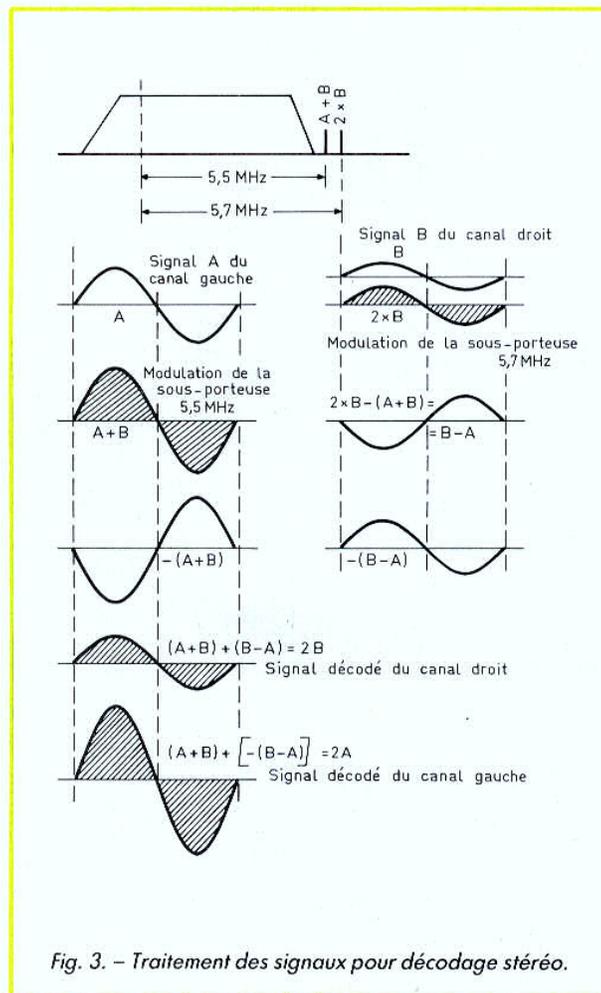


Fig. 3. - Traitement des signaux pour décodage stéréo.

occidentale s'élève à 16,5 + 40 = 56,5 dBW.

On peut calculer l'affaiblissement pendant le trajet de 36 000 km à l'aide de la formule : $A = 32,45 + 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log D \text{ (km)}$, ce qui donne : -205 dB. La puissance reçue à l'entrée de l'antenne parabolique du récepteur $P_R = 56,5 - 205 = -148,5 \text{ dBW}$. Si l'antenne de réception a un gain de 40 dB, la puissance délivrée par l'antenne : $P_A = -148,5 + 40 = -108,5 \text{ dBW}$.

La puissance thermique de l'antenne est donnée par : $P_t = k.B.T$. La largeur de bande du canal est de 26 MHz. Pour une température $T = 300 \text{ K}$ et une constante $k = 1,38$

$\times 10^{-23}$, on a : $P_t = 1,38 \times 10^{-23} \times 26 \times 10^6 \times 300 = 0,11 \times 10^{-12} \text{ (W)}$ = -126 dBW. La surface de captation de l'antenne parabolique de réception est donnée par :

$$S = \frac{G_R \times \lambda^2}{4 \times \pi}$$

$$G_R = 40 \text{ dB et } \frac{\lambda^2}{4 \times \pi} = -43 \text{ dB}$$

ce qui donne en décibels : $S = 40 - 43 = -3 \text{ dB} = 0,5 \text{ m}^2$

La puissance surfacique par mètre carré :

$$P_o = \frac{P_A}{S} = -108,5 + 3 = -105,3 \text{ dBW/m}^2$$

Le rapport signal à bruit thermique :

$$\frac{C}{N} = \frac{P_A}{P_t} = -108,5 + 126 = 17,5 \text{ dB}$$

Ce rapport n'est valable que dans un temps assez court pendant le mois le plus favorable et avec une antenne dont le gain est de 40 dB. Une antenne de 30 dB donne un rapport :

$$\frac{C}{N} = 12 \text{ dB}$$

Le satellite TDF-1 donne avec une antenne de 30 dB un rapport :

$$\frac{C}{N} = 14 \text{ dB}$$

pour 99 % du temps, pendant le mois le plus défavorable.

LA SÉLECTION DU CANAL CHOISI

Comme il est indiqué dans la figure 2, la réception est à double changement de fréquence. La première fréquence intermédiaire, centrée vers 1,2 GHz, a une largeur de bande de 400 MHz réservée aux 12 canaux.

La deuxième fréquence intermédiaire, centrée vers 230 MHz, a pour objet de transposer et de sélectionner le canal et le programme de télévision choisi.

La figure 4 montre le schéma de principe d'une installation avec une antenne collective. La sortie de la tête hyper-fréquence est reliée à la colonne de distribution constituée par un câble de 1,2 GHz ou par une colonne à fibre optique présentant beaucoup moins de pertes.

Le sélecteur de canal est alimenté par la colonne de distribution 1,2 GHz. La deuxième fréquence intermédiaire centrée vers 230 MHz correspond au canal choisi. La deuxième conversion s'effectue par un mélangeur et un oscillateur local qui produit après battement le canal choisi.

I N I T I A T I O N

T.V. PAR SATELLITE

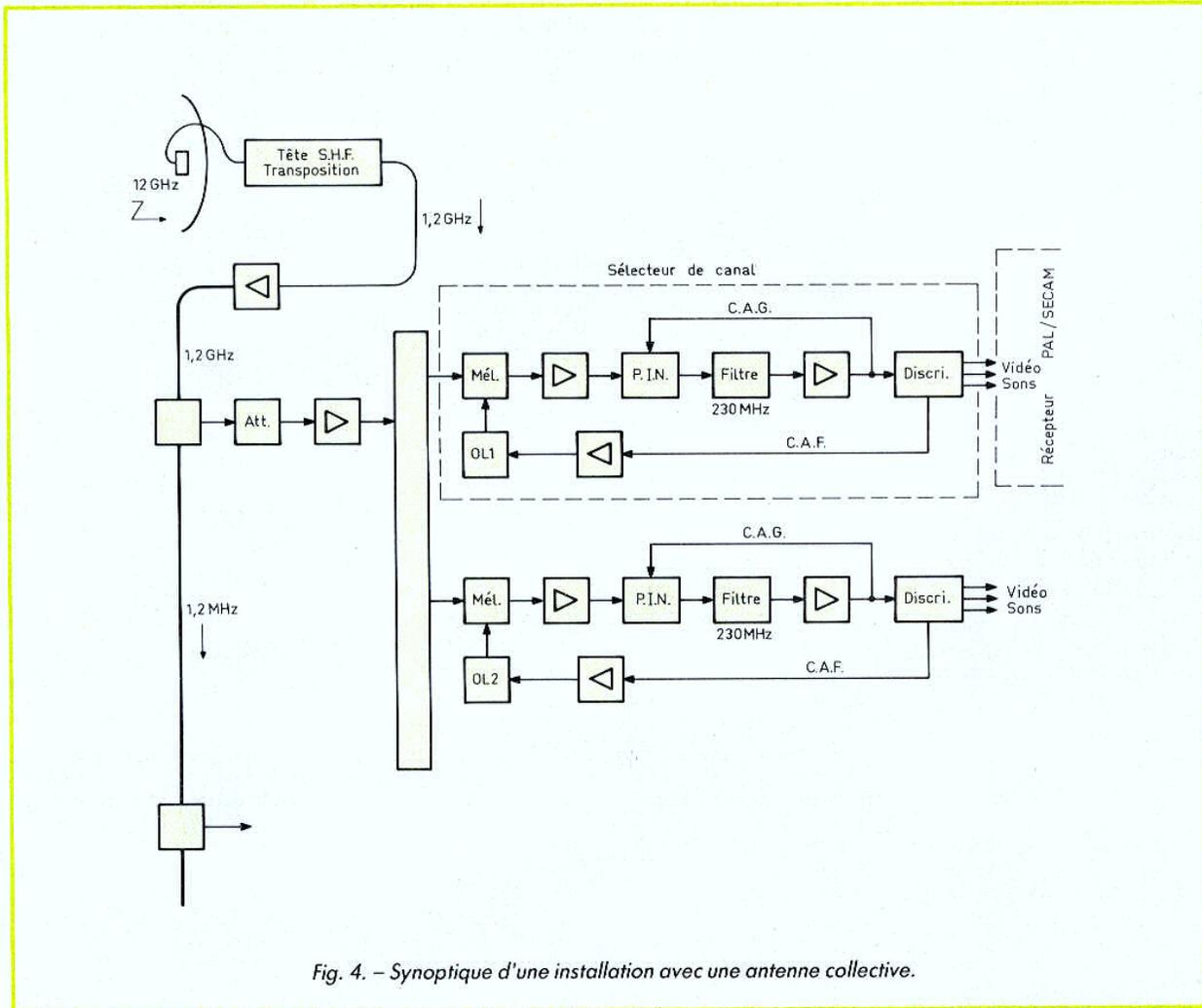


Fig. 4. - Synoptique d'une installation avec une antenne collective.

En raison des évanouissements profonds apparaissant aux fréquences supérieures à 10 GHz, il est nécessaire de prévoir une commande automatique de gain (C.A.G.) et une commande automatique de fréquence (C.A.F.). Après filtrage et amplification, le signal de la deuxième fréquence intermédiaire, modulé en fréquence par la vidéo et les sous-porteuses son, est démodulé par un premier discriminateur et ensuite par un ou plusieurs discriminateurs de sous-porteuses son. Après filtrage, on obtient le signal vidéo composite et les signaux audio monolingues, ou

multilingues, ou stéréo. Ces signaux sont conduits au récepteur SECAM/PAL. L'emploi de plusieurs sélecteurs (fig. 4) permet de recevoir plusieurs programmes simultanément avec plusieurs récepteurs.

LES PERSPECTIVES OFFERTES PAR ASTRA

Astra est un satellite d'exploitation immédiate, conçu pour le parc actuel de téléviseurs SECAM/PAL.

C'est donc la norme PAL qui a été choisie pour les programmes de télévision des 12 canaux. Nous supposons que le satellite Astra peut retransmettre des émissions de télévision quel qu'en soit le standard, comme c'est le cas pour TDF-1. Ce dernier retransmet la norme D2-MAC qui permet d'obtenir une meilleure qualité de signal, et donc d'images, grâce à une sensibilité réduite aux perturbations et, en particulier, aux variations de puissance. Mais cette norme exige l'emploi d'un décodeur qui n'existe pas dans l'immédiat. L'avantage des satellites sur

les liaisons hertziennes traditionnelles tient au fait qu'un seul satellite remplace des dizaines d'émetteurs et des centaines de réémetteurs au sol et qu'il diminue considérablement le nombre des zones d'ombre ; de plus, il est reçu uniformément sur toute la zone de balayage du faisceau avec une puissance par canal d'une cinquantaine de watts seulement. C'est la transmission par câble, qui reste, dans des immeubles, résidences et villes, le moyen idéal pour recevoir les émissions transmises par satellite.

R. ASCHEM

ALIMENTATION REGULEE 0-30 V 0-3 A

La mise au point de montages électroniques implique de disposer (au minimum) d'une alimentation dont les paramètres U_S et I_S peuvent être ajustés pour une application précise. Dans la plupart des cas, une variation de U_S comprise entre 0 et 30 V, pour une intensité I_S maximale de 3 A, convient. C'est dans cette optique que l'étude d'une alimentation régulée U et I de réalisation simple et présentant une grande fiabilité a été entreprise.

I - ETUDE DU SCHEMA (fig. 1)

a) Tension de référence

Elle est générée en utilisant un régulateur intégré type 723 (LM, μA) dont les caractéristiques ont été longuement décrites dans ce journal la tension aux bornes de C_7 est définie par le rapport des résistances R_3 et R_4 , elle est directement utilisée pour le compteur de régulation en tension.

Alimentées au travers de R_5 , les diodes Zener D_{Z1} et D_{Z2} définissent par rapport au + de U_S une tension symétrique de ± 10 V permettant d'alimenter les deux amplificateurs opérationnels A_1 et A_2 et de définir une tension de référence pour la régulation en courant.

b) Régulation en courant

L'amplificateur opérationnel A_2 compare la tension aux bornes de la résistance

A_2 est bloquée par D_4 ; dans le cas contraire :

$$\left(\frac{I_S}{2}\right) \times R_{24} > U_{ref}$$

la base de T_4 tend à devenir négative; le système étant bouclé, nous obtenons l'équilibre :

$$\frac{I_S}{2} \times R_{24} = U_{ref}$$

définissant ainsi une régulation en courant.

c) Régulation en tension

Conçue autour de l'amplificateur opérationnel A_1 , elle présente la particularité suivante :

Il est possible de définir et de modifier la courbe, angle de rotation de P U_S /variation de U_S permettant ainsi « d'éta-ler », le réglage de U_S sur une partie de la plage de variation 0 - U_S max.

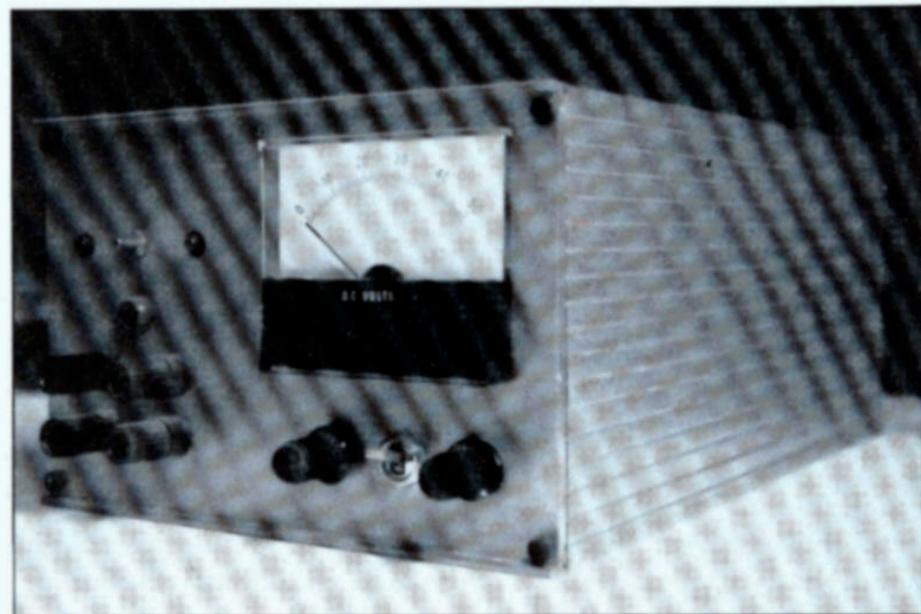
Sur la figure 2, nous pouvons voir le fonctionnement du comparateur de tension; nous avons :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{ref}}{V_S}$$

$$\rightarrow V_S = \frac{V_{ref} R_2}{R_1} \text{ (relation 1)}$$

Lorsqu'on fait varier R_1/R_2 , U_S s'ajuste en conséquence, la relation 1 reste toujours vraie.

Si l'on appelle R l'ensemble $R_1 + R_2$ et α la plage de rotation



R E A L I S A T I O N

ELECTRONIQUE

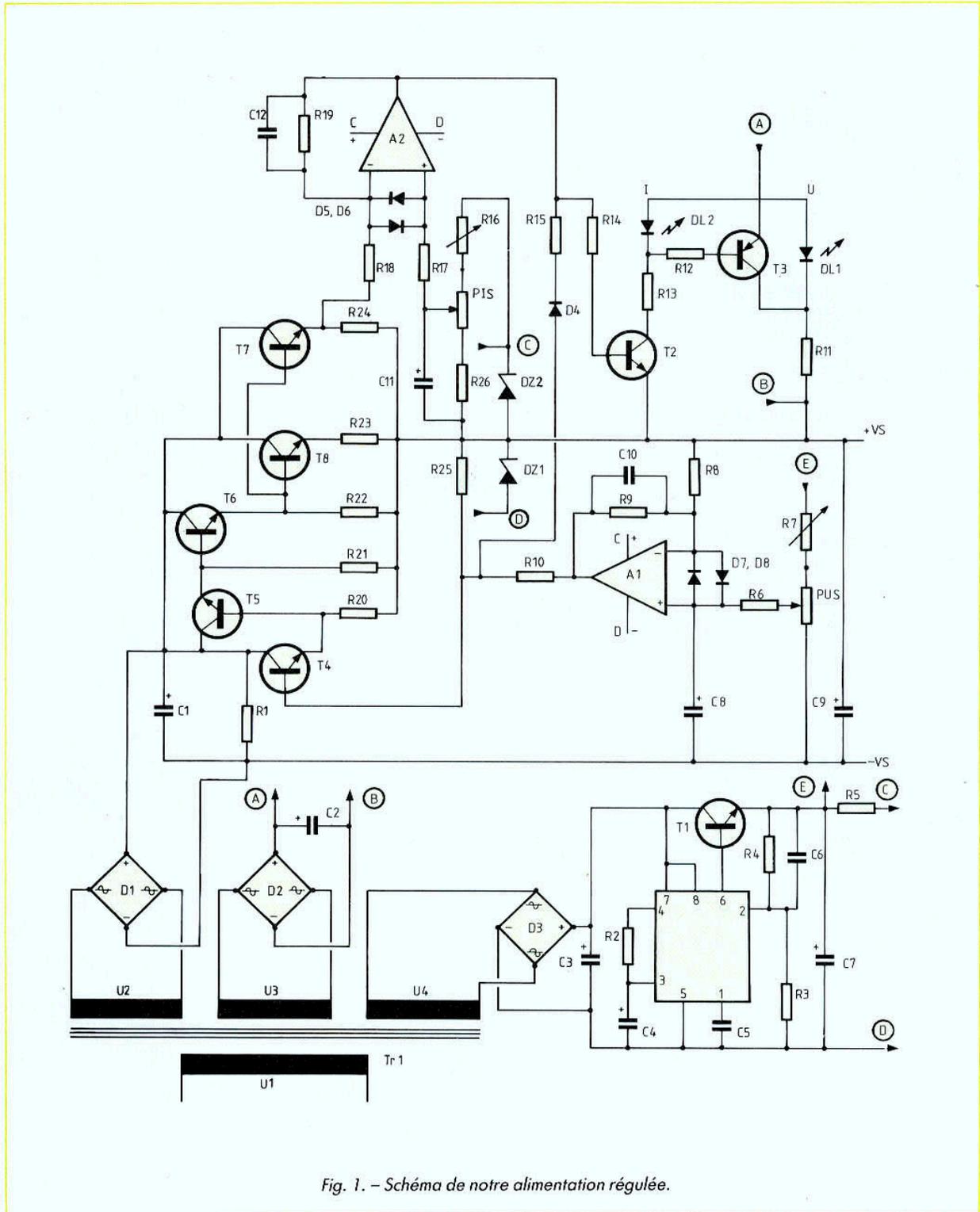


Fig. 1. - Schéma de notre alimentation régulée.

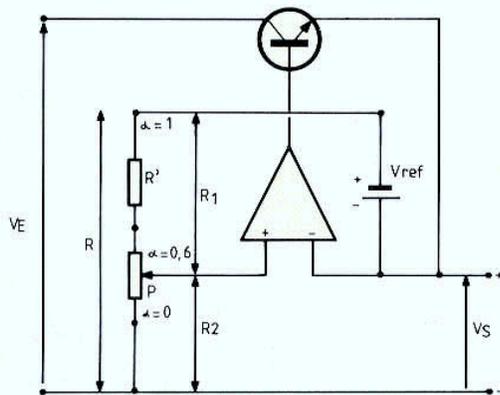


Fig. 2. - Comparateur de tensions.

(dans le cas où $P = R$), nous avons les relations :

$$0 < \alpha < 1$$

$$\alpha = 0 \rightarrow R_2 = 0 \text{ et } R_1 = R$$

$$R_1 = R(1 - \alpha) \text{ et } R_2 = R\alpha$$

Si nous reprenons la relation 1, nous pouvons écrire :

$$V_S = \frac{V_{ref} R_2}{R_1} = \frac{V_{ref} R \alpha}{R(1 - \alpha)}$$

$$= \frac{V_{ref} \alpha}{1 - \alpha}$$

La figure 3 (tracée par ordinateur) donne une famille de courbes permettant de voir l'étalement possible des tensions basses en fonction de V_{ref} pour un même $\Delta \alpha$, nous avons plusieurs valeurs de ΔV .

Le calcul de R' en série avec P U_S est également simple : soit U_S max, 30 V et $V_{ref} = 10$ V, nous voyons figure 3 α max $\approx 0,75$.

Nous avons $R = P + R'$

$$\text{Soit } P = 10 \text{ K} \rightarrow R = 13,3 \text{ K}$$

$$\rightarrow R' = 3,3 \text{ K}$$

Nous utiliserons une résistance ajustable de 10 k Ω (R_7).

Les potentiomètres P_U et P_I règlent respectivement la tension et le courant de sortie, les diodes LED indiquant dans quel mode de régulation on se trouve.

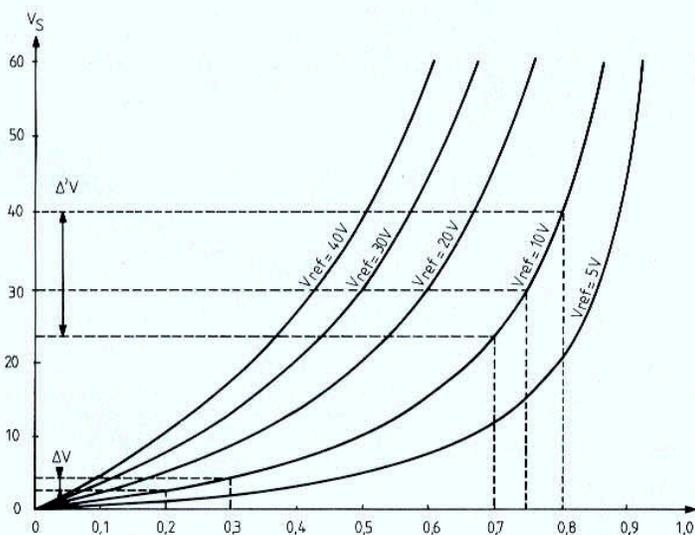


Fig. 3. - Tensions de sortie en fonction de V_{ref} et α .

LISTE DES COMPOSANTS

TR₁ :
 U₁ : 220 V
 U₂ : 30 V 5 A
 U₃ : 20 V à 25 V 100 mA
 U₄ : 25 V 200 mA

T₁, T₂ : 2N1711 ou 2N2219
 T₃ : 2N2904 ou 2N2905
 T₄ : 2N2222 ou 2N1711
 T₅ : 2N5190 ou équivalent
 T₆, T₇, T₈ : 2N3055

D₁ : pont redresseur 5 A
 D₂, D₃ : pont redresseur 500 mA
 D₄, D₅, D₆, D₇, D₈ : 1N4148 ou équivalent

D_{Z1}, D_{Z2} : 10 V
 DL₁ : LED verte
 DL₂ : LED rouge

C₁ : 10 000 μ F 60 V
 C₂, C₃ : 47 μ F 48 V
 C₄ : 10 μ F 16 V
 C₅ : 0,01 μ F
 C₆ : 0,1 μ F
 C₇, C₈ : 22 μ F 40 V
 C₉ : 470 μ F 60 V
 C₁₀ : 0,1 μ F
 C₁₁ : 22 μ F 10 V
 C₁₂ : 1 nF

R₁ : 10 k Ω 6 W
 R₂ : 560 Ω 1/4 W
 R₃ : 1 k Ω 1/4 W
 R₄ : 2,7 k Ω 1/4 W
 R₅ : 180 Ω 1/4 W
 R₆ : 1 k Ω 1/4 W
 R₇ : potentiom. 10 k Ω
 R₈ : 47 Ω 1/4 W
 R₉ : 220 k Ω 1/4 W
 R₁₀ : 3,9 k Ω 1/4 W
 R₁₁ : 2,2 k Ω 1/2 W
 R₁₂ : 15 k Ω 1/4 W
 R₁₃ : 2,2 k Ω 1/2 W
 R₁₄ : 2,2 k Ω 1/4 W
 R₁₅ : 3,9 k Ω 1/4 W
 R₁₆ : 22 k Ω (potentiom.)
 R₁₇, R₁₈ : 2,2 k Ω 1/4 W
 R₁₉ : 470 k Ω 1/4 W
 R₂₀ : 1,8 k Ω 1/4 W
 R₂₁ : 220 Ω 1/4 W
 R₂₂ : 47 Ω 1/2 W
 R₂₃, R₂₄ : 0,47 Ω 3 W
 R₂₅ : 15 k Ω 1/4 W
 R₂₆ : 0 à 47 Ω 1/4 W

P_U 10 k Ω monotour ou multitour, linéaire
 P_I 1 k Ω monotour ou multitour, linéaire

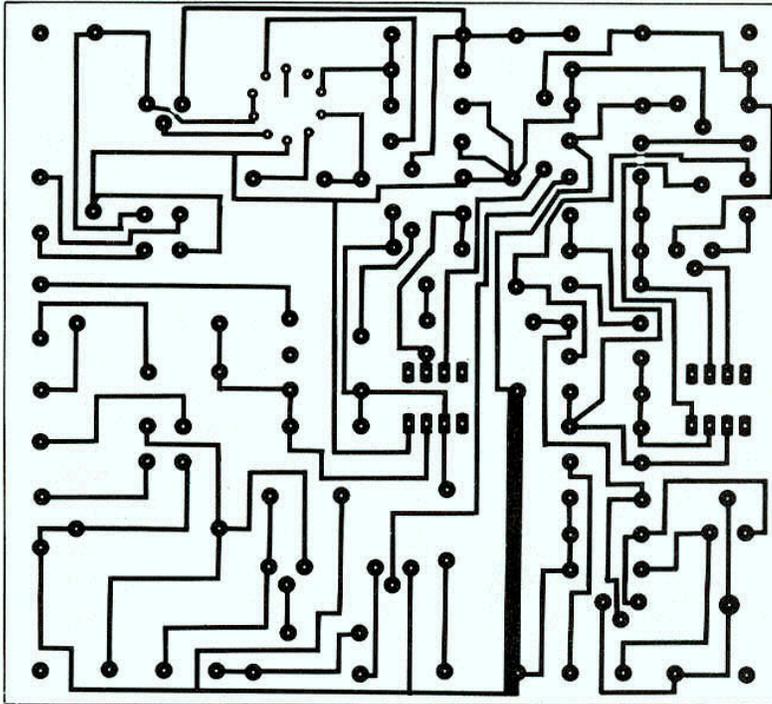
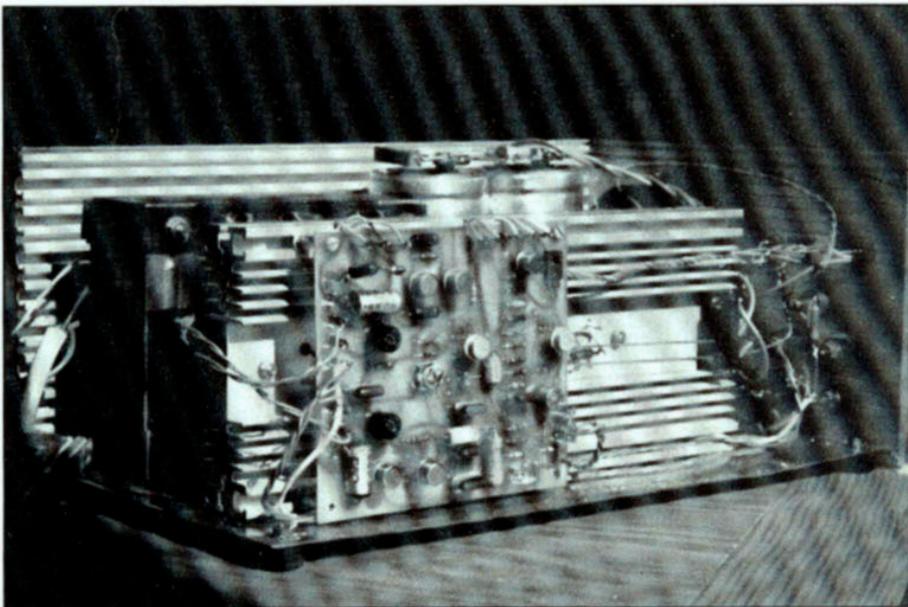


Fig. 4. - Le circuit imprimé vu côté cuivre à l'échelle 1.



L'alimentation une fois terminée.

II - REALISATION PRATIQUE

La figure 4 donne le dessin du circuit imprimé.

La figure 5 donne l'implantation des composants ; le condensateur C_0 est soudé directement sur les bornes de sortie et la résistance R_1 aux bornes de C_1 .

La figure 6 indique la manière de connecter un galvanomètre permettant par simple basculement d'un interrupteur à deux positions de lire les valeurs de U_S et de I_S . Les transistors ballast devront être montés sur un radiateur largement dimensionné la puissance dissipée maximum pouvant dépasser 100 W !

III - REGLAGES

Pratiquement la valeur des diodes Zener D_{Z1} et D_{Z2} ne peut être inférieure à 8 V pour alimenter correctement les amplificateurs opérationnels ; la tension V_{ref} , en fonction de l'étalement de U_S désiré, pourra donc varier entre 8 V et 30 V, les valeurs de R_3 , R_4 , R_5 ont été définies par $V_{ref} \approx 10$ V et devront être déterminées à nouveau pour une autre valeur de V_{ref} .

R_7 et R_{16} permettent d'ajuster respectivement U_S max et I_S max.

IV - CARACTERISTIQUES

Avec les valeurs indiquées (qui peuvent être modifiées pour des valeurs différentes de I_S max et U_S max), nous avons donc une plage de U_S comprise entre 0 et 30 V pour un courant compris entre 0 et 3 A. Une variation de la tension secteur de $\pm 10\%$ n'entraîne pas de variation de U_S (< 5 mV). La tension résiduelle de filtrage n'excède pas 5 mV dans les deux modes régulation*, enfin, pour $U_S = U_S$ max, une variation de I_S entre 0 et 3 A entraîne un $\Delta U_S < 5$ mV.

* < 2 mV en régulation U.

R E A L I S A T I O N

ELECTRONIQUE

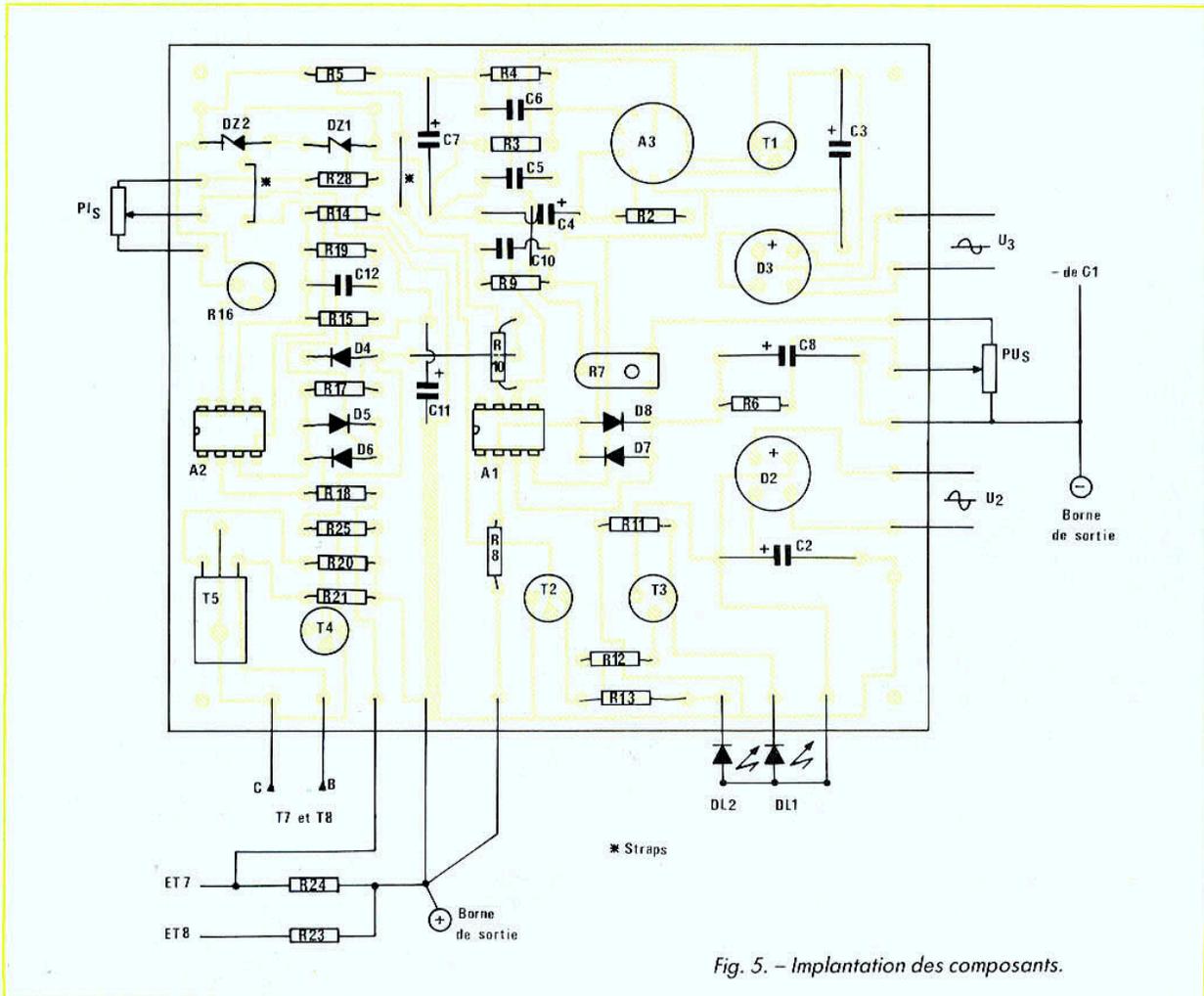


Fig. 5. - Implantation des composants.

V - CONCLUSION

Plusieurs années d'utilisation intensive d'un tel appareil ont montré sa fiabilité. Sa réalisation ne doit pas poser de problèmes particuliers (plusieurs exemplaires sont déjà en service). L'auteur espère ainsi répondre aux besoins des électroniciens qu'ils soient amateurs, (au sens noble du terme !) ou professionnels.

A. ROUSSEL
Ing. DPE

Fig. 6. - Branchement du galvanomètre.

G : galvanomètre gradué de 0 à 30 V permettant directement une lecture du courant 0-3 A.

Calcul de R et de R' :
Soit R_G la résistance interne du galvanomètre et I_G le courant pour une déviation maximale. Nous avons les relations :

$$R' = \frac{U_{S_{max}}}{I_G} - R_G$$

$$R = \frac{U_{max} R_{24}}{I_G} - R_G$$

