

# Lead

COURS N° 4 : L'ELECTRONIQUE

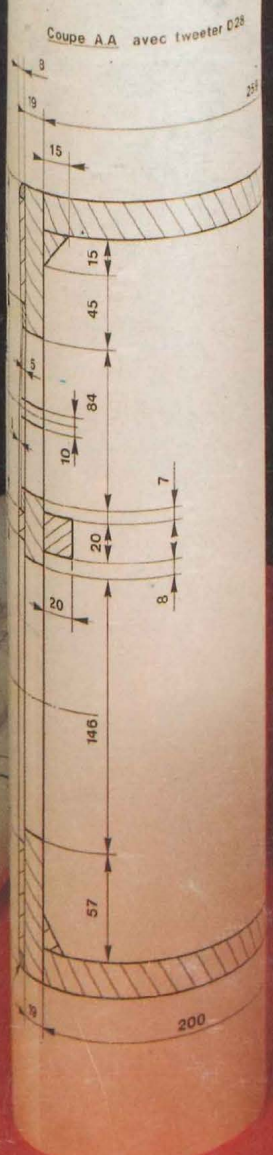
NUMERIQUE: LES BASCULES

FREQUENCEMETRE 1 Hz A 1,2 GHz

AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A

2 x 40 W<sub>eff</sub>/8Ω - 2 x 80 W<sub>eff</sub>/4Ω

ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA



**OFFRE  
EXCEPTIONNELLE  
D'ABONNEMENT  
150 F  
(VOIR PAGE 27)**



M 1226 - 114 - 28,00 F





# Led

Société éditrice :  
Editions Périodes  
Siège social :  
1, bd Ney, 75018 Paris

SARL au capital de 51 000 F  
Directeur de la publication :  
Bernard Duval

## LED

Mensuel : 28 F  
Commission paritaire : 64949  
Locataire-gérant des  
Editions Fréquences  
Tous droits de reproduction réservés  
textes et photos pour tous pays  
LED est une marque déposée  
ISSN 0753-7409

Services Rédaction-  
Abonnements :  
(1) 44.65.80.88 poste 7314  
1 bd Ney, 75018 Paris  
(Ouvert de 9 h à 12 h 30  
et de 13 h 30 à 18 h  
Vendredi : 17 h)

Directeur technique  
Réalisation-Fabrication  
Thierry Pasquier

Rédaction  
Ont collaboré à ce numéro :  
Georges Matoré,  
Francis Thobois,  
Bernard Duval,  
Gabriel Kossmann

Abonnements  
10 numéros par an  
France : 210 F  
Etranger : 290 F  
(voir encart au centre  
de la revue)

Petites annonces gratuites  
Les petites annonces sont  
publiées sous la responsabilité de  
l'annonceur et ne peuvent se  
référer qu'aux cas suivants :  
- offres et demandes d'emplois  
- offres, demandes et échanges  
de matériels uniquement  
d'occasion  
- offres de service

Composition  
Edi'Systèmes  
Photogravure  
Sociétés PRS/PSC - Paris  
Impression  
Berger-Levrault - Toul

## 4

### L'ELECTRONIQUE NUMERIQUE (COURS N° 4 : LES BASCULES)

Nous allons analyser le fonctionnement de ces curieux montages qui ne peuvent occuper que deux seuls états possibles, passant brutalement de l'un dans l'autre sans transition. Ces montages jouent en électronique numérique un très grand rôle, ils sont les piliers du comptage, du calcul électronique, faisons leur connaissance, démontons leur mécanisme.

## 18

### FREQUENCEMETRE 1 Hz A 1,2 GHz

Le fréquencemètre numérique est un appareil qu'il n'est plus guère nécessaire de présenter et dont l'utilité n'échappe à personne.

Notre appareil est facile à monter, simple, dépannable (puisqu'il ne fait pas appel à un circuit spécialisé tel le ICL7226), de prix de revient modéré tout en possédant de très bonnes performances :  
- HF : de 1 Hz à 10 MHz  
- UHF : de 4 MHz à plus de 1,2 GHz  
- Précision de l'ordre de  $5.10^{-5} \pm 1$  digit

## 26

### SERVICE FILMS POSITIFS

Pour vous aider dans la gravure de vos circuits imprimés, Technologie Step Circuits vous propose le film positif des implantations publiées dans ce n° 114 de Led.

## 26

### SERVICE CIRCUITS IMPRIMES

Ce service permet aux lecteurs de Led d'obtenir les circuits imprimés gravés, percés ou non.

Tous les circuits imprimés proposés dans nos précédents numéros sont toujours disponibles.

## 27

### OFFRE SPECIALE D'ABONNEMENT DE FIN D'ANNEE

Jusqu'au 10 janvier 94, l'abonnement à 150 F qui vous fait économiser 130 F sur l'achat de vos dix prochains numéros de Led. A ne pas manquer !

## 32

### AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A A ALIMENTATION SYMETRIQUE

Une grande première dans cette série de nos amplificateurs en pure classe A ! Des résultats d'écoute époustouflants. Un grave d'une puissance, d'une fermeté et d'une précision qui ne pourra que vous étonner comme nous l'avons été nous-mêmes à la Rédaction.

D'une puissance de  $2 \times 40$  Weff/8  $\Omega$  et  $2 \times 80$  Weff/4  $\Omega$ , il peut piloter toutes les enceintes, qu'elles soient de bonne mais également de mauvaise qualité !

## 42

### ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

Une enceinte qui va marquer cette fin d'année 93 ! Mise au point par trois professionnels de l'acoustique : M. Lesage, M. Gaertner (souvenez-vous de l'enceinte Appolito publiée dans les n°s 76-77), M. Kossmann, cette deux voies compacte du type bass-reflex de volume interne de 13 litres est une réussite totale, Euridia représente des centaines d'heures de travail, de mesures, de mises au point, de déceptions, de discussions, d'enthousiasmes.

### DROITS D'AUTEUR

Les circuits, dessins, procédés et techniques publiés par les auteurs dans Led sont et restent leur propriété. L'exploitation commerciale ou industrielle de tout ou partie de ceux-ci, la reproduction des circuits ou la formation de kits partiels ou complets, voire de produits montés, nécessitent leur accord écrit et sont soumis aux droits d'auteur. Les contrevenants s'exposent à des poursuites judiciaires avec dommages-intérêts.

## L'électronique numérique

Dans la suite de notre progression, nous allons maintenant analyser le fonctionnement de ces curieux montages qui ne peuvent occuper que deux (seuls) états possibles, passant brutalement de l'un dans l'autre, sans transition. Ces montages jouent, en Electronique Numérique, le très important rôle que nous leur découvrirons.

**L'**Electronique Numérique traite toutes les informations exprimées exclusivement avec des 0 et des 1. Il convient donc de procéder soigneusement à la mise en forme de ces informations, de les conditionner en incontestables niveaux 0 et 1, pour éliminer toute confusion possible, toute erreur éventuelle aux entrées des circuits logiques chargés de leur traitement. Si nous procédons au comptage d'objets, les entrées des circuits compteurs sont soumises à des niveaux 1 et 0, durant des temps plus ou moins longs. Il est absolument essentiel que ne soient pas confondues, oubliées, ni prises en compte plusieurs fois des impulsions brèves, source d'erreur entachant la totalisation...

Nous devons donc prendre nos dispositions pour que les informations à traiter soient parfaitement mises en forme, que leur profil soit bien découpé en paliers nets, de niveau 0 et 1, sans altération.

Les montages basculeurs sont les piliers du comptage, du calcul électronique, faisons leur connaissance, démontons leur mécanisme !

### MONTAGES BASCULEURS

Les montages basculeurs présentent ce caractère, qui leur est spécifique, de n'occuper que deux seuls états, passant brutalement de l'un dans l'autre sans transition.

Le **basculeur bistable** se place et se maintient durablement dans l'un de ses deux états, dans l'attente de l'intervention extérieure qui le fera basculer, lui faisant alors prendre

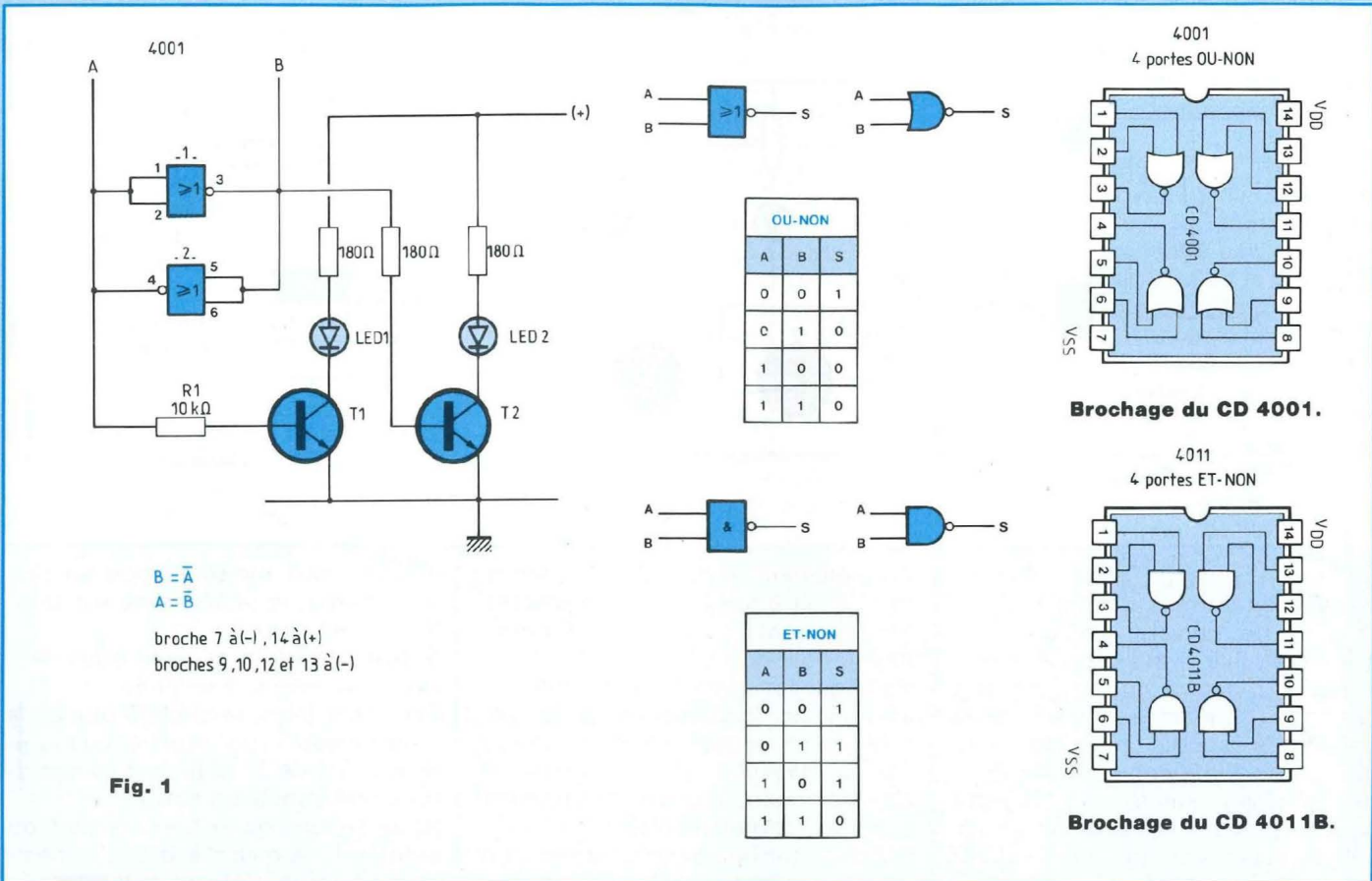
son second état, qu'il conservera jusqu'à l'intervention suivante...

N'oublions surtout pas de mentionner le **basculeur à seuils**, appelé **trigger** de Schmitt (déclencheur, gâchette), qui est un basculeur bistable présentant la propriété de se placer dans l'un de ses deux états lorsque la tension appliquée à son électrode de commande (gâchette) atteint (et franchit), par voie croissante, un seuil supérieur. Le basculeur à seuils se maintient durablement dans cet état jusqu'au moment où la tension de commande, par voie descendante, atteint et franchit un seuil inférieur, faisant prendre au basculeur son second état. Le basculeur à seuils conserve cet état jusqu'au moment où la tension de commande, en croissant, atteindra (et franchira) à nouveau le seuil supérieur. Des portes inverseuses et des portes ET-NON "trigger" sont dotées de cette particularité, elles sont avantageusement utilisées dans de très nombreux cas...

Le **basculeur monostable** se maintient dans l'un de ses deux états, son état de repos, état de veille. Une intervention extérieure le fait basculer, lui faisant prendre et conserver son second état, pendant un temps particulier, conditionnable, pour revenir ensuite à son état de veille, en l'attente de l'impulsion suivante...

Le **basculeur astable** bascule spontanément, inlassablement, indéfiniment, de l'un dans l'autre de ses deux états, sans intervention extérieure...

Dans le parler des électroniciens, un montage basculeur est tout simplement appelé... bascule.



**PRINCIPE DE LA BASCULE**

Nous allons commencer par nous livrer à une petite manipulation fort amusante, vous en jugerez vous-mêmes, conduite par notre fidèle boîte à connexions, en y "transposant" le schéma de principe qui nous est présenté par la figure 1.

Nous mettons en œuvre deux portes logiques inverseuses, les portes 1 et 2, réalisées à l'aide de deux des quatre portes OU-NON que comporte un circuit intégré spécialisé 4001, de technologie CMOS (la même figure 1).

Porte 1 : entrées sur broches 1 et 2, sortie sur broche 3

Porte 2 : entrées sur broches 5 et 6, sortie sur broche 4

Porte 3 : entrées sur broches 8 et 9, sortie sur broche 10

Porte 4 : entrées sur broches 12 et 13, sortie sur broche 11

(+) alimentation sur broche 14, (-) alimentation sur broche 7.

Nous savons qu'en réunissant ensemble les deux entrées d'une porte OU-NON nous constituons une porte inverseuse. La table de vérité reprise à la figure 1 nous le rappelle. Remarquons au passage qu'au lieu et place de portes OU-NON nous pourrions utiliser des portes ET-NON, lesquelles offrent la même particularité de pouvoir fonctionner en portes inverseuses (même figure 1). Vous noterez l'analogie surprenante entre le brochage du 4001 et celui du 4011, qui fait que nous pourrions

— dans le cas présent — installer un 4011 au lieu et place d'un 4001, recueillant les mêmes résultats à la manipulation que nous conduisons ! Les deux portes inverseuses (1 et 2) de notre montage expérimental sont disposées tête-bêche, en série dans une boucle, ce qui fait que les niveaux pris par les bornes d'accès, repérées A et B, sont complémentaires :

$$B = \bar{A} \text{ et } \bar{B} = A$$

L'alimentation du montage s'effectue sous les 5 volts délivrés par une alimentation stabilisée de laboratoire, ou tout bonnement les 4,5 volts d'une pile plate ordinaire...

Le circuit intégré 4001 ici utilisé étant de technologie CMOS, comme le 4011 d'ailleurs, il exige une petite

# L'électronique numérique

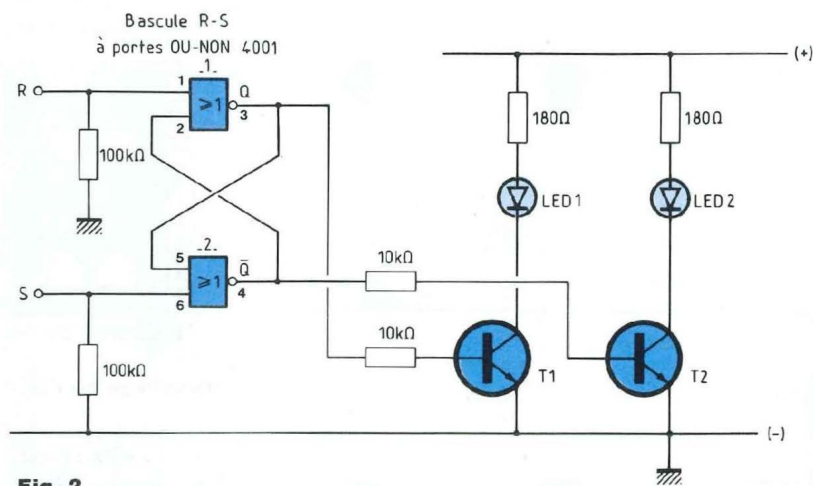


Fig. 2

précaution d'usage à la mise en œuvre. Les entrées des portes non utilisées ne doivent jamais rester libres, "en l'air", mais toujours être reliées à d'autres entrées, ou des sorties, ou connectées au (+), ou au (-) de la source d'alimentation, pour éviter l'influence perturbatrice des champs électriques régnant dans les parages et parasitant, faussant, polluant le fonctionnement des portes du circuit intégré...

Nous connectons donc au (-) alimentation les broches 8, 9, 12 et 13 du circuit intégré, qui sont les broches d'accès aux entrées des portes 3 et 4, portes non utilisées ! Mettons sous tension le petit montage, une diode électroluminescente sur les deux s'illumine...

Selon la fantaisie du hasard, le système se place dans l'un ou l'autre des deux états qu'il peut occuper. Si A prend le niveau 1, il fournit, par la résistance R1 (10 000 ohms), son petit courant de base au transistor T1, un bon vieux et fidèle 2N 1711, lequel est alors conducteur et active la diode électroluminescente DEL 1 qui charge son collecteur, placée en série avec une résistance de protection de 180 ohms.

Parallèlement, B est à 0 et le transistor T2 est bloqué, sa diode électroluminescente DEL 2 demeure éteinte, est-ce vu ?

Voilà qui est parfaitement conforme au principe fondamental de la bascule, selon lequel les deux sorties (de la bascule) sont toujours et simultanément situées à des niveaux opposés, complémentaires.

Seconde configuration possible, si A prend le niveau 0, lors de la mise sous tension du montage, B se place à 1. La diode DEL 1, précédemment illuminée, est alors éteinte, cependant que la diode DEL 2 s'éclaire.

Excusez-nous d'insister sur le fait que B prend — obligatoirement — le niveau  $\bar{A}$ , opposé, complémentaire de celui de A, du fait de la présence de la porte inverseuse 1. La porte inverseuse 2, quant à elle, transforme le niveau de B (c'est  $\bar{A}$ ) en son complément, qui est le niveau de A, venant confirmer, renforcer le niveau présent en A !

La bascule se verrouille... Pour la curiosité, précisons que verrou se dit Latch, en langue anglaise. Mais, dans l'affaire, nous ne pouvons absolument pas prévoir laquelle des deux DEL va s'éclairer

lorsque nous mettons sous tension le montage, le phénomène est totalement aléatoire !

Supposons qu'à la mise sous tension A ait pris le niveau 1...

Portons le point sensible B (qui est à 0) au niveau 1, par court-circuit fugitif au (+) de la source d'alimentation, une impulsion suffit !

Nous observons le basculement du montage : A passe à 0 et s'y maintient, faisant s'éteindre la DEL 1, cependant que s'illumine la DEL 2, indice du passage de B de 0 à 1 et du maintien de B à ce niveau 1.

Notre montage basculeur est donc bien un bistable, qui se place, sur intervention extérieure, sur ordre, dans l'un des deux (seuls) états qu'il peut prendre et s'y maintient durablement, se verrouille dans l'attente de la prochaine intervention, laquelle provoquera son changement d'état, son basculement...

Lorsque A = 1, B = 0 et inversement. Mais devant le hasard à la mise sous tension, ne pouvant prévoir si A prend le niveau 1, ou le niveau 0, nous dirons que A se placera au niveau indéterminé X, cependant que B se placera au niveau complémentaire de X, soit  $\bar{X}$ ...

**BASCULE R-S****A PORTES OU-NON**

Nous allons maintenant nous livrer à une manipulation un peu plus délicate que la précédente, dont la figure 2 nous indique le schéma de principe et qui va visualiser le fonctionnement de cette bascule appelée, en langue anglaise, R-S Latch (verrou R-S).

Nous mettons à nouveau en œuvre les deux portes OU-NON(1 et 2), sur les quatre que comporte le circuit intégré spécialisé 4001.

Nous connectons au (-) alimentation les entrées des portes non utilisées, c'est-à-dire les entrées des portes 3 et 4 (broches 9, 10, 12 et 13).

La première entrée de la porte 1 (broche 1), repérée R, est portée au niveau 0, étant reliée au (-) alimentation par une résistance de polarisation de valeur 100 kiloohms.

La seconde entrée de la porte 2 (broche 6), repérée S, est identiquement portée au niveau 0, par une résistance de même valeur 100 kiloohms.

Vous découvrirez tout à l'heure la signification de R et de S, ayez donc la patience !

Nous pouvons, à volonté, porter les entrées R et S (l'une, ou l'autre, ou les deux, c'est la fonction OU, tiens, tiens !) au niveau 1, en les connectant, par court-circuit temporaire, au (+) alimentation, notre pratique toute simple et efficace !

La seconde entrée de la porte 1 (broche 2) est reliée directement à la sortie de la porte 2 (broche 4), sortie qui est repérée  $\bar{Q}$ . Le niveau occupé par cette sortie  $\bar{Q}$  est visualisé par la diode électroluminescente 2 chargeant le collecteur d'un transistor NPN 2N 1711, associée en série à une résistance de protection de valeur 180 ohms, procédé que nous venons d'appliquer précédemment. Lorsque  $\bar{Q} = 1$ , la DEL 2 s'illumine.

Inversement, si  $\bar{Q} = 0$ , la DEL 2 reste éteinte, êtes-vous d'accord avec nous ?

La seconde entrée de la porte 2 (broche 5) est reliée directement à la sortie de la porte 1 (broche 3), sortie qui est repérée Q. Le niveau occupé par cette sortie Q est également visualisé par une diode électroluminescente (DEL 1), laquelle charge le collecteur d'un transistor NPN 2N 1711. Lorsque  $Q = 1$ , la DEL 1 s'illumine. Inversement, si  $Q = 0$ , la DEL 1 reste éteinte, est-ce vu ?

Mettons le montage sous tension (5 volts, délivrés par une alimentation stabilisée de laboratoire, ou même les 4,5 volts d'une pile plate ordinaire) et voyons ce qui se passe !

L'une des deux DEL s'éclaire, indice de la présence d'un niveau 1 sur l'une des deux sorties du montage, Q ou  $\bar{Q}$ . Mais rien ne nous permet de prévoir quel sera le niveau pris par Q, pas plus que  $\bar{Q}$ , lors de la mise sous tension !

Devant ce phénomène aléatoire nous écrivons que  $Q = X$ , avec  $X = 0$  ou 1 et  $\bar{Q} = \bar{X}$ .

Portons les commandes R et S à 1, les connectant au (+) alimentation et voyons ce qui en résulte !

Lorsque R est à 1 et S à 0, la sortie Q est forcée à 0 ( $\bar{Q}$  à 1).

R signifie Reset, en langue anglaise, pour mise (ou remise) à 0.

Lorsque S est à 1 et R à 0, la sortie Q est forcée à 1 ( $\bar{Q}$  à 0).

S signifie Set, en langue anglaise, pour mise à 1.

**ATTENTION !**

Vous constaterez qu'ayant d'abord placé S à 1 et R à 0, le fait de faire passer S à 0 ne change rien à l'état conditionné, Q demeure à 1 et  $\bar{Q}$  à 0 !

Il en est de même dans le cas où nous aurions mis préalablement S à 0 et R à 1 et que nous fassions passer R à 0.

Nous ne sommes plus en présence de l'indétermination rencontrée lors

de la mise sous tension, alors que S et R sont à 0, les niveaux occupés par Q et  $\bar{Q}$  sont conservés, mémorisés, lorsque nous ramenons à 0 l'électrode de commande S qui était à 1...

Voilà pourquoi vous rencontrez, dans les notices techniques en langue anglaise, la mention NO CHANGE (ne change pas) en regard de la première ligne de la "fonction Table", la table de fonctionnement, de vérité de cette bascule (figure 2). Enfin, et ce n'est pas le moindre, si nous portons les deux commandes R et S, simultanément, à 1, nous recueillons un niveau 1 sur les deux sorties de la bascule, Q et  $\bar{Q}$ , toutes les deux !

Voilà qui est incompatible avec le principe de base caractérisant toute bascule, dont les sorties Q et  $\bar{Q}$  sont censées être situées à des niveaux opposés, complémentaires...

Nous devons donc veiller à ce que R et S ne soient jamais, simultanément, portées au niveau 1, ce qui s'exprime par la mention NOT ALLOWED, ou DISALLOWED (inacceptable, à rejeter) portée en regard de la quatrième ligne de la table de vérité de la bascule R-S à portes OU-NON.

**BASCULE R-S****A PORTES ET-NON**

Offrons-nous la manipulation conduite avec un montage similaire au précédent, mais construit autour de deux portes ET-NON, sur les quatre que comporte un circuit intégré spécialisé 4011 (figure 3).

Vous avez déjà noté, tout à l'heure, l'analogie des brochages du 4001 et du 4011 (figure 1).

A la mise en œuvre du 4011, nous portons à 1 les commandes R et S (et non pas à 0, comme chez le 4001), en les reliant au (+) alimentation par résistances de 100 kiloohms interposées (figure 3).

Ces commandes R et S peuvent être,

# L'électronique numérique

à volonté, mises à 0 à l'aide de courts-circuits temporaires au (-) alimentation.

Mettons sous tension le petit montage expérimental, dans les mêmes conditions que celles pratiquées lors de la précédente manipulation.

A la mise sous tension, les commandes R et S étant toutes les deux à 1, nous ne pouvons prévoir laquelle des deux sorties, Q ou  $\bar{Q}$ , se placera à 1.

Nous écrivons par conséquent :

$$Q = X \text{ et } \bar{Q} = \bar{X}.$$

Lorsque R=0 et S=1, la sortie Q est forcée à 1 et la sortie  $\bar{Q}$  à 0.

Lorsque R=1 et S=0, la sortie Q est forcée à 0 et la sortie  $\bar{Q}$  à 1.

Avec R=0 et S=1, ce qui nous vaut Q=1 et  $\bar{Q}$ =0, si nous faisons passer R à 1, l'état des sorties ne change pas, Q est toujours à 1 et  $\bar{Q}$  à 0, d'où la mention NO CHANGE en regard de la quatrième ligne de la table de vérité de la bascule R-S à portes ET-NON (figure 3).

Dans le cas où nous aurions placé S à 0 et R à 1, ce qui nous aurait donné Q=0 et  $\bar{Q}$ =1, le fait de passer S à 1 ne changerait rien à l'état des sorties de la bascule, Q resterait à 0 et  $\bar{Q}$  à 1, les niveaux des sorties seraient mémorisés.

Il convient de noter que le fait de porter à 0 les deux commandes R et S, simultanément, force à 1 les deux sorties Q et  $\bar{Q}$ , toutes les deux, ce qui est incompatible avec le principe de base des bascules, mais qui ne surprend personne, puisque les portes ici mises en œuvre sont du type ET-NON !

Voilà pourquoi la mention DISALLOWED, ou NOT ALLOWED, est inscrite en regard de la première ligne de la table de vérité de cette bascule (figure 3)...

## BASCULE R-S

### A COMMANDE D'HORLOGE

Nous vous convions à une manipula-

tion un peu plus sophistiquée, mais de très haut intérêt, mettant en œuvre cette fois les quatre portes ET-NON que comporte un circuit intégré 4011, conformément au schéma de principe que nous vous présentons à la figure 4.

Vous n'avez aucune peine à reconnaître la bascule R-S à portes ET-NON dont nous venons de démonter le mécanisme, mais vous remarquerez que cette bascule est dotée de deux portes ET-NON supplémentaires et d'une électrode de commande repérée E.

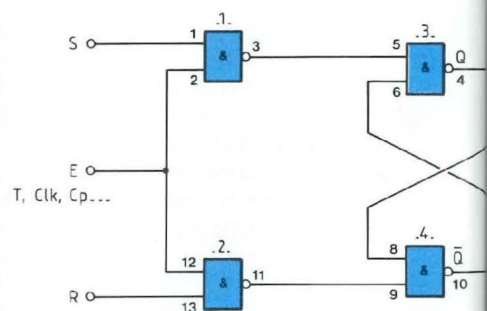
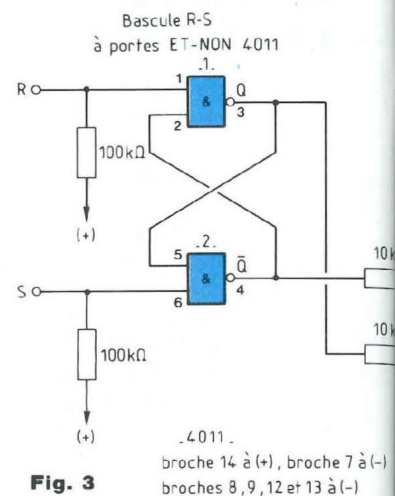
Lorsque cette commande E (E pour enable : autorise, valide) est à 0, il est bien évident que les portes 1 et 2 voient leur sortie forcée à 1, puisque ces portes 1 et 2 sont du type ET-NON ! La bascule est alors inhibée... Mais si E est à 1, les portes 1 et 2 ne sont plus bloquées, neutralisées, elles sont actives et le système fonctionne comme la bascule R-S à deux portes ET-NON dont nous venons de faire la connaissance...

Il faut toutefois remarquer que les portes 1 et 2 inversent les niveaux des informations présentées à R et S. La commande R chez la précédente bascule devient S et la commande S devient R !

Ajoutons une petite précision, à savoir que la commande E est appelée commande d'horloge, Clk, pour Clock (horloge), ou encore Cp; pour Clock Pulse (impulsion d'horloge), ou encore T, pour Trigger (déclencheur, gâchette).

N'allez pas croire qu'il s'agisse d'une horloge incorporée au dispositif ! Ces diverses expressions usitées imagent les changements brusques de niveau, sans transition, du signal de commande, dont découlent l'ouverture et la fermeture énergiques, brutales, des créneaux d'accès de l'information.

Vous n'allez pas tarder à découvrir l'importante fonction de la commande d'horloge...

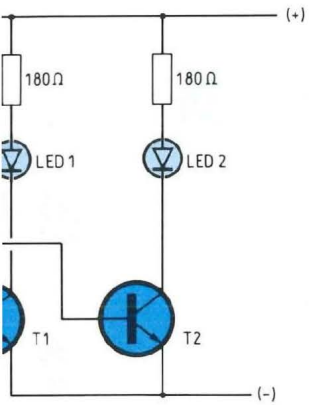


## BASCULE D

La figure 5 nous présente le schéma structural de cette "grande" bascule, confectionnée avec des portes ET-NON, à laquelle nous allons consacrer notre attention.

Chez la bascule D, lorsque la commande "horloge", appelons-la T (nous avons le choix !), est à 1, l'information, la donnée présentée à l'entrée, à l'électrode D (D pour Data : donnée) est transférée en Q,

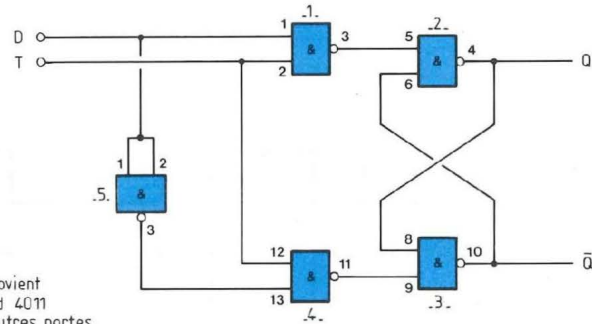




R	S	Q	$\bar{Q}$
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	$\bar{X}$

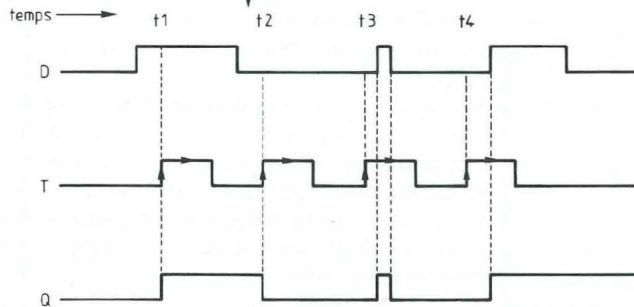
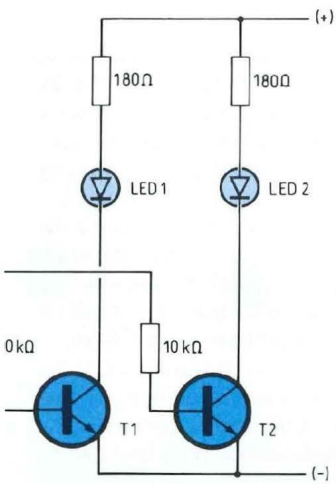
A rejeter  
(Disallowed)

Ne change pas  
(No change)



Porte 5 provient d'un second 4011 dont les 3 autres portes sont neutralisées (leurs entrées à la masse)

Fig. 5



D	T	Q	$\bar{Q}$
0	0	$Q_{t-1}$	$\bar{Q}_{t-1}$
1	0	$Q_{t+1}$	$\bar{Q}_{t+1}$
0	1	0	1
1	1	1	0

nous avons  $Q = D$  et  $\bar{Q} = \bar{D}$ . Mais lorsque T repasse à 0, Q conserve la valeur, le niveau qu'elle venait de prendre et le conserve tant que les commandes R ou S ne sont pas activées. Nous avons établi, toujours à la figure 5, le chronogramme, graphique traduisant le fonctionnement, dans le temps, de la bascule. nous l'avons accompagné de la table de fonctionnement de la bascule. Vous ne manquez pas de remar-

quer, dans cette table, l'apparition d'expressions nouvelles, telles que  $Q_{t-1}$  et  $\bar{Q}_{t-1}$ . Ces expressions traduisent le fait que lorsque T passe à 0, les sorties Q et  $\bar{Q}$  conservent (NO CHANGE) les niveaux qu'elles occupaient immédiatement avant le changement de niveau de T. Vous pourrez rencontrer également ces autres formes usuelles d'expression,  $Q_{n-1}$  et  $\bar{Q}_{n-1}$ , ou encore  $Q_0$  et  $\bar{Q}_0$ . En résumé, la bascule D transfère en

sortie Q la valeur (ou les valeurs) successive du niveau occupé par l'information D, cela pendant toute la durée du créneau positif de T et mémorise la dernière valeur occupée par D lors du passage à 0 de la commande T...

### DIVISION PAR DEUX AVEC BASCULE D

Par liaison directe, ramenons sur D le niveau présent en  $\bar{Q}$  et portons à 0

# L'électronique numérique

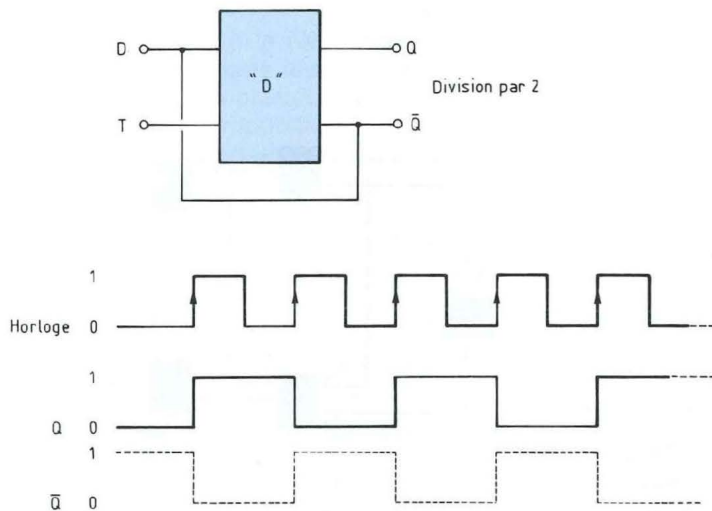


Fig. 6

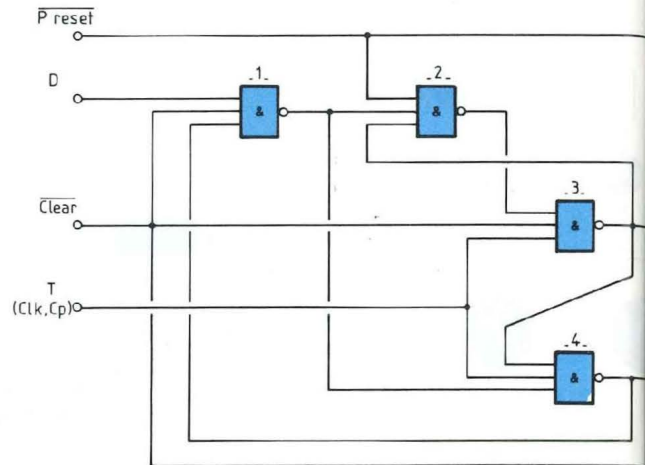


Fig. 7

les commandes R et S d'une bascule D, comme nous le montre la figure 6.

Supposons la commande d'horloge à 0, la bascule est inhibée...

Supposons également que Q soit à 1,  $\bar{Q}$  est à 0 et D est à 0 (niveau de Q).

Lorsque le signal d'horloge passe à 1 (flanc montant de ce signal), le niveau de  $\bar{Q}$ , qui est 0, directement répercuté sur D, est transféré sur Q, donc Q passe à 0 et  $\bar{Q}$  prend le niveau complémentaire de Q, donc 1.

La bascule va conserver cet état jusqu'au flanc montant suivant du signal d'horloge.

A cet instant, le niveau de D, qui est celui de  $\bar{Q}$ , donc 1, est transféré sur Q, Q passe à 1 et  $\bar{Q}$  repasse à 0.

Q conserve le même niveau durant l'espace temps qui sépare deux flancs montants successifs du signal d'horloge, il en est de même pour  $\bar{Q}$ . Il faut noter que l'espace temps s'écoulant entre deux flancs successifs ou passages d'un signal dans le même sens, n'est autre que la période de ce signal. La période du

signal recueilli en Q, comme en  $\bar{Q}$ , est double de celle du signal d'horloge !

En bilan, nous recueillons, sur Q (et sur  $\bar{Q}$ ) un signal dont la fréquence est la moitié de celle du signal d'horloge, nous effectuons donc la division par 2 de la fréquence du signal présenté à la commande d'horloge... Intéressant, non ?

## BASCULE D PERFECTIONNEE

Les performances de la bascule D, dont nous venons d'analyser le fonctionnement, vont être largement et avantageusement étendues par l'adjonction d'un petit dispositif tout simple, sous la forme de deux commandes supplémentaires, Preset et Clear, dont nous allons découvrir le rôle si important (figure 7).

Vous notez la présence des commandes D et T (à moins que ce ne soit Clk, ou encore Cp), lesquelles n'ont plus de secret pour nous...

La commande Preset (mise à 1, armement) exige une petite précision.

La mise au niveau 1 de la sortie Q,

accompagnée de la mise à 0 de la sortie  $\bar{Q}$ , est gouvernée par la mise à 0 de cette commande Preset et non pas en la portant au niveau 1, d'où la barre "NON" au-dessus de Preset. La commande Clear, qui est celle de la mise à zéro de la sortie Q, est activée par une "impulsion négative", de niveau 0 et non pas 1, d'où la barre "NON" au-dessus de Clear.

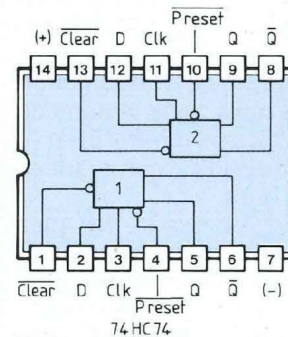
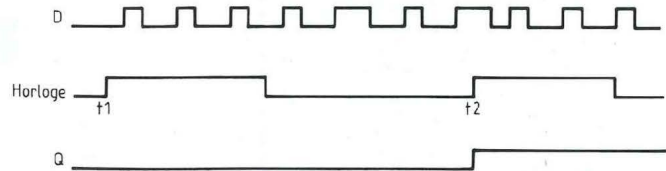
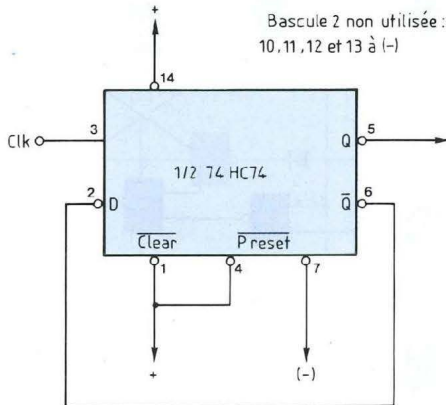
Dans les notices techniques accompagnant les composants vous remarquerez que ces caractéristiques sont précisées par les petits cercles symbolisant l'inversion, figurés sur les schémas structurels, à l'exemple de celui du 74 HC 74 (figure 7).

Ces petits cercles ont la même signification que ceux qui sont utilisés pour exprimer l'inversion, la fonction "NON", chez les symboles graphiques représentant les portes logiques !

## FONCTIONNEMENT DE LA BASCULE D A PRESET ET A CLEAR

A la figure 7, nous avons reproduit le schéma structurel du circuit intégré 74 HC 74, lequel comporte deux bascules D de ce dernier type.

Division par 2 avec 74HC74



Une telle bascule se caractérise essentiellement par le fait qu'elle ne charge et ne conserve que la valeur de D présente au moment du front montant de l'horloge, ce qu'illustre explicitement l'exemple de chronogramme de la figure 7.

A l'instant  $t_1$ , D est à 0. Le front montant de l'horloge enregistre cette valeur. Q se maintient à la valeur 0 jusqu'au prochain front montant de l'horloge, quelles que soient les variations ultérieures de la donnée D, à la condition, bien entendu, que la commande de mise à zéro (Clear) n'ait pas été activée entre-temps, évidemment !

A l'instant  $t_2$ , le front montant suivant de l'horloge se produit, alors que D est à 1 (chronogramme de l'exemple). Q prend le niveau 1 et s'y maintient, jusqu'au prochain front montant de l'horloge, quelles que soient les variations ultérieures de D, toujours à la condition que la commande Clear n'ait pas été activée entre-temps !

En examinant le schéma structurel de la bascule D, vous saisissez le rôle important joué par la liaison de

retour (feed-back) entre la sortie de la porte 4 et l'entrée de la porte 1. Si, à l'origine,  $D=0$  et  $T$  (ou Clk, ou  $C_p$ ) = 1, la sortie de la porte 4 est à 0 et elle neutralise, elle inhibe la porte 1, dont la sortie est forcée (et maintenue) à 1 pendant tout le temps où T se tient à 1...

Lorsque T repasse à 0, les portes 5 et 6 conservent, mémorisent les valeurs des niveaux des sorties Q et  $\bar{Q}$ , particularité que nous avons analysée.

La bascule D n'est donc activée qu'au moment d'un front montant de l'horloge. Une bascule activée par un flanc d'horloge (montant ou descendant) se dit "edge triggered", en langue anglaise.

### BASCULE MAITRE-ESCLAVE

Voyons comment, chez une bascule R-S à commande d'horloge, nous pourrions obtenir le basculement des valeurs Q et  $\bar{Q}$  à chaque impulsion d'horloge !

Disposons deux bascules en série, comme le propose la figure 8.

La bascule de tête, bascule Maître,

réagit au front montant de l'horloge, cependant que la bascule en aval, bascule Esclave, est inhibée. En effet, le signal d'horloge subit l'inversion due à la présence de la porte ET-NON 5, dont les deux entrées sont réunies, la faisant fonctionner en porte inverseuse...

Au front descendant suivant du signal horloge, la bascule maître est inhibée, cependant que la bascule esclave est déverrouillée, qui transfère les niveaux des sorties de la bascule maître.

Si nous rebouclons la sortie Q sur la commande R, en entrée du système, tout en rebouclant la sortie  $\bar{Q}$  sur la commande S (en entrée), nous obtenons une bascule R-S à commande d'horloge, au verrouillage sûr, à l'abri de tout déclenchement intempestif.

La commande E (ou T, Clk, etc.) agit par flanc montant sur la bascule maître, cependant que son signal, après inversion, gouverne la bascule esclave.

Il convient de remarquer la nécessité de "croiser les commandes" de renvoi des signaux Q et  $\bar{Q}$  à l'entrée.

# L'électronique numérique

Dans la pratique, nous mettons en œuvre des circuits intégrés maître-esclave spécifiquement élaborés qui nous sont offerts sur le marché... La fréquence du signal en Q est moitié de celle du signal d'horloge, raison qui fait dire que la bascule M-E est un diviseur binaire.

## BASCULE J-K

Ménageons une entrée supplémentaire (figure 9) aux portes ET-NON 1 et 2 du montage de l'association Maître-Esclave dont nous venons de faire la connaissance (figure 8).

Ces deux nouvelles commandes sont appelées J et K. J signifie John, ou Joker, ou plus familièrement Joke (le "petit malin"), alors que K signifie King, le roi...

Le fonctionnement de cette nouvelle bascule est des plus intéressants, sa table de vérité est reproduite à la même figure 9.

La condition  $J = 1$  et  $K = 0$  permet de porter la sortie Q au niveau 1 durant un créneau complet d'horloge.

Par contre, la condition  $J = 0$  et  $K = 1$  permet de porter la sortie Q au niveau 0 durant un créneau complet d'horloge.

La condition  $J = 1$  et  $K = 1$  nous ramène à la bascule R-S à commande d'horloge, chez laquelle s'observe un changement d'état des valeurs des niveaux présents en Q et  $\bar{Q}$ , après chaque créneau, ce qui constitue la division par 2 de la fréquence du signal présenté à la commande D.

Les actions exercées sur J et sur K ne doivent pas être confondues avec celles exercées sur  $\overline{\text{Préset}}$  et  $\overline{\text{Clear}}$ , qui forcent aux niveaux 0 ou 1 les sorties Q et  $\bar{Q}$ , quelles que soient les valeurs occupées par J, K ou T (Clk, Cp, etc.), cela dès que l'impulsion arrive à la bascule...

## BASCULE MONOSTABLE

Cette bascule se maintient durable-

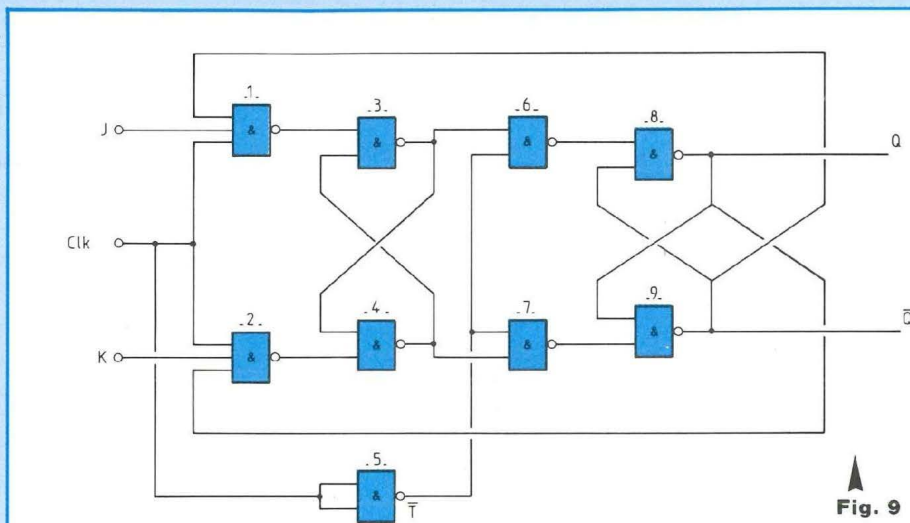


Fig. 9

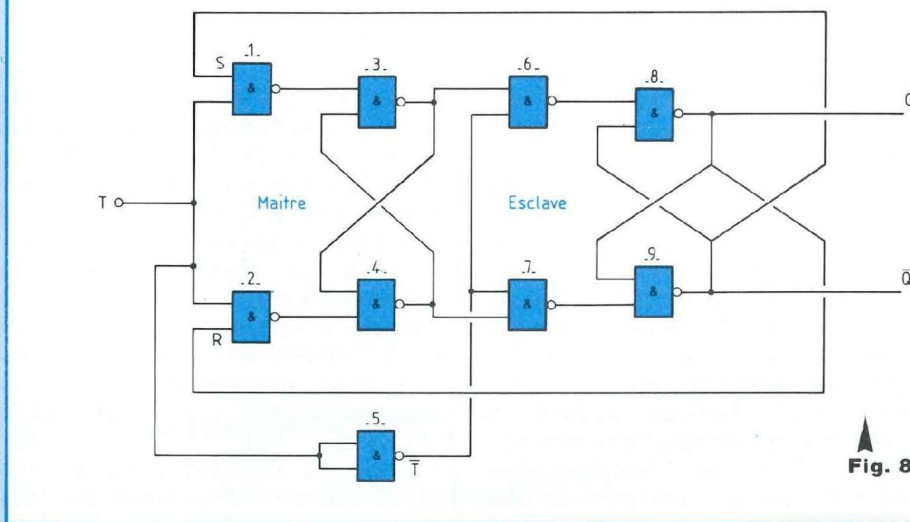


Fig. 8

ment dans son état de repos, de veille. Une intervention extérieure, une impulsion, lui fait prendre le second de ses deux états, qu'elle conserve pendant un temps conditionné par la valeur de la constante de temps d'une association série d'une résistance R et d'un condensateur C.

Considérons le montage dont la figure 10 nous présente le schéma !

Un dispositif déclencheur (ou lanceur) comporte un interrupteur à

contact à fermeture temporaire P (à bouton-poussoir) normalement ouvert. Le condensateur Cd (10 nanofarads) est déchargé, du fait de la présence de la résistance Rd1 (1 mégohm) associée à lui en parallèle.

L'entrée de la porte inverseuse 1 est à 0, par la résistance interposée R2d de valeur 100 kilohms.

La sortie de la porte 1 est forcée à 1, mais elle ne peut débiter de courant à destination du condensateur C, la diode D s'y oppose. Par contre, le

K	Cik	Q	$\bar{Q}$
0		Q <sub>0</sub>	$\bar{Q}_0$
0		1	0
1		0	1
1		$\bar{Q}_0$	Q <sub>0</sub>

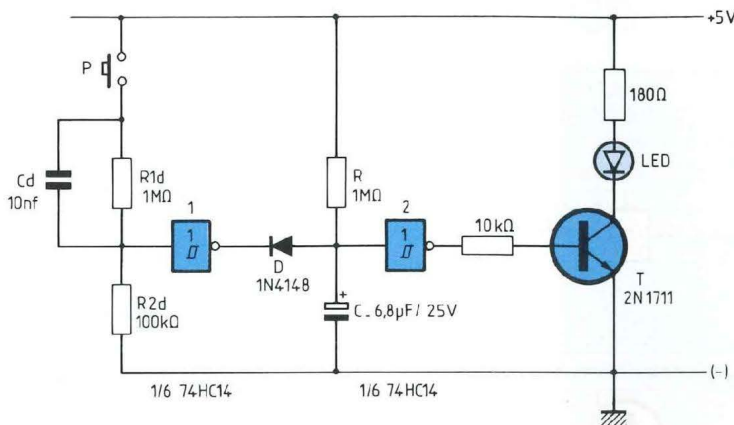


Fig. 10

tive de brève durée à l'entrée de la porte inverseuse 1, se traduisant par une impulsion négative en sortie de la même porte 1, laquelle prend le niveau 0. Est-ce vu ?

Le condensateur C, il s'était chargé, se vide, puisque ses deux armatures se trouvent en liaison, via la diode D...

L'entrée de la porte 2 passe à 0, la sortie de la même porte 2 prend le niveau 1 et la DEL s'allume. Intéressant, non ?

Dès la fin de l'impulsion positive fournie par le déclencheur, la sortie de la porte 1 repasse à 1, cependant que le condensateur C se charge, par la résistance R interposée...

Arrive le moment où le potentiel de l'armature de C (opposée à la masse) qui s'élève au fur et à mesure de la charge de C, atteint le seuil, le niveau 1 qui, appliqué à l'entrée de la porte 2, fait passer à 0 la sortie de cette porte 2, la DEL s'éteint...

Pour obtenir des basculements francs, très nets, d'un tel dispositif, il est recommandé de mettre en œuvre des portes inverseuses à seuils de basculement, de type trigger. Ces portes se caractérisent par des seuils de basculement, des niveaux 0 et 1 bien distincts. Le très connu et apprécié circuit intégré 74 HC 14 comporte six de ces portes...

Précisons que les fabricants de composants nous proposent, sur le marché, des circuits intégrés spécialisés destinés à assumer la fonction de bascule monostable. Mentionnons, pour l'exemple, le 74 HC 221, doté d'une commande Reset, commande de mise (ou remise) à 0 que nous connaissons bien, à associer à un ensemble R-C conditionné pour obtention de la durée de temporisation désirée.

### LE CIRCUIT INTEGRE 555

Le circuit intégré 555 est assurément l'un des plus populaires, qui se

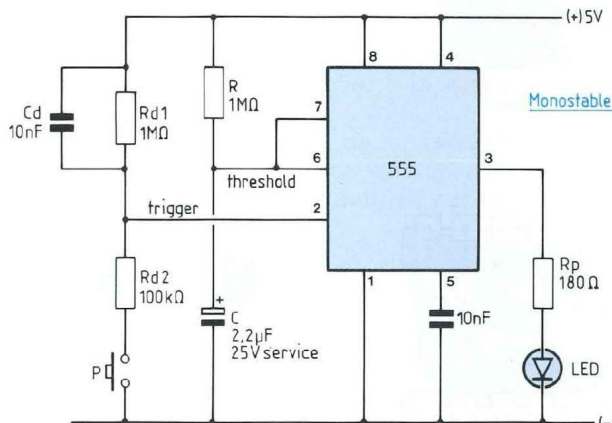


Fig. 11

condensateur C (10 microfarads, 16 ou 25 volts service) se charge, depuis le (+) alimentation, par la résistance interposée R, de valeur 1 mégohm.

L'armature de C, opposée à la masse, prend le potentiel du (+) alimentation, ce qui place l'entrée de la porte inverseuse 2 à 1 et sa sortie à 0.

Le transistor NPN T est bloqué, la diode électroluminescente disposée dans son circuit de collecteur demeure éteinte...

Pressons le bouton de l'interrupteur !

Via le condensateur Cd l'entrée de la porte 1 reçoit une impulsion positive, brève, quelle que soit la durée de la pression exercée sur le bouton-poussoir P, le temps que Cd se soit chargé à la valeur du potentiel présent aux bornes de la résistance R1d, laquelle constitue un pont diviseur installé entre (+) et (-) alimentation, en association avec R2d.

Par le jeu du déclencheur, nous appliquons donc une impulsion posi-

# L'électronique numérique

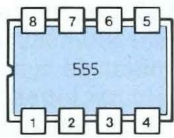
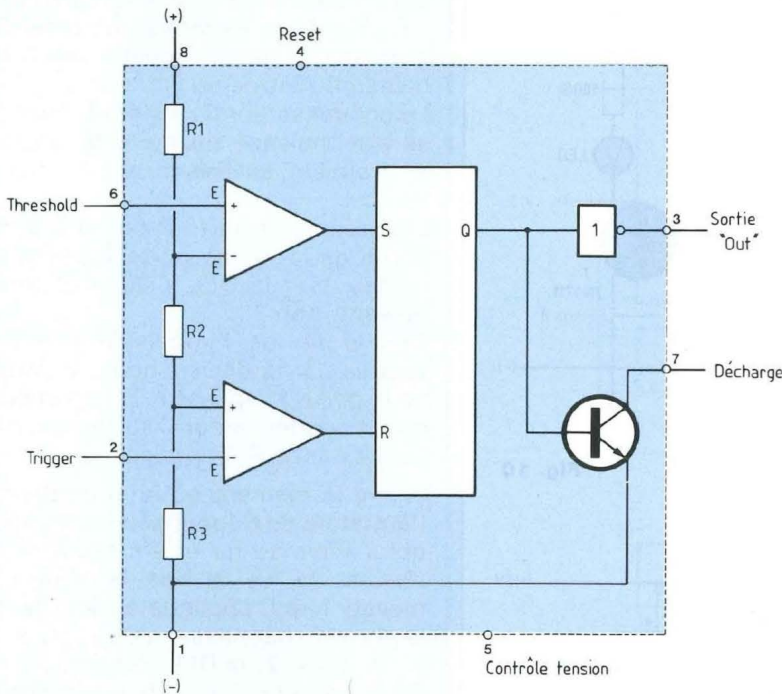


Fig. 11 (suite)

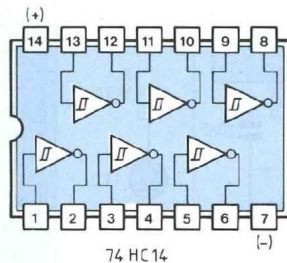


Fig. 12

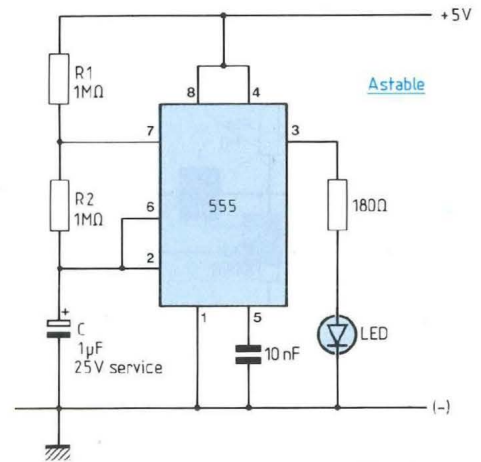
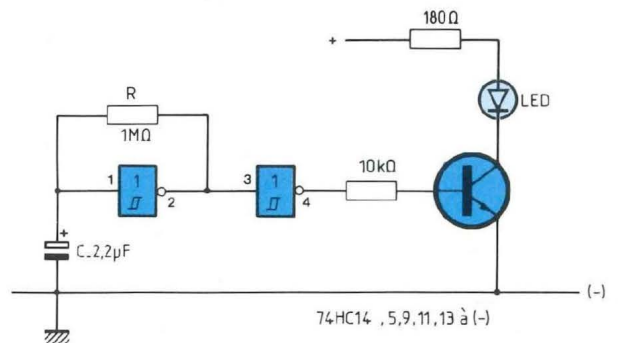


Fig. 13

prête à merveille à une foule de réalisations...

La figure 11 nous montre sa structure interne et son brochage.

Vous remarquerez la présence des trois résistances associées en série, R1, R2 et R3, d'égale valeur résistive, constituant un pont diviseur définissant des seuils de tension espacés, avec très grande précision, de la grandeur de un tiers de la tension d'alimentation.

L'amplificateur opérationnel du bas du schéma se voit appliquer sur son

entrée E+, la tension  $1/3 U$  alimentation.

L'entrée E- du même ampli op est accessible de l'extérieur par l'électrode de commande "trigger".

Si la tension "trigger" passe au-dessus du seuil de  $1/3 U$  alim, la commande R de la bascule R-S du 555 prend le niveau 1.

L'amplificateur opérationnel du haut du schéma structurel se voit appliquer la tension de valeur  $2/3 U$  alim sur son entrée E-.

L'entrée E+ de ce même ampli op

est accessible de l'extérieur par l'électrode "threshold" (seuil de basculement).

Si la tension threshold passe au-dessus du seuil des  $2/3 U$  alim, S de la bascule passe à 1, est-ce bien vu ?

La sortie Q de la bascule R-S du 555 gouverne l'entrée d'une porte inverseuse, dont la sortie est repérée Out (sortie). La même sortie Q de la bascule alimente la base d'un transistor NPN dont le collecteur "tire" le courant de décharge (Discharge) du condensateur associé en série avec

la résistance (de charge) R. L'intensité du courant de décharge peut atteindre 200 milliampères, sans danger pour le 555.

### BASCULE MONOSTABLE A 555

Nous conduisons la manipulation dont la figure 11 nous présente le schéma d'expérimentation.

Supposons, pour faciliter le raisonnement et sans pour autant l'altérer, que le condensateur C du montage soit déchargé, sa tension de charge est nulle et la commande threshold également, puisque directement reliée à elle.

La sortie de l'ampli op threshold est alors à 0, la commande S de la bascule R-S du 555 également.

La commande trigger est à 1, par les résistances R1d et R2d et le condensateur Cd d'un dispositif déclencheur (lanceur) identique à celui que nous avons mis en œuvre précédemment (figure 10).

En pressant le bouton-poussoir de l'interrupteur P nous appliquons une impulsion négative, de niveau 0, à la commande trigger.

A la fin de l'impulsion, la commande trigger repasse à 1, R étant à 0 et comme S est à 0, la bascule se verrouille, sa sortie placée à 0, donc la sortie Out du 555 prend le niveau 1. Ces phénomènes s'accompagnent du blocage du transistor, le condensateur C peut entreprendre de se charger, depuis le (+) alimentation, par la résistance R interposée, c'est ce qu'il fait !

Tant que la valeur de la tension de charge du condensateur C est inférieure à 2/3 U alim, la sortie de l'ampli op threshold est à 0 et la sortie de la bascule R-S également. La sortie Out du 555 conserve par conséquent le niveau 1.

Arrive le moment où la tension appliquée à la commande threshold, qui est la tension de charge du conden-

sateur C, atteint (et franchit) le seuil des 2/3 U alim. La sortie de l'ampli op du threshold passe de 0 à 1, ce qui provoque le changement d'état de la bascule R-S, dont la sortie prend le niveau 1, forçant la sortie Out à 0, avec activation du transistor décharge, lequel vide C.

Le système se retrouve dans les conditions initiales, dans l'attente de l'impulsion suivante...

Il faut préciser que la sortie du 555 est capable de fournir un courant d'intensité atteignant 200 milliampères, ce qui est considérable ! Nous vous proposons de nous livrer au calcul (simple !) de la durée de la temporisation, c'est-à-dire du maintien de la sortie Out à 1, après l'impulsion de déclenchement.

Cette durée est le temps que prend le condensateur pour se charger depuis sa tension initiale de charge, qui est nulle, à la valeur des 2/3 U alim.

La valeur de la tension de charge d'un condensateur par une résistance est donnée par l'expression :

$$v = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

dans laquelle :

v est la tension de charge, en volts

E est la tension d'alimentation du montage, en volts

t est la durée de la charge, en secondes

R est la résistance de charge, en ohms

C est la capacité du condensateur, en farads

e est la base des logarithmes népériens : 2,718 281.

Dans le cas présent,

$$V = \frac{2}{3} U_{alim}$$

$$v = \frac{2}{3} E = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{1}{3}$$

$$-\log 3 = -\frac{t}{RC} \log e$$

$$t = \frac{\log 3}{\log e} \cdot RC = R \cdot C \cdot \ln 3$$

La durée de maintien au niveau 1 (niveau haut) de la sortie Out du 555, fonctionnant en bascule monostable, est donc

$$t(\text{en secondes}) = RC \cdot \ln 3,$$

soit très sensiblement 1,1 RC.

### BASCULE ASTABLE

Ce montage passe alternativement de l'un dans l'autre des deux états qu'il peut prendre, spontanément, sans intervention extérieure, inlassablement.

Il est facile de réaliser une bascule astable à l'aide d'une porte inverseuse de type trigger, selon le schéma de principe que nous vous présentons à la figure 12.

La tension présente sur l'entrée de la porte inverseuse trigger du montage n'est autre que la tension de charge du condensateur C, vous êtes bien d'accord avec nous !

Si cette tension est inférieure au seuil supérieur de basculement de la porte, la sortie de cette porte est à 1 et elle fournit le courant de charge de C, est-ce clair ?

Arrive le moment où la tension de charge de C atteint (et franchit) le seuil de basculement (supérieur) de la porte inverseuse trigger, la sortie de cette porte passe alors à 0, le montage bascule, le phénomène s'inverse...

La sortie de la porte étant à 0, le condensateur C entreprend de se décharger, à travers R, puisque R se trouve alors électriquement connectée en parallèle aux armatures de C. C se vide, jusqu'au moment où sa tension de charge, qui diminue, atteint (et franchit !) le seuil inférieur de basculement de la porte inverseuse trigger, dont la sortie repasse alors de 0 à 1...

# L'électronique numérique

Le condensateur C se charge et se décharge donc alternativement, sa tension de charge évoluant entre deux limites qui sont les seuils inférieur et supérieur de basculement de la porte inverseuse trigger.

Ce dispositif délivre un signal "carré", dont les paliers de niveau 1 ont même durée que les paliers de niveau 0, à la condition d'utiliser des portes inverseuses de circuits intégrés de technologie CMOS, à l'exemple du bien connu 74 HC 14 (6 portes inverseuses).

Il faut également savoir que les valeurs et les écarts des seuils de basculement varient selon la famille technologique et le type des circuits intégrés mis en œuvre. La connaissance de ces grandeurs est indispensable pour déterminer les valeurs de R et C conditionnant les durées de charge et de décharge de C, donc le profil du signal désiré.

Pour les calculs, il faut se servir des formules classiques de charge et de décharge d'un condensateur par résistance, ou celles indiquées à l'occasion par les fabricants de composants, dans les notices d'accompagnement de leurs produits !

Disons encore que les portes trigger ET-NON, de technologie CMOS, montées en inverseuses (leurs entrées réunies) se prêtent très bien à la confection de bascules astables.

Le 555 convient à merveille à la confection de bascules astables.

Il suffit, pour s'en convaincre, de se livrer à la petite manipulation dont le schéma de montage vous est présenté par la figure 13.

Les commandes de déclenchement inférieur (trigger) et de déclenchement supérieur (threshold) sont réunies ensemble, vous allez en découvrir la raison dans un instant, ayez la patience !

Le condensateur C se charge, depuis le (+) alimentation, par les résistan-

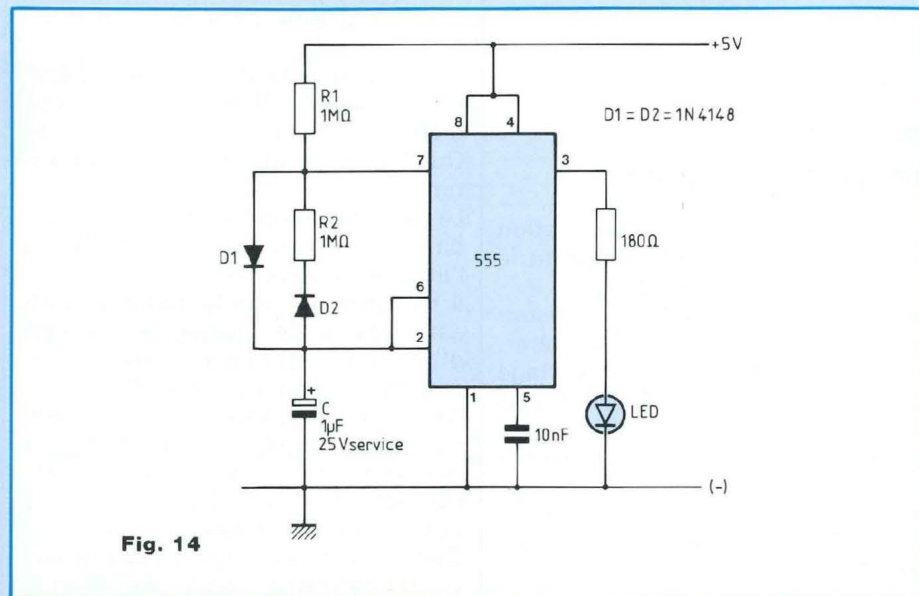


Fig. 14

ces R1 et R2, associées en série, le transistor "décharge" étant bloqué. La sortie Out du 555 est à 1, elle fait s'illuminer la diode électroluminescente visualisant le phénomène.

Lorsque la tension de charge du condensateur C, elle va croissant, atteint et franchit le seuil supérieur threshold, fixé aux 2/3 U alim, le basculement s'opère, la sortie Out passe à 0 et le transistor "décharge" entre en conduction. Il fait se décharger C par la résistance R2 seule, puisque la broche 7 du 555 (décharge) est alors située au (-) alimentation, par le transistor, est-ce vu ?

La commande trigger du 555 est située au même potentiel que la commande threshold, ces commandes sont réunies ensemble, comme nous vous l'avons fait remarquer tout à l'heure. Mais ce potentiel est supérieur à 1/3 U alim, seuil du trigger, ce qui fait que la commande R de la bascule R-S interne du 555 est à 0, tant que la tension de charge du condensateur C est supérieure à 1/3 U alim...

Le condensateur C se vide, par la

résistance R2 et le transistor "décharge" actif. Arrive le moment où sa tension de charge, qui va diminuant, atteint et franchit le seuil critique du trigger, fixé à 1/3 U alim et c'est le nouveau basculement, la charge de C reprend, la DEL s'éclaire à nouveau !

La tension de charge de C va et vient entre les deux valeurs qui sont 1/3 et 2/3 U alim, mais il faut noter que C se charge par (R1+R2) et se décharge par R2 seule !

Il est bien facile d'établir les expressions donnant la durée de la charge de C (DEL allumée) et de la décharge de C (DEL éteinte).

Appelons t1 le temps demandé par le condensateur C pour se charger de 0 à 2/3 U alim et appelons t2 le temps qu'il demande pour se charger de 0 à 1/3 U alim.

Pour se charger de 1/3 U alim à 2/3 U alim, le condensateur C demande le temps (t1 - t2), êtes-vous d'accord ?

Nous connaissons la valeur de t1, établie précédemment, lorsque nous nous sommes intéressés à la bascule monostable construite autour du



555,  $t_1 = \ln 3 \cdot RC$ . Mais, dans le cas présent,  $R = (R_1 + R_2)$ , donc nous avons :

$$t_1 \text{ de charge de } C \text{ de } 0 \text{ à } \frac{1}{3} U_{\text{alim}} = (R_1 + R_2) \cdot \ln 3$$

Reprenons la formule générale de charge d'un condensateur, à travers une résistance, pour évaluer la durée  $t_2$ , de charge de 0 à  $\frac{1}{3} U_{\text{alim}}$ .

$$v = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad v = \frac{1}{3} E, \quad e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{2}{3}$$

$$t = RC(\ln 3 - \ln 2)$$

$$t_2 = (R_1 + R_2) \cdot C(\ln 3 - \ln 2)$$

Le temps  $t_{\text{ch}}$  que prend  $C$  pour se charger de  $\frac{1}{3} U_{\text{alim}}$  à  $\frac{2}{3} U_{\text{alim}}$  a finalement pour valeur  $(t_1 - t_2) =$

$$(t_1 - t_2) = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot \ln 3 -$$

$$(R_1 + R_2) \cdot C \cdot (\ln 3 - \ln 2)$$

$$t_{\text{ch}} = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot \ln 2$$

Définissons maintenant la durée  $t_{\text{déch}}$  de la décharge de  $C$ , par  $R_2$ , de  $\frac{2}{3} U_{\text{alim}}$  à  $\frac{1}{3} U_{\text{alim}}$ .

L'expression est de la forme

$$v = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v = \frac{1}{3} U_{\text{alim}} \text{ et } E = \frac{2}{3} U_{\text{alim}}, \quad v = \frac{1}{2} E$$

$$t = RC \cdot \ln 2$$

$$t_{\text{déch}} = R_2 \cdot C \cdot \ln 2,$$

soit très sensiblement  $0,693 R_2 C$

La période  $T$ , espace temps séparant deux flancs montants successifs du signal sortie Out, a pour valeur

$$T = t_{\text{ch}} + t_{\text{déch}}$$

$T$  s'exprime en secondes, pour  $R_1$  et  $R_2$  en ohms et  $C$  en farads.

Vous ne manquerez pas de remarquer, phénomène parfaitement bien visualisé par la manipulation, que  $t_{\text{ch}}$  est très différent de  $t_{\text{déch}}$ .

Si nous souhaitons obtenir des temps  $t_{\text{ch}}$  et  $t_{\text{déch}}$ , égaux, il nous suffit d'adjoindre au montage deux diodes,  $D_1$  et  $D_2$ , des classiques 1N 4148, lesquelles vont imposer la charge et la décharge de  $C$  par les résistances  $R_1$  et  $R_2$  choisies d'égale valeur résistive.

$$t_{\text{ch}} = t_{\text{déch}} = R_1 \text{ (ou } R_2) \cdot C \cdot \ln 2$$

Ainsi nous recueillons, en sortie du 555, des signaux "carrés" dont les paliers hauts, de niveau 1, ont même durée que les paliers bas, de niveau 0...

Nous ne saurions trop vous inviter à consacrer un peu de temps à la petite manipulation que nous avons préparée à votre intention, dont la figure 14 reproduit le schéma de montage. Elle vous montrera très bien comment il est facile de conditionner le temps de charge et de décharge du condensateur  $C$  parfaitement maîtrisés, donnant un beau profil carré au signal produit par le 555.

### EN BREF

Nous avons cherché à faciliter au maximum la compréhension des phénomènes, les visualisant à l'aide de manipulations en progression soigneusement dosée et nous avons développé les cheminements mathématiques, pour satisfaire à la curiosité légitime. Nous pouvons maintenant aborder le comptage...

Georges Matoré

## RETOUR SUR LE DIABOLIQUE 400 Weff DES LED N°s 111 ET 112

Led n° 111 (Nomenclature)

• Condensateurs

C2, C15 (et non C14) - 100  $\mu$ F/250 V axial

Led n° 112 (Nomenclature)

• Zener

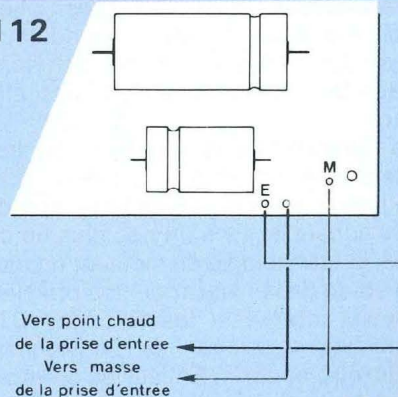
DZ1 - 12 V (circuit multi-protection). Cette valeur est visible et lisible sur la photo du module

• Plan de câblage wattmètre fig. 11, page 23

Remplacer T3 par T2 et T2 par T3. La nomenclature est correcte.

• Plan d'interconnexions fig. 17, page 24

Permuter les deux interconnexions vers la prise Cinch d'entrée.



# FREQUENCEMETRE SIMPLE ET PERFORMANT LE BW 01

Le fréquencemètre numérique est un appareil qu'il n'est plus guère nécessaire de présenter et dont l'utilité n'échappe pas à tous ceux qui, de près ou de loin, ont à se frotter aux réalisations HF. Avec cet appareil, vérifier le bon fonctionnement d'un oscillateur à bobinages ou à quartz, est un jeu d'enfant ! La précision des mesures est très grande et de loin supérieure à tout ce qui se pratique par ailleurs ! Mesurer une tension, une capacité, une résistance à 0,1 % (soit 1 pour 1 000) relève de l'exploit ! Par contre les fréquences se mesurent, dans le pire des cas, à 0,001 % soit 1 pour 10 000, et généralement la précision atteint sans peine  $1.10^{-6}$ , c'est-à-dire 1 pour 1 million !

**L**e fréquencemètre est donc un appareil très satisfaisant, sur le plan de la mesure ! Quand on aura ajouté que sa réalisation est très simple et que, moyennant quelques choix judicieux, il peut s'avérer peu coûteux, nous pensons que ce serait bien dommage de se priver d'un outil aussi efficace !

De nombreuses descriptions de fréquencemètres ont été publiées. Lors de l'apparition relativement récente de ces appareils, il y a un peu plus de dix ans, la technologie du moment en était au stade de la naissance des premiers circuits intégrés : les RTL, les DTL dont les « anciens » se souviennent peut-être encore ! En fait, les premiers

appareils sérieux se sont construits à l'aide de circuits TTL : la fameuse série des « 74 » qui existe encore aujourd'hui. A cette époque, le fréquencemètre contenait quelques dizaines de ces circuits.

Puis vint l'ère de la LSI (Large Scale Integration), c'est-à-dire l'intégration à grand nombre de composants dans la même « puce » ! On vit alors apparaître des circuits de fréquencemètre spécialisés, renfermant toute la circuiterie nécessaire. Les firmes Mostek, NS et surtout Intersil sortirent (et sortent encore, d'ailleurs !) quelques magnifiques pièces d'électronique intégrée ! Avec de tels circuits, le fréquencemètre se réduit à sa plus simple expression : le LSI, un quartz, des afficheurs et l'inévitable alimentation !

Reste à régler le difficile problème des

circuits d'entrée, car là pas de solution intégrée et il faut en revenir à la bonne électronique à composants discrets ! Il semblerait donc que la LSI apporte la solution définitive du problème du fréquencemètre. Et pourtant, rien n'est moins sûr ! C'est que le circuit LSI présente quelques « inconvénients » ! :

– Il est d'abord coûteux ! C'est normal, sans doute, compte tenu de sa complexité et donc de sa difficulté de fabrication. Mais il faut aussi tenir compte de l'exclusivité de la distribution. Par exemple, le fameux 7226, si performant, n'est fabriqué que par Intersil ! La concurrence ne joue pas ! Les distributeurs sont exclusifs ! Ceci explique cela !

– Le LSI est souvent difficile à trouver : conséquence de la distribution exclusive et du prix ! Les revendeurs de détail ne tenant pas à stocker un nombre important de pièces aussi chères !

– Il est fragile ! Attention, pas à l'usage, mais au montage et aux premiers essais ! Solide lorsqu'il est normalement employé, mais instantanément claqué... sinon ! Or, griller un « pavé » de plusieurs centaines de francs ne fait rire personne !

Ces considérations peuvent tempérer quelque peu l'enthousiasme de l'amateur du LSI ! La description ci-dessous prétend prendre le contre-pied et revenant un peu en arrière, elle vous propose un montage utilisant des circuits très modernes (des C-MOS, par exemple !) mais d'intégration modeste, ce qui les rend bien plus abordables et moins traumatisants à l'usage !

Ceci nous donne un appareil facile à monter, simple, dépannable et de prix de revient modéré, tout en possédant de très bonnes performances. Nous allons d'ailleurs énumérer celles-ci dans le prochain paragraphe. Disons tout de suite qu'il s'agit d'un simple fréquencemètre mesurant en deux gammes, de quelques hertz à plus de 1,2 GHz !!

## CARACTERISTIQUES DU BW 01

– Mesure des fréquences en deux gammes :

# LA GRANDE PRECISION A PEU DE FRAIS



- HF : de 1 Hz à 10 MHz avec affichage en hertz
- UHF : de 4 MHz à plus de 1,2 GHz avec affichage en dixièmes de Hz
- Impédance d'entrée :
- HF : environ 1 M $\Omega$
- UHF : environ 50  $\Omega$
- Sensibilité des entrées :
- HF : de l'ordre de 50 mVeff
- UHF : de l'ordre de 25 mVeff
- Base de temps à quartz ordinaire :
- HF : temps de mesure 1 s. mesure toutes les 2 secondes
- UHF : temps de mesure 1,28 s. Mesure toutes les 2,56 secondes
- Précision de l'ordre de  $5 \cdot 10^{-5} \pm 1$  digit.
- Afficheurs à 7 segments Led rouges.
- Compteur à 8 digits.
- Alimentation 220 V, 15 VA.

## ETUDE THEORIQUE

Chacun sait que la fréquence d'un signal alternatif est le nombre des périodes qu'il effectue par seconde. Mesurer la fréquence consiste donc à **compter** ces périodes pendant une seconde exactement, Puis à afficher le résultat du comptage.

Un compteur est nécessaire ! Ce compteur doit... compter et afficher en décimal, de manière à donner un résultat familier à l'utilisateur.

Le comptage des périodes devant durer 1 seconde (en première approche !), celles-ci atteignent le compteur en passant à travers une **porte** logique. Cette porte va s'ouvrir pendant 1 seconde puis se refermer ! Un nombre de périodes correspondant à la fréquence est ainsi comptabilisé !

Voir la fig. 1. Ce système sommaire doit cependant être un peu amélioré. Sinon le défilement des chiffres est visible pendant le comptage, ce qui est peu agréable pour l'utilisateur. D'autre part, un seul comptage semble possible. La solution complète est donc la suivante :

- Au départ, le compteur est mis à 0.
- La porte d'entrée s'ouvre... le compteur compte !

Le résultat de ce comptage est mis en mémoire dans un registre. L'affichage reste à 0.

- Le comptage terminé, le registre contient le résultat : un signal de **transfert** le fait passer à l'affichage.

- Le résultat transmis, le compteur est remis à 0.

Les afficheurs gardent l'affichage du résultat précédent.

# FREQUENCEMETRE 1 Hz A 1,2 GHz

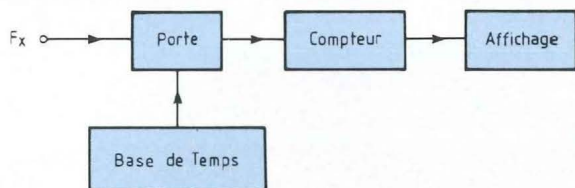


Fig. 1 : Synoptique du fréquencemètre BW 01.

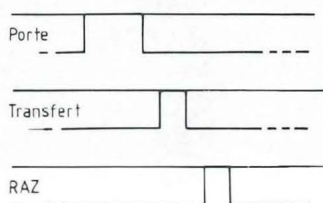


Fig. 2 : Organisation des signaux.

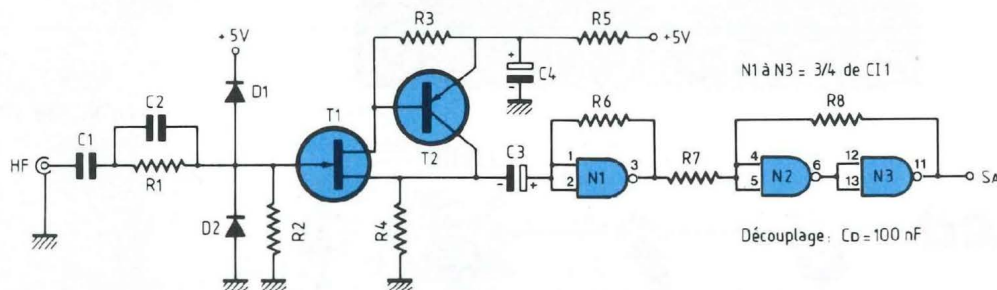


Fig. 4 : Etages d'entrée HF à impédance d'entrée élevée.

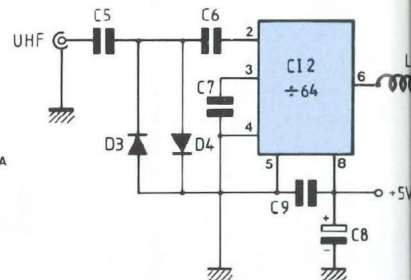


Fig. 5 : Etages d'entrée UHF

Un cycle de mesure est alors achevé. Un autre va suivre automatiquement ! La mesure est en effet répétitive. Les signaux s'organisent selon la figure 2. La figure 3 montre le diagramme général du BW01. On retrouve, à droite le compteur, la mémoire d'affichage et les afficheurs. Les signaux à mesurer traversent la porte dont l'ouverture est assurée par un créneau généré à partir de la base de temps. Celle-ci fabrique en même temps, dans le circuit de commande, les tops de transfert et de RAZ. Une commutation est prévue pour les changements de gamme. Enfin, on distingue les étages d'entrées HF et UHF.

Etudions maintenant les schémas de ces sections, en commençant par les étages d'entrées.

## Fig. 4 : Etages d'entrée HF

Un transistor à effet de champ T1 donne une impédance d'entrée élevée, ramenée à 1 M $\Omega$  par R2. R1

assure la protection de T1 avec les diodes D1 et D2. Elles limitent la tension sur le gate à  $-0,6$  V et  $+5,6$  V. C2 améliore le passage des fréquences élevées. T2 assure l'adaptation avec le 74LS00 suivant. La porte N1 est montée en amplificateur linéarisé par R6. N2 et N3 constituent un trigger de Schmitt qui transforme les signaux à transitions lentes en signaux rectangulaires compatibles TTL. La sensibilité de l'entrée HF est de l'ordre de 30 mVeff, avec une bande passante allant de quelques hertz à 10 MHz environ.

## Fig. 5 : Etages d'entrée UHF

Nous avons fait usage d'un circuit fort intéressant de Siemens : le SDA2101. Ce circuit, très grand public, donc peu coûteux, contient un préamplificateur intégré et un diviseur de technologie ECL de rapport 1/64. Sa bande passante typique est de 80 à 950 MHz, mais en réalité, les SDA2101 comptent

fort bien de moins de 10 MHz à plus de 1,2 GHz ! Ceci avec une excellente sensibilité hélas un peu variable avec les exemplaires. Dans le meilleur des cas, le circuit déclenche à moins de 10 mVeff ! Notons la protection par diodes D3 et D4. Le transistor T3 réalise l'adaptation ECL/TTL, pour attaquer le diviseur C1.13, une bascule de rapport 1/2. L'ensemble de la figure 5 donne donc un rapport de division global de  $64 \times 2 = 128$ .

## Fig. 6 : Commutateur d'entrées

La sortie HF de la figure 4 attaque P3, tandis que celle de la sortie UHF attaque P2. Si le point C est à  $+5$  V, P2 conduit et P3 est bloquée. C'est la gamme UHF qui est activée. Inversement, nous passons en gamme HF. Les signaux choisis traversent P4, N4 et sont convertis aux niveaux C-MOS par T4. DP est une commande de point décimal. La deuxième section du com-

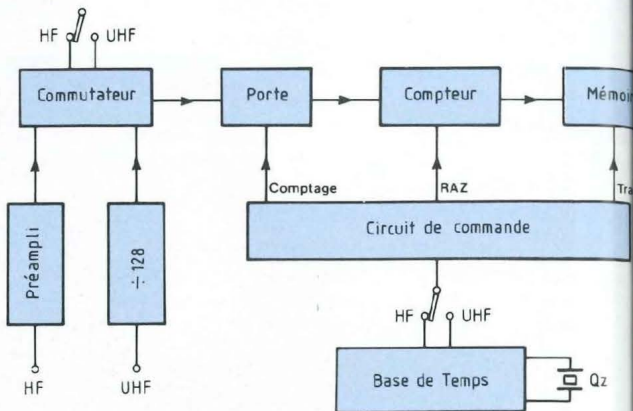
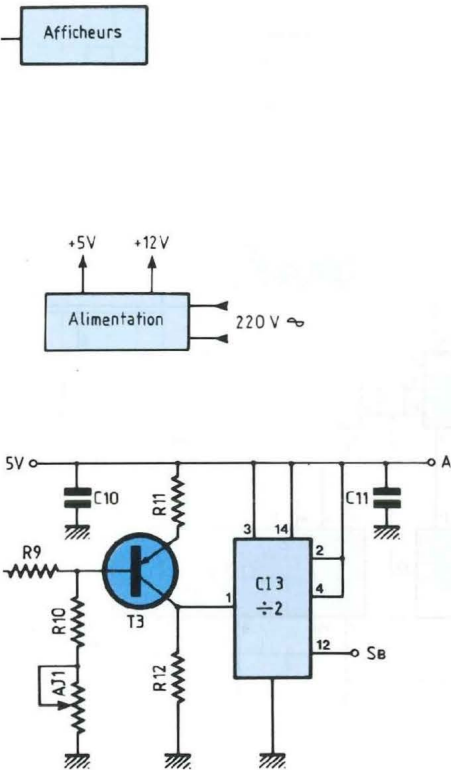
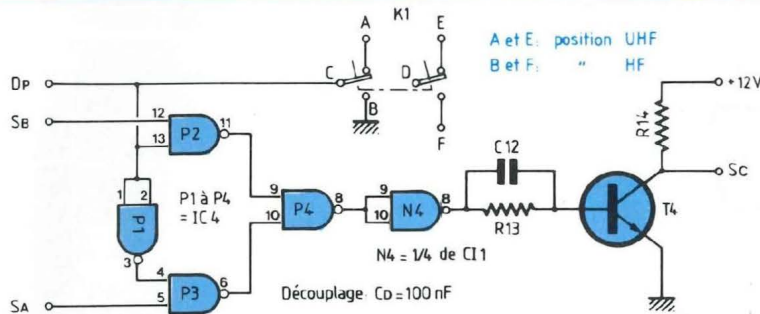


Fig. 3 : Diagramme général du BW 01.

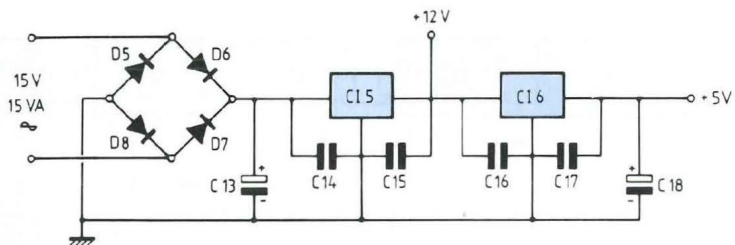
# LA GRANDE PRECISION A PEU DE FRAIS



**Fig. 7 : Une alimentation toute simple qui délivre un + 12 V, un + 5 V.**



**Fig. 6 : Commutation d'entrée HF/UHF.**



**Fig. 8 : Base de temps. Elle doit fournir les signaux de la figure 2.**

mutateur de gammes concerne la base de temps (voir fig. 8).

### Fig. 7 : Alimentation

Toute simple. Elle fournit + 12 V pour les circuits C-MOS et + 5 V pour les circuits d'entrées et les TTL. Les tensions sont issues de régulateurs intégrés.

### Fig. 8 : Base de temps

Cette section doit fournir les signaux de la figure 2. Elle est développée en C-MOS comme tout le reste du montage. La tension de 12 V assure une bonne vitesse à tous ces circuits.

Au départ, un quartz de 4 096 kHz mis en oscillation par C1. 7, un 4060, lequel divise de plus ce signal par  $2^{13}$ , soit 8 192. Le créneau de sortie a ainsi une fréquence de 500 Hz. Il est appliqué à C1.8, un 4518, double diviseur par 10, qui délivre donc du 5 Hz en F. Par ailleurs, C1.9, un 4020, divise par 27 ou 128 et sort du 3,90625 Hz en E. Le choix entre les deux sorties est fait

par le commutateur de la figure 6. Le signal choisi est appliqué sur C1.10, un 4017, diviseur par 10 à 10 sorties décodées (toutes au  $1/10^e$  de la fréquence d'entrée) (voir fig. 9). La sortie «carry-out», picot 12, donne un signal carré de rapport cyclique égal à 1. Ce signal assure l'ouverture et la fermeture de la porte de comptage. Cette porte est **ouverte sur les paliers bas**. La sortie «1», picot 6, donne le signal de transfert, inversé

par T5. Enfin la sortie «3», picot 7, donne le signal de RAZ.

– En HF, le signal SO a une fréquence de :

$$\frac{5 \text{ Hz}}{10} = 0,5 \text{ Hz.}$$

Sa période est de :

$$\frac{1}{0,5} = 2 \text{ s.}$$

Le palier bas dure la moitié de ce temps, donc 1 s. C'est bien ce qu'il fallait pour un affichage en hertz !

# FREQUENCEMETRE 1 Hz A 1,2 GHz

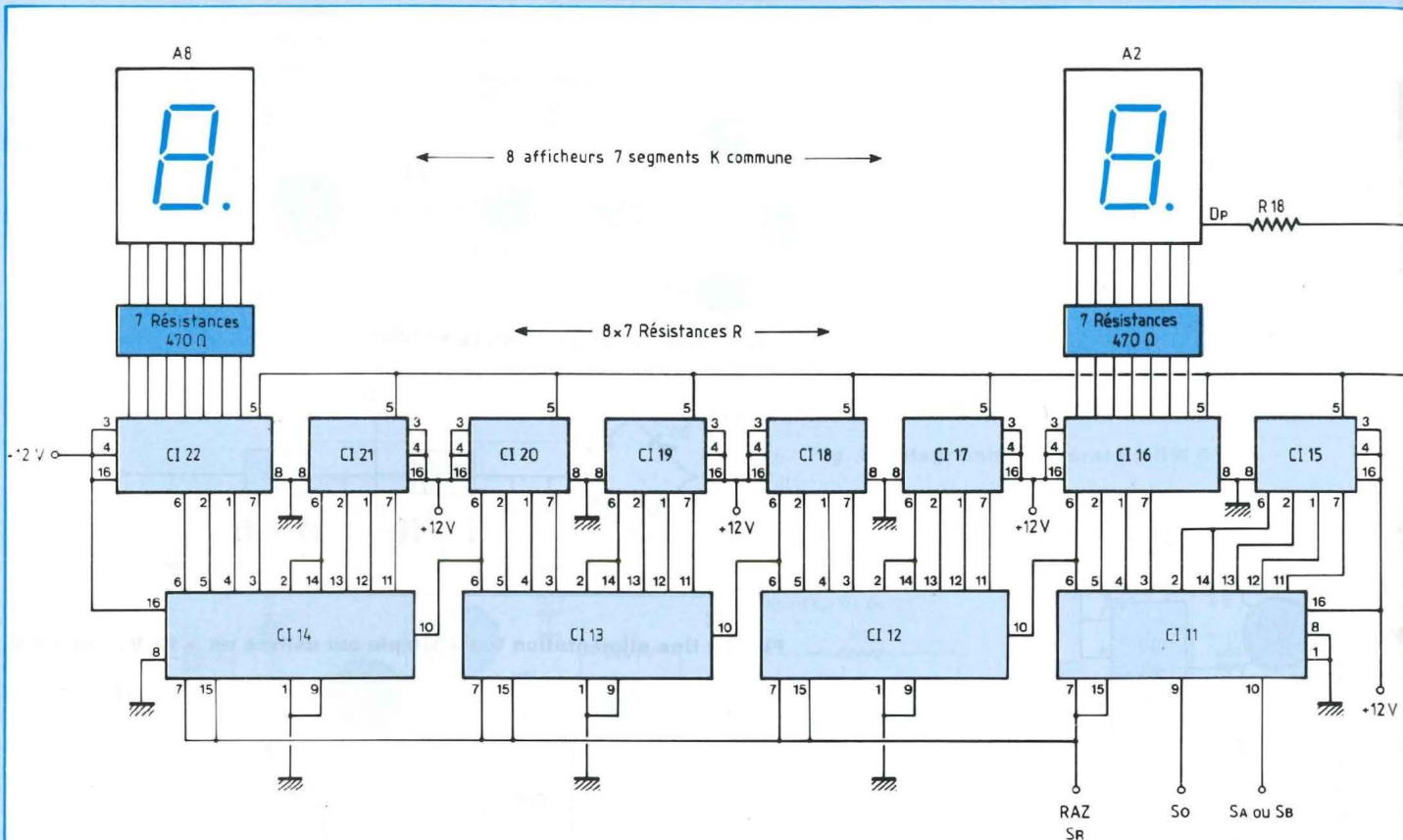


Fig. 10 : Le compteur. Un affichage à 8 chiffres est prévu.

- En UHF, le signal SO a une fréquence de :

$$\frac{3,90625}{10} = 0,390625 \text{ Hz,}$$

de période :

$$\frac{1}{0,390625} = 2,56 \text{ s.}$$

L'ouverture de porte dure alors 1,28 s. C'est la durée de comptage. Soit  $F_x$  la fréquence appliquée à l'entrée UHF et qui est divisée par 128 par les diviseurs d'entrée. La sortie SB (fig. 5) et SC (fig. 6) délivrent  $\frac{F_x}{128}$ . Le nombre de périodes comptées pendant l'ouverture de porte est :

$$n = \frac{F_x}{128 \times 1,28}$$

$$n = \frac{F_x}{100}$$

L'affichage marque donc le  $\frac{1}{100^e}$  de la fréquence réelle à mesurer !

Exemple :

$F_x = 1 \text{ GHz} = 1\,000\,000\,000 \text{ Hz}$   
soit à l'affichage 10000000 (deux zéros en moins !)  
ce qui doit se lire 1000000.0 kHz

D'où nécessité du point décimal entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>e</sup> digit, marquant les kHz en UHF.

### Fig. 10 : Le compteur

Un affichage de 8 chiffres est prévu. Nous trouvons donc 4 doubles décades 4518, réalisant les 8 divisions successives par 10 (CI.11 à CI.14). Entre ces décades et les afficheurs, les registres mémoires 4511, faisant en même temps le décodage BCD/7 segments. Les afficheurs sont alimentés sous 12 V, avec résistances de 470  $\Omega$  de limitation de courant. Le

signal de transfert est appliqué à tous les 4511. La RAZ agit sur tous les 4518. L'entrée comptage se fait sur la première décade (SA ou SB). Enfin, la porte n'apparaît pas dans le schéma car elle fait partie des décades 4518 (entrée Enable, picots 1 et 9). La première décade est ainsi contrôlée par le signal SO, mais toutes les autres sont actives en permanence, avec les picots 1 et 9 à la masse.

## REALISATION

### 1. Pose des composants

Il s'agit essentiellement de suivre les figures 13, 14 et 15.

#### a) C.I. principale

- Placer et souder les supports DIL.
- Placer et souder les nombreux straps.
- Souder tous les composants passifs

# LA GRANDE PRECISION A PEU DE FRAIS

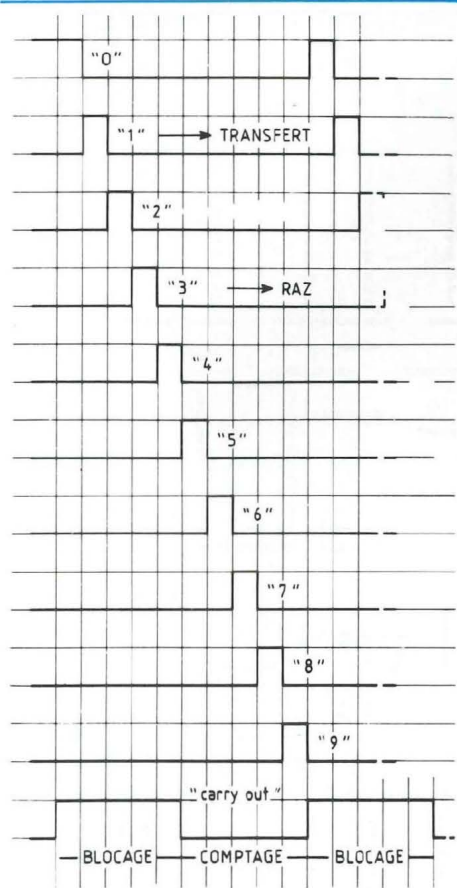
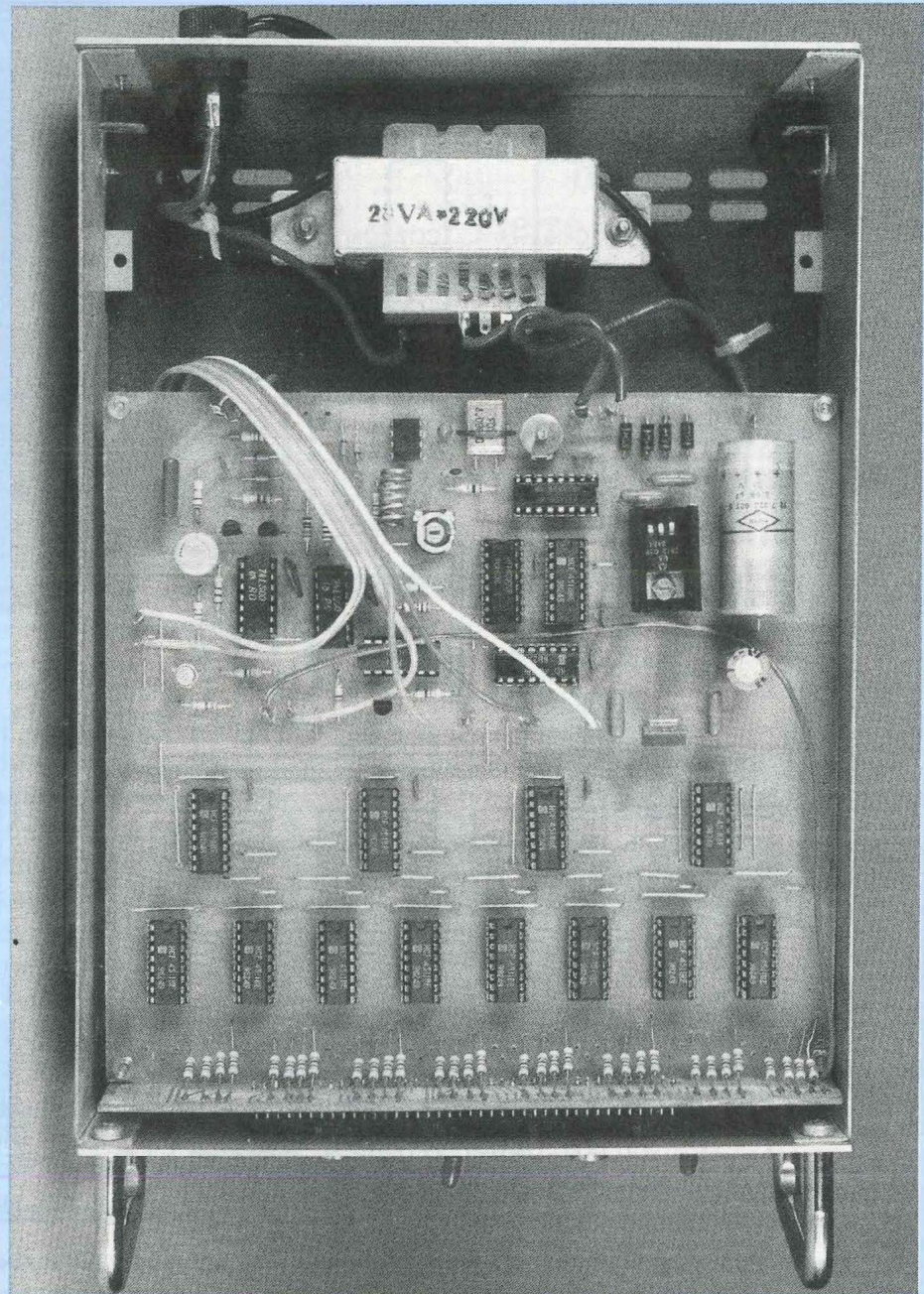


Fig. 9 : Signaux du 4017.

R et C. Veiller à laisser des fils très courts, les pièces enfoncées bien à fond sur la platine. Ne pas oublier que quelques millimètres de fil constituent une inductance importante dans le domaine des UHF.

La pose des chips est détaillée en figure 17. Ces éléments se soudent côté cuivre. Il est conseillé de les immobiliser avec un minuscule point de colle de façon à ne pas avoir trop d'ennui lors de la soudure. Procéder rapidement pour éviter de les détériorer..

- Souder les régulateurs. Attention au sens. Le 7812 est sur un radiateur.
- Réaliser et souder la bobine L1.
- Souder le quartz, maintenu éventuellement par un collier de fil isolé.
- Poser et souder les picots de liaisons (voir plus loin !).
- Le SDA2101 est en principe soudé,



à moins de lui trouver un support à hauteur quasi-nulle.

#### b) C.I. des afficheurs

- Poser et souder les 4 afficheurs doubles. Veiller à un alignement parfait dans tous les sens.
- Souder à l'équerre ce C.I. sur le C.I. principal (voir fig. 16). Faire une bonne soudure d'angle.

- Mettre en place et souder les 56 résistances de 470 Ω.

Terminer cette phase du travail par une vérification :

- de la valeur des composants en place ;
- du sens de ceux qui sont polarisés ;
- de la qualité des soudures ;

# FREQUENCEMETRE 1 Hz A 1,2 GHz

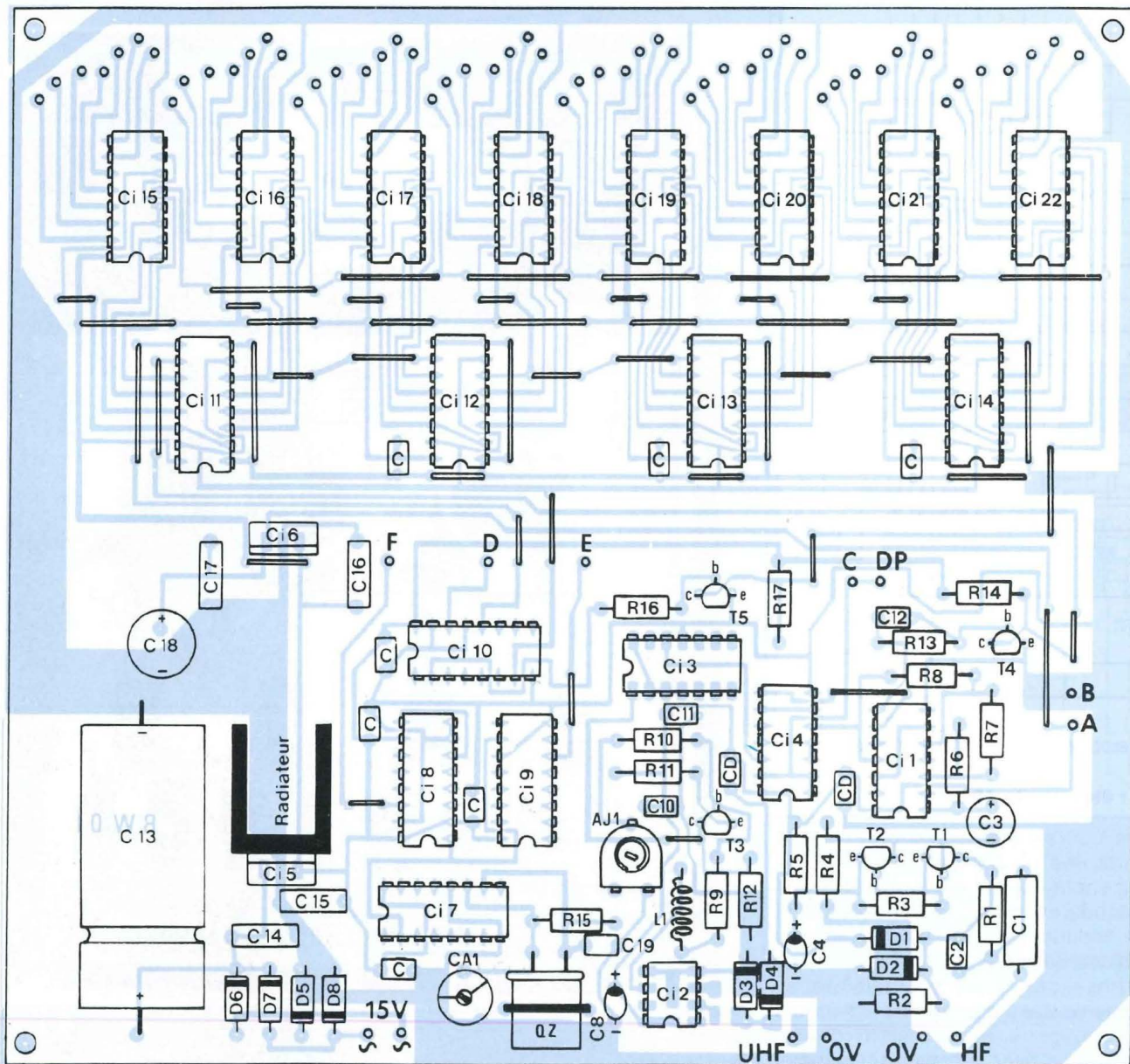


Fig. 13 : Câblage de la carte principale. On commence par souder les supports DIL et les nombreux straps.

- de l'absence de court-circuit ;
- voir si toutes les soudures ont été faites ;
- voir si tous les straps sont en place !

## 2. Montage définitif

La face avant du coffret référencé doit être découpée pour le passage des afficheurs et percée pour recevoir les commutateurs et les prises BNC. Le

circuit imprimé est porté par quatre tiges filetées et entretoises qui le maintiennent à 5 cm du fond. Le transformateur, le fusible sont fixés à l'arrière. Reste à faire le câblage entre ces éléments et le circuit imprimé.

La photo montre que les fils souples d'interconnexions sont soudés côté composants en faisant le tour de la

platine. La liaison HF est en petit coaxial ordinaire mais celle de la UHF emploie un coaxial spécial et une BNC de châssis spéciale également, avec capot arrière, pour éviter les ruptures d'impédance. Ces éléments sont fournis dans le kit. Côté SDA2101, le coaxial UHF doit être coupé très court et soudé au plus près.





# vient de paraître

## TECHNIQUES DES HAUT-PARLEURS ET ENCEINTES ACOUSTIQUES de

Pierre Loyez

325 pages

Tout sur les haut-parleurs,  
enceintes acoustiques,  
filtres, adaptation  
à l'environnement acoustique,  
essais, mesures, normes  
et critères de qualité

Cet ouvrage est une véritable mine de renseignements sur le principe de fonctionnement des haut-parleurs, des enceintes acoustiques, de leur comportement par rapport au local d'écoute. L'auteur, Pierre Loyez, l'un des pionniers de l'électroacoustique et compréhensible par tous les modes de fonctionnement des enceintes closes, bass-reflex, à pavillon permettra d'éviter bien des pièges dans l'interface de votre système de haut-parleurs. Le meilleur parti de votre système de haut-parleurs passionnés de transcription sonore mais aussi le plus essentiel que représente le haut-parleur.

« Techniques des haut-parleurs et enceintes acoustiques » Editions Fréquences et diffusé par Eyrolles, 61,

---

### BON DE C

Bon de commande à retourner à EMPPS Département

Je désire recevoir « TECHNIQUES DES HAUT-PARLEURS ET ENCEINTES ACOUSTIQUES »

au prix de 292

NOM



TECHNOLOGIE STEP CIRCUITS

### VOTRE SERVICE CIRCUITS IMPRIMES

Réalisation de vos prototypes en 48H00 sur plaques époxy

**\* à partir de vos films positifs**

(gravure, découpe, étamage)

	Non percé	Percé
le simple face :	40F le dm <sup>2</sup>	65F le dm <sup>2</sup>
le double face :	62F le dm <sup>2</sup>	100F le dm <sup>2</sup>

**Professionnels, consultez-nous : prix par quantités**

Plaques présensibilisées positives Epoxy FR4 16/10° - cuivre 35 microns			
Format	1 ou 2 faces cuivrées	Qté	Prix
100 × 160	10,00 F		
150 × 200	20,00 F		
200 × 300	40,00 F		
Frais de port et emballage.....			10 F
<b>Total à payer</b> .....			<b>F</b>

* Réalisation de vos films positifs ou négatifs A partir d'études à l'échelle 1, 2 ou 4 (y compris les implantations dans les revues)
<b>Le film AGFA DLD510p</b> format 32 × 22 cm 80F
<b>Total à payer (port compris) .....</b> F

**FILM POSITIF AGFA DLD510p**  
Pour la gravure de vos C.I.

Les films AGFA sont disponibles depuis le n° 86 de Led.

Je désire recevoir le film :

N° 86 <input type="checkbox"/>	N° 87 <input type="checkbox"/>	N° 88 <input type="checkbox"/>	N° 89 <input type="checkbox"/>
N° 90 <input type="checkbox"/>	N° 91 <input type="checkbox"/>	N° 92 <input type="checkbox"/>	N° 93 <input type="checkbox"/>
N° 94 <input type="checkbox"/>	N° 95 <input type="checkbox"/>	N° 96 <input type="checkbox"/>	N° 97 <input type="checkbox"/>
N° 98 <input type="checkbox"/>	N° 99 <input type="checkbox"/>	N° 100 <input type="checkbox"/>	N° 101 <input type="checkbox"/>
N° 102 <input type="checkbox"/>	N° 103 <input type="checkbox"/>	N° 104 <input type="checkbox"/>	N° 105 <input type="checkbox"/>
N° 106 <input type="checkbox"/>	N° 107 <input type="checkbox"/>	N° 108 <input type="checkbox"/>	N° 109 <input type="checkbox"/>
N° 110 <input type="checkbox"/>	N° 111 <input type="checkbox"/>		
n° 112 <input type="checkbox"/>	ampli 400 W	N° 112 <input type="checkbox"/>	gainmètre
n° 113 <input type="checkbox"/>	n° 114 <input type="checkbox"/>	Prix unitaire : <b>32 F</b>	

**Total à payer (port compris) .....** F

# BON DE COMMANDE

## Pour compléter votre collection de LED

Les numéros non mentionnés sont épuisés.

(Indiquer la quantité et cocher les cases correspondantes au numéros désirés).

Je vous fais parvenir ci-joint le montant de..... F par CCP  par chèque bancaire  par mandat

(Ecrire en CAPITALES, S.V.P.)

NOM.....  
 PRENOM.....  
 N°..... RUE.....  
 CODE POSTAL..... VILLE.....

à adresser aux EDITIONS PERIODES  
 service abonnements  
 1, boulevard Ney 75018 PARIS

Je désire : ..... n° 72  ..... n° 79  ..... n° 81   
 .... n° 84  .... n° 88  .... n° 92  .... n° 93   
 ... n° 96  ... n° 101  ... n° 102  ... n° 104   
 ... n° 105  ... n° 106  ... n° 107  ... n° 108   
 ... n° 109  ... n° 110  ... n° 111  ... n° 112   
 ... n° 113  30 F le numéro (frais de port compris)

### OFFRE EXCEPTIONNELLE D'ABONNEMENT

## 150 F JUSQU'AU 10 JANVIER 94

- Possibilité pour les lecteurs déjà abonnés de prolonger leur abonnement de 10 numéros. Economisez 130 F sur l'achat des Led n°s 115 à 124

# ABONNEZ-VOUS A

# LED

- déjà abonné  
 Nouvel abonné  
 Cochez la case

Je désire m'abonner à LED (10 n°s par an). Je profite ainsi de la remise permanente de 25% sur mes commandes de circuits imprimés et j'économise 70,00 F sur l'achat de mes numéros.

(Ecrire en CAPITALES, S.V.P.)

FRANCE, BELGIQUE, SUISSE, LUXEMBOURG : 210 F AUTRES\* : 290 F

NOM.....  
 PRENOM.....  
 N°..... RUE.....  
 CODE POSTAL..... VILLE.....

\* Pour les expéditions « par avion » à l'étranger, ajoutez 80 F au montant de votre abonnement.

Ci-joint mon règlement par : chèque bancaire  C.C.P.  mandat

Le premier numéro que je désire recevoir est : N°.....

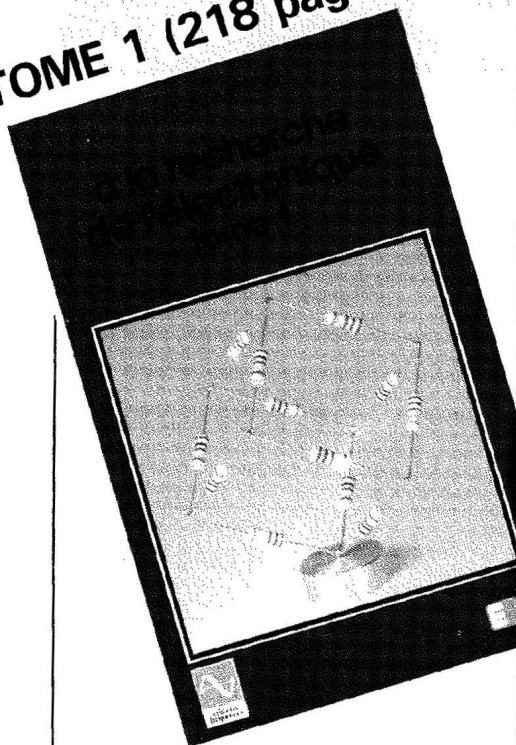
A retourner accompagné de votre règlement à :

Service Abonnements, EDITIONS PERIODES 1, boulevard Ney 75018 PARIS - Tél. : 42.38.80.88 poste 7315

# Accessible à tous

à la recherche de l'électronique de Georges Matoré

TOME 1 (218 pages)



TOME 3 (232 pages)



TOME 2 (214 pages)



## Pour assimiler facilement les bases de l'électronique

Voici trois tomes indispensables à tous ceux qui désirent avoir une connaissance approfondie de l'électronique, cette technologie qui nous envahit chaque jour davantage. Sans la moindre base en la matière, l'enchaînement des chapitres vous donnera un niveau d'instruction très honorable allié à un savoir-faire enviable. La première partie vous fera découvrir les phénomènes essentiels reproductibles ainsi que les lois qui les gouvernent. La seconde vous éclairera sur la dynamique du transistor, composant né en 1947 dans les laboratoires de la Bell Company. La troisième vous amènera au pays de composants et circuits spéciaux.

Ces trois tomes pour tout savoir sur l'électronique sont édités par le département Editions Fréquences d'EMPPS et diffusés par Eyrolles, 61, Bd Saint-Germain, 75240 Paris Cedex 05.

### BON DE COMMANDE

Bon de commande à retourner à EMPPS département Editions Fréquences, 1, boulevard Ney, 75018 Paris.

- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 1 au prix de 162 F, port compris
- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 2 au prix de 162 F, port compris
- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 3 au prix de 177 F, port compris
- Je désire recevoir « A LA RECHERCHE DE L'ELECTRONIQUE » TOME 1, TOME 2 et TOME 3 au prix de 500 F, port compris

NOM \_\_\_\_\_ PRENOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_ VILLE \_\_\_\_\_

Ci-joint mon règlement par :

C.C.P.

Chèque bancaire

# LA GRANDE PRECISION A PEU DE FRAIS

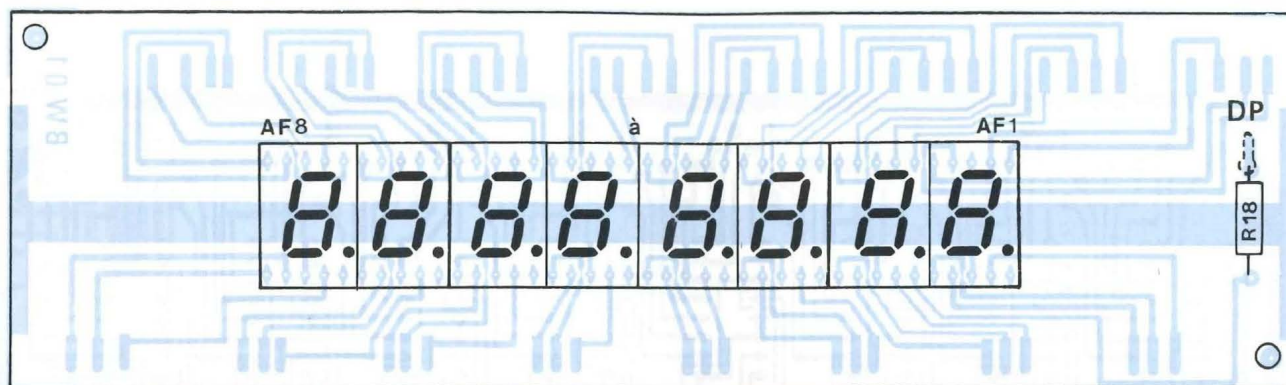


Fig. 14 : Câblage de la carte d'affichage. Elle utilise des afficheurs doubles TIL 815.

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### • Résistances à couches

± 5 % 1/4 W

- R1 - 120 kΩ
- R2 - 1 MΩ
- R3 - 1,5 kΩ
- R4 - 560 Ω
- R5 - 10 Ω
- R6 - 2,2 kΩ
- R7 - 470 Ω
- R8 - 4,7 kΩ
- R9 - 150 Ω
- R10 - 1 kΩ
- R11 - 22 Ω
- R12 - 330 Ω
- R13 - 4,7 kΩ
- R14 - 680 Ω
- R15 - 10 MΩ
- R16 - 4,7 kΩ
- R17 - 4,7 kΩ
- R18 - 470 Ω
- R - 470 Ω × 56

### • Ajustable VA05 H

- AJ1 - 10 kΩ

### • Condensateurs

- C1 - 180 nF mylar
- C2 - 100 pF céramique
- C3 - 100 μF chimique/radial
- C4 - 10 μF tantale
- C5 - 1 nF chip
- C6 - 1 nF chip

- C7 - 1 nF chip
- C8 - 10 μF/16 V tantale
- C9 - 1 nF chip
- C10 - 10 nF céramique
- C11 - 10 nF céramique
- C12 - 10 nF céramique
- C13 - 2 200 μF/25 V chimique
- C14 - 68 nF mylar
- C15 - 68 nF mylar
- C16 - 68 nF mylar
- C17 - 68 nF mylar
- C18 - 220 μF/16 V chimique
- C19 - 47 pF céramique
- C - 10 nF céramique × 7
- CD - 100 nF céramique × 2

### • Semiconducteurs

- CI.1 - 74LS00
- CI.2 - SDA2101
- CI.3 - 74LS73
- CI.4 - 74LS00
- CI.5 - 7812
- CI.6 - 7805
- CI.7 - 4060
- CI.8 - 4518
- CI.9 - 4020
- CI.10 - 4017
- CI.11, CI.12, CI.13, CI.14 - 4518
- CI.15, CI.16, CI.17, CI.18, CI.19, CI.20, CI.21, CI.22 - 4511
- TI - BF245B

- T2 - BC307
- T3 - BC307
- T4 - 2N706
- T5 - BC170B
- D1 à D4 - 1N4148
- D5 à D8 - 1N4004
- AF1 à AF8 - afficheurs à cathode commune

### • Divers

- L1 - 6 spires de fil 8/10 sur diam. 5 mm
- Qz - Quartz de 4096 kHz fondamentale HC18/U
- TA - transformateur 15 VA - 220 V / 15 V
- K1 - double inverseur
- Boîtier RETEX série Solbox, type R5.5
- Radiateur pour TO220
- 11 cosses picots
- 16 supports DIL 2 × 8 picots
- 3 supports DIL 2 × 7 picots
- 2 supports DIL 2 × 20 picots
- 2 prises BNC (dont une UHF)
- 1 tumbler
- 1 cordon secteur
- 1 passe-fil
- vis, écrous, entretoises
- fil de câblage
- coaxial ordinaire et UHF

# FREQUENCEMETRE 1 Hz A 1,2 GHz

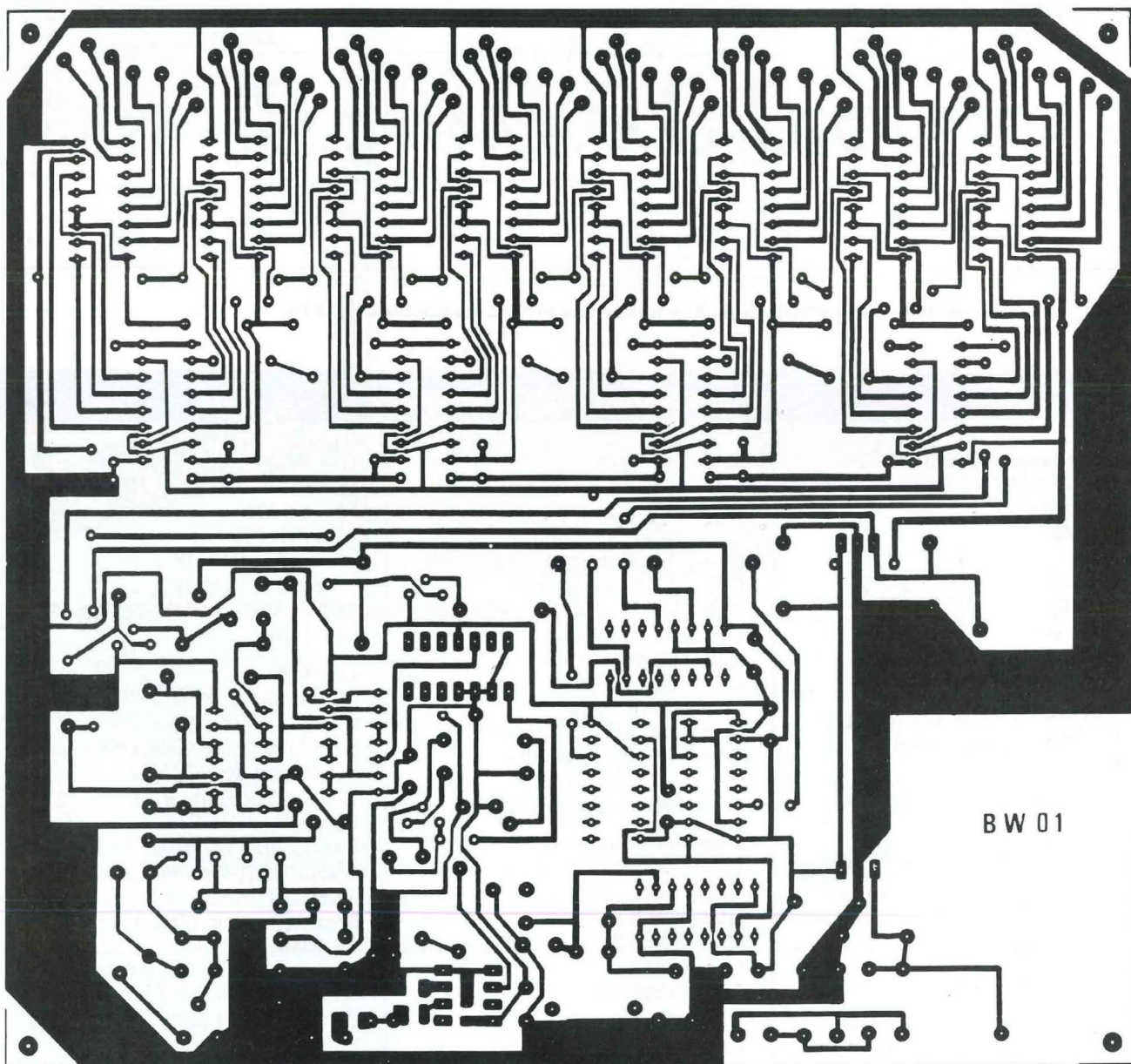


Fig. 11 : Circuit imprimé principal.

# LA GRANDE PRECISION A PEU DE FRAIS

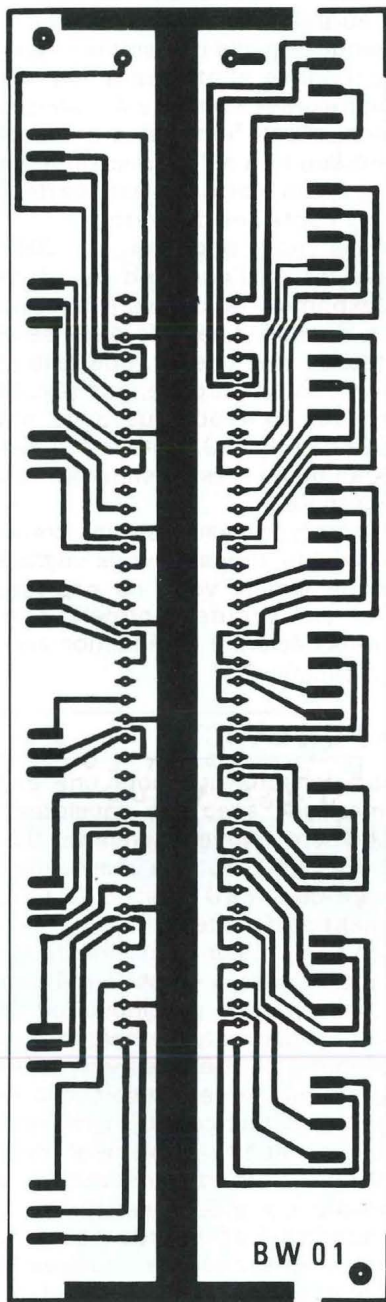
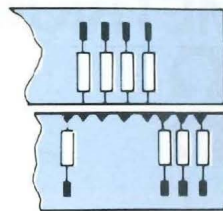


Fig. 12 : Circuit d'affichage.



Vue F

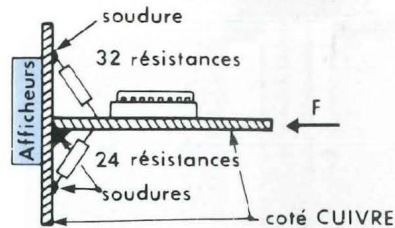


Fig. 15 : Câblage des 50 résistances de 470  $\Omega$ .

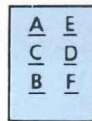


Fig. 16 : Double inverseur vu de derrière.

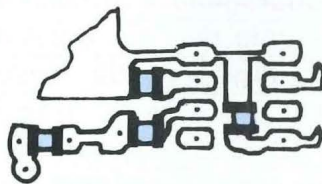


Fig. 17 : Pose des chips.

### 3. Mise en service

Mettre en place tous les circuits intégrés... dans le bon sens et après une ultime vérification. Commutateur sur HF. Contact !

Les afficheurs s'allument et marquent 0 partout ! C'est bien ! Injecter un signal de fréquence connue et comprise entre quelques hertz et 10 MHz, amplitude de l'ordre de 100 à 200 mV. La fréquence s'affiche sans problème !

Notons que cette entrée HF supporte de forts niveaux, sans risque de claquage : au moins 150 V !

Passer en UHF. Entrée en l'air, le SDA2101 a tendance à osciller sur lui-même et de ce fait, l'affichage indique des valeurs erratiques ! On peut supprimer ce phénomène en amortissant l'entrée UHF par une résistance de valeur aussi élevée que possible, mais suffisante pour empêcher cette oscillation. Malheureusement, cette résistance va réduire notablement la sensibilité et, de ce fait, doit être déconseillée. De toute manière, en usage normal, le défaut n'existe pas.

Injecter un signal de fréquence 100 MHz au moins et de quelques dizaines de mV d'amplitude. Le réglage AJ1 permet d'affiner la polarisation de T1 pour le meilleur déclenchement possible. La fréquence s'affiche en kHz, avec point décimal au digit 2.

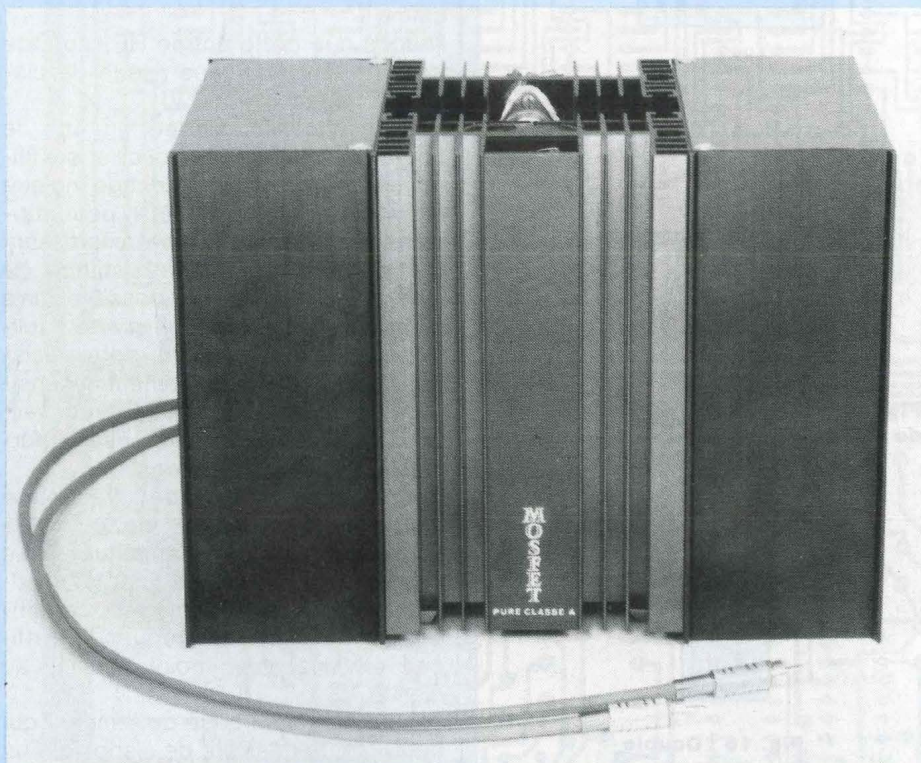
Il reste à caler la base de temps. Pour cela il est nécessaire de disposer d'un signal étalon de fréquence. Régler alors l'affichage sur la valeur idéale en jouant sur le condensateur ajustable CA1. On peut être amené à retoucher la valeur de C19 si la course de CA1 est insuffisante.

C'est tout !

Il ne vous reste plus maintenant qu'à utiliser votre BW01 tout neuf ! Nous sommes sûrs que vous ne regretterez pas l'acquisition et la réalisation de cet appareil performant !

C. Th.

# AMPLIFICATEUR CLASSE A A ALIMENTATION SYMETRIQUE 2 × 40 Weff/8 Ω 2 × 80 Weff/4 Ω



Nous pensions en avoir terminé avec cette longue série d'articles sur les amplificateurs classe A, notre dernière réalisation étant le BIPMOS, appareil publié dans nos n<sup>os</sup> 108 et 109. Eh bien non ! un sympathique lecteur nous ayant à plusieurs reprises téléphoné, celui-ci chaque fois nous encourageait à persévérer dans nos études et notamment dans la voie de l'alimentation symétrique, afin de supprimer le condensateur de liaison ampli/HP de 4 700 μF. Un premier essai a été tenté avec le préamplificateur classe A des n<sup>os</sup> 99 et 103. Coup d'essai, coup de maître ! Les résultats d'écoute obtenus sont stupéfiants. Ces numéros étant épuisés, prochainement, afin de donner satisfaction aux nombreux lecteurs qui n'ont pu les acquérir, nous republions cet appareil avec bien entendu quelques améliorations.

**C**e nouvel appareil décrit dans ces colonnes (le 7<sup>e</sup>, quelle coïncidence) est, et de très loin, ce que nous avons réussi à mettre au point de mieux. Les écoutes obtenues, quelle que soit la musique sélectionnée sont surprenantes. Le registre grave surtout est d'une puissance, d'une fermeté et d'une propreté que l'on a l'impression d'avoir affaire à un bloc de puissance de plusieurs centaines de watts. Jamais nos boomers de 38 cm n'avaient eu l'occasion de pouvoir "s'exprimer" auparavant avec une telle aisance, une telle maîtrise des notes les plus basses, une telle précision ! Et oh surprise, ces résultats d'écoute sont obtenus avec notre MOSFET IRF 150. Autant dire que le médium/aigu reste superbe, sans agressivité.

Le prototype ayant fait ses preuves de fiabilité (nous l'avons maltraité comme jamais vous ne pourrez le faire en écoute normale, nous l'avons déclaré à la rédaction apte à la publication.

## LA PUISSANCE

Nous pensons que pour une étude domestique avec des enceintes de rendement moyen, environ 90 à 92 dB/1 W/1 m, une puissance de l'ordre de 2 × 40 W eff/8 Ω est largement suffisante.

La mise au point d'un amplificateur en pure classe A de cette puissance ne pose pas de problèmes particuliers, la dissipation thermique est facilement contrôlable avec de bons dissipateurs et au besoin avec un petit ventilateur complémentaire. Un autre paramètre également important dans les caractéristiques d'une enceinte acoustique est la linéarité d'impédance en fonction de la fréquence. Beaucoup de "caisses" ne présentent pas leur carte d'identité dans les bancs d'essais (courbe d'impédance), cette courbe est bien trop tourmentée pour être publiée. Une enceinte donnée par exemple pour une impédance de 8 Ω à 1 kHz



# LA VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION

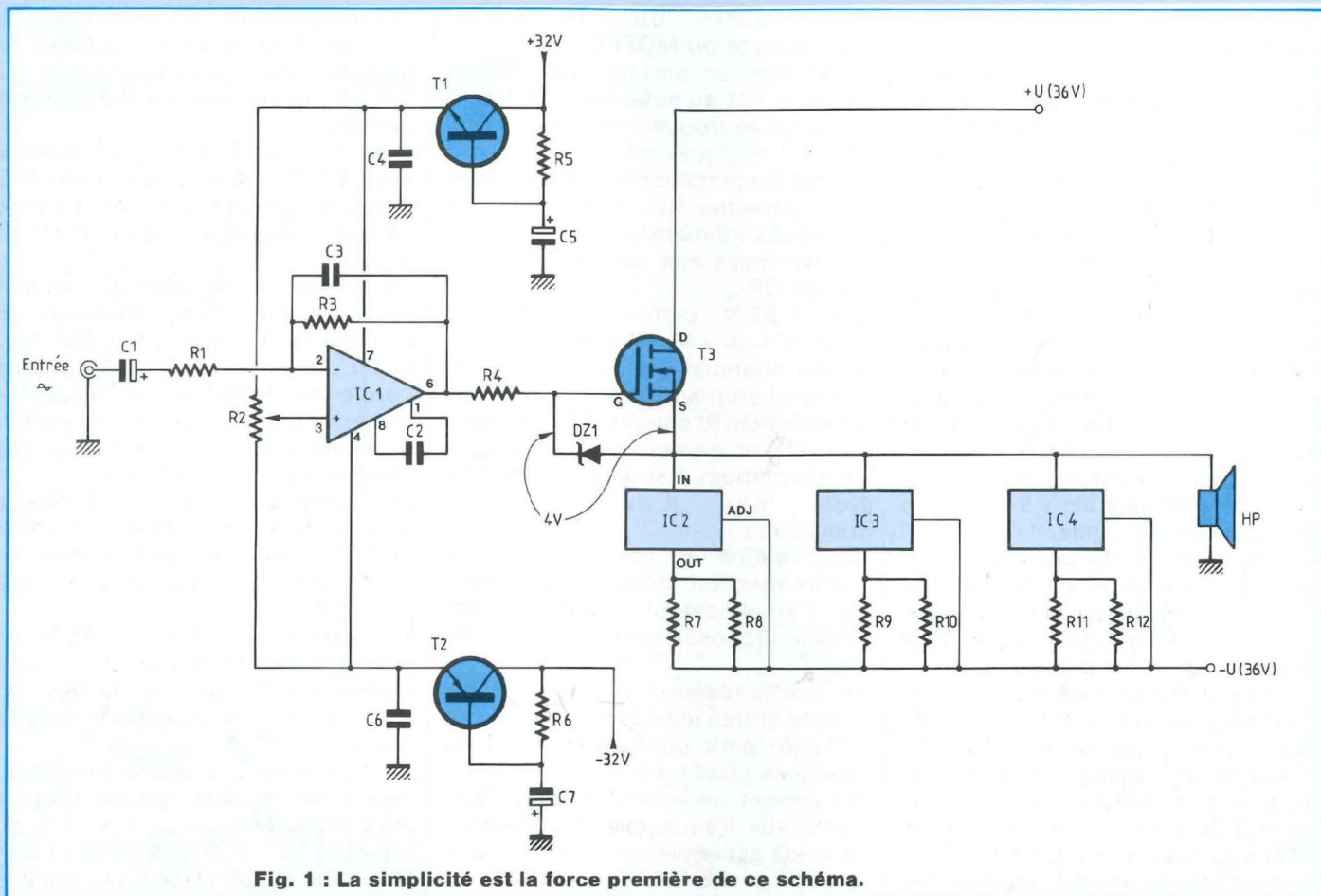


Fig. 1 : La simplicité est la force première de ce schéma.

voit celle-ci dégringoler à 3 ou 4  $\Omega$  à 100 Hz ! Ces variations d'impédance vues à la baisse font souffrir bon nombre d'amplificateurs aux alimentations poussives fonctionnant en classe A.B, mais également la série d'appareils en classe A que nous vous avons proposée ces derniers temps. Notre bloc de puissance par exemple donné pour 50 Weff/8  $\Omega$  voit celle-ci chuter à 25 W eff/4  $\Omega$  (Led n° 81). Ceci est fort ennuyeux surtout si en plus l'enceinte a un mauvais rendement. Vous avez été nombreux à nous téléphoner pour nous signaler : "Mon amplificateur marche à merveille mais quand je pousse un peu le volume, j'entends comme une grésillement !" Là est la cause : saturation de l'appareil due à l'addition mauvais rendement + chute d'impé-

dance de l'enceinte. Pour piloter de telles caisses il ne faut pas 50 Weff, mais 500 Weff.

L'appareil que nous vous proposons de construire ne présente plus cet inconvénient. Donné pour  $2 \times 40$  Weff/8  $\Omega$ , celui-ci voit sa puissance doubler pour une impédance de charge de 4  $\Omega$ . Sachant que sa bande passante descend dans le grave à 0,5 Hz (-3 dB) et que le condensateur électrochimique de liaison en sortie a disparu, la réponse aux basses fréquences ne peut être "qu'explosive". C'est bien en effet ce que nous avons pu constater à l'écoute de nos 38 cm Celestion ! Pour arriver à ce résultat par contre, il n'y a pas de miracle, il faut de l'énergie en réserve, nous avons donc soigné l'alimentation de ce classe A tant en microfarads pour le

bruit qu'en ampères pour le tonus, ce que nous verrons plus loin.

## LES SCHEMAS ADOPTES

### L'AMPLIFICATEUR

Nous avons retenu celui dessiné en figure 1. Il y a toujours un air de famille avec les schémas précédents (Led n°s 34, 70, 81, 89, 94, 108).

Sa simplicité est sa force première. Il va de soi que moins un signal ne traverse d'étages, plus il a de chance d'en ressortir sans distorsion. Nous ne parlerons d'ailleurs pas ici de l'inévitable distorsion de croisement qui caractérise le fonctionnement des étages push-pull en classe A.B. Notre transistor T3 s'occupe à lui seul des alternances positives et négatives du signal qui lui sont présentées sur sa gate, pas de raccor-

## AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A

dement donc et pas de distorsion non plus.

Nous voyons sur le schéma de la figure 1 l'apparition d'une alimentation symétrique de  $\pm 36$  V filtrée et  $\pm 32$  V stabilisée.

Une bonne stabilisation est primordiale car c'est de celle-ci que dépend la stabilité du 0 V aux bornes de la charge. Le haut-parleur étant référencé d'un côté au véritable 0 V, la masse, il faut que l'autre extrémité de la bobine s'en approche également le plus possible, sinon une tension continue va apparaître. Si celle-ci est importante (positive ou négative, peu importe), le haut-parleur va gémir de mécontentement, la bobine va chauffer et gare alors à l'accident provoqué par M. Joule.

Quelques millivolts ne présentent aucun danger. Si, en phase finale de réalisation et de réglage de l'appareil, votre multimètre indique 50 à 100 mV, ce n'est pas grave, votre boomer ne frissonnera même pas !

Ce réglage du potentiel 0 V est réalisable avec l'ajustable R2. Afin d'obtenir un réglage fin et stable, nous avons sélectionné un multitours. Celui-ci a ses extrémités reliées au +32 V et au -32 V. Il est évident que la position médiane du curseur de R2 appliquera à l'entrée non inverseuse de IC1 un potentiel de 0 V et que, par conséquent, ce même potentiel se retrouvera en sortie sur la broche 6 (nous avons appris cela avec M. Matoré !).

Nous obtenons bien le réglage souhaité mais... Ce n'est pas une tension de 0 V que nous devons rechercher sur la broche 6 de IC1, sinon il suffirait tout simplement de mettre l'entrée non-inverseuse à la masse avec toute la stabilité que cela entraînerait.

Vous pourrez et vous devrez le vérifier sur vos montages d'ailleurs en reliant votre multimètre aux bornes d'une charge de 8  $\Omega$  lors des derniers réglages.

En polarisant la sortie 6 de IC1 à 0 V, vous constaterez la présence d'une tension de -4 V environ aux bornes de la charge, cette tension

n'est autre que la d.d.p. Gate/Source du MOSFET T3.

C'est donc en portant (avec R2) la sortie de IC1 au potentiel de 4 V que la charge se trouvera reliée entre 0 V et 0 V  $\pm$  quelques mV.

Toutes les précautions ont été prises pour alimenter IC1, stabilisation et filtrage surdimensionnés, filtrages électroniques aux bornes 4 et 7 de l'ampli OP...

Les  $\pm 32$  V permettent d'utiliser pour IC1 le LM 344 H beaucoup moins onéreux que le LM 144 H. L'emploi d'un ampli OP réduit considérablement la complexité de l'étage d'entrée et garantit un fonctionnement optimum. Pas de dérive thermique, pas d'appairage de transistors...

Nous avons ici encore retenu la contre-réaction locale et non totale de l'amplificateur, comme pour l'étude proposée dans le n° 108 de Led.

La contre-réaction réalisée par R3 shunte entrée inverseuse et sortie de IC1. Un petit condensateur C3 de quelques picofarads en parallèle sur R3 permet de limiter la bande passante aux fréquences élevées. Plus la valeur est faible et plus les signaux carrés à 20 kHz présentent un temps de montée négligeable.

Cette résistance associée à R1 va également déterminer le coefficient d'amplification pour IC1. Le montage étant du type à entrée inverseuse, il s'agit du rapport de R3/R1. Avec nos valeurs sélectionnées, celui-ci est de 15.

Le passe-haut d'entrée R1-C1 limite les basses fréquences à une valeur très faible. Néanmoins, C1 permet une fois chargé de bloquer toute tension continue pouvant se présenter sur son armature (-). C'est préférable. La limitation intervient à -3 dB à la fréquence de :

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R1 \cdot C1} = \frac{1}{6,28 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 23 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^3}{2072,4} \approx 0,48 \text{ Hz}$$

Le condensateur C2 en shunt sur les broches 1 et 8 de IC1 permet de garantir une parfaite stabilité du LM 344 H, aucune oscillation n'est permise.

Les filtrages électroniques réalisés avec T1, T2 et les composants R.C associés garantissent une parfaite immunité aux bruits d'alimentation pour IC1.

La résistance R4 sert de tampon entre l'ampli OP et l'électrode de commande du MOSFET. L'IRF 150 ayant une capacité Grille-Source de l'ordre de 2 000 pF, la résistance R4 de 470  $\Omega$  permet de faire reculer la bande passante aux fréquences élevées à environ 170 kHz.

Une surtension même très brève de plus de 20 V sur la Gate d'un MOSFET est toujours destructrice, la diode zener DZ1 de 15 V protège donc T3.

Le Drain est polarisé à +36 V, ce potentiel est filtré par un énorme réservoir d'énergie de 22 000  $\mu$ F/40 V, ce que nous verrons un peu plus loin.

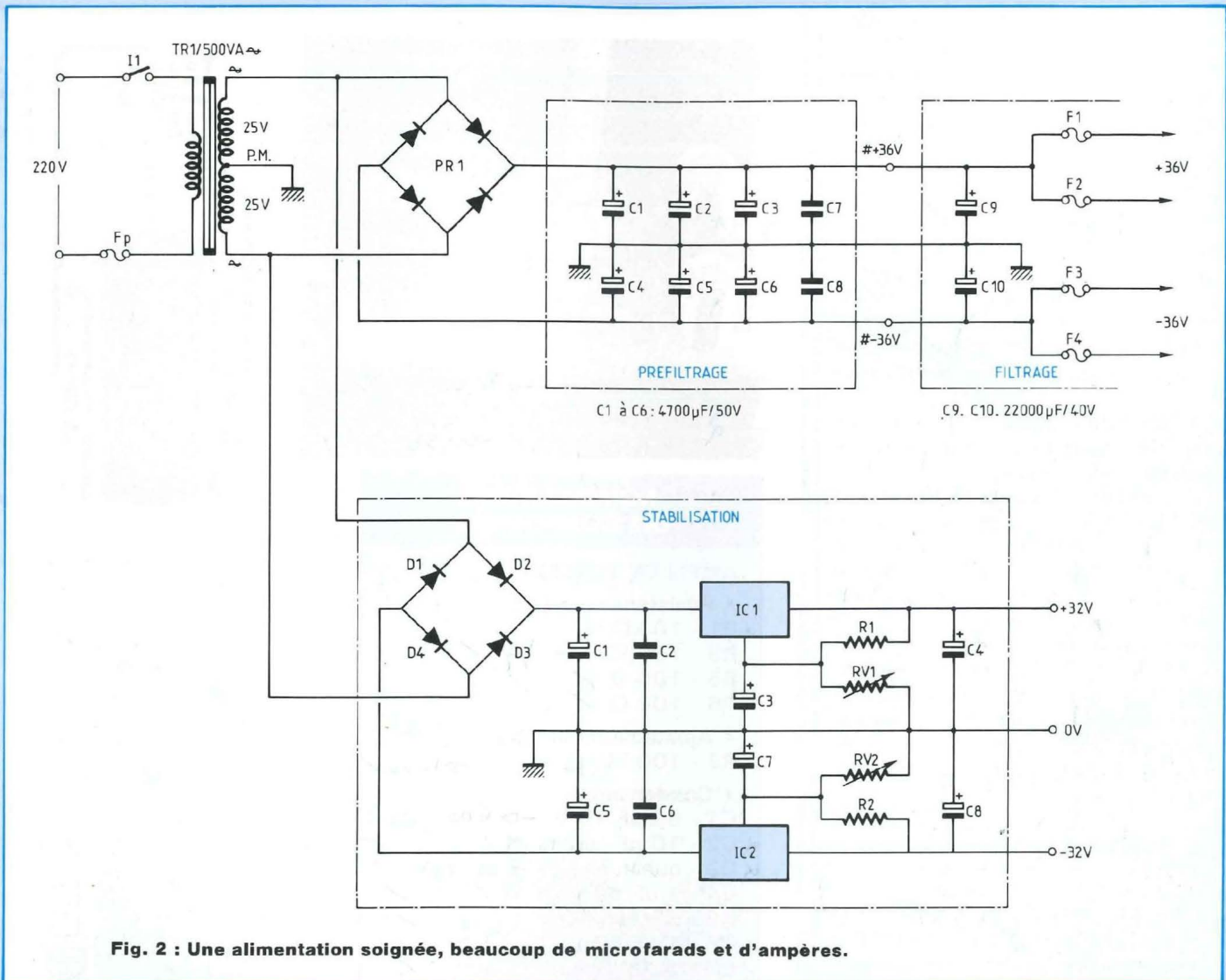
La Source est connectée à un générateur de courant faisant appel à trois régulateurs IC2, IC3, IC4 du type LM 317 HVK montés en parallèle. Chaque générateur tire donc le tiers du courant qui traverse la jonction (D) - (S) de T3.

Ce courant est déterminé par la valeur des résistances placées entre le OUT du régulateur et le potentiel -36 V.

Dans le cas de IC2 (identique pour IC3 et IC4), la mise en parallèle de R7 et R8 de valeurs ohmiques 0,82  $\Omega$  et 1,2  $\Omega$  respectivement détermine une résistance équivalente de 0,487  $\Omega$ . La d.d.p. présente aux bornes de R7 et R8 étant de l'ordre de 0,34 V, nous en déduisons un courant de 0,7 A environ, soit un courant de repos total de 2,1 A.

Les tensions d'alimentation mises en jeu ne permettent pas d'utiliser des régulateurs LM 317 K. Bien que n'ayant entre leurs bornes IN-OUT que des potentiels de l'ordre de 36 V après stabilisation, la mise

# LA VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION



sous tension de l'appareil fait apparaître une brève surtension de 50 V néfaste aux LM 317 K qui ne supportent que 40 V max. Eloignez donc de votre esprit cette idée d'économie sur ces composants et préférez la fiabilité de votre classe A avec des HVK.

## L'ALIMENTATION

L'élément de base est un transformateur torique de  $2 \times 25 \text{ V} / 500 \text{ VA}$ . La marge de sécurité est grande, 50 %, mais avec du classe A c'est préférable. N'oublions pas que la consommation au repos est importante ! Le schéma de la figure

2 fait apparaître deux alimentations, l'une simplement redressée et filtrée, l'autre stabilisée.

Le point milieu (P.M.) du transformateur servant de référence de masse (0 V), les deux autres extrémités sont appliquées à un pont redresseur de forte puissance PR1. Nous obtenons donc, par rapport à notre 0 V, deux tensions symétriques  $\pm U$ . Un pré-filtrage composé de six électrochimiques de  $4\,700 \mu\text{F}$  permet d'obtenir des tensions continues de  $\pm 36 \text{ V}$  ( $U \cdot \sqrt{2}$ ). La mise en parallèle de ces composants réduit leur résistance interne du tiers tout en multi-

pliant par 3 la capacité, soit  $14\,000 \mu\text{F}$ .

Chaque cartouche a un courant de charge de 2,1 A, ce qui n'est déjà pas négligeable. Nous trouvons ensuite deux autres réservoirs de  $22\,000 \mu\text{F}$  capables d'emmagasiner des courants de 12,6 A à 100 Hz. Cette énergie considérable est appliquée à l'amplificateur au travers de fusibles F1-F4 pour le canal droit et F2-F3 pour le canal gauche.

L'alimentation stabilisée est totalement autonome. A partir du secondaire du transformateur TR1, quatre diodes redressent les tensions alter-

# AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A

natives. Le filtrage s'opère avec deux capacités de 4 700  $\mu\text{F}$  (C1-C5). Vu la faible consommation des LM 344 H, le bruit est exterminé. La régulation est classique avec des boîtiers LM 317 T pour le positif et LM 337 T pour le négatif. La parfaite stabilisation est fixée à  $\pm 32$  V.

Nous avons conduit nos premiers essais sans cette stabilisation, en transformant les filtrages électroniques T1 et T2 de la figure 1 en alimentations stabilisées. Manipulation simple, il suffisait d'insérer une diode zener dans la base des transistors.

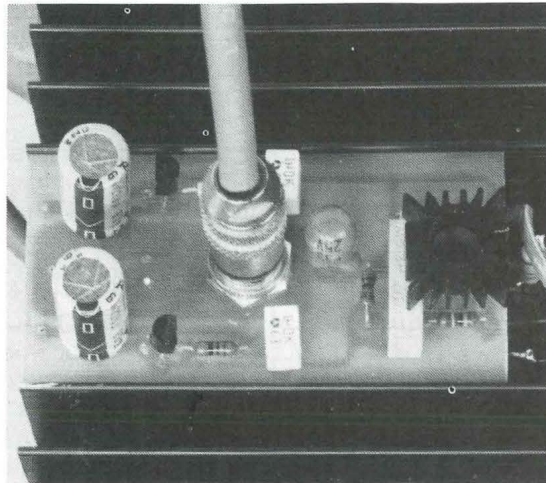
Les résultats d'écoute furent médiocres, beaucoup trop de souffle (vous pensez, une écoute avec des médiums/aigus ayant un rendement de 102 dB !), une instabilité gênante du 0 V qui se manifestait par des "crachouillis" : présence d'une tension continue variable aux bornes des enceintes.

Cela ne pouvait nous convenir, d'où cette décision d'alimenter les LM 344 H au travers d'une stabilisation surdimensionnée, donc très fiable. Les boîtiers TO220 n'ont pas besoin pour cette application de dissipateurs !

## LA VENTILATION

La réalisation que nous vous proposons est relativement compacte. Comme chaque radiateur doit dissiper une puissance de l'ordre de 150 watts, certains lecteurs les trouveront bien chauds (pas suffisamment en tout cas pour détruire les puces au silicium qui s'y sont accroché !). Un ventilateur peut aider à faire fuir ces calories inutiles. Qu'il soit alimenté en 220 V~ ou en continu 12 V, il est préférable de choisir un modèle aux dimensions de 120 x 120 mm. Elles permettent de le fixer directement dans les rainures du radiateur, nous verrons cela plus loin.

Un modèle 12 V continu présente également l'avantage de pouvoir jouer sur sa vitesse de rotation en lui appliquant des tensions comprises



## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### AMPLI EN TENSION

- Résistances  $\pm 1\%$  1/2 W
  - R1 - 10 k $\Omega$
  - R3 - 150 k $\Omega$   $\rightarrow 1/2$
  - R5 - 100  $\Omega$
  - R6 - 100  $\Omega$
- Ajustable multitours
  - R2 - 100 k $\Omega$ /15 tours  $\rightarrow 12,00$
- Condensateurs
  - C1 - 33  $\mu\text{F}$ /16 V  $\rightarrow 6,00$
  - C2 - 10 pF céramique
  - C3 - quelques pF (10 pF max.)
  - C4 - 1  $\mu\text{F}$ /63 V
  - C5 - 220  $\mu\text{F}$ /40 V
  - C6 - 1  $\mu\text{F}$ /63 V
  - C7 - 220  $\mu\text{F}$ /40 V
- Semiconducteurs
  - IC1 - LM 344 H
  - T1 - MPS A06  $\rightarrow 4,00$
  - T2 - MPS A56  $\rightarrow$
- Divers
  - Prise Cinch
  - Dissipateur pour boîtier TO5

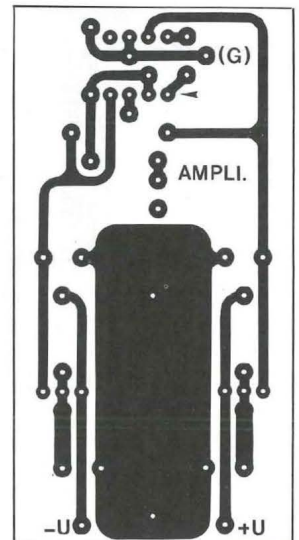
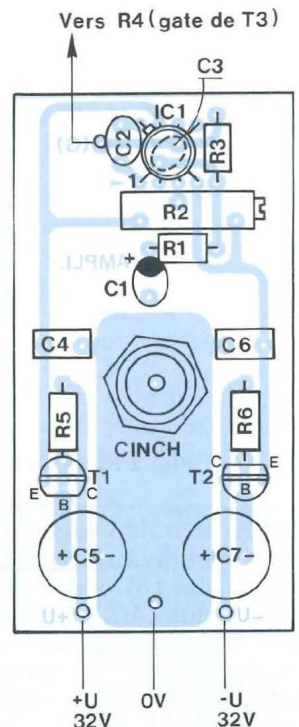


Fig. 3



entre 8 V et 14 V (cas du modèle ETRI que nous utilisons).

## REALISATION

### LE BLOC DE PUISSANCE

Nous allons tout d'abord entrepren-

dre la réalisation du bloc de puissance situé en face avant de l'appareil.

Fidèle à notre habitude, toute l'électronique sera regroupée sur le dissipateur afin d'obtenir des interconnexions ultra-courtes.

# A VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION

5 : Pour une bonne précision des forages, utiliser un mica pour le repérage des 4 trous des boîtiers

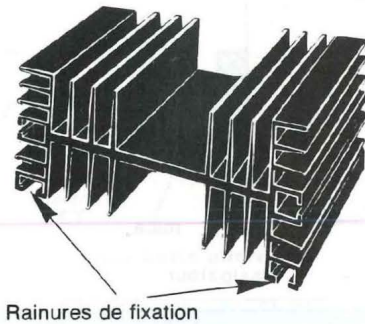
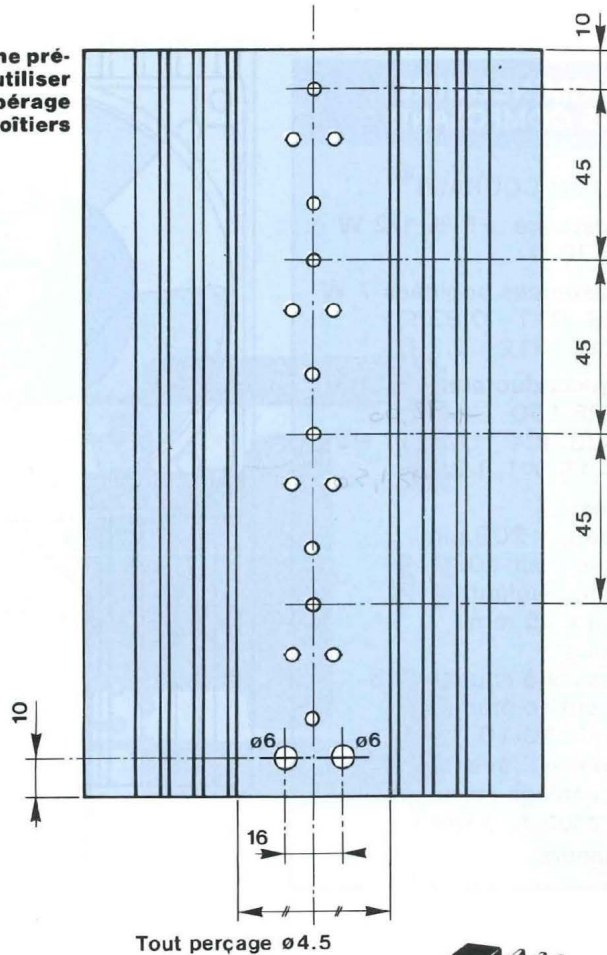


Fig. 5 : Profilé utilisé sur une longueur de 200 mm.

4 : La patte du condensateur C1 sera soudeée au point chaud de la prise Cinch après soudure à sa pastille.

## • L'amplificateur en tension

Tous les composants associés au fonctionnement de l'ampli OP IC1 sont regroupés sur un petit circuit imprimé dont le tracé des pistes cuivrées fait l'objet de la figure 3. Le perçage destiné au passage de la

prise Cinch sera fonction du modèle utilisé,  $\varnothing 6$  pour un modèle standard,  $\varnothing 8$  pour un modèle professionnel. Le plan de câblage de la figure 4 permet d'insérer les composants sans risque d'erreur.

Une attention toute particulière doit

être apportée à la mise en place de IC1 dont les 8 pattes à l'achat du composant forment un rond. Avec une pince plate, il faut transformer ce cercle en rectangle, c'est-à-dire en boîtier Dual In Line.  $2 \times 4$  broches.

Le composant après insertion correcte sur le circuit imprimé doit avoir son ergot détrompeur orienté vers la broche 8.

Comme pour tout câblage de carte, commencer par la mise en place des éléments les plus bas (ici les résistances).

Le LM 344 H sera coiffé d'un dissipateur pour boîtier T05.

Ne pas oublier de souder le petit céramique C3 avant d'implanter IC1 au-dessus.

Avant de souder le multitour R2, régler celui-ci à l'ohmmètre afin que le curseur soit en position médiane. Lors du vissage de la prise Cinch, ne pas oublier d'intercaler entre la piste cuivrée et l'écrou la cosse à souder. Ne pas couper, après soudure, la patte (-) du tantale goutte C1, mais établir avec celle-ci l'interconnexion au point chaud de la Cinch.

Souder du fil en nappe (3 conducteurs) d'une longueur de 30 cm aux pastilles d'alimentation, côté composants. Souder à la cosse de la prise un fil de forte section ( $1 \text{ mm}^2$ ) de 30 cm également.

Prévoir un fil de 10 cm et de faible section pour le raccordement du module à la résistance de Gate (R4).

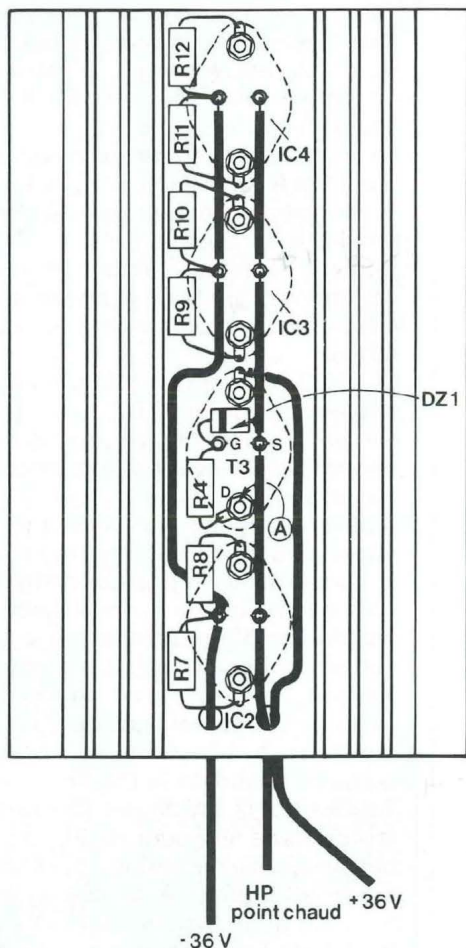
## • L'amplificateur en courant

Tous les composants de cet étage sont fixés au dissipateur de 200 mm de longueur. Il faut donc tout d'abord en effectuer les perçages comme indiqué en figure 5, en se servant d'un intercalaire mica pour repérer les 4 trous de chaque boîtier T03.

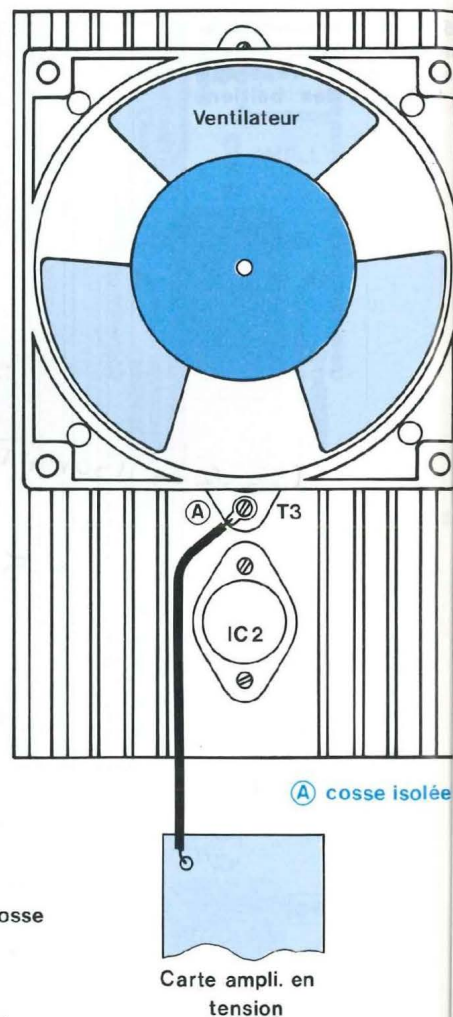
Ce travail terminé, bien ébavurer les 18 forages avec un foret de diamètre supérieur ( $\varnothing 8$  par exemple). Ceci est très important pour la suite des opérations, en cas de court-circuit, la casse est garantie.

Mettre en place les 4 boîtiers T03 comme indiqué en figure 6. Ils doi-

# AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A

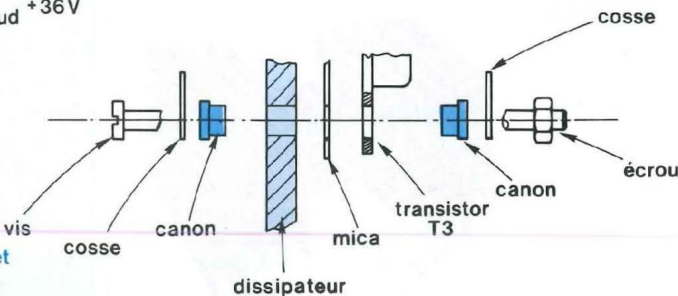


- NOMENCLATURE DES COMPOSANTS**
- AMPLI EN COURANT**
- ▲ • Résistance  $\pm 5\%$  1/2 W  
R4 - 470  $\Omega$
  - Résistances bobinées 7 W  
R7, R9, R11 - 0,82  $\Omega$   
R8, R10, R12 - 1,2  $\Omega$
  - Semiconducteurs  
T3 - IRF 150  $\rightarrow 72,00$   
IC2, IC3, IC4 - LM 317 HVK  
DZ1 - 15 V/1,3 W  $\rightarrow 1,50$
  - Divers  
Dissipateur 200 mm  
4 micas pour T03  
9 canons isolants  
8 vis 3 x 15 mm  
8 écrous  
10 cosses à souder  $\varnothing 3$   
Fil de cuivre étamé rigide de 10/10  
8 rondelles "éventail"  
Fil de câblage en nappe  
Fil de câblage 1 mm<sup>2</sup>  
(4 couleurs)



**Fig. 6 :** Avant de commencer les interconnexions, vérifier l'isolement des boîtiers T03.

▲ (A) cosse isolée par un canon de part et d'autre du dissipateur



**Fig. 7 :** Le module est introduit dans les rainures "hautes" du dissipateur.

vent se trouver côté rainures de fixation du dissipateur. Bien isoler les semelles métalliques avec mica enduit de graisse aux silicones et canons pour visserie de 3 mm (vis de 3 x 15 mm). Prêter une attention toute particulière à la cosse isolée (A) du transistor T3. A ce stade des opérations un ohmmètre est le bienvenu. Il faut veiller à

l'isolement non seulement des boîtiers T03 par rapport au dissipateur, mais également à l'isolement des pattes de ces boîtiers par rapport au dissipateur. Si aucun court-circuit n'est décelé, on peut alors entreprendre les interconnexions avec du fil de cuivre étamé rigide de 10/10<sup>e</sup>. Les 3 fils souples qui partent vers l'alimentation et la prise HP auront une section

d'au moins 1 mm<sup>2</sup> et une longueur de 30 cm. Choisir par exemple les couleurs suivantes :  
- fil vert pour le - 36 V  
- fil jaune pour le HP  
- fil rouge pour le + 36 V. Si la cosse (A) est bien isolée du Drain de l'IRF 150, on peut alors y souder la résistance R4. Retourner le radiateur et fixer le ven-

# LA VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION

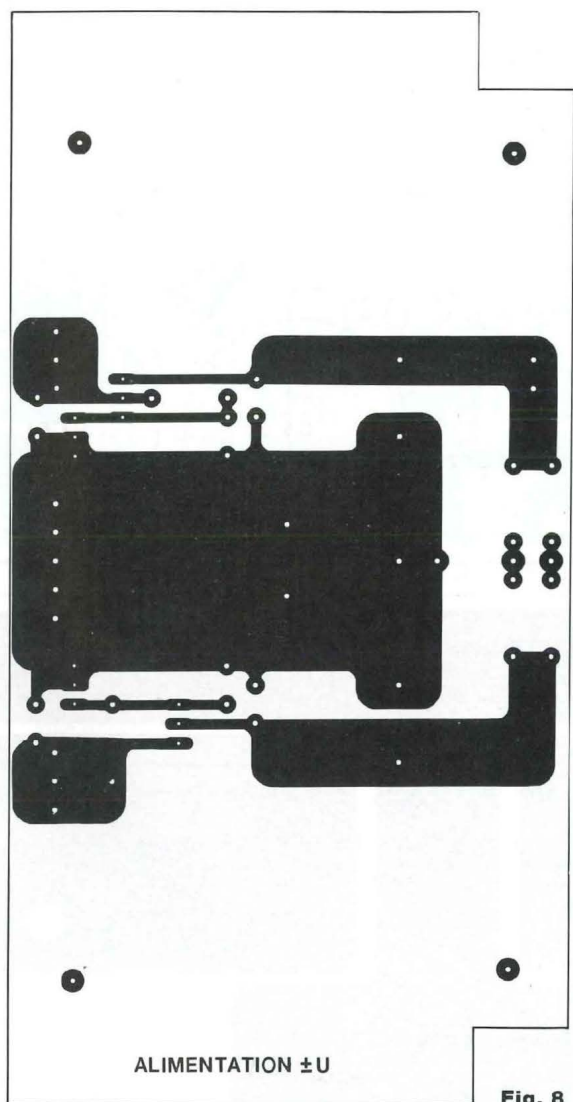


Fig. 8

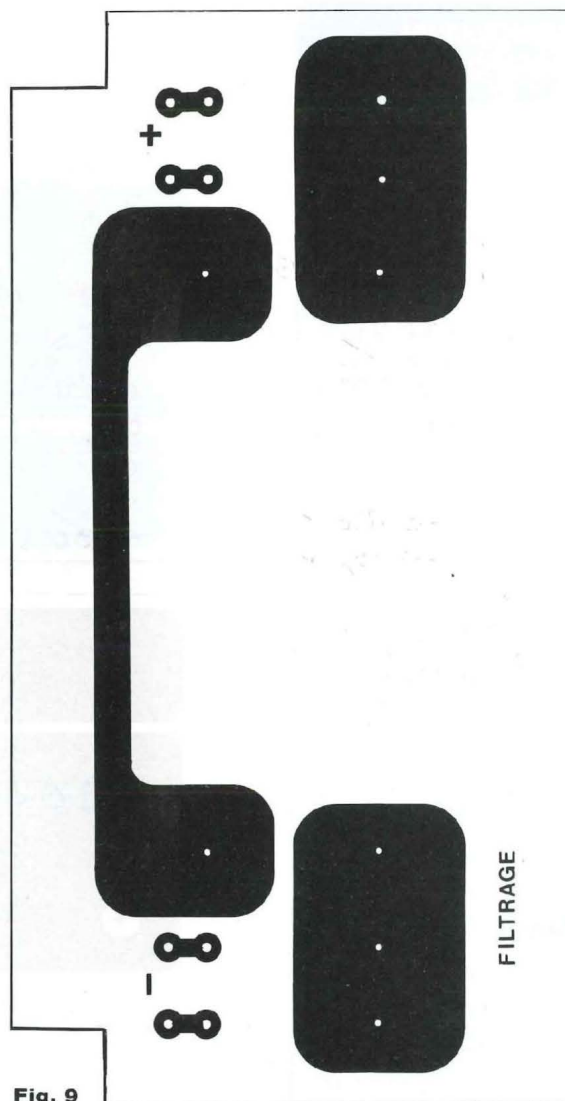


Fig. 9

Un circuit double face pour cette alimentation stabilisée.

tilateur aux quatre extrémités avec de la visserie de  $4 \times 10$  mm, comme indiqué en figure 7.

Introduire le module "amplificateur en tension" dans les rainures hautes du dissipateur. Celui-ci doit pouvoir coulisser mais en exerçant une forte pression.

Redescendre le module en ne laissant introduit qu'environ 5 mm d'époxy. Souder alors le fil à la cosse

(A) puis réintroduire pour terminer le module en entier.

Ce coulisement permettra lors du raccordement du câble blindé de modulation d'avoir accès très facilement à la prise Cinch femelle.

Nous en avons terminé avec ce premier bloc de puissance.

Le deuxième bloc se réalise de façon identique, à une exception près. Les boîtiers T03 doivent se trouver

orientés face à ceux du premier bloc (vers le ventilateur), la plaquette "ampli en tension" par conséquence se retrouve, et ce qui est mieux pour l'accessibilité de la Cinch, vers l'arrière de l'appareil. L'interconnexion à la résistance R4 est alors directe sans avoir à transiter par une cosse isolée (A).

## L'ALIMENTATION STABILISÉE

Un circuit imprimé reçoit non seule-

# AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A

## NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

### ALIMENTATION STABILISEE

• Résistances  $\pm 5\%$  1/2 W  
R1, R2 - 100  $\Omega$

• Ajustables multitours  
RV1, RV2 - 5 k $\Omega$ /25 tours  $\rightarrow 12,00$

• Condensateurs  
C1, C5 - 4 700  $\mu$ F/50 V  
C2, C6 - 0,1  $\mu$ F/63 V  
C3, C4, C7, C8 - 10  $\mu$ F/35 V

• Semiconducteurs  
D1, D2, D3, D4 -  
1N 4001... à 4007  
IC1 - LM 317 T  $\rightarrow 12,00$   
IC2 - LM 337 T  $\rightarrow 13,00$

• Divers  
C9, C10 -  
22 000  $\mu$ F/40 V/CO39  
avec brides de fixation  
10 cosses à souder  $\varnothing 6$   
3 équerres 20 x 20  
4 porte-fusibles  
4 fusibles 5 A  
2 vis "Parker"  $\varnothing 3$   
Visserie 3 x 10  
Rondelles plates

### PRE-FILTRAGE

• Condensateurs  
C1, C2, C3, C4, C5, C6 -  
4 700  $\mu$ F/50 V  
C7, C8 - 0,1  $\mu$ F/63 V

• Divers  
2 équerres 20 x 20

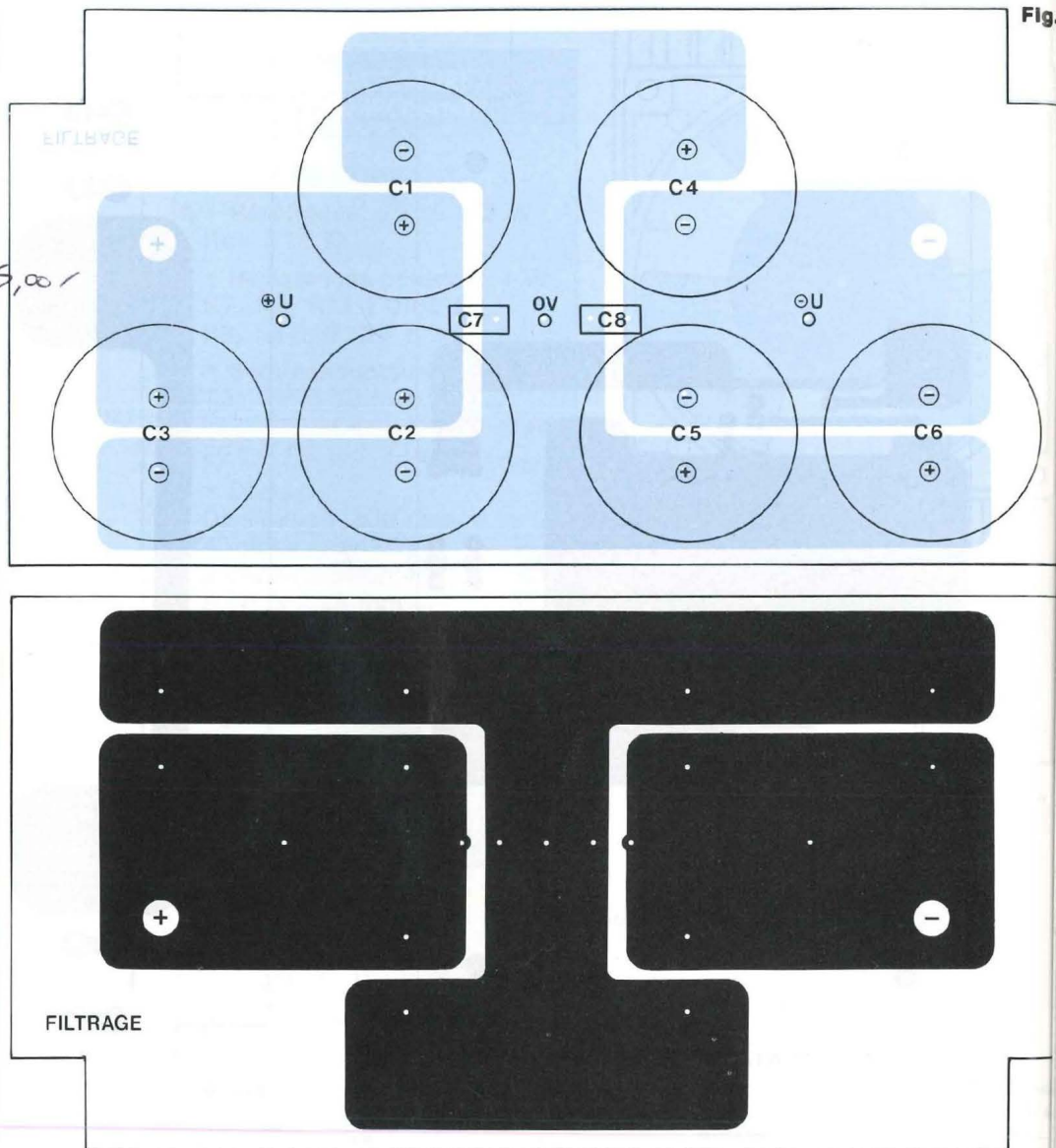


Fig. 12

ment tous les composants de la stabilisation, mais également viennent s'y fixer les deux gros condensateurs de 22 000  $\mu$ F/40 V et les quatre porte-fusibles.

L'implantation de ce CI qui est un double face est reproduite aux figures 8 et 9.

On commencera par le câblage des éléments de la stabilisation en s'aidant de la figure 10, rien de bien compliqué.

On fixera ensuite les deux brides des électrochimiques CO39 avec de la visserie de 3 (voir fig. 11), puis on soudera pour terminer les porte-fusibles sur l'autre face.

Trois équerres permettront de maintenir énergiquement ce module aux parois du coffret.

### LE PRE-FILTRAGE

Un circuit imprimé dont l'implantation est proposée en figure 12 reçoit tous les condensateurs de ce pré-

filtrage. Il n'y a rien à dire de particulier, le plan de câblage de la figure 13 est suffisamment explicite.

Dans notre prochain numéro nous terminerons cette étude par la mise en coffret de ces modules, leurs interconnexions, leurs réglages optimum et nous vous communiquerons quelques oscillogrammes sur cette remarquable réalisation.

Bernard Duval



# LA VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION

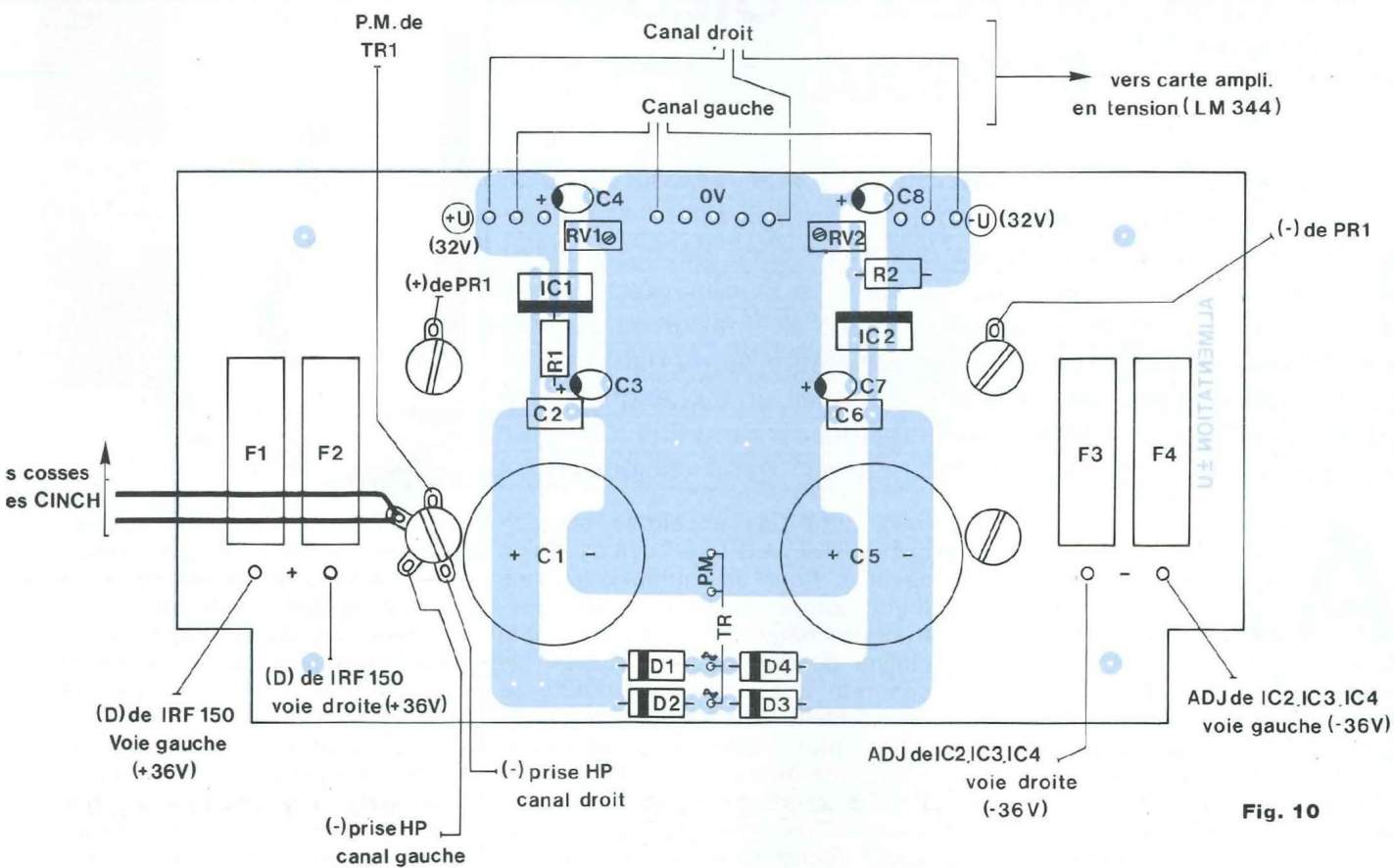


Fig. 10

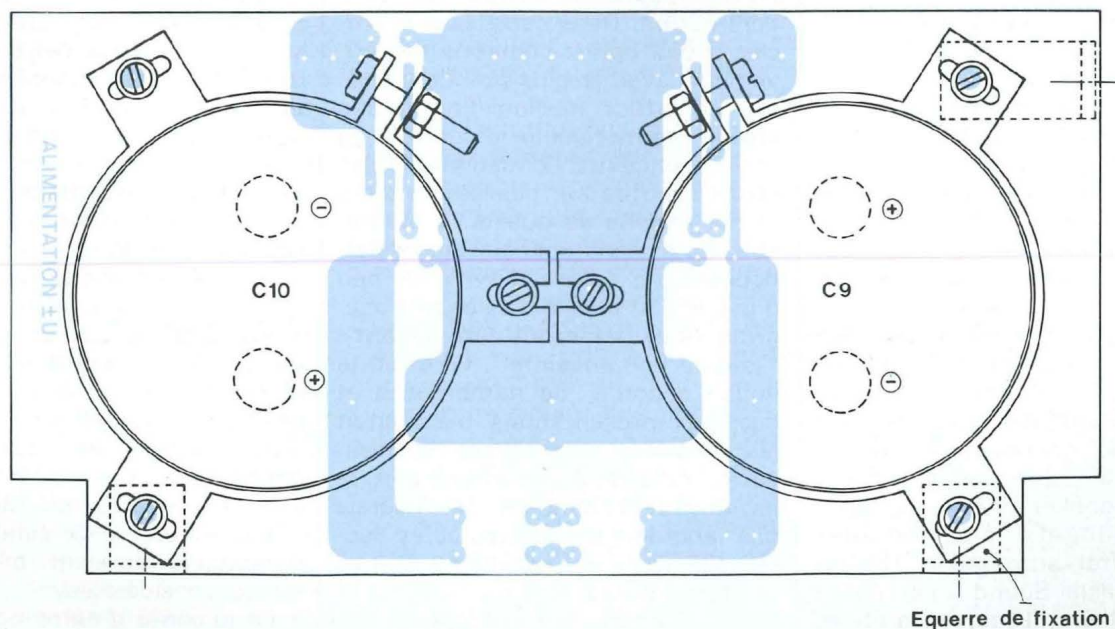


Fig. 11

# ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

Les années 70 furent témoins d'une grande activité dans le domaine de la Haute-Fidélité. Amateurs et professionnels échangeaient des idées aboutissant sur des réalisations électroniques et acoustiques hors du commun. Chacun souhaitait posséder sa chaîne "Haute-Fidélité" et ensuite l'améliorait, maillon après maillon. Trouver la modification de l'amplificateur ou du haut-parleur qui tendrait vers plus de perfection. Il régnait un réel engouement pour les techniques du son. Ces dernières connurent leur apogée au cours des années 70/80. Qu'en est-il aujourd'hui ?

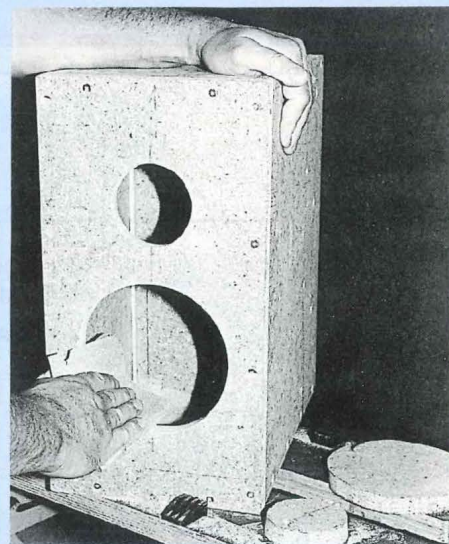
**A**près avoir exploité ce marché porteur, les Japonais semblent délaisser celui-ci. En France, tristement abandonné il ne compte plus qu'un petit groupe de producteurs de haut-parleurs, d'enceintes acoustiques et quelques électroniques très haut de gamme. Je déplore l'abandon des connaissances accumulées depuis plusieurs décennies par nos ingénieurs, techniciens et amateurs avertis : un véritable patrimoine enterré vivant.

Une visite dans un magasin spécialisé vous donnera une image affligeante et désolante de l'offre des producteurs pour le matériel grand public. Après les chaînes "Mini" nous voici dans l'ère des micro-chaînes. Tout est micro, micro-amplis, micro-lasers, micro-cassettes et enfin micro-enceintes. Tous ces produits souffrent de micro-qualité. On n'achète plus de matériel haute-fidélité mais une chaîne laser pour jouer de la "zizique" qui fait "boom-boom". Ces appareils proposent des façades rutilantes de commandes inutiles. Elles étincellent de voyants multicolores. Sans oublier l'inévitable panoplie de gadgets électroniques comme "effet surround", "Mega-Bass", "Spacial Sound", j'en passe et des meilleurs. Tous ces artifices ne parviennent pas à faire oublier la

médiocrité des enceintes acoustiques. Je devrais dire "des caisses à savon". Pour de multiples raisons (coût, compétences, etc.), les constructeurs négligent cette partie de la chaîne de reproduction sonore. Je constate que tous les produits se ressemblent esthétiquement et, ce qui est plus grave : le son aussi.

• Si je me réfère au courrier qui parvient à la rédaction, vous êtes nombreux à réclamer des articles de fond, débouchant sur des réalisations acoustiques sortant des sentiers battus. Dans cette série d'articles, nous appréhenderons objectivement, avec la plus grande clarté, cet important maillon final d'une chaîne haute-fidélité digne de ce nom : l'enceinte acoustique. Cette étude aboutira sur plusieurs projets et réalisations de qualité, à monter soi-même, sans connaissances particulières. Il suffira d'avoir un peu d'habileté manuelle. Les esprits chargés s'exclameront en disant : "Encore une enceinte". En effet, je vous l'accorde, de nombreuses et insipides présentations occuperont les colonnes des revues spécialisées. Toute modestie mise à part, le jeu en vaut la chandelle. Je n'oserais pas aborder les respectables lecteurs de cette revue avec du déjà vu ou du médiocre.

• Les objectifs de ces propos : permettre au plus grand nombre d'accé-



der à la qualité réellement haut de gamme, au meilleur prix, avec en prime la satisfaction du travail personnel et bien fait, rare en ce moment. Sachez qu'une étude optimisée de ce type représente des centaines d'heures de travail, de mesures, de mises au point, de déception, de discussions, d'enthousiasme. Cette comptabilité temporelle ne tient pas compte du temps passé pour obtenir les haut-parleurs de qualité de notre système.

• Tout sera mis en œuvre, dans le moindre détail, afin de garantir un succès total pour ceux qui réaliseront les études proposées. A condition toutefois de respecter les conseils et les composants qui se rattacheront à chaque étude. Une exposition et une écoute en dynamique aura lieu dans les locaux de la rédaction afin que tout un chacun constate l'existence des produits ainsi que leur qualité acoustique.

• Au long de ces colonnes, vous constaterez que nos investigations et procédures de mesures nécessitent un matériel ultra-sophistiqué faisant appel à des techniques informatiques de pointe. En effet, sans un matériel puissant, des logiciels d'acquisition et de simulation, ces recherches auraient nécessité un temps considérable.

• La majorité d'entre nous rêve de posséder un système, dans son

# UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE

salon, capable de restituer l'ambiance d'une salle de concert, d'un spectacle, ou bien retrouver l'atmosphère feutrée du cabaret de jazz. L'inconvénient majeur demeure dans la plupart des cas, le manque de place. Où placer le système éso-térique de 400 litres ? Et en deux exemplaires, stéréophonie oblige ! Alors que faire ? Afin de satisfaire la majorité des cas, nous débuterons cette série par une enceinte acoustique de faible volume, à deux voies et d'un haut rendement puisqu'il atteindra 90 dB à 1 m pour 1 watt électrique. Ne nous trompons pas, opter pour un système deux voies ne signifie pas facilité. Encore faut-il trouver le haut-parleur qui assurera la restitution des graves avec un bon niveau et surtout monter suffisamment haut pour atteindre le haut médium. Sans oublier le tweeter qui portera la responsabilité de se raccorder correctement avec le boomer-médium et produira les sons les plus extrêmes dans les aigus. Bien entendu, ces deux transducteurs devront réunir toutes les qualités nécessaires pour une reproduction des plus fidèles de tous les genres de musique ou, plus généralement, de tous les sons. Un système qui se distingue en se spécialisant pour un genre de musique ou un instrument est un système raté. Un piano enregistré ne mérite pas plus d'attention et de qualité de restitution qu'un accordéon ! Il n'y a pas de grande musique, pas plus de musique populaire ! Il n'y a que de la musique en général.

## RAPPEL IMPORTANT

• Même si des progrès considérables ont été atteints depuis quelques années par les producteurs, nous constatons et admettons que les composants parfaits n'existent pas. Les différentes imperfections obligent les concepteurs à faire des compromis afin que le résultat final débouche sur le meilleur résultat sonore possible. Cette phase d'arrangements représente un travail de réflexion, d'essais, de déci-

sions et d'écoute qui augmente les temps d'étude (mais c'est à ce prix !).

• Depuis bientôt trente ans (comme le temps passe), j'assume cette passion, accumulant expériences personnelles et collectives. Malheureusement, ces dernières années, le manque de temps et la pauvreté de l'offre matérielle furent les promoteurs de l'érosion de mon engouement pour cette passion. Après avoir conçu et fabriqué un système de haut niveau, je ne parvenais pas à contracter de nouveau le virus d'antan. Seul un événement de taille pouvait m'extraire de cette léthargie devenue insupportable. Celui-ci eut lieu il y a quelques mois : la découverte d'une nouvelle génération de haut-parleurs modernes. Les exceptionnelles caractéristiques électromécaniques et acoustiques de cette récente production de composants m'invitèrent à reprendre la voie de l'expérimentation. Par cet article, j'espère faire partager mon plaisir au plus grand nombre d'entre vous.

• Ces haut-parleurs dignes d'intérêt sont étudiés, mis au point et fabriqués par la jeune société française : P.H.L. Audio. Qui êtes-vous PHL Audio ? Ce jeune fabricant français mérite que l'on s'attarde quelque peu sur sa production. Les lignes suivantes risquent d'altérer la modestie et la discrétion des animateurs de PHL Audio, tant pis, je prends le risque. A l'est de Paris, au milieu des champs, protégés par d'interminables haies de végétation, un groupe de bâtiments industriels se dresse, semblant surgir de terre. A l'extrémité de cette zone d'activité, le dernier bâtiment abrite le laboratoire et les ateliers de fabrication PHL Audio. Au sein de cet endroit calme, accueillant, animés d'un enthousiasme débordant et communicatif, Jacques Fuchs et Philippe Lesage développent et produisent avec une rigueur exemplaire plusieurs modèles de haut-parleurs. Les compétences, la rigueur germanique légendaire, le parcours universitaire et professionnel font de Philippe Lesage une personnalité connue et

reconnue en France comme à l'étranger.

Les créateurs-animateurs de PHL Audio méritent notre admiration et notre haute considération. Au plus profond de la crise mondiale, s'aventurer sur les voies scabreuses et parsemées d'embûches de l'industrie représente un exploit et un courage dont certains pourraient s'inspirer. De surcroît, cette PME-PMI génère des emplois dans une région trop dépendante de Paris. C.Q.F.D. !

En pénétrant dans les locaux, chacun est frappé par la présentation impeccable. Tout est rangé, à sa place, pas de fouillis. L'ergonomie de chaque poste de travail a été optimisée, équipée d'outillage moderne et de qualité. Une ventilation permanente évacue efficacement les fumées, émanations et poussières, protégeant ainsi le personnel et les produits fabriqués. L'équipe PHL a conçu et réalisé une chambre sourde d'une qualité remarquable qui permet d'entreprendre des mesures acoustiques de haut niveau. Un équipement informatique sophistiqué de laboratoire se trouve en permanence à la disposition des techniciens qui travaillent dans des conditions idéales. Il y règne la propreté et le rationnel.

Rien n'est laissé au hasard. La fabrication reçoit tous les égards. Chaque étape du montage est précise, sans cesse améliorée afin de tendre vers la perfection. Toute pièce et composant bénéficient d'un examen scrupuleux, pas de compromis. Plusieurs automates de conception maison assurent certaines tâches nécessitant une régularité dans l'exécution de l'intervention. Une chambre d'essais de tenue en puissance située au sein même des ateliers et totalement insonorisée renferme une impressionnante montagne d'énormes amplis capables de fournir des puissances considérables. Cette installation sert à tester la tenue en puissance des haut-parleurs de la production en respectant la norme DIN ou C.E.I. Ces normes, extrêmement sévères, s'appuient sur les règles suivantes :

## ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

si un haut-parleur est donné pour 100 W efficaces, il doit les tenir soit pendant 100 heures en continu ou avec une séquence de 1 mn pleine charge et 2 mn d'arrêt, durant 300 heures. Bien entendu, après ces tests, on ne doit pas constater de destruction d'un organe électrique ou mécanique. Dans ce contexte, pas de watts musicaux, ou autre fadaise. De vraies puissances électriques, qui produisent de réels décibels et de la chaleur destructrice de bobine mobile. Un passage dans cette chambre de torture confirme le composant dans ses spécifications maximales.

Pour de multiples raisons techniques, deux dimensions de transducteurs : les diamètres 17 et 38 cm, sont les plus demandés et utilisés pour les systèmes acoustiques. C'est dans cette direction que le jeune constructeur oriente toutes ses recherches et ses efforts de production. Un 17 cm PHL Audio comme le modèle M17.2 assure la puissance A.E.S. de 280 W. Le 38 cm W38.4 dépasse les 1 000 W (A.E.S.). Extraordinaire, n'est-ce pas ? Ce n'est pas un hasard si ces composants français concurrencent les meilleures productions américaines et japonaises jusque sur leur propre territoire. La sonorisation de Michel Jonasz au Zénith de Paris qui a fait l'admiration des spectateurs, celle de l'émission "Taratata" en direct sur France 2, celle de Véronique Samson sont équipées de haut-parleurs PHL Audio.

### L'ENCEINTE

#### DEUX VOIES COMPACTE

Cet article s'adresse au plus grand nombre d'amateurs. Il n'est pas nécessairement réservé aux techniciens et électroniciens chevronnés. L'enceinte acoustique demeure encore le seul élément d'une chaîne haute-fidélité dont chacun est capable d'entreprendre la fabrication d'éléments de qualité et de réaliser une réelle économie.

Passons au plus vite au sujet qui

nous intéresse et donnons-lui un nom. Sortons des sempiternelles références numériques pour la baptiser "Euridia". Avec un nom pareil, on peut rêver, pourquoi pas, d'une possible carrière européenne !

Euridia fait partie de la famille des deux voies. Deux haut-parleurs devront assurer la reproduction des sons sur une bande passante s'étalant jusqu'à 20 kHz. Deux cellules d'un filtrage passif efficace aiguilleront les fréquences destinées au boomer-médium de 17 cm de diamètre et les aigus vers le tweeter.

Les spécifications et caractéristiques électriques révélées par le constructeur PHL Audio, permirent de calculer le volume interne nécessaire au 17 cm. D'emblée, pour des raisons de rendement, le choix s'est porté sur le principe de charge bass-reflex. Les formules appliquées présentèrent un résultat indiquant que le volume interne de 13 litres conviendrait parfaitement pour s'accorder avec notre fameux 17 cm. Nous savons maintenant que notre caisson se présentera sous la forme d'un volume réduit, le but est atteint sur cet aspect, pour notre étude.

Ne perdons plus de temps et passons en revue de détail le caisson qui représentera la charge du boomer-médium.

### LE CAISSON

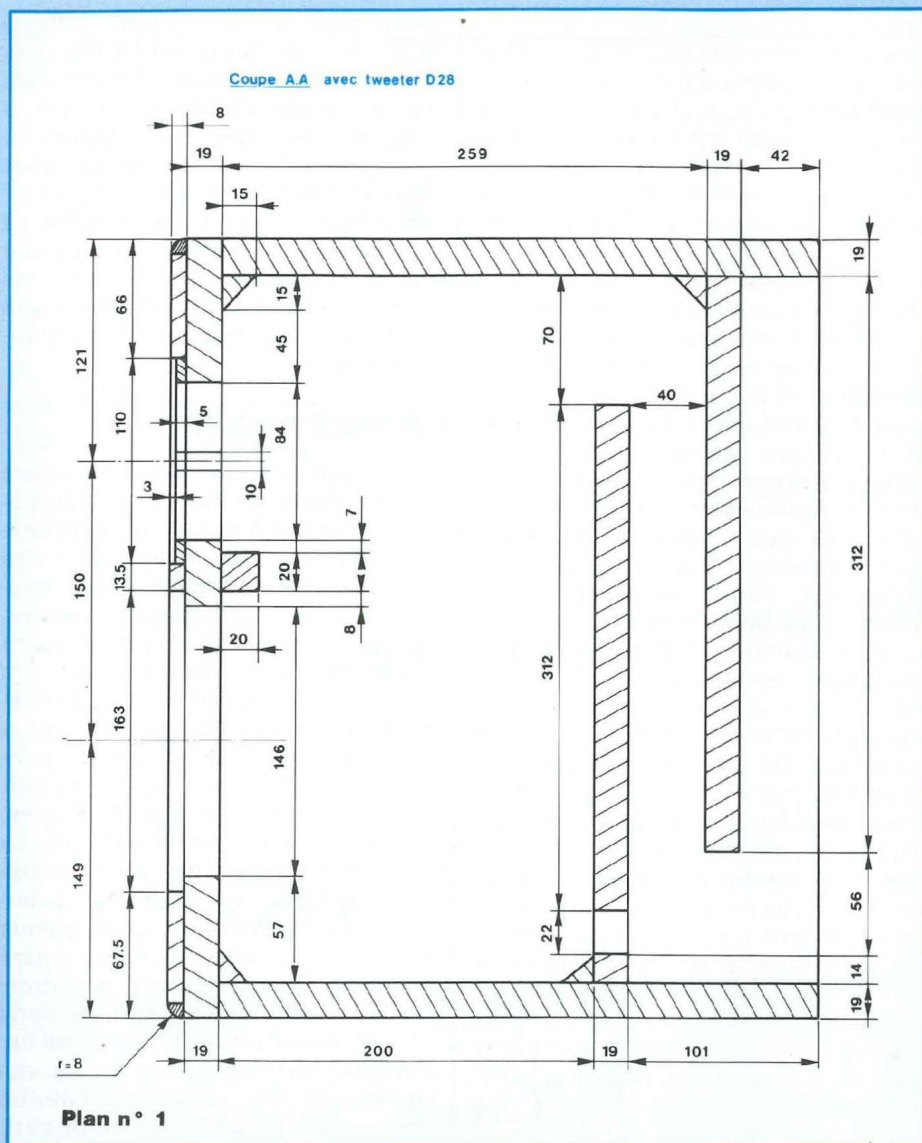
A l'aide du plan n° 1, observons ensemble les contours et les originalités de cette boîte acoustique. Ses dimensions, largeur 220 mm, hauteur 420 mm et la profondeur de 320 mm prouvent bien d'Euridia tient ses promesses de compacité. Afin de contourner les ennuis de bafflage, la largeur de ce dernier prend une dimension des plus réduites. Les proportions ne sont pas le fruit du hasard. A partir du volume interne on détermine la largeur la plus étroite possible en fonction du diamètre du haut-parleur de 17 cm de membrane. Reste le rapport hauteur/profondeur qui tient compte de l'espace nécessaire au boomer pour lui assurer un libre fonctionne-

ment sans interférences néfastes à ses déplacements. N'oublions pas non plus qu'il faudra loger plus tard un matériau d'amortissement derrière le moteur du 17 cm qui maîtrisera les turbulences de l'onde arrière. Ensuite la disposition du couple 17 cm et tweeter sur le baffle (face avant) prend toute son importance. Le reproducteur d'aigus devra se trouver le plus près possible du cône (membrane) du B 17 afin de confondre les énergies des deux reproducteurs. On évitera une localisation symétrique. C'est-à-dire que la distance partant du centre du dôme du tweeter jusqu'au faîte du coffret sera nettement supérieure à celle aboutissant à gauche ou à droite de la face avant. Cette précaution prend toute son importance car de nombreuses mesures effectuées ont démontré la sensibilité des tweeters aux conditions de bafflage. En premier lieu, les courbes ont rapidement dévoilé des accidents sur la bande passante en raison du montage en saillie. On ne peut échapper à l'encastrement des haut-parleurs. Même les vis à tête bombée des fixations des dômes provoquaient des perturbations. N'oublions pas que plus les fréquences augmentent et plus on perd d'énergie. Par conséquent, les vis furent remplacées par des modèles à tête fraisée. Pour parachever l'écoulement de l'air sur la face avant, toutes les arêtes ont subi un usinage pour arrondir les angles.

### LES MATERIAUX

Vaste programme, on aura tout vu et entendu à ce sujet. Certains ont clamé à grands cris que le contreplaqué canadien donnait les meilleurs résultats. Ensuite d'autres dénichèrent un produit similaire, fabriqué en France, le Nantex et qui, selon leur avis, devenait supérieur au précédent. Certains amateurs se sont retrouvés avec de grands caissons de grave générant des vibrations parasites. Imaginez la déception, le désarroi du passionné, ses caissons de 400 litres terminés, il constate

# UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE



son infortune. Ceci faisait partie d'un certain snobisme. Pour des arguments basement commerciaux, un petit groupe faisait avaler des vessies pour des lanternes à une clientèle crédule.

L'aggloméré Médium ou quelquefois appelé Médite enterra les produits plus ou moins ésotériques du moment. Outre ses caractéristiques acoustiques, ce "millé feuilles" de carton et de colle présente un grave défaut, sa tenue mécanique. En effet, un coffret prenant un choc moyen risque de voir ses panneaux se décoller. C'est-à-dire que les feuil-

les constituant l'épaisseur se désolidarisent affaiblissant ainsi la rigidité, jusqu'à éclater les joints. Si ces accidents se produisent à l'intérieur d'un coffret, impossible d'en déceler la présence. On risque de chercher longtemps la vibration parasite ou la fuite constatée à l'écoute. Ce produit n'a d'intérêt que pour le menuisier qui fabrique des caissons en grande quantité car l'usinage est aisé et les outils ne s'usent pas prématurément.

Rassurez-vous, je vais vous révéler la solution miracle à ce problème de matériaux. Philippe Lesage, dans

son excellent article paru dans Led n° 73, en parlait déjà. Il y a plus de dix ans, c'est lui qui me fit part de sa découverte et m'en suggéra l'emploi pour des caissons de grave de grand volume. Depuis, je ne compte plus les nombreuses boîtes réalisées à partir de ce produit qui me donne toujours autant de satisfactions. Il s'agit de l'aggloméré de particules du type CTBH (Classement Humidité du Centre Technique du bois). Il s'appelle aussi Novophen (fabricant Isoroy). Ce dernier rassemble l'ensemble des caractéristiques recherchées pour notre application. En effet sa haute densité de 750 kg/m<sup>3</sup> le rend particulièrement rigide assurant ainsi une bonne tenue aux vibrations mécaniques produites par les fortes pressions de l'air à l'intérieur du caisson. Ces panneaux sont utilisés pour construire des planchers dans les milieux humides ou même des toitures de chalets. J'ai laissé volontairement un morceau de Novophen tremper dans un seau d'eau pendant trois mois. Hormis l'odeur de l'eau croupie, rien n'avait changé. La pièce de CTBH n'avait subi aucune attaque de l'eau et avait conservé l'aspect du neuf. Les fabricants utilisent des particules de qualité et les lient avec de la colle phénolique. Le tout se trouve lamifié sur d'énormes presses. Le CTBH se trouve en vente maintenant dans la plupart des grandes surfaces du bricolage de France. Par exemple, chez Castorama, il vous coûtera 90 F le m<sup>2</sup>, à la coupe, en 19 mm d'épaisseur. Il se repère facilement par sa tranche qui est teintée de vert. J'ai opté pour l'épaisseur de 19 mm car ces panneaux demeurent les plus utilisés par les professionnels du bâtiment et donc se trouvent facilement. De surcroît ce dernier possède les meilleures caractéristiques pour notre projet. A l'avenir si on désire obtenir des épaisseurs supérieures, il sera judicieux de contre-coller deux épaisseurs. Je dois prévenir du seul inconvénient du CTBH, les outils s'usent rapidement. C'est pourquoi l'utilisation d'une scie circulaire à denture carbone est

## ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

conseillée. Cette caractéristique n'est pas dramatique, surtout pour une paire d'enceintes !

### LA COLLE

Cet ingrédient très important assurera une réussite totale de la fabrication. On a pour habitude d'acheter de la colle à bois, sans se poser de question. Savez-vous qu'il existe de nombreuses variantes adaptées aux besoins de chaque travail ? Il en existe à prise rapide et de la normale. Achetez la normale car elle aura le temps de bien pénétrer à cœur les panneaux de particules. Ensuite certaines marques sont meilleures que d'autres. La colle Sader (grand public) en particulier ne respecte pas ses engagements. J'ai testé plusieurs marques et types de colle en assemblant de nombreux morceaux de bois. Après les temps de séchage indiqués par les fabricants, j'ai donc vérifié la résistance mécanique de ces collages. La majorité des assemblages cassèrent au joint de colle, sauf ceux des colles Ponal (Henkel) et Pattex. Après de plus amples informations, j'apprenais que ces deux produits provenaient de la même usine. La Ponal se trouve chez les professionnels et la Pattex en grande surface (Leroy-Merlin et Castorama). En conclusion, achetez la meilleure mais surtout la colle à prise lente.

### L'ÉVENT

Toujours en observant le plan n° 1 on se rend compte de la longueur peu commune du tunnel d'accord. Véritable petit labyrinthe acoustique placé à l'arrière de la boîte, ce dernier permet par sa forme de diminuer l'encombrement. L'embouchure ou évent, de surface importante (109,2 cm<sup>2</sup>) facilite l'écoulement de l'air en pression. L'étréouissement du baffle interdisait complètement la présence de la découpe de décompression. J'ai souvent constaté que de nombreux coffrets disposant d'un évent et d'un tunnel trop étriqués, présentaient des défauts dans le

grave, même si les instruments de mesure témoignaient d'un parfait accord acoustique entre la boîte et le haut-parleur. Tout se passait comme si un étranglement s'opérait, empêchant l'air en pression de trouver aisément la sortie. Bien sûr, ceci représente bien le principe du bass-reflex mais, je le répète, je trouve que les dimensions du couple tunnel/évent ne doivent pas être exagérément étriquées. Certainement que ce frein augmente la distorsion à ce niveau et la cause provient d'ondes stationnaires qui ne parviennent pas à s'échapper du volume intérieur. Est-ce la raison pour laquelle j'affectonne particulièrement les caissons grave du type "Jensen" ? La question reste posée. Ceci explique peut-être cela. Notre généreux tunnel débouchant vers l'extérieur à travers une extrémité conséquente fait bénéficier les graves d'un meilleur rendement vers le bas du spectre. Nous ne nous plaindrons pas de cet avantage. De surcroît, les deux panneaux formant le tunnel augmentent considérablement la rigidité du coffret. L'énorme pression de l'air contenue à l'intérieur oblige le concepteur à ne pas négliger la solidité de la boîte. Il faut s'affranchir des effets vibratoires générateurs de coloration et de distorsion qui risquent de détruire la restitution fidèle de toute la bande passante. Un détail qui a son importance : des tasseaux triangulaires de 15 mm cassent les angles vifs intérieurs de la boîte et surtout à l'entrée du tunnel d'accord. Ceci a pour effet de faciliter l'écoulement de l'air en pression et empêcher les ondes stationnaires de se former.

### LA FACE ARRIERE

Autre originalité, la forme de la face arrière. Une cavité de 42 mm de profondeur formée par le deuxième panneau du tunnel, recevra le filtrage passif ou pourquoi pas ultérieurement une section d'amplification comprenant deux voies actives. On aperçoit en bas sur le panneau intérieur un trou circulaire de 22 mm

prévu pour un connecteur spécial haut-parleurs. Nous parlerons plus tard de ce composant. Ce connecteur se trouve en bas parce que je craignais une légère perturbation du passage de l'air si ce dernier était placé en haut, juste au début du tunnel. N'oublions pas que derrière ce connecteur, viendront se souder quatre câbles qui raccorderont les haut-parleurs. La formule employée me paraît plus raisonnable, techniquement.

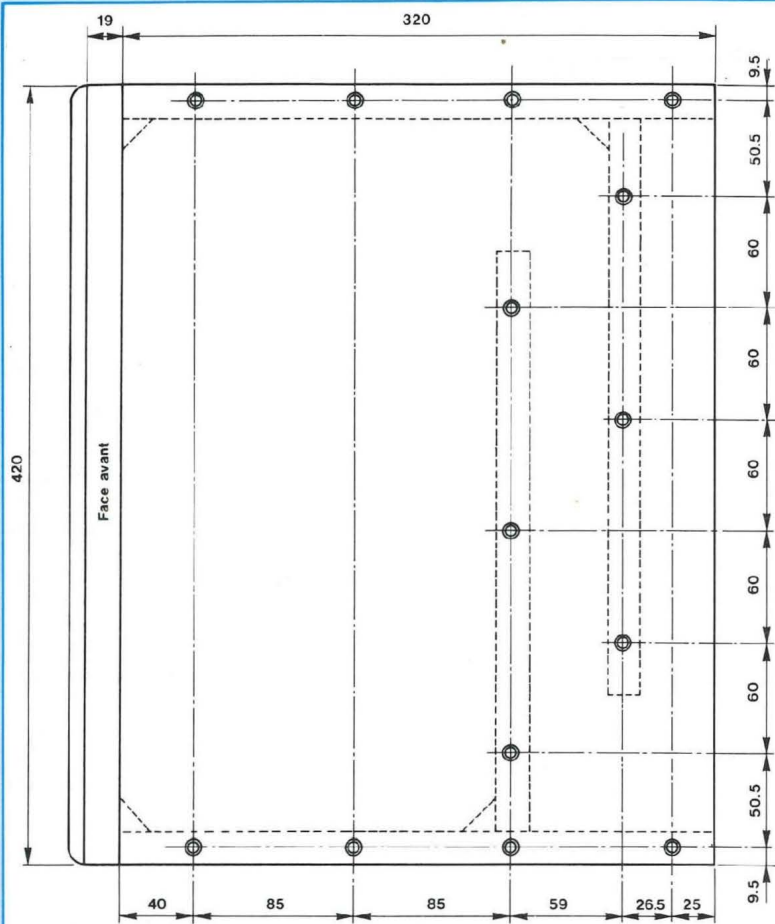
### LA FACE AVANT

Elle se compose de deux épaisseurs contrecollées, de panneaux d'aggloméré, l'un de 8 mm et le deuxième de 19 mm. J'ai pensé à cette méthode afin d'éviter l'outillage spécial et dangereux qui est nécessaire pour usiner l'encastrement des haut-parleurs. Le boomer-médium réclame une profondeur d'encastrement de 8 mm. Ceci aurait pour effet de nuire à la solidité du panneau avant. Une scie sauteuse suffira pour pratiquer ces découpes, une opération à la portée de tous. Le tweeter n'a besoin que de 3 mm de fraisage. Une rondelle de 5 mm comblera la différence. Cette plaque de 8 mm pourra être d'un aggloméré classique. De toute façon, je ne crois pas que le CTBH se fabrique dans cette épaisseur. Un dernier détail qui concerne les arêtes arrondies qui faciliteront l'écoulement de l'air. Le panneau de 8 mm sera débité avec des dimensions de la face avant de 19 mm moins 2 x 8 mm représentant les baguettes quart de rond qui formeront les angles. Toujours pour un souci d'exécution, mais les bons bricoleurs auront le loisir de façonner ces angles avec une machine prévue à cet effet. Enfin, un tasseau de 20 x 20 mm, entre les haut-parleurs et sur toute la largeur intérieure, vient renforcer le panneau affaibli par les découpes pratiquées.

### LA CONSTRUCTION

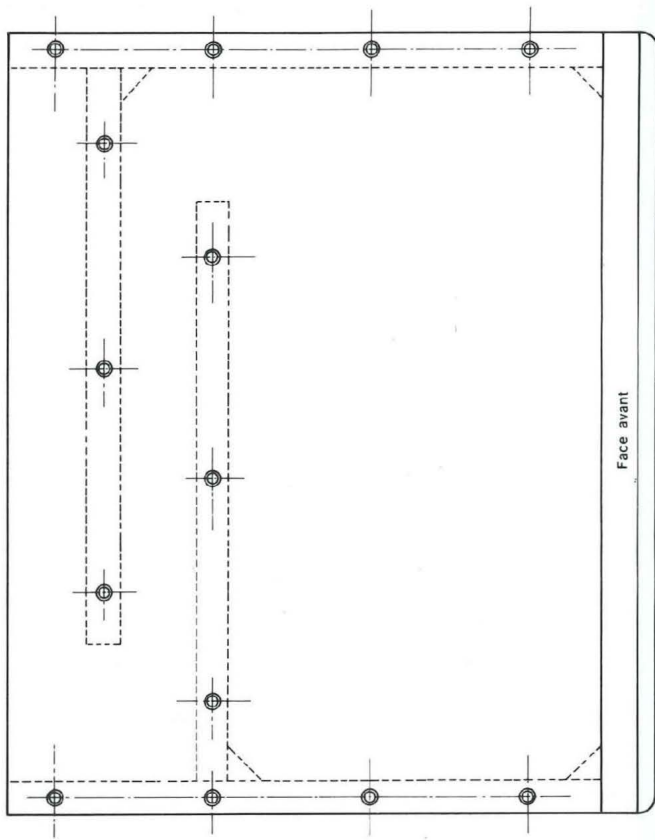
A l'aide du tableau des composants et accessoires, vous débitez ou bien

# UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE



14 trous de  $\varnothing 4$  avec fraisage pour vis VBA  $\varnothing 4$   
Côté droit

Plan n° 2



Côté gauche (même cotes)

Plan n° 3

vous faites découper, selon la formule choisie. Les dimensions devront être scrupuleusement tenues. Attention, si vous faites débiter vos panneaux, il n'est pas rare d'avoir des tolérances de coupe, de plusieurs millimètres. Imposez votre volonté d'obtenir du travail bien fait, après tout c'est vous qui payez.

La photo 1 montre l'outillage nécessaire au débit d'un panneau de CTBH. Aidez-vous d'une grande règle et de deux serre-joints.

Une fois les panneaux découpés (photo n° 3) poursuivez par le traçage précis, au crayon et à l'équerre, des perçages à pratiquer en s'aidant avec les plans 2, 3 et 6.

L'opération suivante consiste à percer les trous de vis à aggloméré. J'ai découvert un outil fort pratique qui

permet de percer le trou au diamètre voulu et qui, en fin de course, fraise le trou pour loger la tête de vis. Il s'agit d'une plaquette Triplex portant la référence 44 246, vendue aux environs de 40 F chez la plupart des bons quincailliers. Avant de percer, à l'aide d'une pointe carrée, marquez tous les trous à percer (photo 6). L'utilisation d'une perceuse montée sur une colonne assurera un perçage parfaitement perpendiculaire à l'épaisseur des panneaux. Si votre outillage le permet, utilisez le réglage de profondeur (photo 7) pour le fraisage. Les têtes de vis devront s'encastrer de 2 à 3 mm afin d'obtenir une couche suffisante de mastic lors de la finition de la boîte. Un conseil : la perceuse devra tourner assez lentement, sans effort car sinon, vous risquez de blo-

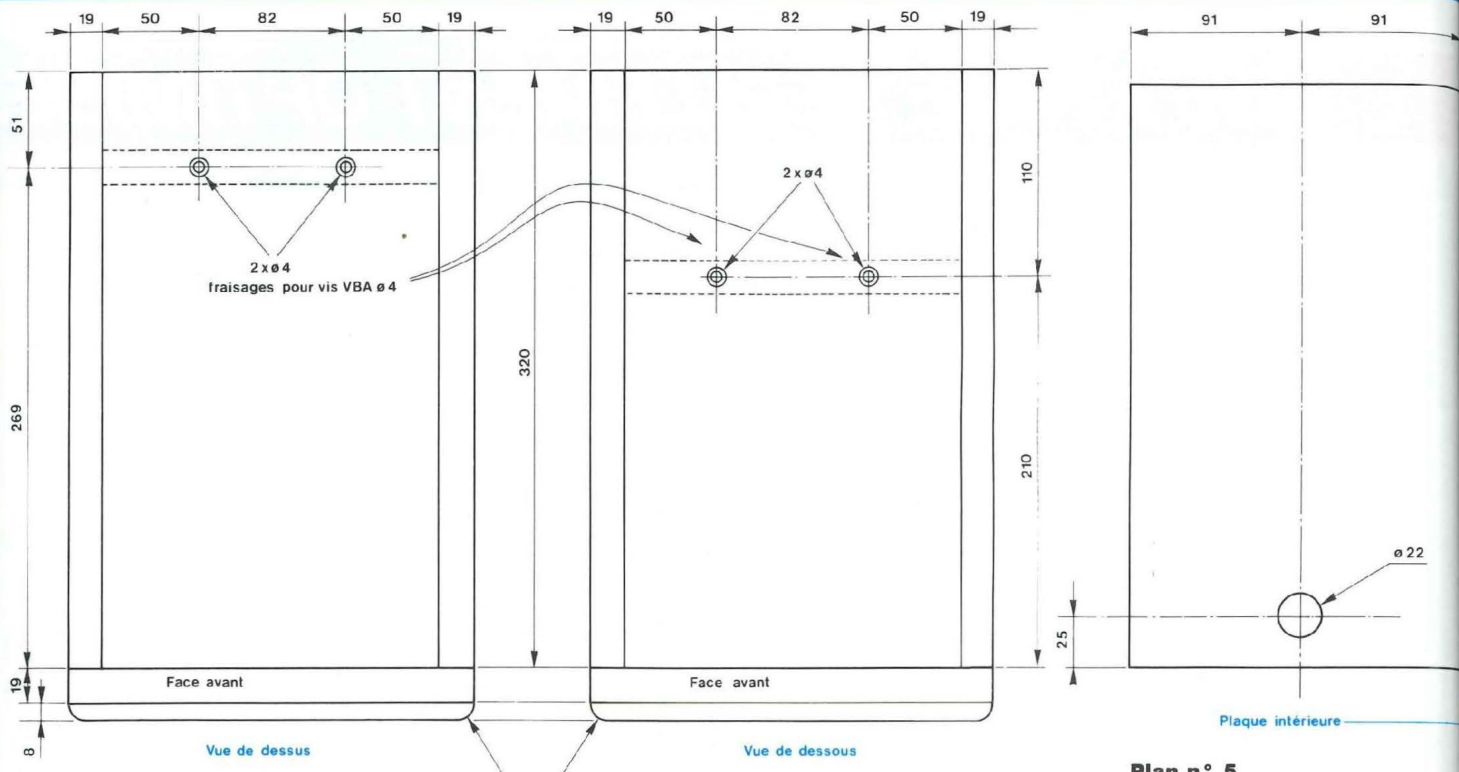
quer et de casser l'outil de perçage/fraisage ou de l'échauffer.

Ensuite, avec un papier de verre de grain moyen (100/120), ébavurez tous les panneaux, sur les deux faces (photo 9). Une autre opération de ponçage est nécessaire. Il s'agit des champs et les parties planes qui s'assembleront par collage. Ceci est très important car la surface des panneaux de CTBH produit un genre de paraffine, interdisant à la colle de pénétrer.

Terminez la préparation par un dépoussiérage avec un aspirateur. Insistez sur les champs où la sciure trouve refuge dans les nombreuses petites cavités.

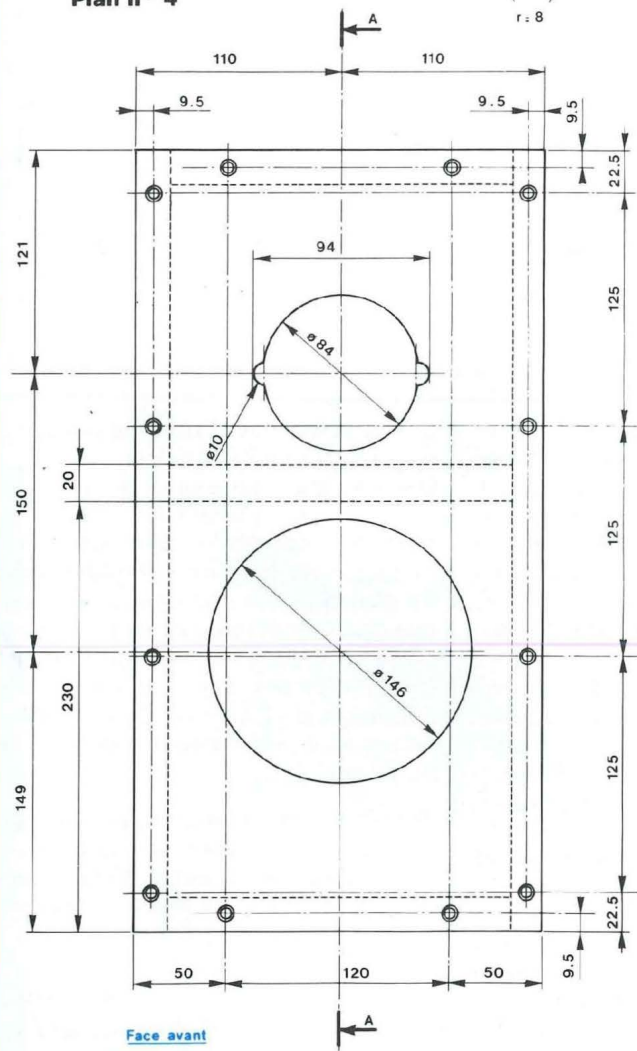
à suivre...

Gabriel Kossmann

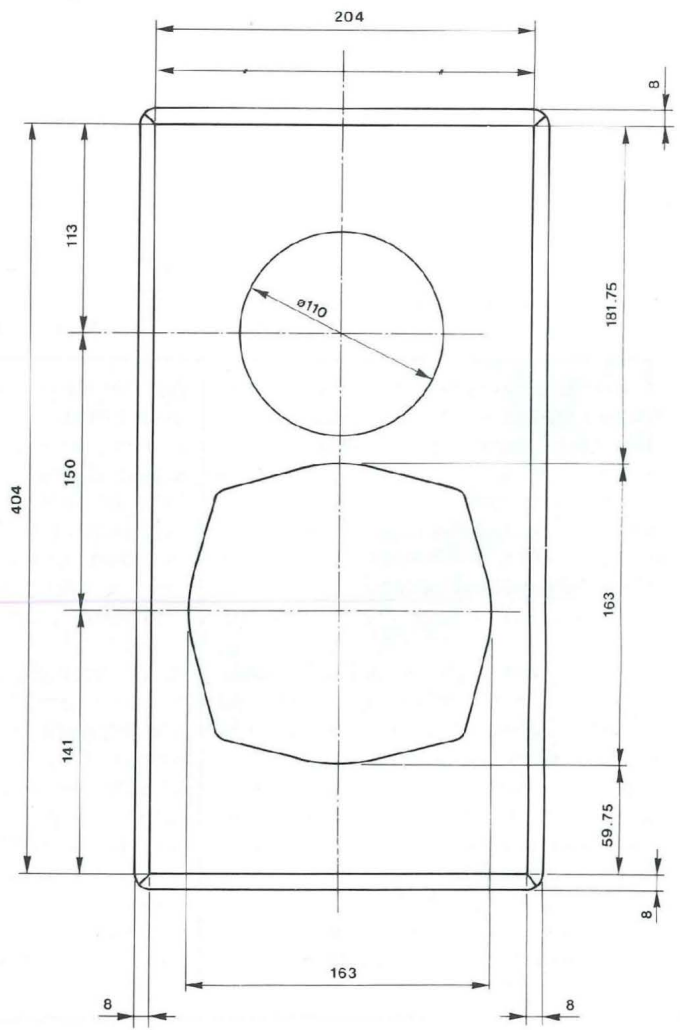


Plan n° 4

Plan n° 5

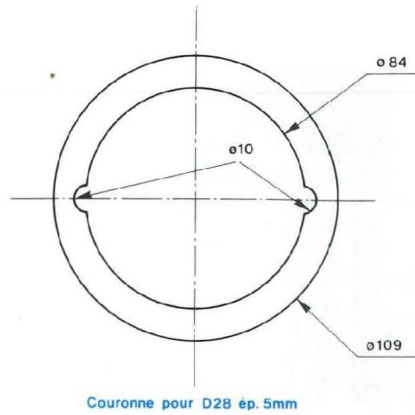
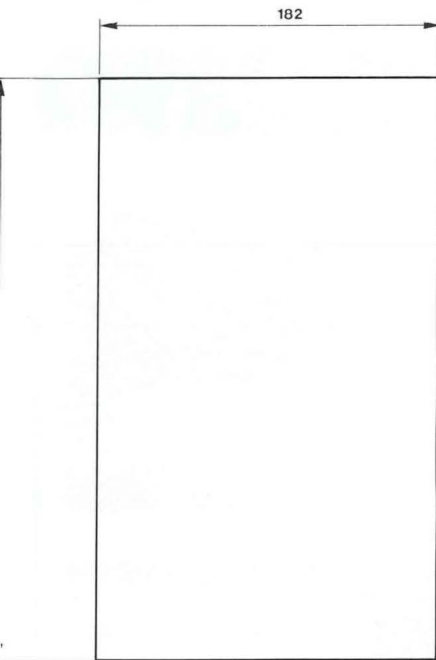


Plan n° 6



Plan n° 7





Plan n° 8

## COMPOSANTS ET ACCESSOIRES

Panneaux de CTBH de 19 mm d'épaisseur :

Dimensions	Qtés
420 × 320 mm	4
420 × 220 mm	2
320 × 182 mm	4
312 × 182 mm	4

Panneau d'aggloméré ordinaire ou contreplaqué de 8 mm d'épaisseur

Dimensions	Qtés
404 × 204 mm	2

Divers

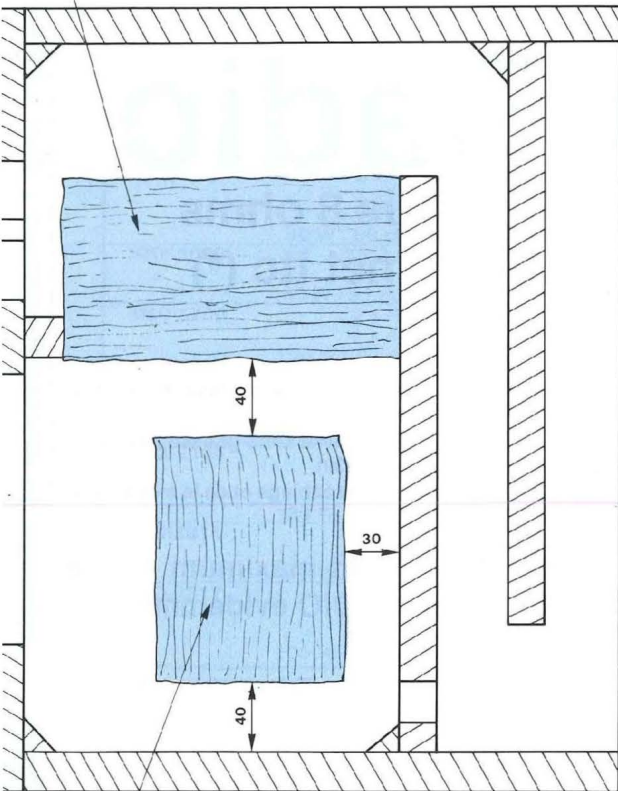
- 4 m de quart de rond de 8 mm
- 2 m de tasseau triangulaire de 15 mm
- 2 m de tasseau de 4 × 4 mm
- 2 chutes de 110 × 110 mm en contreplaqué de 5 mm d'épaisseur
- 2 tasseaux de 20 × 20 mm et de longueur 182 mm

Visserie pour aggloméré

- 88 vis Pozidriv de 4 × 40 mm
- 8 vis Pozidriv de 3 × 15 mm

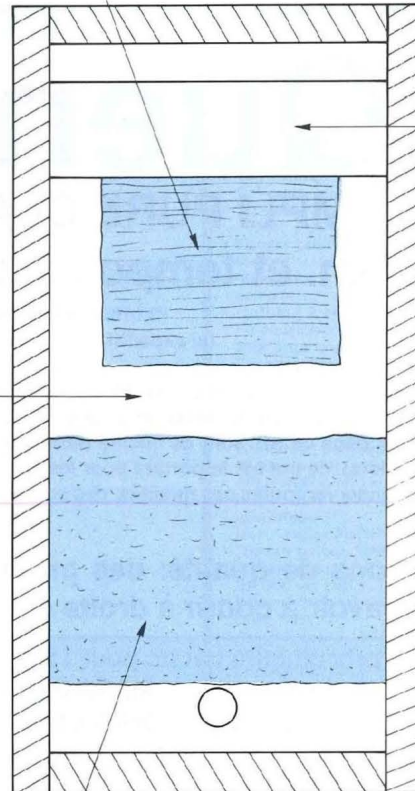
d'accord ———— Plaque extérieure

Panneau de 19x13x10 cm derrière le tasseau, en appui sur l'arrière du tweeter et la paroi de l'évent



Panneau de 19x13x10 cm en appui sur les parois latérales du coffret

Panneau de laine de verre de 19x13x10 cm en appui sur l'arrière du tweeter et la paroi de l'évent



Panneau de laine de verre de 19x13x10 cm en appui sur les parois latérales du coffret

Plan n° 9

## ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

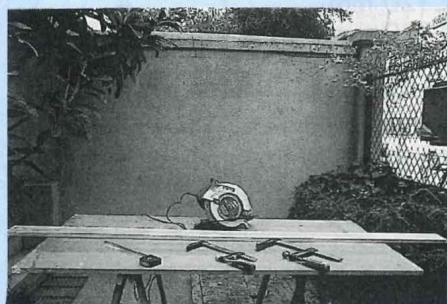


Photo 1

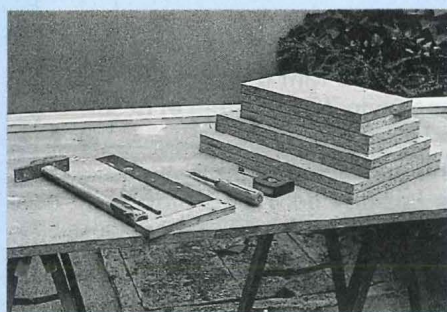


Photo 3

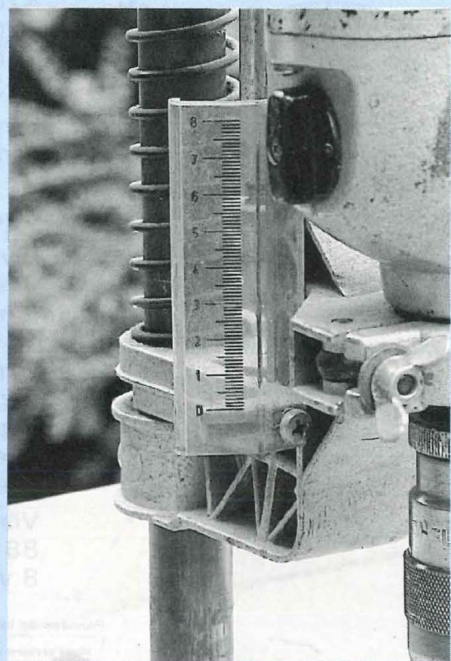


Photo 7

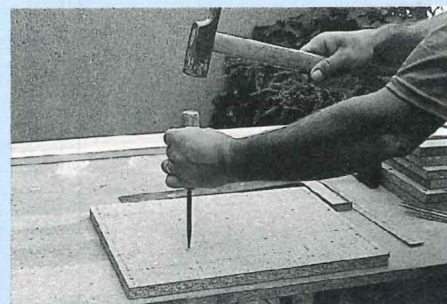


Photo 4

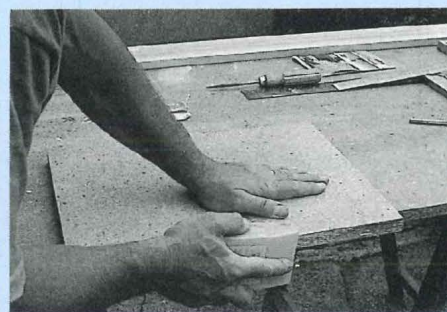


Photo 9

# St Quentin Radio

Le KIT AMPLI PURE CLASSE A 2x30W sous 8 ohms  
avec alim. et tempo.....~~2990F ttc~~, 2840F net ttc (\*)

(\*) offre valable jusqu'au 31 décembre 1993  
(si expédition + 100F. En recommandé, Poids : 10Kg)

Ce Kit est la réalisation décrite dans LED n°108 de mai 1993. Il comprend tous les accessoires : circuits imprimés, composants, visserie, transfos, câblerie etc.. Sauf les coffrets et la soudure (soudure à l'argent 3% - 30F les 5mètres)

Tous les composants inclus dans ce KIT sont de qualité (fiches RCA or avec isolant téflon, mica TO3 isolant spécial sans graisse..etc) et de fabrication récente (pas de lots), ce qui est important pour les capacités de filtrage (marque SIF SAFCO série CO 39).

Ce KIT demande, pour lui conserver toutes ces qualités, des soudures impeccables, ainsi qu'une bonne maîtrise du câblage et de la mécanique. (radiateurs non percés).

Pour des réalisations de qualité: des produits de qualité. Pour trouver un maximum (\*\*) de composants sans avoir à courir à droite et à gauche : SAINT QUENTIN RADIO évidemment.

prix unitaire net ttc pour 10 pièces de la même référence :

MJ 15024 : 27F    MPSA 06 : 1F    2N 3440 : 3.40F

MJ 15025 : 27F    MPSA 56 : 1F    2N 5416 : 5F

(\*\*)et nous sommes modestes !!!

### OFFRE SPECIALE FIN D'ANNEE

Pour vos réalisations de la revue LED, 10% de remise jusqu'au 31 décembre 1993.

Conditions : apporter la revue en question, et prendre tous les composants de la réalisation choisie. La remise s'applique sur le matériel disponible uniquement.

Remise non cumulable avec les remises déjà consenties à la boutique, ainsi que sur les prix NETS.

6 rue de St Quentin, 75010 PARIS Tél (1) 40 37 70 74 - Fax (1) 40 37 70 91

# CHELLES ELECTRONIQUES 77

16, av. du Maréchal Foch 77500 Chelles  
Tél. : 64 26 38 07 / Télécopieur : 60 08 00 33

Nous acceptons les bons de l'Administration - Conditions spéciales aux écoles, centres de formation, clubs d'électronique, etc. - PAS DE CATALOGUE

## NOUVELLE GAMME AUDAX

TWEETER LINE (A)		AWO25S1		310 F		HM210GO		495 F		HT100KO		255 F		PROFESSIONAL LINE (B)	
Réf.	PU TTC	AWO25S3		285 F	HM100CO		380 F	HT130KO		335 F	PR120I1		430 F		
TWO10E1	48 F	TWO34XO		285 F	HM130CO		415 F	HT170KO		370 F	PR130I1		710 F		
TWO10F1	45 F	TWO37YO		295 F	HM170CO		510 F	HT210KO		415 F	PR170MO		555 F		
TWO10I1	85 F	TWO56A1		40 F	HM210CO		615 F				PR170XO		595 F		
TWO10P1-4*	55 F	TW110F1		250 F	<b>CLASSIC SERIES (A)</b> HT080MO 135 F AT080MO 150 F HT100MO 175 F AT100MO 185 F HT130MO 195 F HT170MO 210 F HT210MO 235 F HT210M2 290 F HT240MO 330 F HT100FO 215 F HT130FO 295 F HT170FO 330 F HT210FO 365 F VE100F0-4* 190 F VE130F4-4* 225 F VE170F8-4* 275 F										
AWO10E1	70 F	TW110T1		275 F											
TWO14B5-4*	85 F	<b>PRESTIGE SERIES (B)</b>			HM100X0		375 F	HT170AO		160 F	PR240M0		640 F		
TWO14F1	70 F	HM100X2		375 F	HM130X0		435 F	HT210AO		165 F	PR240T0-4*		640 F		
TWO14G1	75 F	HM170X0		520 F	HM170X0		520 F	HT210A2		180 F	PR300M0		680 F		
TWO14H1	85 F	HM210X0		630 F	HM210X0		630 F	HT210A2		195 F	PR300T0-4*		680 F		
TWO14R1	120 F	HM130Z0		495 F	HM130Z0		495 F	HT210A2		235 F	PR300T2-4*		695 F		
TWO14G1	100 F	HM170Z0		580 F	HM170Z0		580 F	HT240AO		305 F	PR300T4		705 F		
AWO14R1	130 F	HM210Z0		685 F	<b>INDUSTRIAL SERIES (A)</b> HC100A1 85 F VE100A0 95 F VE100A2-50* 115 F VE100A4-4* 100 F										
TWO25AO	160 F												VE4X6A2-4*		130 F
TWO25A1	165 F	<b>REFERENCE SERIES (B)</b>			AE4X6A0		140 F	PR330T0		1 480 F					
TWO25MO	170 F	HM100GO		285 F	HT5X7A0		155 F	PR330T2-4*		1 530 F					
TWO25M1	175 F	HM130GO		330 F	HC064A1		70 F	PR330T4		2 015 F					
TWO25M3	230 F	HM170GO		390 F	CS070V0-50*		85 F	PR330T6-4*		2 050 F					
TWO25V2-4*	195 F														

## KITS AUDIO AUDAX

Référence	Désignation		Prix
HTP 817	2 x HT170MO 2 x HT080MO 2 x TWO10E1 60 W / 89 dB / 35-20 000 Hz	l'ensemble	1 100 F
HTP 170	2 x HT170MO 2 x TWO10E1 50 W / 91 dB / 45-20 000 Hz	la paire	640 F
HTP 210	1 x HT210MO 1 x HT100MO 1 x TWO14F1 70 W / 91 dB / 35-20 000 Hz	l'unité	580 F
HTP 420	2 x HT210MO 1 x HT130MO 1 x TWO14F1 100 W / 91 dB / 30-20 000 Hz	l'unité	925 F
HTK 170	2 x HT170KO 1 x HT100KO 1 x TWO14R1 90 W / 90 dB / 40-20 000 Hz	l'unité	1 270 F
HMP 1000	2 x 2 HM100GO 2 x 1 TWO10I1 60 W / 91 dB / 50-20 000 Hz	la paire	1 600 F
HMC 1700	2 x HM170CO 1 x AWO25S3 100 W / 92 dB / 38-22 000 Hz	l'unité	1 810 F
HMP 2100	1 x HM210GO 1 x HM100GO 1 x TWO25M1 90 W / 90 dB / 20-22 000 Hz	l'unité	1 370 F
HMX 2100	2 x HM210XO 1 x HM130XO 1 x AWO25S1 130 W / 93 dB / 18-22 000 Hz	l'unité	2 490 F
PRO 3814	1 x PR380T0 2 x AWO14R1 150 W / 98 dB / 50-20 000 Hz	l'unité	1 790 F
PRO 3817	1 x PR380T0 1 x PR170MO 2 x AWO14R1 200 W / 98 dB / 40-20 000 Hz	l'unité	2 240 F

Les kits sont vendus :

- Par unité, sauf HTP170 et HMP 1000, équipement pour une paire.
- Le HTP 817, équipement pour l'ensemble triphonique.
- Fournis avec filtre, bornier, évent et plan de montage.

Conditions de vente : minimum d'envoi 100 F. **Pas d'expédition hors C.E.E.**

Par correspondance : règlement à la commande par chèque ou mandat-lettre, ajouter le forfait de port et d'emballage : 50 F.

Contre-remboursement : 70 F. Au-dessus de 3 kg (oscilloscope, alimentation), expédition par la SERNAM : 110 F.

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

CODE \_\_\_\_\_ VILLE \_\_\_\_\_

## UNE NOUVEAUTE ! LES KITS DECRITS DANS LED (composants et circuit imprimé percé)

- Mini-labo Led n° 96  
- Géné de fonctions 96RR01 ..... 320 F  
- Alim/chargeur 96RR02 ..... 265 F  
- Coffret + visserie + pieds RG3 ..... 50 F
- Programmeur de 68705 P3  
(avec alim.) Led n° 97 ..... 250 F  
accessoires de finition ..... 100 F
- Ampli autoradio 2 x 40 W Led n° 98  
- Convertisseur 12V/48V ..... 995 F  
(coffret + dissipateur + ventilateur +  
accessoires ..... 330 F  
- Amplificateur stéréo ..... 280 F
- Overdrive Led n° 102 complet ..... 150 F  
Coffrets + boutons ..... 66 F
- Trémolo Led n° 103 complet ..... 168 F  
Coffret + boutons ..... 66 F
- Filtre actif Led n° 105 ..... 250 F  
- Alim. ± U ..... 260 F
- Flanger Led n° 107, complet ..... 330 F  
(coffret + 3 boutons) ..... 66 F
- Mélangeur 3 guitares, Led n° 108,  
complet ..... 145 F  
(coffret + 3 boutons) ..... 66 F
- Kit égaliseur 10 voies Led n° 109  
avec pot standard carbone ..... 355 F  
Supplément pour pot Cermet P11 ..... 220 F  
Alimentation pour égaliseur avec transfo ..... 220 F
- Amplificateur 85 Weff Led n° 110  
Bloc ampli 1 canal ..... 620 F  
Alim. (pour 2 canaux) transfo, cond.,  
transistors, pont redresseur ..... 1 040 F  
Divers, coffret, radiateur, accessoires ..... 870 F
- Ampli 400 Weff Led n° 111  
Bloc ampli 1 canal (avec radiateur et  
ventilateur ..... 1 690 F  
Alim. filtrage électronique ..... 125 F  
Transfo torique 300 VA ..... 335 F  
Transfo torique 500 VA ..... 495 F  
22 000 ..E/100 V, l'unité ..... 490 F
- Préampli haut niveau (stéréo)  
Led n° 99 ..... 246 F  
Alimentation ± 15 V ..... 260 F
- Ampli 400 Weff Led n° 112  
Circuit multiprotectons ..... 130 F  
Alim. +5 V / +12 V ..... 115 F  
Wattmètre ..... 205 F  
Tempo et surveillance ..... 95 F
- Filtre actif triphonique Led n° 113 ..... 88 F  
Régulation ± 15 V ..... 45 F  
Transformateur 2 x 15 V/30 VA ..... 120 F

Qté	Référence	P.U. TTC	Total TTC
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Port et emballage : 30 F

Net à payer TTC : \_\_\_\_\_

