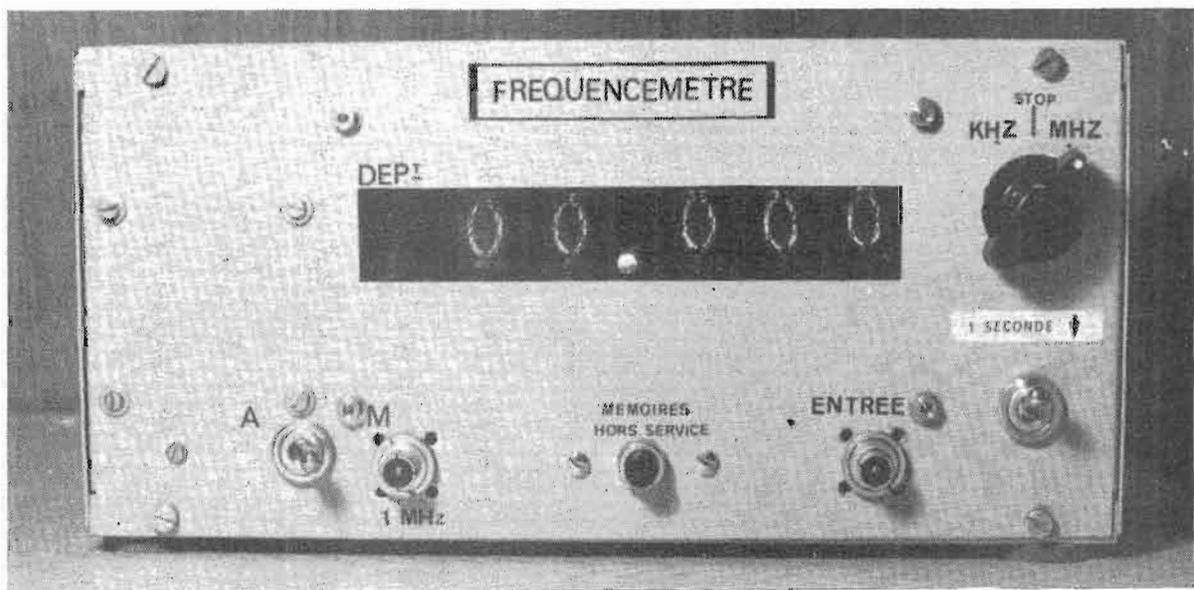


## 15. — LA MESURE DES FREQUENCES

### CONSTRUCTION D'UN FRÉQUENCEMÈTRE DIGITAL



(Suite et fin)

**N**OUS avons précédemment décrit les circuits du fréquencesmètre et la réalisation des cartes imprimées correspondantes. Il reste à donner toutes les indications pour la mise au point et l'assemblage final.

Soucieux de ne pas entraîner le lecteur dans d'innombrables et pénibles démontages, et profitant de la structure modulaire de l'appareil, nous lui conseillons de réaliser un test individuel de chaque sous-ensemble (carte) fonc-

tionnel de façon à être quasi certains de résultats finals positifs.

#### ESSAIS ELECTRIQUES DES COMPOSANTS ACTIFS ET DE L'ALIMENTATION

Au chapitre précédent, consacré aux mesures sur les circuits digitaux, nous avons

décrit un appareil à la fois simple et très utile : le générateur de signaux logiques. Cet appareil associé à des témoins logiques permet de faire l'essai de chacun des circuits intégrés digitaux utilisés dans le fréquencesmètre et, ainsi de se familiariser avec leur fonctionnement. Nous renvoyons le lecteur à ce chapitre.

Avant de procéder à des essais logiques ou analogiques, il conviendra de disposer des tensions normalisées sur cet appareil, soit + 12 V,

+ 180 V, + 5 V réglés. Le mieux est donc de réaliser le bloc d'alimentation qui sera lui-même essayé en mettant un jeu de résistances de charge appropriées sur les sorties :

5  $\Omega$ , 5 W sur la sortie 5 V réglée.

120  $\Omega$ , 2 W sur la sortie 12 V non réglée.

8,2 k $\Omega$ , 5 W sur la sortie 180 V non réglée.

Si cet essai s'avère positif, c'est-à-dire si toutes ces tensions sont obtenues en charge,

et si la tension régulée de + 5 V se règle correctement à cette valeur au moyen de la résistance de 220 Ω, l'alimentation sera déclarée bonne pour le service. Bien évidemment, l'utilisation de circuits régulateurs intégrés simplifie notablement ces opérations.

### ESSAI DE LA CARTE D'ENTREE

L'essai de la carte analogique des circuits d'entrée devrait pouvoir être réalisé suivant le montage de la figure 27A qui nécessite l'utilisation d'un générateur ou de toute source de tension alternative à niveau réglable, et d'un oscilloscope, de préférence à double trace, comme indiqué sur la figure.

L'entrée des créneaux de sélection est réunie à un potentiel positif, depuis le + 5 V, par un pont de résistances ; on peut, également, utiliser le générateur de signaux logiques (sortie d'un état 1 ou impulsion de 1 s).

Lorsqu'on augmente progressivement le niveau du générateur (calé sur 1 kHz, par exemple), on voit brusquement apparaître des signaux rectangulaires sur l'écran de l'oscilloscope, à partir d'un seuil déterminé. On réglera la résistance variable de 220 Ω jusqu'à ce que ce seuil soit le plus bas possible. Le seuil doit être voisin de 20 mV eff.

Si l'on ouvre l'interrupteur en série dans le + 5 V (polarisation de l'entrée créneaux), les signaux doivent disparaître ; le même phénomène se produira après 1 seconde si l'on utilise le générateur de signaux logiques.

Si l'on ne dispose pas d'oscilloscope, on pourra quand même tester ce circuit avec une source de 50 Hz (1 V réglable) à l'entrée et un multimètre branché en voltmètre continu ou un témoin logique en sortie.

Les mieux équipés utiliseront un générateur HF jusqu'à la limite en fréquence de

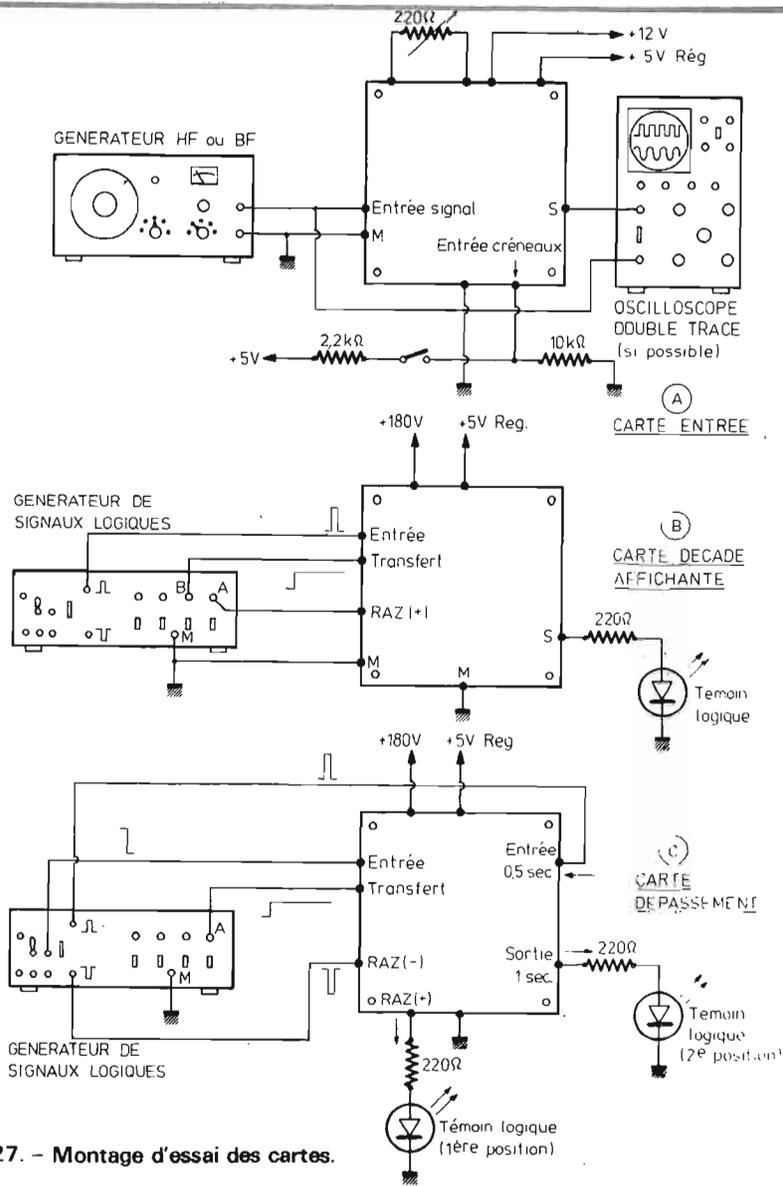


Fig. 27. - Montage d'essai des cartes.

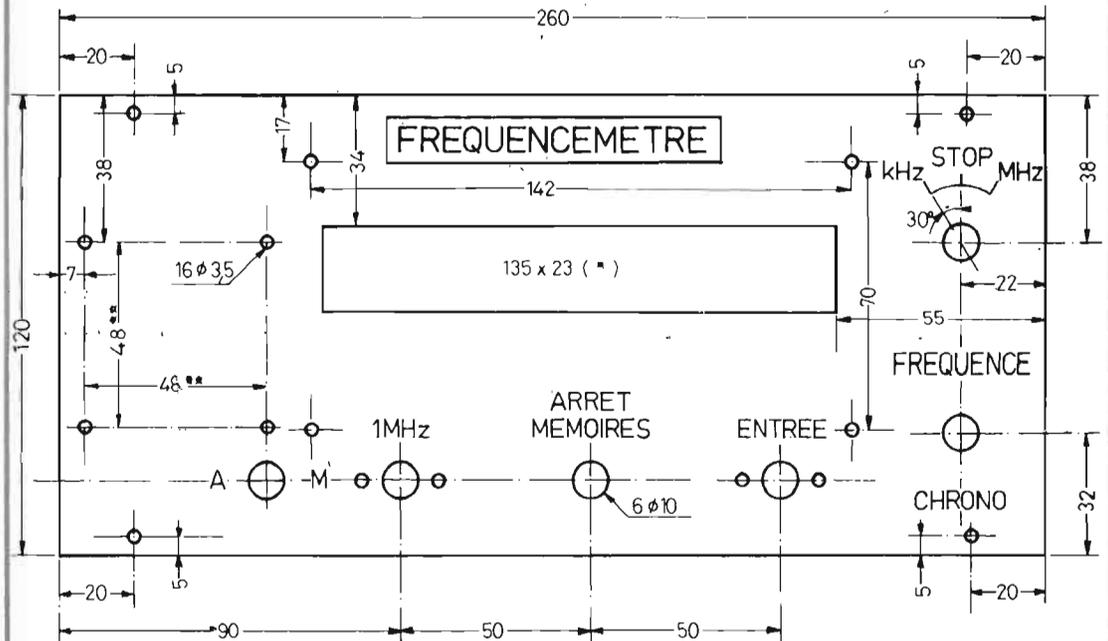


Fig. 28. - Panneau avant : \* - Les dimensions de la fenêtre et sa situation par rapport aux bords sont comparables avec la version à afficheur néon. Dans le cas de l'utilisation d'afficheurs 7 segments à diodes LED il conviendrait de redimensionner cette fenêtre. \*\* - Correspondent à un modèle spécifique de transformateur d'alimentation.

l'amplificateur d'entrée pour en apprécier la bande et relever sa sensibilité en fonction de la fréquence.

### ESSAI DES DECADES AFFICHANTES

Chacune des décades affichantes pourra subir un essai assez complet au moyen du générateur de signaux logiques (fig. 27B).

Pour cela, on réunira la sortie impulsion (+) de  $1\mu s$  à l'entrée, les sorties A et B respectivement sur les bornes RAZ (+) et Transfert. Dans un premier temps, on mettra les inverseurs A et B sur 1, puis l'interrupteur A sur 0.

L'afficheur doit alors indiquer 0.

Par la manipulation répétée de l'inverseur FRONT, on générera des impulsions séparées à raison d'une lorsqu'on passe de 0 à 1.

Ceci doit entraîner l'apparition successive des chiffres 1 à 9 puis un retour à 0.

En disposant un témoin logique sur la sortie de la décade, on vérifiera que la diode s'allume pour l'état 8, reste allumée à l'état 9 et s'éteint à la transition 9-0.

On vérifiera ensuite que les signaux de RAZ fonctionnent en affichant un nombre quelconque différent de zéro, en passant A de 0 à 1, l'affichage doit revenir à 0.

De même, la fonction transfert sera vérifiée de la façon suivante : après une remise à

zéro initiale (A sur 1, puis sur 0), on mettra B sur 0, on basculera alors, par exemple, cinq fois l'interrupteur FRONT de 0 à 1, puis l'on mettra B sur 1. L'afficheur doit, à ce moment indiquer 5.

Il est possible de compléter ces essais statiques par un essai dynamique en envoyant du 50 Hz mis en forme par le trigger du générateur à l'entrée de la décade, le témoin logique s'allumera cinq fois par seconde.

### ESSAI DE LA CARTE DÉPASSEMENT

Les branchements seront réalisés comme le montre la figure 27D.

Lorsqu'on génère un front descendant (1-0), le néon de dépassement doit s'allumer si A est sur 1. En passant l'inverseur FRONT de 0 sur 1 (impulsion de 1 s), on génère un créneau négatif de 1 s qui, envoyé sur l'entrée RAZ (-) allumera le témoin logique branché sur la sortie RAZ (+) pendant le même temps.

Comme pour chaque carte de décade affichante, on vérifiera l'efficacité de la commande de transfert.

La seconde fonction de la carte dépassement est de diviser par 2 la fréquence d'un signal (ou le nombre d'apparitions de phénomènes transitoires dans un temps donné). Pour vérifier cette fonction, on placera le témoin logique sur la sortie 1 seconde de la carte. Au moyen du générateur, on enverra une impulsion positive sur l'entrée 0,5 s. Le témoin s'allumera et restera dans cet état jusqu'à ce qu'on envoie une seconde impulsion pour l'éteindre et ainsi de suite en s'allumant à chaque impulsion de rang impair et s'éteignant pour chaque impulsion paire.

### ESSAI DE LA BASE DE TEMPS

On limitera cet essai à la vérification de la présence d'un signal (au moyen d'un oscilloscope) sur les sorties :

- 1 MHz (créneaux de  $0,5\mu s$ ).
- 1 kHz (créneaux de  $0,5 ms$ ).
- 1 ms.
- 1 Hz (créneaux de  $0,5 s$ ).
- broche 2 de CL20 (présence d'impulsions différenciées).

Si l'on ne dispose pas d'un oscilloscope, il sera possible de s'assurer du bon fonctionnement des diviseurs CL22 à CL27 en branchant un témoin logique ou un voltmètre continu sur la sortie 1 Hz (broche 11 de CL27) et en vérifiant que le témoin s'allume et s'éteint une fois par seconde.

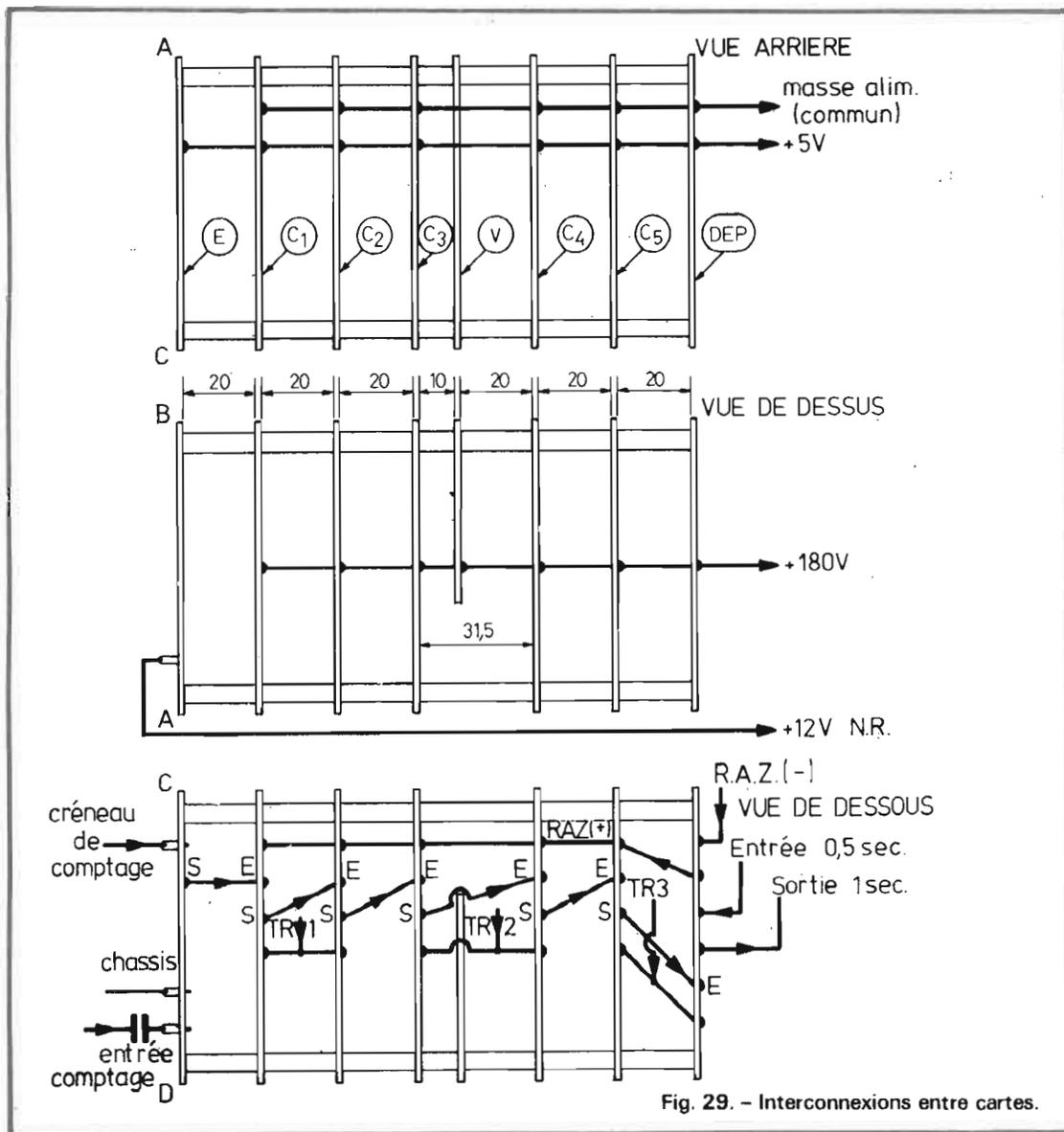


Fig. 29. - Interconnexions entre cartes.

## FACE AVANT ET INTERCONNEXIONS

Si les résultats des essais précédents sont positifs, il existe une très grande probabilité de bon fonctionnement de l'ensemble.

On pourra donc s'attaquer aux opérations d'assemblage dès que le panneau avant aura été exécuté.

Le dessin de la figure 28 donne tous les détails de perçage de ce panneau ainsi que les indications de gravure. On notera que certaines dimensions dépendent de la version d'affichage choisie et du modèle de transformateur.

On procédera à l'assemblage mécanique des cartes imprimées, à leurs interconnexions et à l'assemblage final en s'aidant des figures 29, 30 et 31 ainsi que des photographies accompagnant le texte.

On ne tiendra pas compte des différences qui peuvent apparaître entre les photographies prises sur une simple maquette fonctionnelle et les dessins publiés dans le texte qui doivent seuls servir de référence.

L'assemblage des cartes montées en pile (entrée, décades affichantes, point décimal et dépassement) se fera au moyen d'entretoises traversées par des tiges filetées (voir fig. 29).

La fixation des cartes assemblées sur le panneau avant peut se faire de plusieurs façons. On a retenu celle qui fait appel à des pattes filetées récupérées sur de vieux blindages de transformateurs à F.I. de récepteur à tubes. On aurait pu également utiliser de petites équerres.

Pour améliorer la lisibilité de l'écran on utilisera un filtre rouge constitué d'une plaque de plexiglass teinté, par exemple. Sur la maquette, nous avons monté un fragment d'équerre en plastique teinté que l'on trouve aisément dans tout rayon d'articles scolaires.

La figure 31 représentant l'ensemble câblé en vue

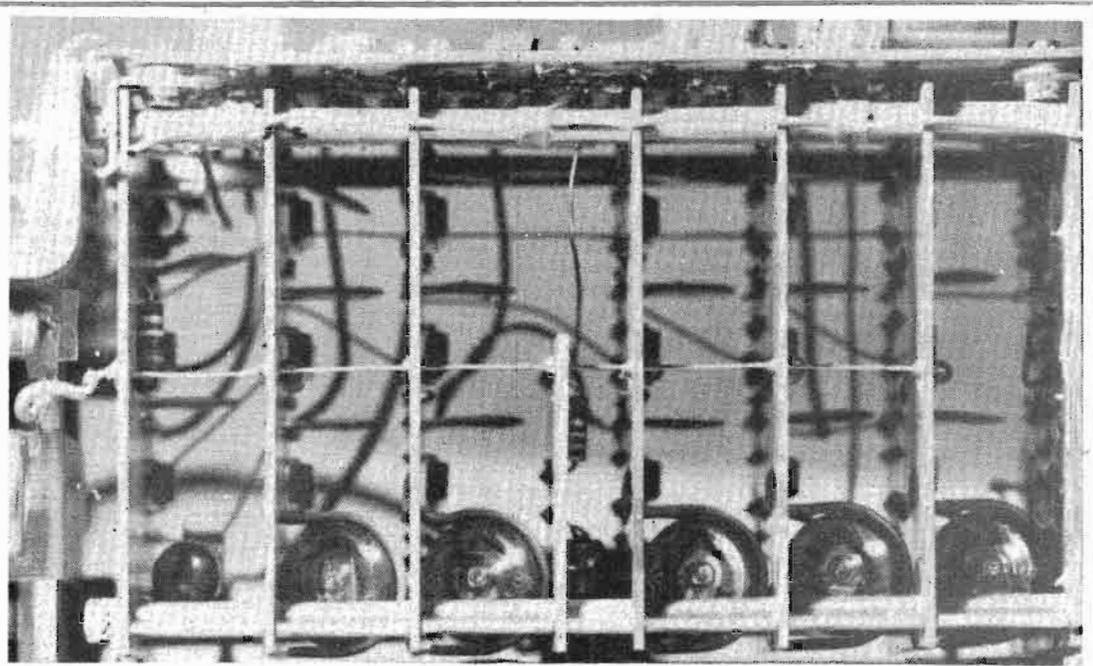


Photo A : vue de dessus. Empilage des cartes.

arrière fait apparaître un régulateur d'alimentation à trois transistors en câblage conventionnel.

La figure 32, enfin, représente le capot de l'appareil en tôle d'acier de 5/10<sup>e</sup>. Il conviendra de percer une série de trous sur les parties inférieure et supérieure de ce coffret afin d'améliorer l'évacuation des calories dissipées par

l'alimentation et, notamment, par le radiateur du transistor ballast.

### MISE AU POINT

Dès le câblage terminé et vérifié, on procédera aux premiers essais électriques.

En principe l'appareil doit

fonctionner dès la mise sous tension et indiquer un affichage de 00.000.

L'étalonnage de cet appareil pourrait être confié à un laboratoire bien équipé. Cette opération est rapide et consiste, essentiellement, à régler la fréquence de l'oscillateur à quartz sur 1 MHz exactement au moyen du condensateur ajustable.

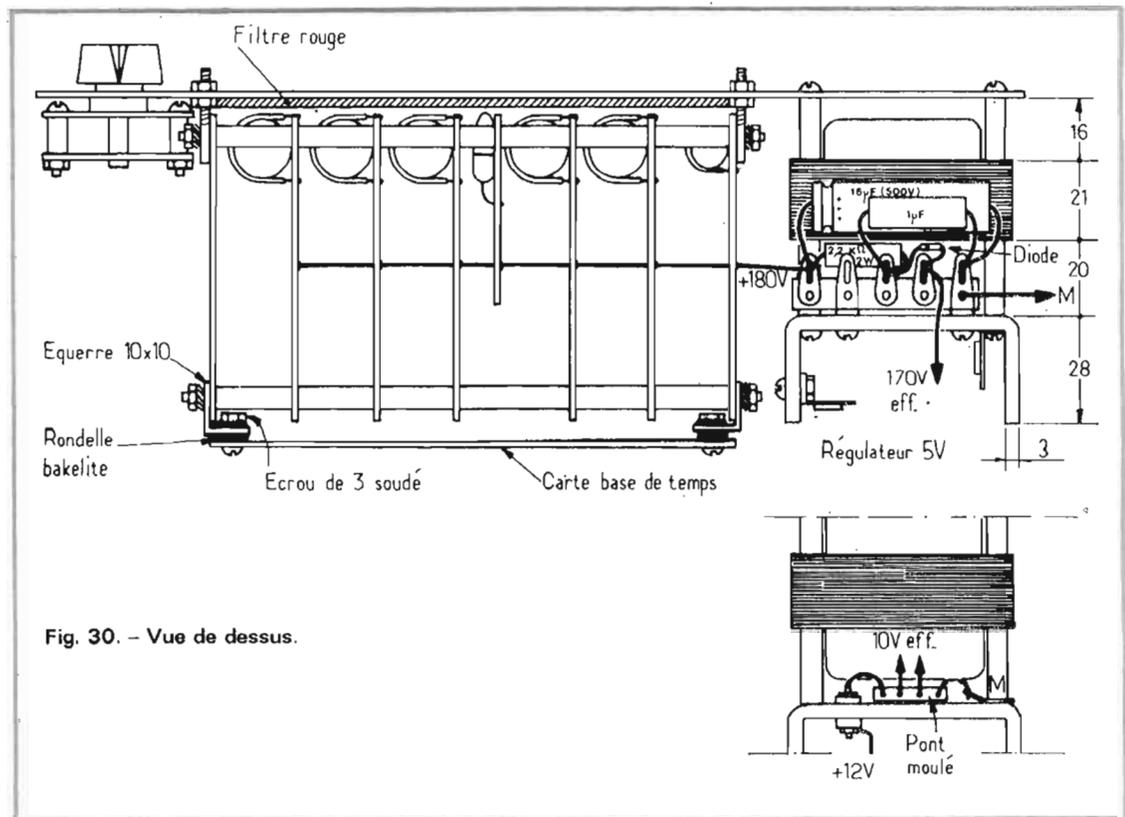


Fig. 30. - Vue de dessus.

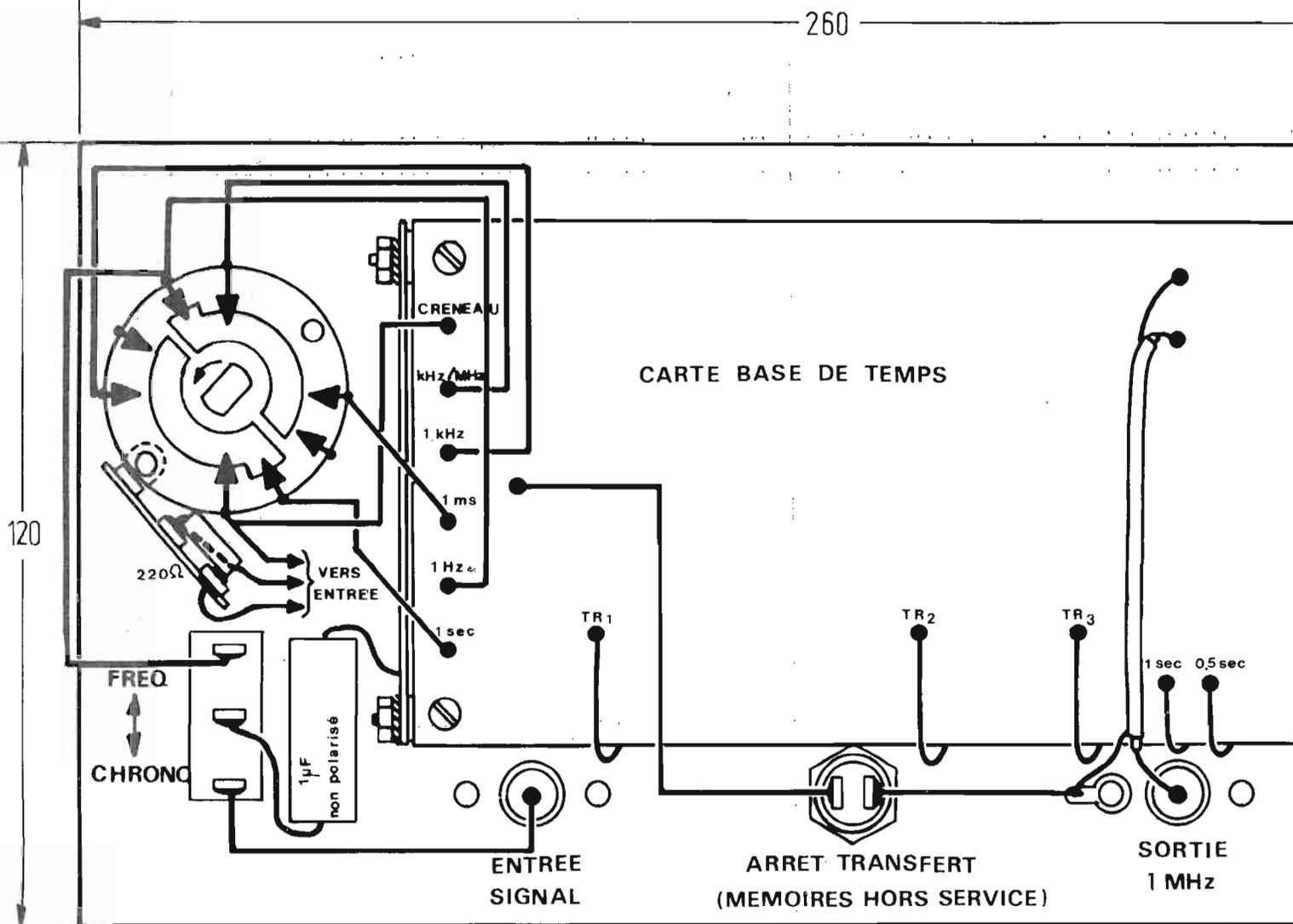


Fig. 31. - Vue arrière.

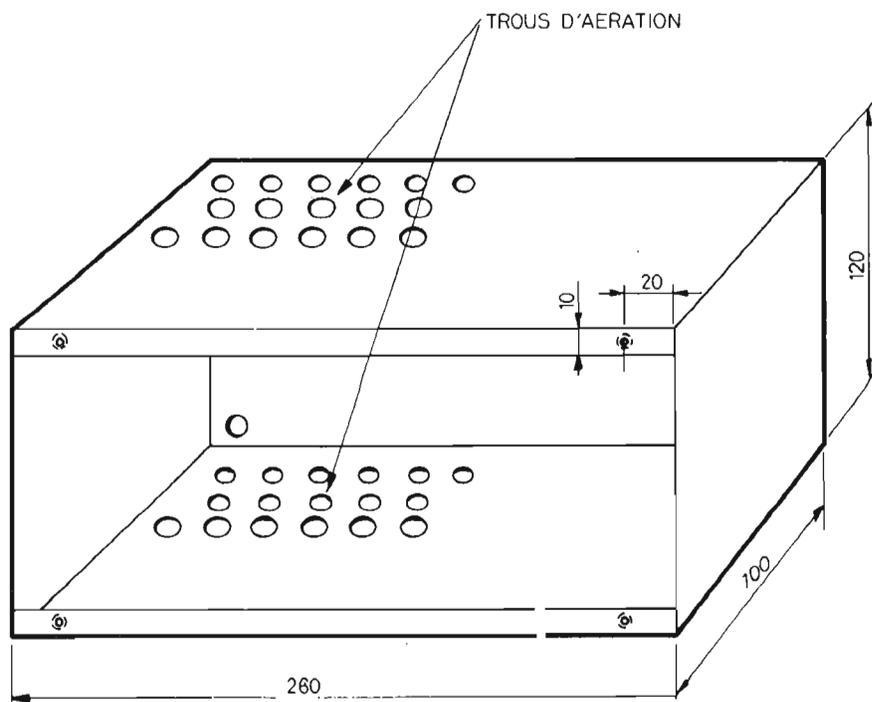


Fig. 32. - Coffret de l'appareil.

## AMÉLIORATION DES PERFORMANCES

Mais on peut effectuer soi-même ce réglage en s'aidant d'un récepteur de radio-diffusion réglé sur 200 kHz (Droitwich) et en approchant ce récepteur de la carte base de temps. Le réglage correct sera obtenu au battement zéro sur le récepteur (voir à ce sujet le chapitre consacré à la calibration).

Ce réglage se fera capot en place (prévoir un trou pour atteindre le condensateur) 15 à 20 minutes après la mise sous tension.

Si l'on branche la sortie 1 MHz sur l'entrée signal, on obtiendra un affichage (D) 00.000 sur la gamme kHz et 1.000 sur la gamme MHz.

On vérifiera, également, le bon fonctionnement de la fonction Chrono de la position Stop et de l'arrêt de transfert (mémoires hors service).

Si nécessaire, on retouchera les réglages de la valeur de la tension régulée ( $5 \pm 0,2 \text{ V}$ ) et de la sensibilité d'entrée ( $20 \text{ mV eff. à } 1 \text{ kHz}$ ).

Ces opérations terminent la mise au point du fréquence-mètre dont les modalités d'utilisation ont été passées en revue au début du chapitre.

Malgré la relative simplicité de ses circuits, le fréquence-mètre que nous avons décrit assure de très bonnes performances qui laissent loin derrière toutes les autres méthodes de détermination de la fréquence d'un signal.

Cependant, ces performances, pour attrayantes qu'elles soient, peuvent encore être améliorées pour satisfaire les exigences des techniciens pointilleux.

Nous avons déjà eu l'occasion de citer la mesure des périodes, bien utile pour la détermination de la fréquence d'un phénomène très lent, on peut ajouter également la mesure précise, d'un temps court entre deux instants : pour ces améliorations qui font appel à une adaptation particulière du montage nous conseillons la consultation d'articles comme ceux de M. Thobois, déjà cités. Nous ne retiendrons que deux domaines perfectibles sur notre appareil : la précision et l'éten-

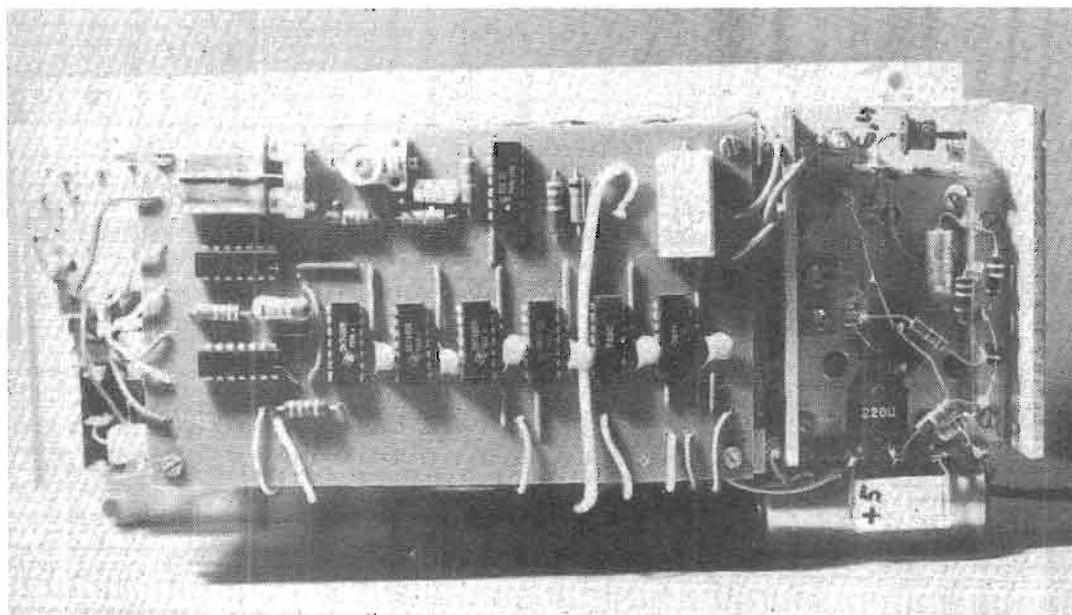
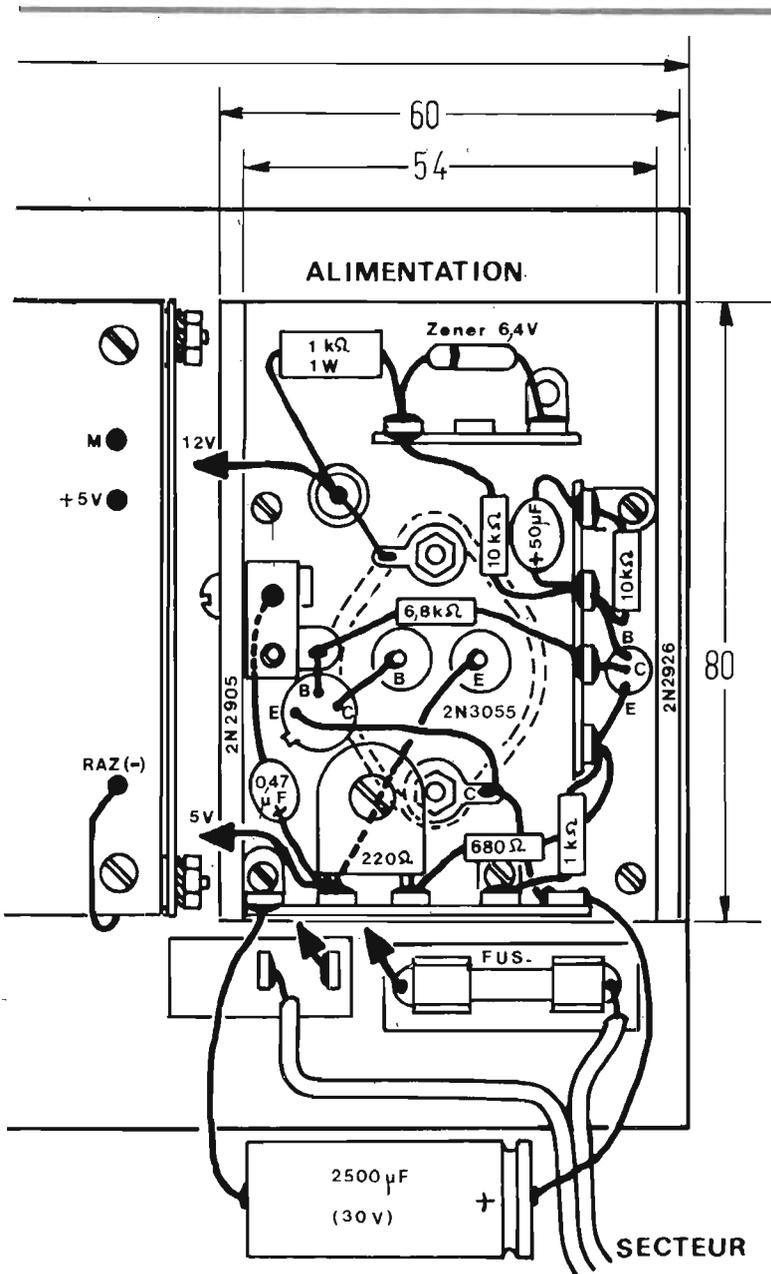


Photo B : vue arrière. Alimentation et base de temps.

due de la gamme en fréquence.

### AMÉLIORATION DE LA PRÉCISION

Nous avons indiqué que la précision de l'affichage correspondait sensiblement à celle de la fréquence d'horloge. On peut obtenir de remarquables résultats en stabilisant cette valeur par une enceinte thermostatée contenant le quartz de l'oscillateur. Ce dispositif, relativement onéreux, existe tout monté avec un chauffage et une régulation de température à bi-lame alimentés à partir du + 5 V.

Dans cette option, l'oscillateur sera disposé sur un circuit séparé et sera relié à la carte base de temps par sa sortie 1 MHz et par les fils d'alimentation. Les dimensions du coffret devront être augmentées en conséquence.

La précision que l'on peut ainsi obtenir est meilleure que  $10^{-6}$  à moyen terme.

### AUGMENTATION DE LA FREQUENCE DE COUPURE

Ainsi que nous l'avons indiqué, la fréquence limite atteinte avec les circuits décrits est voisine de 35 MHz. Il existe plusieurs façons d'augmenter cette valeur, soit en perfectionnant les circuits du montage, soit en disposant un circuit supplémentaire extérieur.

On peut, dans un premier temps, supprimer le circuit de mise en forme (Nand I et II de CL1), ce qui augmente la bande jusqu'à 45 ou 50 MHz, à la condition de trier soigneusement les SN7490 pour équiper la première décade (CL2) de façon à obtenir les performances les meilleures. Cependant, l'abandon du circuit de mise en forme risque de créer des affichages erronés si l'on approche de trop près la limite

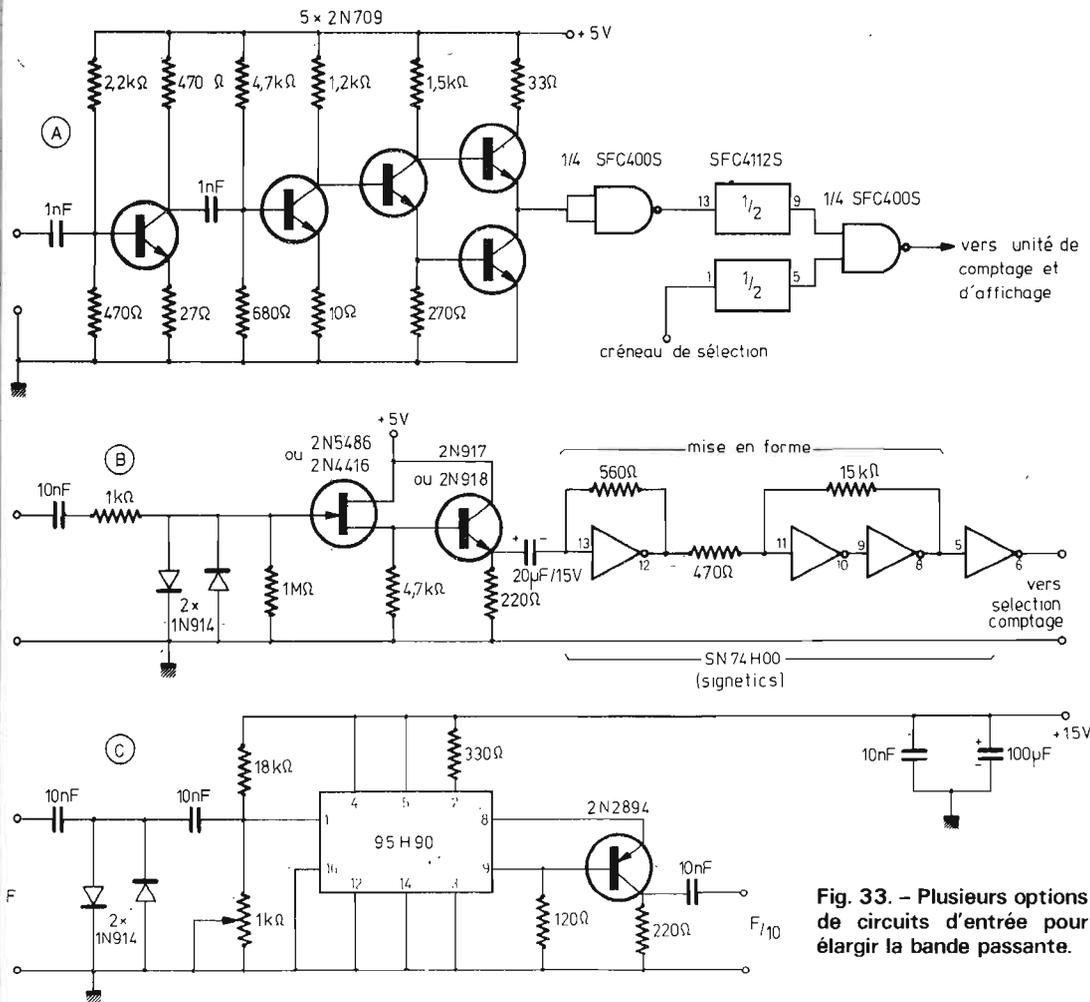


Fig. 33. - Plusieurs options de circuits d'entrée pour élargir la bande passante.

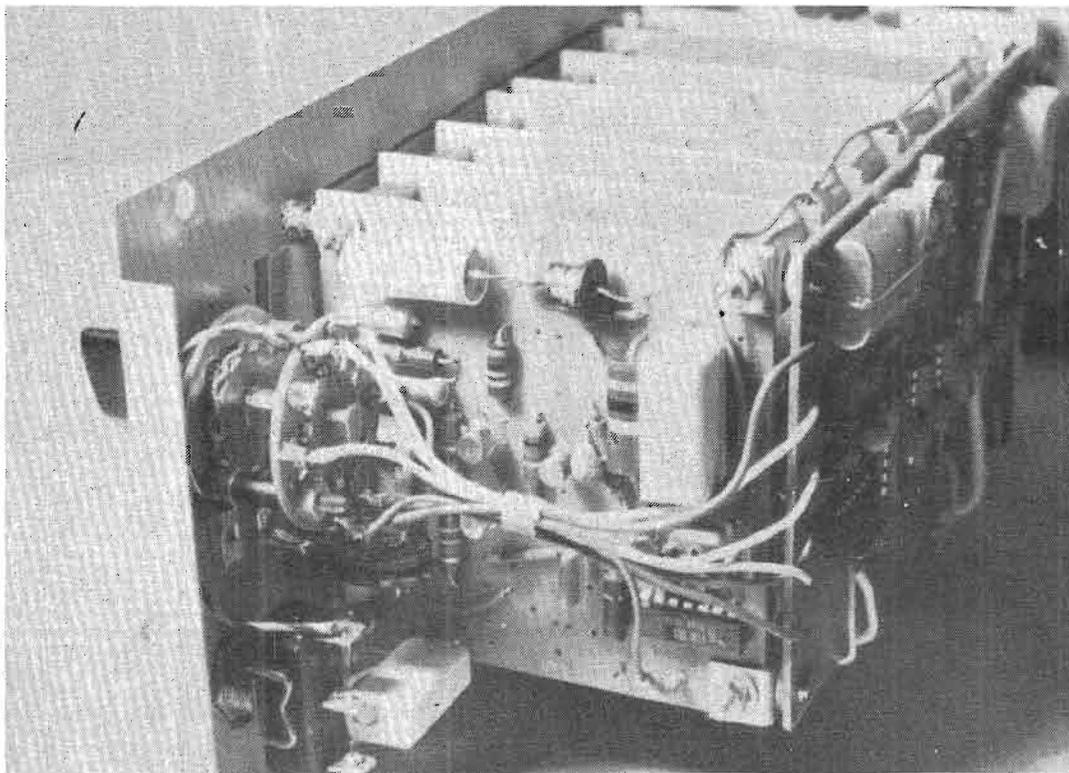


Photo C - Ensemble assemblé.

de sensibilité ou si le signal d'entrée a une forme par trop tourmentée. Il sera donc préférable de remplacer CL1 (SF400E ou SN7400) de type standard TTL par un modèle plus performant comme le SFC400S de Sescosm en technologie Schottky. On pourra également remplacer CL2 (SN7490) par une décade plus rapide telle que la SN74196 (Texas) pour atteindre une limite de 60 à 80 MHz, sans autre modification de l'amplificateur d'entrée.

Une autre suggestion de modification est représentée sur le schéma de la figure 33A. Elle permet d'obtenir d'excellents résultats en opérant une division par 2 du signal **avant sélection** tout en doublant dans le même temps la durée du créneau d'échantillonnage. Cette opération ne modifie pas l'affichage mais double la bande passante. Pour cela, on modifie totalement l'amplificateur d'entrée (5 transistors 2N709), on remplace le circuit de mise en forme et de sélection par un SFC400S et l'on réalise la division par 2 au moyen d'une double bascule JK rapide en technologie Schottky : SFC41125. La bande passante obtenue est au moins de 80 MHz.

On peut également modifier de façon plus simple l'amplificateur d'entrée au détriment de la sensibilité (100 à 200 mV), mais avec une bande passante accrue jusqu'à 100 MHz au moins en réalisant la mise en forme par un SN74H00 (Signetics), la sélection par SFC400S et la première division par 10 par un SN74196. Le schéma de l'amplificateur d'entrée est représenté sur la figure 33B.

Enfin, citons la méthode la plus simple et la plus efficace, sinon la plus économique, pour augmenter la bande. Elle consiste à utiliser un circuit intégré 95H90, spécialement prévu pour une pré-division par 10 jusqu'à des fréquences pouvant atteindre 300 MHz. Le schéma de branchement est indiqué sur la figure 33C. On peut ainsi, par un circuit

extérieur, multiplier par 8 à 10 la bande passante d'un fréquencesmètre. On notera que les performances dépendent beaucoup du soin apporté au câblage de la mini-carte imprimée supportant le circuit pré-diviseur. Le réglage de la sensibilité se fait par la résistance ajustable de 1 000  $\Omega$  située à l'entrée (on peut espérer atteindre 100 mV eff.) à relativement basse impédance. La sortie, isolée du pré-diviseur par un transistor tampon est à F/10 de sorte que la lecture du fréquencesmètre doit être multipliée par 10. Ainsi, un affichage de 17 525 MHz indique que la fréquence du signal d'entrée est, en réalité, de 175,250 MHz.

L'alimentation sera prélevée sur le + 5 V régulé (débit de 80 mV environ).

J.C.

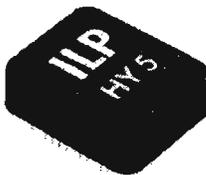
(à suivre)



I.L.P. (Electronics) Ltd

## POUR TOUTES APPLICATIONS BF LES CIRCUITS HYBRIDES PROFESSIONNELS.

### ILP UNE TECHNOLOGIE DE POINTE !



#### HY 5

Le HY5 est un préamplificateur hybride complet idéal pour toutes les utilisations mono ou stéréo. Il est composé de deux amplificateurs de haute qualité. Le premier effectue les corrections de lecture et le contrôle de volume, le second permet les réglages de tonalité et de balance.

#### SPECIFICATIONS TECHNIQUES :

Entrées : PU Magnétique 3 mV RIAA-PU Céramique 30 mV - Microphone 10 mV - Tuner 100 mV. Auxiliaire 3-100 mV - Impédance d'entrée 47 k ohms à 1 h Hz. Sortie 0 dB (0,775 mV eff.). Enregistrement : 100 mV. Contrôles de tonalité : aigu  $\pm 12$  dB à 10 kHz - grave  $\pm 12$  dB à 100 Hz.

Distorsion : 0,5 % à 1 kHz. Rapport S/B : 68 dB - Surcharge : 40 dB sur les entrées les plus sensibles - Tension d'alimentation :  $\pm 16$  à 25 V.



Prix : 99 F TTC



Prix : 132 F TTC

#### HY 50

Le HY50 est un amplificateur haute fidélité hybride complet : tous les éléments et les radiateurs sont scellés dans une résine époxy noire. Cinq branchements seulement sont prévus : Entrée, sortie, lignes d'alimentation, masse.

#### SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Puissance de sortie : 25 W eff. sur 8 Ohms - Charge : 4 à 16 Ohms - Sensibilité d'entrée 0 dB (0,775 mV) sur 47 k ohms - Distorsion inférieure à 0,1 % à 25 W (typique 0,05 %) - Rapport S/B : 75 dB - Bande passante 10 Hz - 50 kHz + 3 dB - Tension d'alimentation + 25 V. Dimensions : 105 x 50 x 25 mm.



Prix : 110 F TTC

#### PSU 50

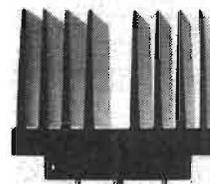
L'alimentation PSU 50 permet 25 W en mono.

On peut l'utiliser aussi en stéréo.

#### SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Tension de sortie : 50 V (+ 25,0 - 25 V) - Secteur 210 et 240 V.

Dimensions : L 70 x P 90 x H 60 mm.



#### HY 200

Le HY 200 est un amplificateur haute fidélité hybride complet avec protection incorporée contre les courts-circuits et les surcharges.

Utilisation : industrie - discothèque - sonorisation - haute fidélité.

#### SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Puissance de sortie : 100 W eff. sur 8 Ohms. Sensibilité entrée : 500 mV R.M.S., impédance entrée 100 k ohms S/B ratio 96 dB et 100 watts. Bande passante : 10 Hz - 45 kHz  $\pm 3$  dB. Distorsion typique : 0,05 %. Poids : 1 kg.

• LISTE POINTS DE VENTE SUR DEMANDE •

**SEFAR**

7-15, RUE DE BEZONS  
92400 COURBEVOIE - Tél. 333.59.21