

35

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 28 oct. - 4 nov. 1965 - le numéro 1,60 F.

SUISSE 1,70 FS
BELGIQUE 23 FB
MAROC 1,85 Dh

ALGERIE 1,80 FA
TUNISIE 1,70 M
ALLEMAGNE 1,80 DM

GRANDE-BRETAGNE 3,5 sh
CANADA 50 cts
U.S.A. 50 cts

vosre Carrière

revue hebdomadaire

DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: Editions CHIRON - 40, rue de Seine
Tél. 633.18-93 - Paris (6^e) - C.C.P. 53-35.



La revue est en vente aux kiosques, chaque semaine: si le kiosque en est démuné, demandez l'envoi hebdomadaire directement à votre domicile.

Directrice: *Mme Etienne Chiron.*

Secrétaire de rédaction: *J. Lavergne*

ABONNEMENTS

Les abonnements peuvent être souscrits en cours d'année, à n'importe quelle date. Les numéros déjà parus au moment de la souscription seront envoyés en une seule expédition.

France - 1 an (52 numéros) = 70 F;
6 mois (26 numéros) = 38 F. -
Etranger - 1 an = 90 F - Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire la somme de 1,20 F par numéro.

S'adresser aux Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris - C.C.P. 53-35.

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire (1,60 F).

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

Toute demande de renseignements doit être accompagnée d'une enveloppe timbrée à votre adresse.

S'adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris.

PUBLICITE

PUBLEDITEC - 13, Rue C. Lecocq
Tél. 250.88-04 et 88-05 - Paris, 15^e.

Cette Revue sera contrôlée par l' O. J. D.

DISTRIBUTION

Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - 11, Rue Réamur - Paris.

COPYRIGHT

Dépôt légal éditeur 34 - 2^e trim. '65
Periodique N. 42 905 à la Commission Paritaire de la Presse.

Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays.

Sommaire

★ Courrier des lecteurs	page 2
★ Courrier technique	» 2
★ Le « Sunny » Récepteur portatif à 6 transistors et 3 gammes	» 3
★ Mesures à l'oscilloscope sur les générateurs	» 5
★ Les accessoires de l'oscilloscope	» 14
★ Questions sur les 103 ^{ème} et 104 ^{ème} leçons	» 23
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 23
★ Figures de Lissajous	» 24

Courrier des lecteurs

USAGE DES RELIURES DE "VOTRE CARRIERE"

La reliure type **D** ne pose pas de problèmes: c'est un système à pince qui serre les feuilles du Dictionnaire que vous devez séparer de la revue.

Dans la reliure type **A**, les pages du Cours séparées de la revue sont placées à cheval sur les fils de nylon. Il ne faut pas mettre plus de 26 numéros par reliure. Par suite, il ne faut surtout pas utiliser tous les fils dans l'ordre, mais laisser un fil inemployé sur deux: en raison de l'épaisseur du Cours un fil libre doit rester entre chaque fascicule.

AVIS - PETITES ANNONCES

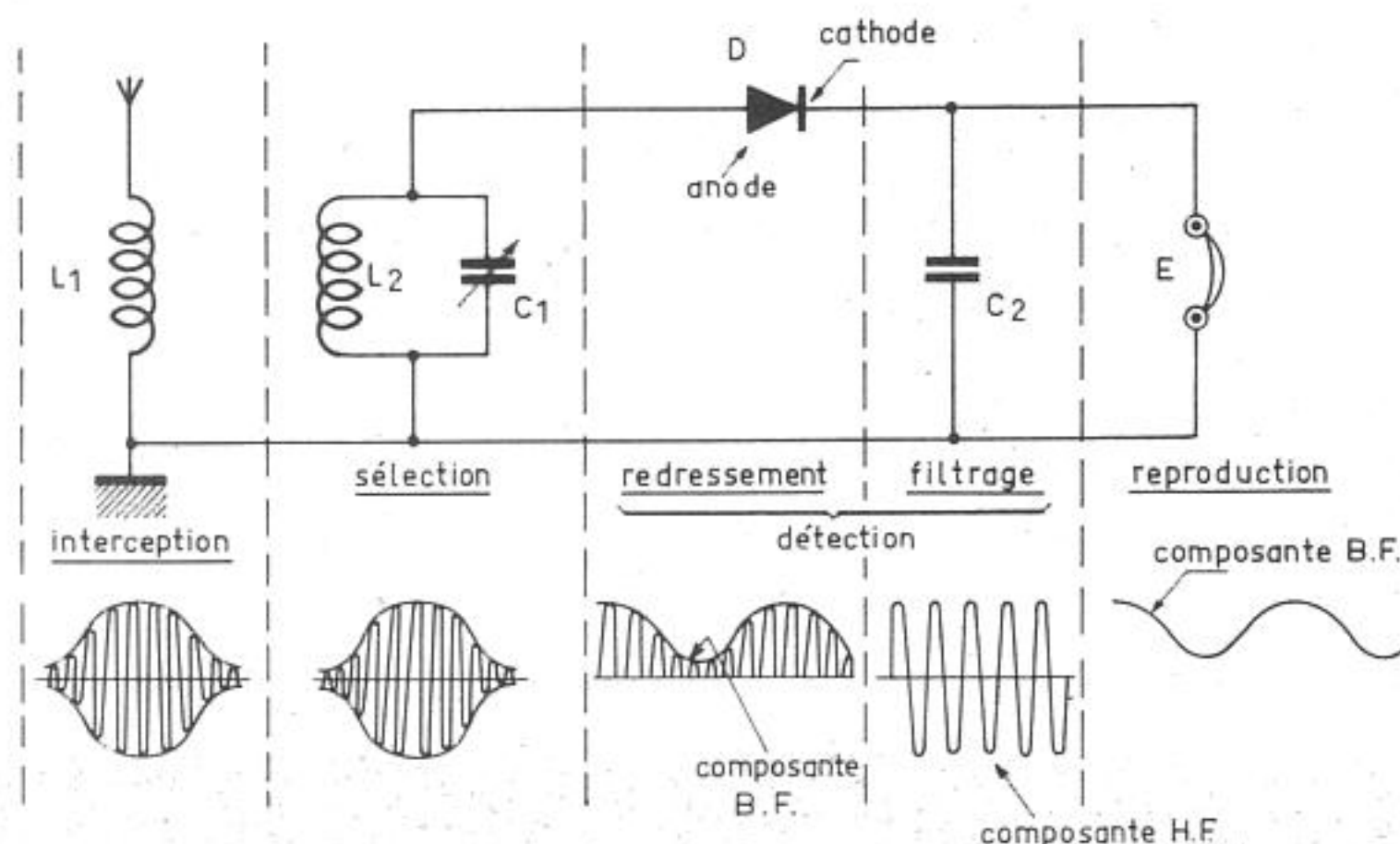
"**Votre Carrière**" décide d'accepter désormais les **Petites Annonces**, brèves (maximum 4 lignes), pour les rubriques suivantes:

- offres d'emploi
- demandes d'emploi
- achat, vente et échange de matériel d'occasion
- offre de service, tels que dépannage, montage*, etc.

* à l'exclusion de la vente de matériel neuf, qui est réservée à nos pages de publicité.

TARIF: 6 F la ligne de 40 signes et espaces.

Courrier technique



Mr. Guy L. - St. Etienne de Tulmont (Tarn et Garonne).

1^o) Fonctionnement du montage de la figure 8, page 317 (leçon n° 40).

D'une façon générale, la diode conduit lorsque son anode est positive par rapport à sa cathode, ou, en d'autres termes, lorsque le potentiel de l'anode

Le "Sunny" Portatif à 6 transistors et 3 gammes

Le récepteur « SUNNY » que nous vous présentons est un excellent récepteur portatif à 6 transistors dont un « drift », plus une diode, 3 gammes d'ondes (PO. GO. OC), celles-ci étant sélectionnées par un clavier à 4 touches, la quatrième touche permettant de commuter l'antenne-auto. Un double cadran rend aisé la recherche des stations aussi bien en fonctionnement normal qu'en position « auto ».

D'une présentation sobre et élégante, le coffret est en matière plastique pratiquement incassable, et possède une poignée escamotable. Encombrement 245 x 150 x 70 mm. Un haut parleur spécial de 113 mm alimenté par un « push-pull » donne une très bonne réception aussi bien en « appartement » qu'en « voiture ».

Le montage ne présente pas de difficultés particulières, le câblage étant réduit au minimum par l'utilisation d'un circuit imprimé.

Avant toute chose, il est recommandé de bien identifier les différents composants. Le montage commence par la mise en place des plus gros éléments, des trous percés dans la plaquette du circuit imprimé permettent de fixer ceux-ci, sans erreur possible, à leurs emplacements respectifs.

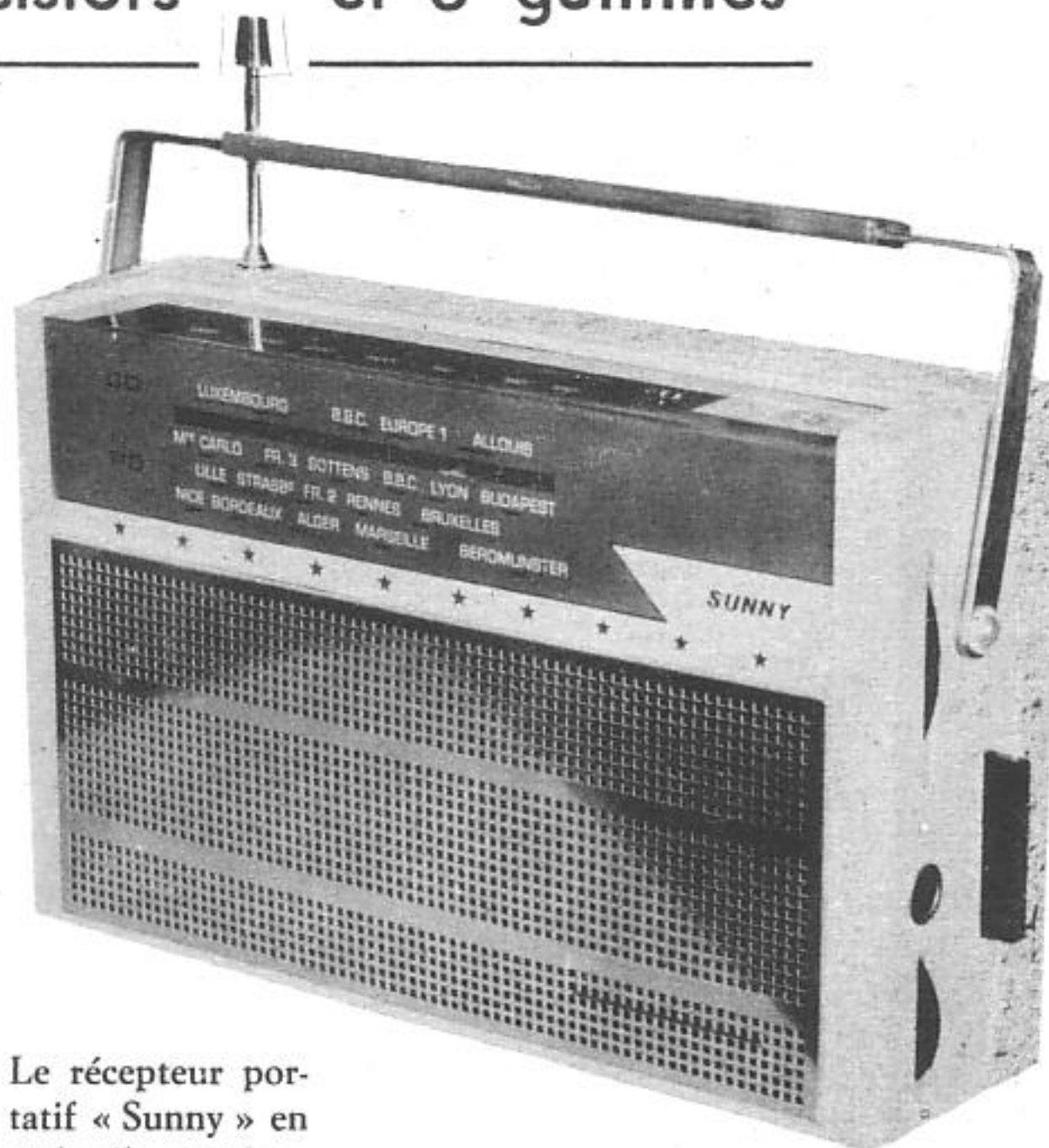
- 1°) commutateur, contacteur à touches,
- 2°) les cinq bobinages oscillateur PO - GO (gris) oscillateur OC (rouge), bobine accord PO (bleu) bobine accord GO (vert 4 broches), bobine accord OC (bleu foncé 4 broches)
- 3°) les trois transformateurs MF, TM1, TM2 et TM3 et transformateurs «driver» alimentant le «push-pull»:
- 4°) le cadre ferrite (antenne PO - GO)
- 5°) les autres composants, résistances et condensateurs.
- 6°) les transistors
- 7°) les piles d'alimentation.

Pour toutes les soudures, veiller à ce qu'elles ne débordent pas sur les liaisons voisines. En particulier, pour les transistors, souder en tenant le brin à l'aide d'une pince plate entre le point à souder et le transistor. Le montage est à présent terminé. Vérifier les connexions de tous les éléments avant de mettre sous tension.

REGLAGE

METHODE D'ALIGNEMENT

L'alignement peut se faire à l'aide d'un output-mètre (représenté par exemple par un voltmètre alternatif, sensibilité 1 volt, 1,5 volt) et d'un générateur HF modulé à 400, 800 ou 1 000 Hz.



Le récepteur portatif « Sunny » en ordre de marche.

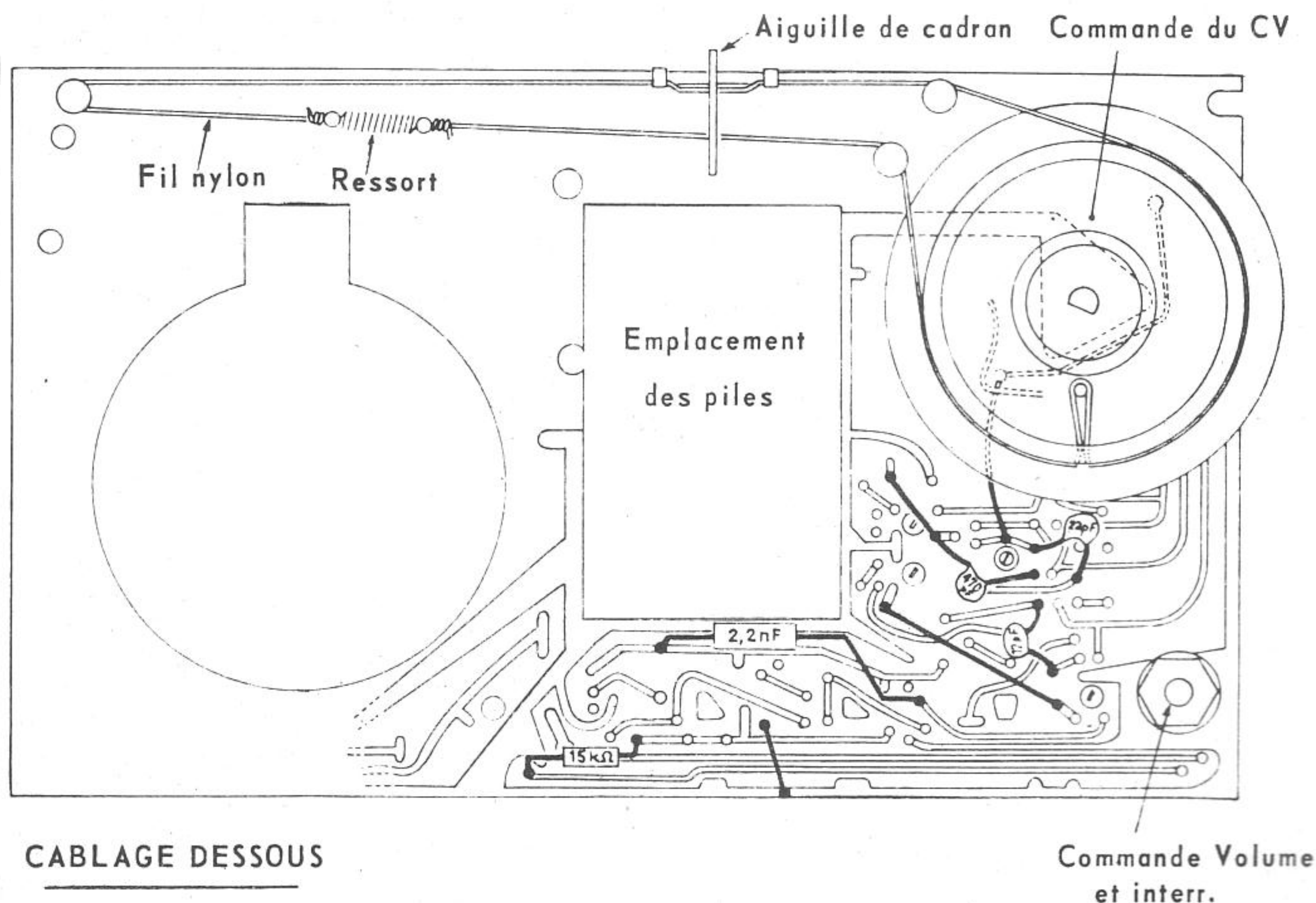
- Brancher l'output-mètre sur les 2 cosses du haut-parleur (bobine mobile).
- Tourner le bouton de commande de la puissance du récepteur au maximum.
- Brancher la masse du générateur HF au châssis du récepteur.
- Procéder aux différentes opérations de réglage ci-dessous en maintenant la tension de sortie du générateur aussi faible que possible de façon à éviter toute action du V.C.A.
- Rechercher pour chaque opération la puissance de sortie maximum lue à l'output-mètre.

1. — MOYENNE FREQUENCE

- Enclencher les touches PO et CA du bloc.
- Régler le potentiomètre du récepteur au maximum.
- Brancher le point chaud du générateur en série avec un condensateur de 0,05 μ F sur la base du transistor mélangeur.

Opérat.	Générateur	Aiguille cadran	Régler dans l'ordre
1	480 kHz	CV (lames rentrées)	Transfo TM3 TM2 TM1

- Régler successivement chaque transfo MF en visant son noyau; rechercher à chaque fois la déviation maximum à l'output-mètre.
- Recommencer plusieurs fois, dans l'ordre, les réglages jusqu'au moment où l'on ne constate plus aucun gain à l'output-mètre.



CABLAGE DESSOUS

2. — GAMME PO CADRE

- A l'aide d'un fil de cuivre de diamètre 3 mm environ, réaliser une boucle de 20 cm de diamètre dont les extrémités sont branchées aux deux fils de sortie du générateur HF.
- Placer la boucle à 10 cm du récepteur de telle façon que le cadre Ferro fixé soit perpendiculaire au plan de la boucle.
- Enclencher la touche PO et la touche AC sur position cadre.

Operation	Générateur	Aiguille cadran	Régler dans l'ordre
2	520 kHz	Lames CV rentrées	Noyau oscillateur PO
3	574 kHz	574 kHz (157°)	Self cadre PO
4	1 600 kHz	Lames ouvertes 0°	Trimmer oscillat. CV Cage 120 pF
5	1 400 kHz	1 400 kHz (24,5°)	Trimmer accord. CV Cage 280 pF

Passer plusieurs fois en 2-3-4-5

3. — GAMME GO CADRE

- Enclencher la touche GO (position grandes ondes cadre).

Operation	Générateur	Aiguille cadran	Régler dans l'ordre
7	210 kHz	210 kHz (110°)	Self cadre

- Régler la self GO du cadre en la faisant coulisser sur la ferrite du cadre tout en recherchant le ma-

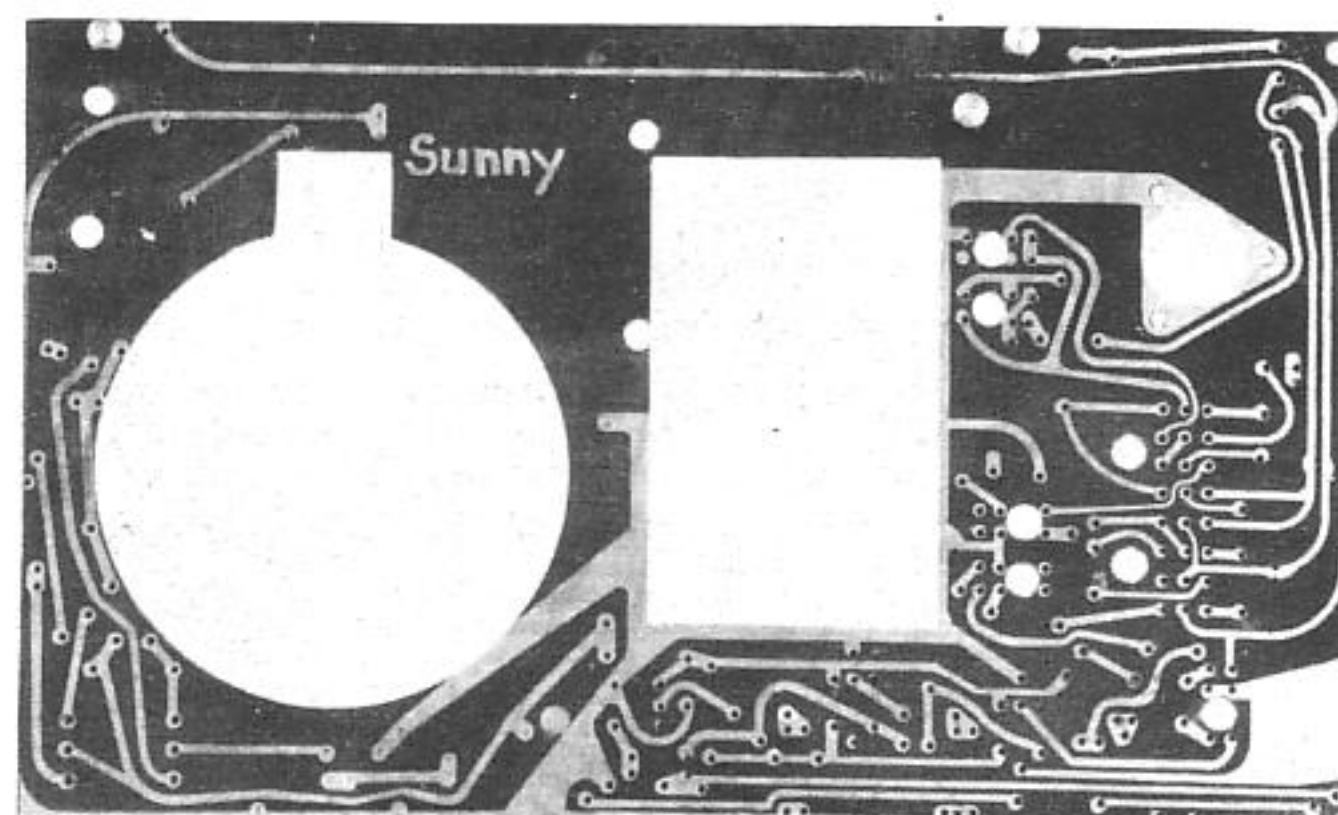
ximum de sortie, la fixer ensuite par une goutte de cire. La valeur du condensateur de cette self peut être de 220 pF à 270 pF.

4. — GAMME PO ANTENNE AUTO

- Enclencher les touches PO et AC au bloc.
- Brancher le point chaud du générateur en série avec une antenne fictive sur la cosse antenne auto du bloc.
- Régler GO: 210 kHz (noyau accord antenne GO).
- Régler PO: 1 400 kHz (noyau accord antenne PO).

5. — GAMME OC

- Régler OC: 6 MHz (noyau accord OC),
- Régler OC: 6 MHz (noyau oscillateur).



Vue de dessus du circuit imprimé.

(suite page 29)

MESURES A L'OSCILLOSCOPE SUR LES GENERATEURS

C'est dans l'étude des formes d'onde et, par suite des générateurs spéciaux utilisés pour produire ces signaux, que l'oscilloscope trouve d'importantes et vastes applications. C'est ainsi que, tant en ce qui concerne les générateurs de signaux haute fréquence, à formes d'onde généralement sinusoïdale, que les générateurs de signaux basse fréquence — dont les formes d'onde peuvent être sinusoïdales, rectangulaires ou plus complexes — l'oscilloscope permet de procéder à de nombreuses mesures et vérifications dont l'objet est de contrôler la qualité et la précision des signaux produits. L'oscilloscope simplifie en outre la mise au point et le dépannage de ces générateurs, et son intérêt didactique est très grand puisqu'il donne la possibilité d'étudier le comportement des différents circuits de ces appareils.

Dans cette leçon, nous examinerons les divers genres de mesures pouvant être effectuées sur les générateurs à l'aide de l'oscilloscope.

Nous étudierons également certains types de montages oscillateurs et nous entreprendrons leur étude en fonction des oscillogrammes des tensions de sortie que l'on peut obtenir en modifiant certains de leurs éléments.

Les principales mesures pouvant être faites avec un oscilloscope sur les générateurs de signaux, sont les suivantes:

- a) mesures d'ordre général (tensions, courants, etc...).
- b) observations des formes d'ondes en différents points du montage.
- c) mesures de fréquence.
- d) mesure de la tension de sortie.
- e) mesure du taux et de la forme de la modulation.
- f) étude des déphasages.

Nous avons déjà assez parlé de ces mesures dans les précédentes leçons; il convient maintenant d'approfondir pour certains cas, les différentes techniques employées, principalement en ce qui concerne leurs applications possibles à l'étude des appareils produisant le signal examiné, c'est-à-dire des générateurs.

Mesures d'ordre général. — Ce sont les mesures les moins spécifiques, puisque en général, elles peuvent être faites au moyen d'instruments très simples, particulièrement en ce qui concerne les tensions et les courants. Par contre, les mesures des capacités et des impédances prennent une certaine importance, car les petits laboratoires de Radio sont généralement dépourvus d'instruments spéciaux pour la mesure de ces grandeurs.

Les mesures de capacité ou d'impédance se font au moyen du montage de la **figure 1**. Le générateur peut être d'un type quelconque, pourvu qu'il délivre des

signaux sinusoïdaux, et il faut que la résistance R puisse être rendue variable dans des limites assez étendues. La tension recueillie aux bornes de l'élément à mesurer (qui est branché entre A et B) est appliquée à l'entrée horizontale. Si la réactance de l'impédance, ou du condensateur, ne présente aucune composante résistive, les deux tensions ainsi obtenues sont déphasées de 90° et la figure dessinée sur l'écran est un cercle, si les deux tensions sont égales. Par contre si ces deux tensions n'ont pas la même valeur, on obtient une ellipse dont le rapport des longueurs des axes donne le rapport des deux tensions. Ainsi, dans le cas où la figure obtenue sur l'écran de l'oscilloscope est un cercle, les deux tensions sont égales et, par conséquent, la réactance inconnue est égale à la valeur de la résistance R . Si l'on obtient une ellipse, la réactance est égale au produit de la résistance R par le rapport des deux axes, soit:

$$X_c \text{ ou } X_L = R \times D_v/D_h$$

D_v étant l'axe vertical de l'ellipse dont la longueur est proportionnelle à la tension aux bornes de la réactance et D_h étant l'axe horizontal dont la longueur est proportionnelle à la tension aux bornes de la résistance R . Connaissant X_c ou X_L , on peut calculer la capacité du condensateur ou l'inductance de la bobine en partant des formules:

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C} \qquad X_L = 2 \pi f L$$

d'où on tire:

$$C = \frac{1}{2 \pi f X_c} \qquad L = \frac{X_L}{2 \pi f}$$

Naturellement la fréquence du signal délivré par le générateur devra être connue avec une certaine précision. Rappelons également que la mesure peut être faite en principe, avec, n'importe quelle valeur de R , mais que pratiquement il est bon de régler R de telle sorte que l'ellipse obtenue se rapproche d'un cercle, ce qui rend les opérations plus faciles.

Prenons un exemple: Supposons que nous voulions mesurer une inductance L et que la fréquence du signal fourni par le générateur soit de 50 Hz (que l'on peut obtenir directement à partir du secteur). Pour $R = 25\,000$ ohms, nous obtenons sur l'écran une ellipse comme celle représentée sur la **figure 2**. Nous avons donc:

$$X_L = 2 \pi f L = R \times D_v/D_h$$

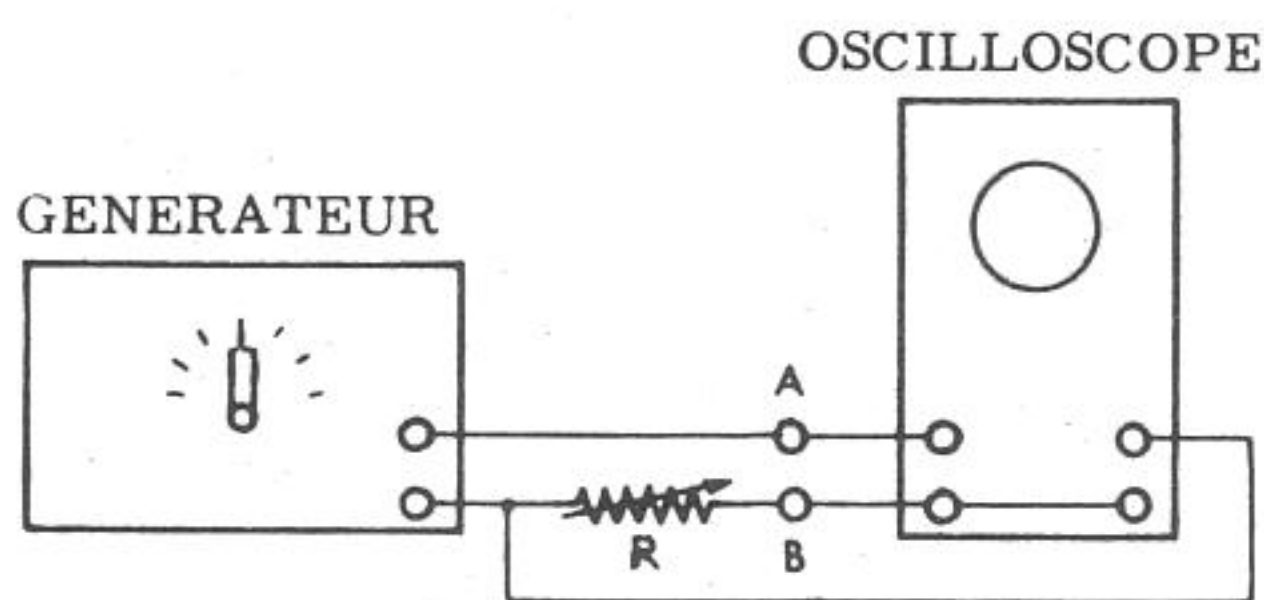


Fig. 1 - Branchement des instruments pour effectuer les mesures de capacité ou d'inductance (donc de réactance et d'impédance). La résistance R doit être variable.

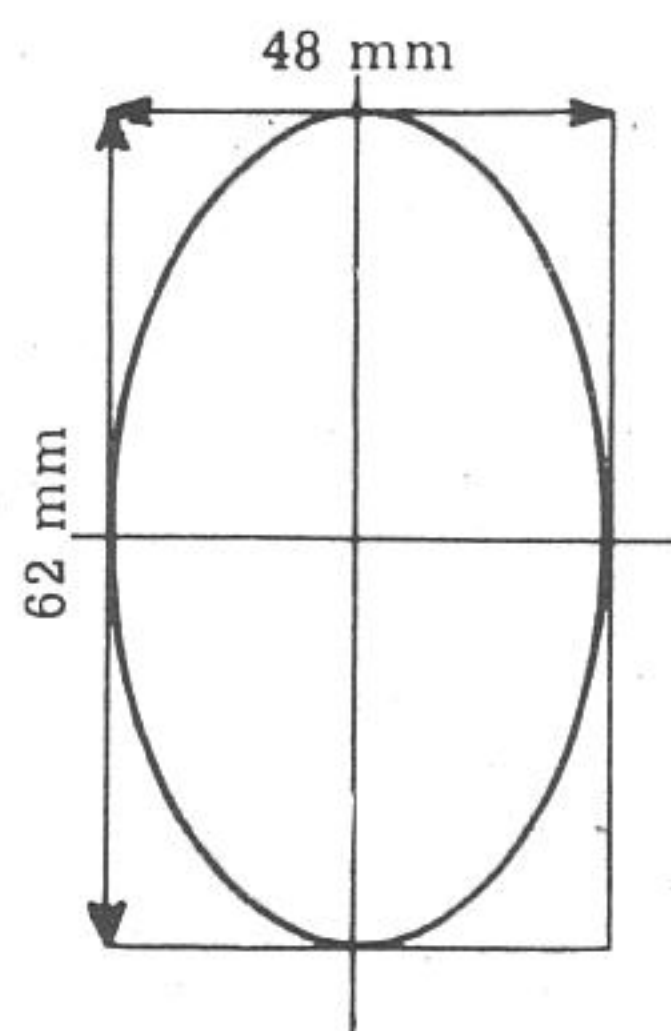


Fig. 2 - Image obtenue sur l'écran de l'oscilloscope; le rapport des deux axes de l'ellipse permet le calcul de L ou de C.

$$\text{d'où } L = \frac{R \times Dv}{2 \pi f Dh} \quad \text{et} \quad L = \frac{25\,000 \times Dv}{6,28 \times 50 \times Dh}$$

En remplaçant Dv par sa valeur de la figure 2, soit 62 mm et Dh par 48 mm, il vient

$$L = \frac{25\,000 \times 62}{6,28 \times 50 \times 48} = 103 \text{ henrys.}$$

Naturellement, tandis que pour des inductances ou des capacités de fortes valeurs on peut employer une tension à la fréquence du secteur, il faut augmenter la fréquence dans le cas de faibles capacités (car la réactance serait trop élevée) et de faibles inductances (car la réactance serait trop faible pour pouvoir être mesurée facilement).

Si la réactance à mesurer comporte une composante résistive, les deux tensions sont déphasées et alors les deux axes de l'ellipse subissent une rotation d'un certain angle. Cette méthode permet donc de se rendre compte également de la qualité d'une inductance, puisque les meilleures sont celles qui ont la plus faible composante résistive, c'est-à-dire celles pour lesquelles on obtient des ellipses dont les axes sont sensiblement horizontaux et verticaux.

Etude de la forme d'onde. - L'étude de la forme d'onde d'un signal fourni par un générateur est extrêmement importante. Elle permet de vérifier la qualité même de ce signal, c'est-à-dire sa plus grande ou moins grande distorsion par rapport à la forme idéale, qu'on veut obtenir; et cela aussi bien dans le cas d'un signal sinusoïdal que dans celui d'un signal de forme particulière. Pour exécuter ce genre d'étude, il faut que la bande passante de l'amplificateur vertical de l'oscilloscope soit très étendue. Particulièrement lorsqu'on veut procéder à des mesures sur un générateur HF, il faut que l'extrémité la plus élevée en fréquence de la bande passante soit beaucoup supérieure à la fréquence du signal que l'on veut examiner. Plus tard, lorsque nous traiterons l'étude des générateurs haute fréquence, nous en verrons la raison.

Très souvent il est intéressant d'observer non seulement la forme de la tension de sortie, mais égale-

ment celle des tensions présentes en différents points du circuit, principalement sur les électrodes des divers tubes. Ces observations permettent de suivre l'évolution de la forme d'onde jusqu'à sa forme définitive et de déceler les pannes ou les mauvais fonctionnements. C'est principalement lorsqu'on a affaire à un générateur de type spécial que l'analyse détaillée des formes des différentes tensions présentes en tous les points du montage se révèle extrêmement utile. Cela, non seulement pour mieux comprendre le fonctionnement de l'appareil lui-même, mais parce qu'en effet, dans un même générateur on peut prélever le cas échéant divers genres de signaux qui pourront être utilisés suivant les besoins. C'est ainsi que les tensions des diverses électrodes des lampes sont de formes différentes entre-elles. Par exemple, un multivibrateur dont la tension de sortie est généralement de forme rectangulaire, peut être également utilisé comme générateur de tensions en dents de scie pour le balayage horizontal dans un oscilloscope.

Mesures de fréquence. - Lorsque le rapport de la fréquence inconnue à la fréquence étalon est un nombre élevé, ou encore une fraction complexe, on rencontre de grandes difficultés dans l'interprétation des figures de Lissajous. Ces difficultés sont encore accrues du fait que les figures sont presque toujours animées d'un lent mouvement de rotation rendant très difficile le comptage des points de tangence avec les axes, ou le nombre des segments dont la figure se compose. Dans un tel cas, on préfère employer la méthode dite du « cercle de déphasage », laquelle ne peut toutefois être exécutée que si l'on dispose d'un oscilloscope dont la grille de commande (Wehnelt) ou la deuxième anode sont accessibles sur une prise extérieure.

La disposition à adopter pour cette méthode de mesure est indiquée sur la figure 3: en A, on a supposé que l'oscilloscope était muni d'une borne reliée à la deuxième anode et en B, reliée à la grille de commande. Considérons tout d'abord le montage A. La fréquence de référence fournie par le générateur (ou bien par le secteur à 50 Hz), est appliquée à un cir-

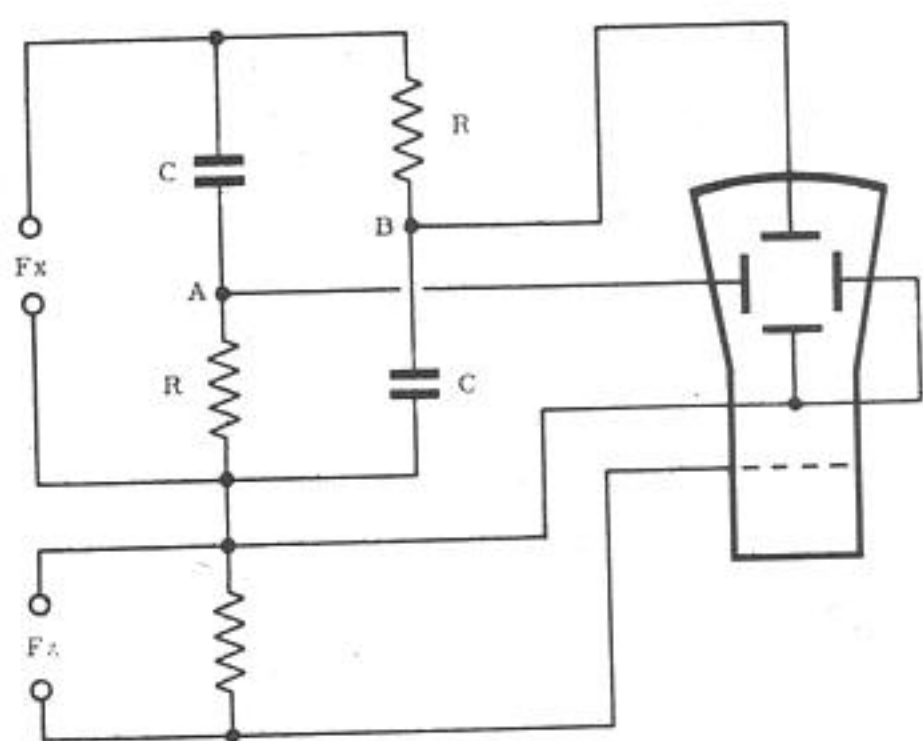


Fig. 3 A - Branchements à réaliser pour la mesure des fréquences par le « cercle de déphasage ». Pour des signaux faibles, il faut passer par les amplificateurs de l'oscilloscope.

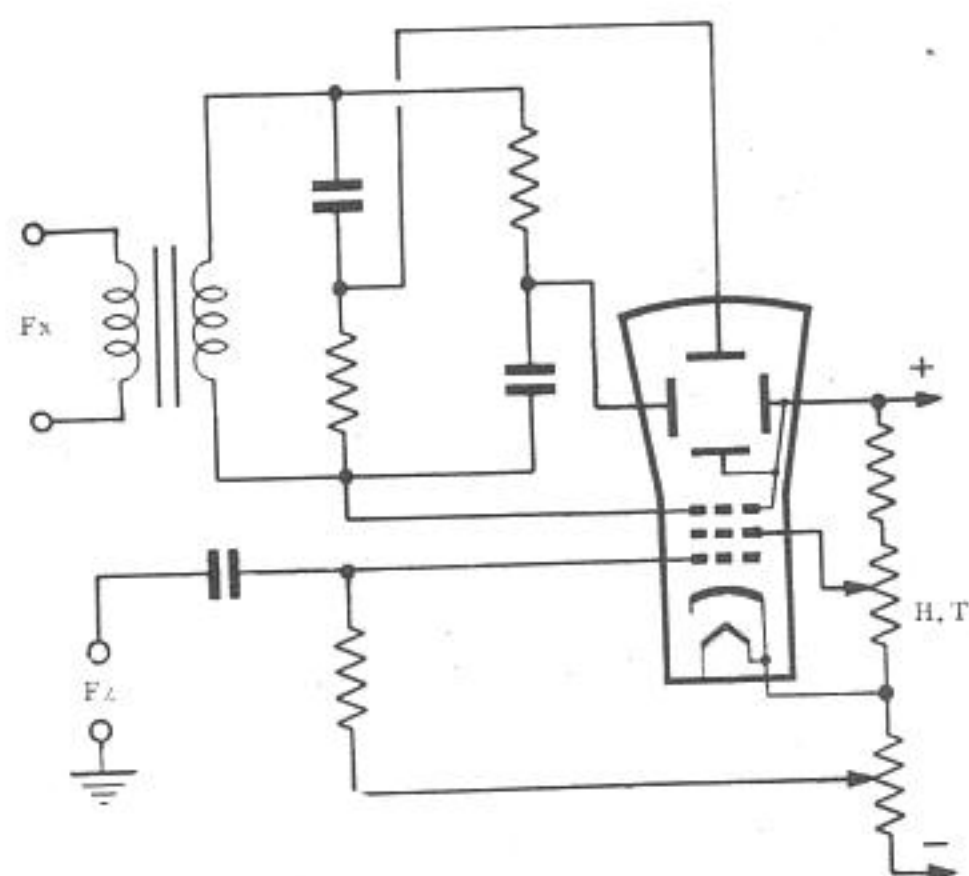


Fig. 3 B - Montage analogue à celui de la figure 3 A. L'axe « z » est obtenu en injectant le signal sur la grille de commande du tube cathodique.

cuit déphaseur de manière à ce que les tensions présentes aux points A et B soient déphasées de 90° .

Ce circuit déphaseur est constitué de deux résistances R et deux capacités C. Les résistances R doivent être variables, car pour obtenir un déphasage de 90° on doit avoir:

$$R = \frac{1}{2\pi f C}$$

Par exemple, si nous voulons opérer à la fréquence de 50 Hz, obtenue directement à partir du secteur, et si les condensateurs C ont une capacité de $0,1 \mu\text{F}$, la valeur des résistances R sera:

$$R = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 0,1 \times 10^{-6}} = 31\,000 \text{ ohms}$$

Le signal dont la fréquence est inconnue, est appliqué à la deuxième anode du tube cathodique (par la borne spéciale prévue à cet effet), de telle sorte que cette électrode est modulée par une tension alternative de fréquence égale à celle du signal inconnu. Cette tension alternative se superpose à la tension continue normalement appliquée à la deuxième anode et entraîne une variation périodique de la tension moyenne.

Or, une variation de la tension de la deuxième anode provoque une variation correspondante de la sensibilité du tube. d'où une déviation plus ou moins grande du spot. Voyons alors quelles figures se dessinent sur l'écran quand on applique le signal de référence aux deux entrées normales de l'oscilloscope, et la tension de fréquence inconnue sur la deuxième anode. En appliquant seulement la tension de fréquence connue, convenablement déphasée, on obtient une ellipse dont les axes sont respectivement horizontal et vertical, puisque le déphasage peut être réglé exactement à 90° . En ajustant convenablement le gain des deux amplificateurs, cette ellipse se transforme en un cercle. Si maintenant nous injectons la tension de fréquence inconnue sur la deuxième anode, la sensibilité du tube varie au rythme de cette fréquence et le cercle augmente et diminue de diamètre périodiquement, ce qui

se traduit, en définitive sur l'écran, par une figure semblable à celle de la figure 4. Naturellement, une image de ce genre ne peut être obtenue qu'après avoir réglé la fréquence du signal étalon de manière à ce qu'elle soit un sous-multiple exact de la fréquence inconnue. Ce réglage doit être combiné avec un nouvel ajustage de la valeur des résistances R pour conserver un déphasage convenable.

Si, comme dans la figure 4, la trace en décrivant une circonférence complète, laisse apparaître 6 ondulations, on doit en déduire que le rapport entre la fréquence inconnue et la fréquence connue est égal à 6. En conséquence, si la fréquence connue est celle du secteur à 50 Hz, la fréquence appliquée sur la deuxième anode est donc de 300 Hz. Etant donné que les ondulations sont étalées sur toute la circonférence, et non pas seulement sur le côté d'un rectangle, la lecture est plus facile et plus précise même dans le cas de rapports de fréquence élevés (figure 5).

Si les rapports sont des nombres fractionnaires, on obtient une trace du genre de celle de la figure 6. On voit que la trace est double et, pour connaître le rapport des fréquences, il faut diviser par deux le nombre des ondulations; dans cet exemple, le rapport des deux fréquences est donc de $7/2$. Si la trace est triple on divisera par 3, et ainsi de suite.

Ce genre de mesures ne peut se faire que si l'on dispose d'un oscilloscope à déviation symétrique, c'est-à-dire dont les plaques de déviation sont indépendantes de la deuxième anode. Dans le cas de tubes asymétriques, la deuxième anode est reliée à l'intérieur du tube à une plaque de déviation horizontale et à une de déviation verticale; ainsi, les variations de tension de la deuxième anode se répercutent sur les plaques de déviation et la mesure est impossible.

Cette méthode étant basée sur les variations de tension de la deuxième anode, produites en appliquant la tension de fréquence inconnue sur cette électrode du tube, on obtient un cercle de déphasage avec **modulation d'amplitude** du rayon, dérivant de la modulation de sensibilité du tube. Par contre, si la tension de fréquence inconnue est appliquée sur la grille de



Fig. 4 - Exemple d'image donnée par la méthode du « cercle de déphasage ». Le rapport des fréquences est de 6/1.



Fig. 5 - Dans ce cas, le rapport des fréquences est de 24/1 (il y a 4 dents).

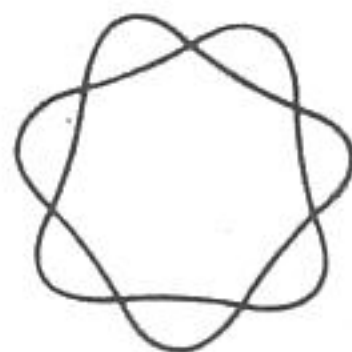


Fig. 6 - Image obtenue lorsque le rapport est un nombre fractionnaire: $7/2 = 3,5$ dans cet exemple.



Fig. 7 - Cercle de déphasage avec modulation de l'intensité du faisceau. Le rapport des fréquences est égal à 6.

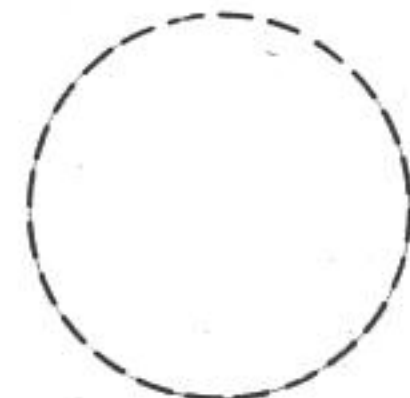


Fig. 8 - Dans ce cas également on voit les différents secteurs plus ou moins lumineux; rapport de 24/1.

commande (Wehnelt), comme l'indique la figure 3-B, on produit une modulation de l'intensité lumineuse de la trace et l'on obtient un cercle de déphasage **modulé en intensité** (figure 7). Ce genre de mesure, par « modulation d'intensité » de la trace est souvent prévue dans les oscilloscopes modernes, car elle permet l'utilisation de tubes asymétriques et ne perturbe pas les commandes de concentration et d'astigmatisme qui, étant généralement fonction de la tension continue appliquée sur la deuxième anode, sont influencées par la tension alternative du signal quand il est appliqué sur cette électrode.

En comptant les secteurs plus lumineux du cercle de déphasage ainsi modulé en intensité, on trouve immédiatement le rapport des deux fréquences. La figure 8 donne un exemple dans lequel le rapport des deux tensions (connue et inconnue) est assez grand: 24/1; mais il est possible de mesurer des rapports encore plus élevés.

Nous savons que le faisceau cathodique peut être dévié dans deux directions fondamentales, l'axe horizontal « x » et l'axe vertical « y ». Mais nous venons de voir qu'à ces deux déviations du faisceau peut également s'ajouter une modulation de son intensité lumineuse, que l'on a appelé axe « z ». Pour cette raison on dit que les oscilloscopes pourvus d'une borne reliée à la grille de commande, ou Wehnelt, peuvent être modulés suivant trois axes (axe « x », axe « y » et axe « z »). L'axe « z », dans ce cas ne désigne pas à proprement parler une véritable direction géométrique, mais il représente l'échelle des intensités lumineuses possibles de la trace.

La modulation suivant l'axe « z » est particulièrement utile pour la mesure de la fréquence des tensions délivrées par un générateur haute fréquence, car elle permet de mesurer des fréquences beaucoup plus élevées que les fréquences limites des bandes passantes des amplificateurs de l'oscilloscope. En effet, la tension de fréquence inconnue est appliquée directement sur la grille de commande du tube, à travers un condensateur de couplage dont la fonction est d'arrêter la composante continue, sans passer par aucun des

deux amplificateurs. La bande passante de ceux-ci n'a donc aucune influence sur le signal à examiner. La plus haute fréquence pouvant être mesurée ne dépend que de la fréquence maximale délivrée par le générateur étalon et de la lisibilité des points lumineux sur le cercle de déphasage.

Mesure de la tension d'un signal. — Pour faire des mesures précises de tension, il faut tout d'abord, étalonner convenablement l'oscilloscope. Cette opération se fait parfois au moyen d'une tension rigoureusement constante délivrée par un circuit spécial incorporé à l'instrument lui-même, mais très souvent elle nécessite l'utilisation d'un **générateur de tensions calibrées**, que nous décrirons plus loin.

Il faut ensuite tenir compte de la bande passante de l'amplificateur vertical de l'oscilloscope. En effet, si la fréquence de la tension à mesurer est supérieure à la fréquence la plus élevée de la bande passante, l'amplificateur introduit une atténuation et la mesure ainsi faite indique une tension plus faible que celle que l'on devrait effectivement trouver. Très souvent il se peut que la fréquence du générateur interne de balayage horizontal de l'oscilloscope soit trop basse pour permettre une observation distincte des cycles du signal à mesurer. Ceci n'a aucune importance en ce qui concerne la mesure des tensions, car la figure obtenue dans ce cas est un rectangle lumineux dont la hauteur mesure avec exactitude la tension de crête du signal.

Nous avons déjà indiqué une méthode de mesure de l'angle de déphasage de deux signaux sinusoïdaux de même fréquence; nous verrons plus loin une méthode plus générale, applicable à des signaux de forme quelconque lorsque nous décrirons le **commutateur électronique**, qui est un des nombreux accessoires de l'oscilloscope.

Les mesures de phase sont particulièrement utiles pour démontrer que les montages oscillateurs doivent nécessairement comporter une tension de réaction, appliquée à l'entrée, en phase avec le signal de sortie. En outre dans les oscillateurs à déphasage, on peut vérifier d'une manière visuelle les déphasages successifs introduits par les réseaux RC.

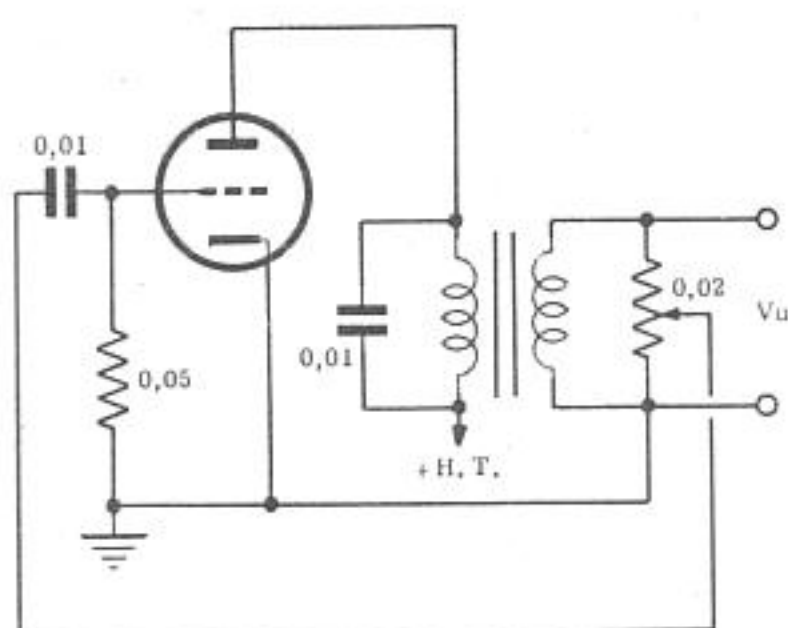


Fig. 9 - Exemple d'oscillateur basse fréquence dans lequel la réaction est obtenue par couplage inductif et réglée au moyen d'un potentiomètre.



Fig. 10 - En A, signal obtenu avec une réaction excessive; en B, le taux de réaction est beaucoup plus faible.

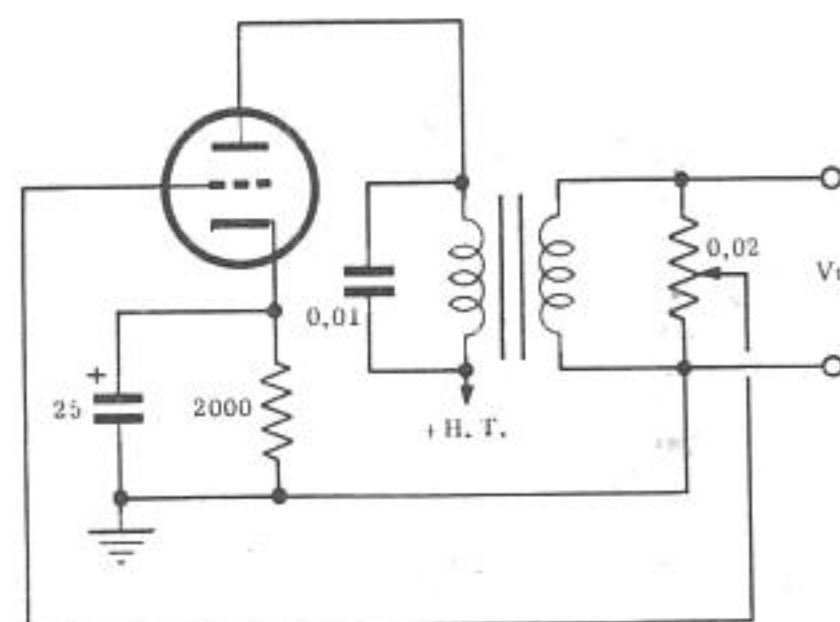


Fig. 11 - Montage oscillateur basse fréquence analogue au précédent, mais avec polarisation de grille automatique. Dans la figure 9, la polarisation était obtenue au moyen de la résistance de cathode.

ETUDE DES GENERATEURS DE SIGNAUX

Ayant examiné en détail les différentes mesures pouvant être exécutées à l'aide de l'oscilloscope cathodique, nous pouvons maintenant passer à l'étude des montages oscillateurs. Ce qui va suivre est valable, aussi bien pour les générateurs de signaux basse fréquence que pour les générateurs de signaux haute fréquence, puisque ces deux types d'instruments ont la même fonction: fournir un signal de fréquence déterminée, ayant une forme d'onde donnée — généralement sinusoïdale — avec un faible taux de distorsion. Nous nous occuperons principalement des générateurs basse fréquence car:

a - tous les techniciens ne possèdent pas un oscilloscope dont la bande passante soit suffisamment étendue pour amplifier sans atténuation notable les tensions HF. Par contre, les signaux BF peuvent être observés et mesurés avec précision sur n'importe quel oscilloscope.

b - c'est dans le domaine des générateurs basse fréquence que la pureté du signal, c'est-à-dire la plus faible distorsion, est une qualité dominante. En effet, ces générateurs sont utilisés pour la mise au point des amplificateurs basse fréquence et, pour éviter de confondre la distorsion introduite par l'amplificateur lui-même avec celle déjà présente dans le signal qui lui est appliqué, il est indispensable que le générateur fournisse une tension aussi pure que possible, c'est-à-dire avec une distorsion minime.

Etude d'un montage oscillateur — Pour produire des oscillations entretenues, il suffit dans un étage amplificateur normal, de renvoyer une partie de la tension de sortie sur le circuit d'entrée avec la même phase, c'est ce qu'on appelle une **réaction positive**. Par contre, si la tension renvoyée à l'entrée est de **phase opposée**, on a une **réactance négative** ou «contre-réaction», dont l'effet est évidemment contraire et tend à stabiliser l'amplificateur en diminuant sa tendance à osciller.

Essayons maintenant de nous rendre compte visuellement du processus donnant naissance aux oscillations et des phénomènes de réactions positive et négative.

Pour cela, considérons le montage de la figure 9. La triode, du type 6J5, est montée en amplificateur BF avec transformateur de sortie. Le primaire de ce transformateur (relié à la plaque du tube) est accordé sur une fréquence acoustique quelconque au moyen d'un condensateur fixe de valeur convenable. En parallèle sur le secondaire est branché un potentiomètre sur le curseur duquel on recueille la tension de réaction que l'on injecte sur la grille de la triode.

Si nous relierons la sortie de cet oscillateur à l'entrée de l'amplificateur vertical de l'oscilloscope, et que nous réglons convenablement celui-ci pour faire apparaître la forme d'onde du signal sur l'écran du tube cathodique, nous constatons que la forme de la tension de sortie varie considérablement suivant la position du curseur du potentiomètre. En effet, lorsque le curseur se trouve vers le haut (réaction positive maximale) on obtient une forme d'onde semblable à celle de la figure 10-A. La tension de sortie prend une allure sensiblement rectangulaire. La raison en est due au fait que lorsque la tension renvoyée sur la grille a une amplitude plus grande que celle nécessaire pour entretenir les oscillations, le point de fonctionnement de la lampe dépasse la partie rectiligne de la caractéristique pendant une partie du cycle et la lampe se trouve saturée. Dans cette figure, les parties ascendantes représentent ce qui subsiste de la forme sinusoïdale; la tension renvoyée à l'entrée étant très grande, les sinusoïdes que l'on obtiendrait à la sortie — en l'absence de saturation — seraient de très forte amplitude, mais en raison même de ce phénomène de saturation, la tension de sortie ne peut dépasser une certaine valeur et le sommet des alternances se trouve être tronqué, ce qui se traduit par un trait horizontal.

En diminuant progressivement la tension de réaction, c'est-à-dire en déplaçant le curseur du potentiomètre vers le bas de la figure, le signal de sortie se rapproche de plus en plus de la forme sinusoïdale, puis en un certain point, quand la tension de réaction n'est plus suffisante pour entretenir les oscillations, celles-ci cessent brusquement. On dit que l'oscillateur « décroche ». Maintenant, si nous introduisons un peu de réac-



Fig. 12 - Formes d'onde de la tension de sortie en fonction du taux de réaction. La forme B est évidemment la meilleure.



Fig. 13 - Tension de sortie obtenue avec le montage de la figure 11 mais avec une résistance de grille de forte valeur. Chaque impulsion compte deux cycles, puis cesse au point A, pour reprendre ensuite après un certain temps.

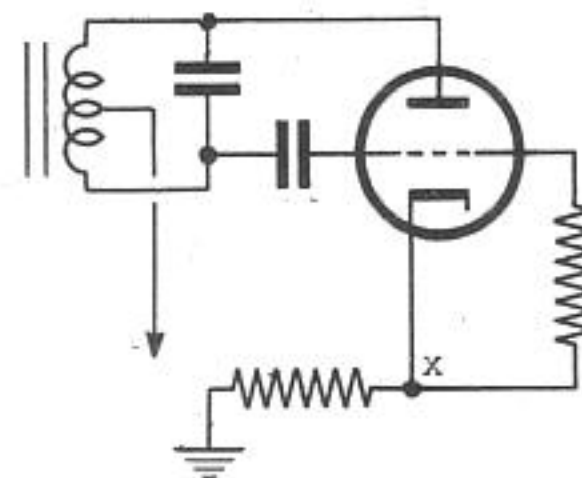


Fig. 14 - Montage d'oscillateur basse fréquence à couplage direct entre le circuit de sortie et le circuit d'entrée. La résistance branchée entre cathode et masse règle le taux de contre-réaction.

tion à un niveau, suffisant pour rétablir les oscillations, on obtient une forme d'onde du type indiqué fig. 10-B.

Celle-ci se rapproche sensiblement de la forme sinusoïdale et cela s'explique, d'une part parce que la tension de réaction étant faible, la lampe travaille dans la partie rectiligne de sa caractéristique et, d'autre part, parce que les harmoniques supérieures sont atténuées d'autant plus que leur ordre est plus élevé, par le circuit accordé de plaque qui ne laisse passer que la fondamentale, ce qui donne une onde pure.

Nous venons d'étudier un phénomène général qui caractérise non seulement le montage de la figure 9, mais tous les autres genres d'oscillateurs à réaction: si la tension de réaction est faible, on obtient une forme d'onde pure (sans distorsion) mais on court le risque de voir l'oscillateur décrocher; tandis que si la réaction est trop forte, les oscillations sont très stables, mais la forme d'onde produite est fortement distordue.

Polarisation de grille. — La tension délivrée par l'oscillateur de la figure 9 n'est pas parfaitement sinusoïdale, même dans les meilleures conditions de fonctionnement (figure 10-B). On peut voir, en effet, qu'elle présente toujours une certaine allure en dents de scie.

Dans ce montage, la polarisation de la grille est obtenue au moyen d'une résistance de $2\,000\ \Omega$ placée dans le circuit de cathode et il convient d'essayer d'éliminer les défauts d'un tel montage en modifiant le système de polarisation de la grille. Le nouveau montage proposé est celui de la figure 11. Les valeurs les plus classiques sont de $50\,000\ \Omega$ pour la résistance de grille et de $10\,000\ \text{pF}$ pour le condensateur de liaison qui ne doit pas opposer une trop forte réactance au signal BF.

Étudions le fonctionnement de ce montage dit à « polarisation automatique de grille ». En l'absence d'oscillations, la grille est au même potentiel que la cathode, de ce fait le coefficient d'amplification est maximum et les oscillations qui prennent immédiatement naissance sont transmises, à travers le condensateur de $10\,000\ \text{pF}$, du circuit de sortie vers la grille, en phase avec la tension présente sur cette électrode. L'espace grille-cathode de la triode se comporte à la

manière d'une diode et les alternances positives du signal sont dérivées vers la masse, par le circuit de cathode, tandis que les alternances négatives qui ne peuvent traverser le tube, passent dans la résistance de grille. Une différence de potentiel apparaît donc aux bornes de cette résistance, le pôle négatif étant du côté de la grille, et c'est cette tension négative obtenue par redressement du signal qui sert à polariser la grille de la lampe.

L'effet de « polarisation automatique » offre l'avantage de régler automatiquement l'amplification fournie par la lampe. C'est ainsi que plus les oscillations produites seront fortes, plus grande sera la tension recueillie aux bornes de la résistance de grille et, puisque cette tension est négative, elle aura pour effet de réduire en proportion l'amplification de l'étage. Inversement, si la tension de sortie est faible, la polarisation le sera également et l'amplification augmentera. En résumé, cette polarisation automatique a pour effet de réduire ou d'augmenter l'amplification fournie par la triode selon que les signaux de sortie sont forts ou faibles.

On comprendra facilement que ce système de polarisation automatique permet de produire des oscillations plus stables et plus régulières que celles que l'on pourrait obtenir avec le montage à polarisation par la cathode. On constate que la réaction se règle plus facilement et se maintient automatiquement au même niveau en cours de fonctionnement; la tension de sortie fournie par cet oscillateur, si le taux de réaction est bien réglé, est sensiblement sinusoïdale. La figure 12 montre trois formes de tensions de sortie telles qu'elles sont visibles sur l'écran d'un oscilloscope dont les bornes d'entrée verticales sont reliées directement aux extrémités du secondaire du transformateur de sortie de l'oscillateur. En A, le signal obtenu lorsque la réaction est maximale, c'est-à-dire quand le curseur du potentiomètre est tout en haut. En B, la réaction a été réglée juste au-dessus du point où se produit l'amorçage des oscillations, le signal est presque parfaitement sinusoïdal. La fig. 12-C représente la forme de la tension de sortie pour une position du curseur intermédiaire entre les deux précédentes.



Fig. 15 A - Forme d'onde de la tension délivrée par l'oscillateur de la figure 14 en donnant à la résistance R une valeur de $2\,500\ \Omega$. Comme on peut le voir, cette tension est sensiblement sinusoïdale.



Fig. 15 B - Si la résistance R est réduite à zéro, c'est-à-dire en l'absence totale de contre-réaction, le signal résultant est considérablement distordu.

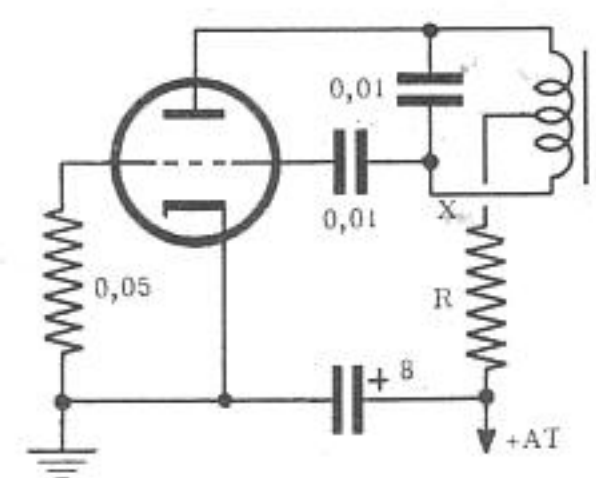


Fig. 16 - Dans ce montage la résistance de contre-réaction R est placée dans le circuit de plaque et non dans celui de grille.

La valeur de la résistance de grille doit être choisie entre certaines limites. D'une manière générale, si elle est trop faible, la tension de polarisation est insuffisante et la triode se trouve saturée, d'où surcharge du circuit oscillant et production d'oscillations affectées de fortes distorsions. De plus, l'effet de réglage automatique de l'amplification devient très faible ce qui détruit la stabilité et la régularité des oscillations qui sont les principales caractéristiques de ce montage. C'est ainsi que par exemple, si nous remplaçons la résistance de $50\,000\ \Omega$ par une de $5\,000\ \Omega$ la forme de la tension de sortie ressemble à celle produite par l'oscillateur à polarisation par la cathode (figure 10).

Par contre, si la résistance de grille est de valeur trop élevée, la tension de polarisation devient très négative et peut entraîner parfois un véritable blocage du tube. Dans ce cas, les oscillations cessent, puis après un certain temps, les charges accumulées dans le condensateur s'écoulent vers la masse, le tube se débloque et les oscillations recommencent. Après quelques cycles, la triode se bloque à nouveau et le processus se poursuit. Nos lecteurs savent que ce phénomène est mis à profit dans certains types d'oscillateurs, appelés « oscillateurs bloqués », pour produire des impulsions de formes déterminées. Mais s'il est volontairement recherché dans ce cas, il doit être soigneusement évité dans les oscillateurs destinés à fournir des signaux sinusoïdaux.

Pour se rendre compte visuellement, sur l'écran de l'oscilloscope, de la forme du signal engendré lorsque la résistance de grille est de valeur trop forte, on peut remplacer la résistance de $50\,000\ \Omega$ de la fig. 11, par une résistance de $2\ \text{M}\Omega$. La forme de la tension de sortie devient alors celle de la figure 13. On remarquera que les oscillations durent seulement deux cycles, après quoi l'oscillateur se bloque pendant un temps déterminé qui est fonction des valeurs de la résistance et du condensateur de liaison entre le circuit de sortie et le circuit d'entrée. Ce phénomène se répète d'une façon régulière et ce montage peut être utilisé pour la production d'impulsions.

Revenant au montage normal d'oscillateur sinusoïdal, nous pouvons ajouter que la valeur correcte de la

résistance de grille dépend également de la fréquence des oscillations engendrées. C'est ainsi que si nous voulons obtenir des fréquences basses, on peut augmenter la valeur de la résistance jusqu'à $100\,000\ \Omega$ et plus; tandis que pour des fréquences élevées, on peut se contenter de $20\,000$ à $10\,000\ \Omega$ seulement.

La contre-réaction. — Etudions maintenant comment un montage oscillateur peut être amélioré par l'introduction d'un circuit de contre-réaction. Dans les deux montages précédents, figures 9 et 11, la réaction peut être réglée au moyen du potentiomètre branché en parallèle sur le secondaire du transformateur de sortie. Du fait de la présence de cette résistance le circuit oscillant se trouve être fortement amorti ce qui réduit considérablement son coefficient de surtension.

Le meilleur moyen pour prélever la tension de réaction, serait de pouvoir disposer d'une prise mobile sur le secondaire du transformateur, mais il est évident que cela est très difficile à réaliser. On utilise alors le montage de la figure 14, dans lequel on a un couplage direct entre le circuit de sortie et le circuit d'entrée. La réaction est ainsi fixée en permanence très près de sa valeur maximale, mais son effet est contrebalancé par une contre-réaction cathodique, obtenue au moyen d'une résistance commune à la cathode et à la grille. La valeur de cette résistance est choisie de telle sorte que l'amplification de l'étage soit tout juste suffisante pour entretenir les oscillations; l'oscillateur fonctionne donc très près de son seuil d'accrochage. Pour faciliter la mise au point, on peut monter une résistance variable d'une valeur maximum de $5\,000\ \Omega$.

Il ne faut pas confondre la résistance de contre-réaction avec la résistance de polarisation cathodique du schéma de la figure 9. En effet, dans ce montage la résistance de $2\,000\ \Omega$ n'est insérée que dans le circuit de cathode, et non dans celui de grille; elle a pour effet de porter la cathode à un potentiel positif par rapport à la masse, ce qui équivaut à polariser la grille négativement par rapport à la cathode. Par contre, dans le montage de la figure 14, la résistance de contre-réaction est commune aux circuits de cathode

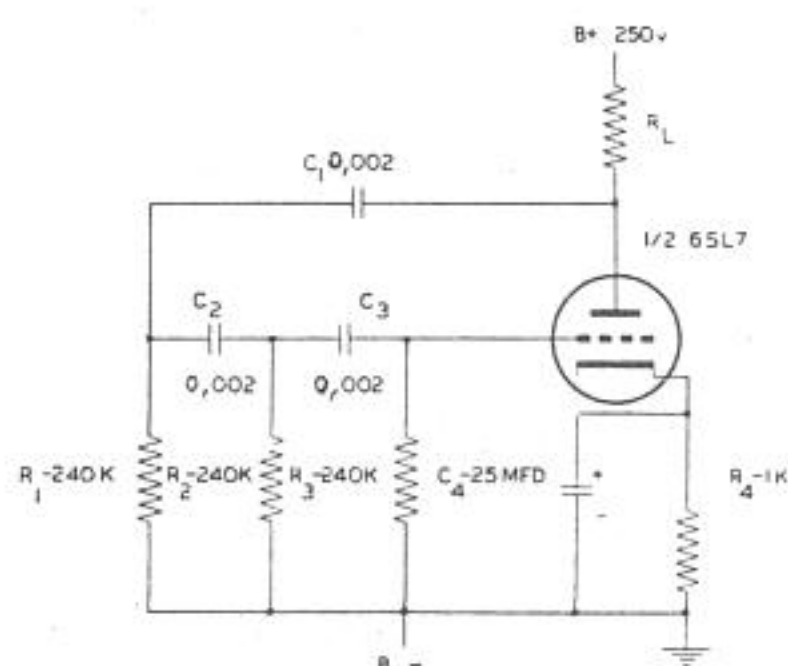


Fig. 17 - Exemple d'oscillateur basse fréquence du type «phase shift».

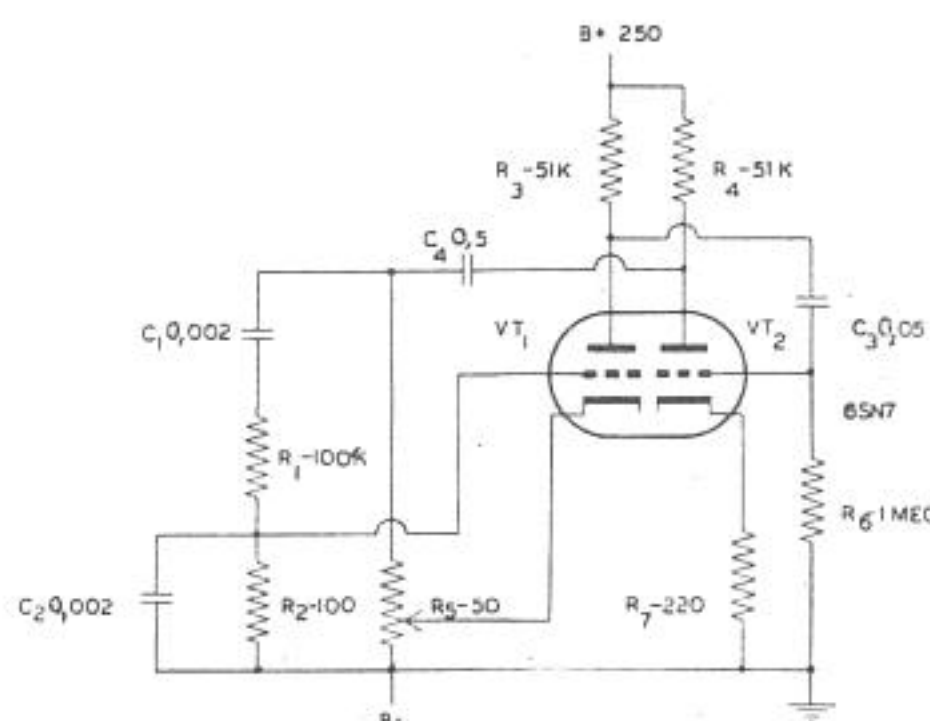


Fig. 18 - Oscillateur basse-fréquence à «pont de Wien». La fréquence est fonction des valeurs de R1, C1, R2 et C2.

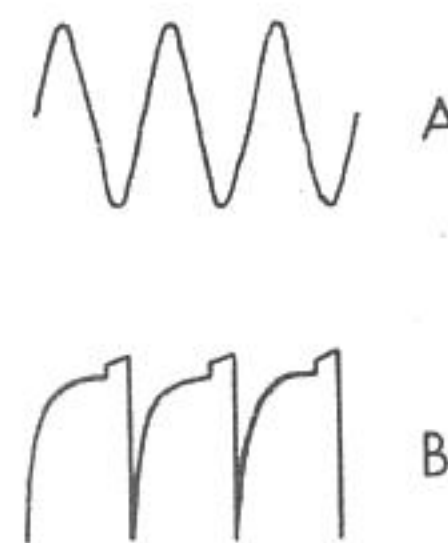


Fig. 19 - Tensions fournies par l'oscillateur de la figure 18. En A, sensiblement sinusoïdale, en B affectée d'une forte distorsion.

et de grille et elle ne détermine donc aucune différence de potentiel entre ces deux électrodes. La tension de polarisation est obtenue automatiquement, comme dans la figure 11, au moyen de la résistance de grille de 50 000 Ω et elle est fonction de l'amplitude de la tension de réaction transmise par le condensateur de 10 000 pF.

La figure 15 représente deux des formes d'onde de la tension de sortie délivrée par le montage de la figure 14. La tension représentée en A, sensiblement sinusoïdale, est obtenue avec une résistance de contre-réaction R de 2500 Ω tandis que celle représentée en B correspond à une résistance de contre-réaction nulle ($R = 0$). Ces deux figures montrent clairement l'efficacité de la contre-réaction.

Dans le cas où l'on ne peut insérer une résistance dans le circuit cathode-grille, parce que pour des raisons particulières la cathode doit être réunie directement à la masse, on peut introduire une contre-réaction dans le circuit plaque-grille. La résistance a été cette fois mise en série dans le circuit d'alimentation anodique ce qui provoque une rétrocession d'énergie de la plaque vers la grille, mais en opposition de phase. La valeur de cette résistance est du même ordre que celle de cathode de la figure 14.

En branchant un oscilloscope à la sortie de cet oscillateur, aux bornes de la charge anodique inductive on pourra observer des tensions de forme semblables à à celles de la figure 15, en fonction des valeurs de R.

Oscillateurs RC. — Parmi ces oscillateurs, dont le fonctionnement ne nécessite aucune inductance, nous connaissons déjà le montage «phase-shift» et celui à «pont de Wien». En ce qui concerne le premier, l'oscilloscope nous permet de réaliser deux mesures intéressantes. Considérons le montage de la figure 17: avec les valeurs indiquées pour les différents éléments il produit des oscillations dont la fréquence est de 84 Hz, environ. Supposons maintenant que nous fassions varier en même temps les résistances R1, R2 et R3 et les condensateurs C2 et C3, tout en les gardant égaux entre-eux. Si nous mesurons, au moyen d'un oscilloscope et d'un générateur étalon, la fréquence de la ten-

sion de sortie (sur la plaque de la lampe), nous trouvons qu'elle répond à la formule:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}}$$

avec naturellement, une certaine tolérance due à l'imprécision des condensateurs et des résistances.

On peut vérifier en outre, que pour un fonctionnement correct de ce montage, on ne peut choisir arbitrairement la valeur de la résistance de charge RL, mais qu'elle doit être comprise entre certaines limites déterminées par les valeurs des résistances et des condensateurs du réseau déphaseur. Par exemple, avec les valeurs de la figure 17, on trouve que RL doit être de 70 000 Ω environ. Si nous la remplaçons par une résistance de 20 000 ou de 25 000 Ω nous constatons que le montage cesse d'osciller. La forme d'onde que l'on observe sur l'écran d'un oscilloscope branché entre plaque et cathode de cet oscillateur, n'est jamais parfaitement sinusoïdale. Elle peut être améliorée en ajustant au mieux la valeur de la résistance RL.

Avec les valeurs choisies, cet oscillateur peut délivrer une tension de sortie de l'ordre de 50 volts crête à crête, que l'on peut facilement mesurer à l'oscilloscope. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la valeur optimum de RL (aux environs de 70 000 Ω , l'amplitude de la tension de sortie diminue jusqu'à disparaître complètement au delà de certaines limites (seuil de décrochage de l'oscillateur).

Un exemple d'oscillateur à pont de Wien est donné dans la figure 18. Avec ce montage, la fréquence des oscillations dépend principalement des valeurs des composants des réseaux R1-C1 et R2-C2. Le potentiomètre R5, constituant l'autre bras du pont, a pour effet de faire varier tant la forme d'onde du signal de sortie que la fréquence des oscillations.

Examinons à l'oscilloscope la forme d'onde de la tension de sortie; celle-ci, dépend de la position du curseur du potentiomètre R5. Supposons que l'on fasse R1 = R2 et C1 = C2, on trouve que pour la position de R5 donnant la meilleure forme du signal de sortie, la fréquence des oscillations produites peut être

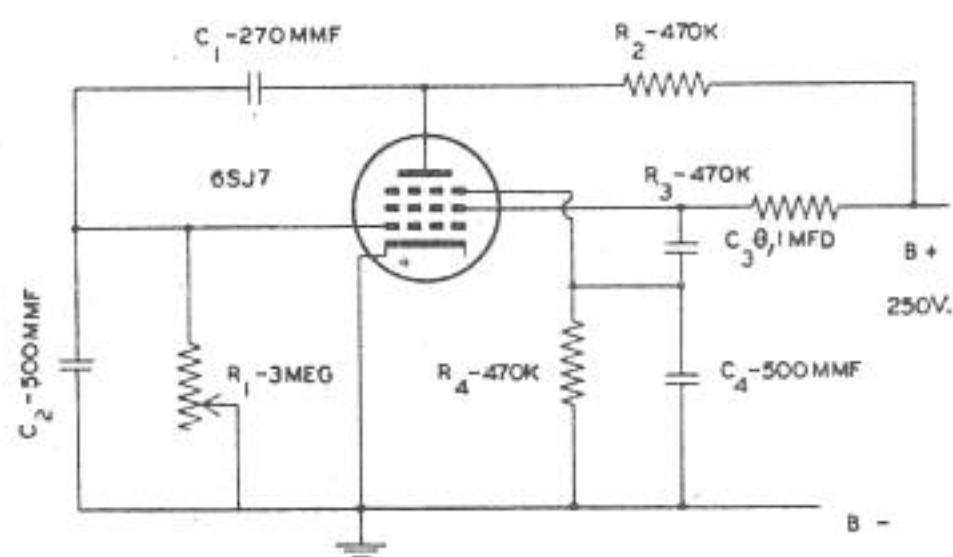


Fig. 20 - Oscillateur basse fréquence « transitron » dans lequel la fréquence du signal est rendue variable au moyen de la résistance R1.



Fig. 21 A - Forme d'onde du signal à la fréquence de 50 Hz.

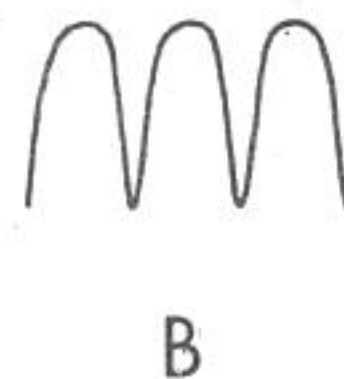


Fig. 21 B - En augmentant la fréquence à 5 000 Hz, la forme d'onde s'améliore.

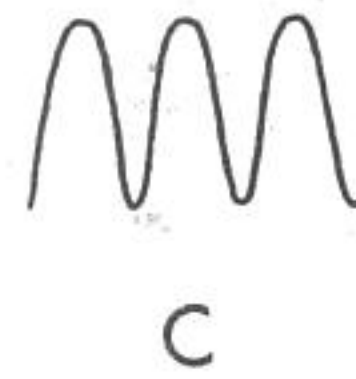


Fig. 21 C - Pour une fréquence encore plus élevée, 15 kHz, la tension de sortie est presque sinusoïdale.

calculée au moyen de la formule :

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

dans laquelle R est la valeur de R1 et de R2, et C celle de C1 et de C2. Avec les valeurs portées sur la figure 18, la fréquence des oscillations pour cette position du potentiomètre R3 est de 325 Hz environ. La tension de sortie, dont la forme est représentée sur la figure 19-A, est de 7 volts crête à crête.

Déplaçons maintenant le curseur du potentiomètre jusqu'à obtenir une fréquence d'oscillation très différente, par exemple 90 Hz. On constate alors que la tension de sortie a considérablement augmenté et dépasse 100 volts crête à crête. Par contre la qualité du signal est devenue nettement plus mauvaise, comme le montre l'oscillogramme de la figure 19-B, et s'éloigne considérablement de la forme sinusoïdale.

Nous pouvons conclure en disant que aussi bien les valeurs de R et de C que celle de R3 influent sur la fréquence et la forme de la tension de sortie. Cependant, si nous ne considérons que les tensions sinusoïdales la fréquence des oscillations dépend seulement de R et de C (R3 étant réglé pour obtenir la forme correcte) et est donnée par la formule ci-dessus. Inversement pour une fréquence donnée, la forme des oscillations, donc de la tension de sortie ne dépend que de la position du curseur du potentiomètre R3.

Il existe encore un autre genre d'oscillateur du type R-C, le « transitron ». Son fonctionnement est basé sur le phénomène de résistance négative dans un amplificateur à tétrode, au moyen duquel on peut entretenir des oscillations. En effet pour faire osciller un circuit, il suffit de faire en sorte que la résistance « positive » qui tend à amortir les oscillations soit annulée par une résistance « négative » de valeur au moins égale. Cette résistance négative est généralement obtenue en réinjectant une fraction de la tension de sortie dans le circuit d'entrée d'un amplificateur (réaction positive) par couplage direct, inductif ou capacitif.

Un oscillateur « transitron » équipé d'un tube 6SJ7 est représenté sur la figure 20. En faisant varier la

valeur de la résistance R1, on peut obtenir des oscillations s'étendant dans une bande comprise entre 18 et 14 000 Hz. Dans un tel montage toutefois, la fréquence des oscillations ne dépend pas essentiellement de la valeur de tel ou tel composant, mais de l'ensemble des résistances et des condensateurs, ainsi que du type de lampe utilisé.

L'oscillateur « transitron » présente un grave inconvénient : la forme d'onde de la tension de sortie est généralement très distordue par rapport à la sinusoïde idéale. Toutefois, elle tend à s'améliorer au fur et à mesure que la fréquence des oscillations devient plus élevée. C'est ainsi qu'avec les valeurs des éléments de la figure 21 (en A, à 50 Hz, en B à 5 000 Hz et en C à 15 000 Hz) qui montre clairement que l'on se rapproche d'autant plus de la forme sinusoïdale que la fréquence des oscillations devient plus grande.

Oscillateurs haute fréquence — Les mesures que l'on peut exécuter sur de tels générateurs à l'aide d'un oscilloscope cathodique ne diffèrent pas de celles décrites plus haut. L'unique difficulté réside dans la nécessité de posséder un oscilloscope ayant une bande passante très large, suffisante pour ne pas introduire de distorsions dans le signal à examiner. En outre, la fréquence du balayage en dents de scie doit pouvoir atteindre des valeurs assez élevées si l'on veut examiner dans tous ses détails la forme de la tension HF.

C'est ainsi que si nous voulons examiner sur l'écran la forme et la tension d'un signal HF d'une fréquence de 1 MHz, il faut disposer d'un oscilloscope ayant les caractéristiques suivantes :

1 - la fréquence du balayage horizontal (base de temps) doit pouvoir être réglée sur 150-200 kHz pour permettre un examen précis de quelques cycles du signal.

2 - La bande passante de l'amplificateur vertical doit s'étendre jusqu'à 5 MHz au minimum. Il semblerait qu'une bande passante de 1 MHz soit suffisante, mais il faut tenir compte que les harmoniques du signal seraient fortement atténuées et que les oscillations pourraient apparaître sensiblement sinusoïdales même si elles sont en réalité très distordues justement par la présence d'harmoniques indésirables.

Leçon n° 104

LES ACCESSOIRES DE L'OSCILLOSCOPE

Comme de nombreux autres instruments de laboratoire, l'oscilloscope à rayons cathodiques peut être complété par des appareils accessoires qui, bien qu'assez simples, n'en étendent pas moins considérablement le champ d'application de l'instrument. Dans ces leçons, nous étudierons les plus importants de ces accessoires et nous donnerons toutes les indications pratiques en

vue de leur construction.

Parmi eux, un des plus intéressants est le commutateur électronique qui permet d'effectuer avec un oscilloscope de caractéristiques moyennes, les mêmes mesures que celles ne pouvant normalement être faites qu'avec un instrument d'une classe supérieure, donc plus coûteux.



CONSTRUCTION D'UN COMMUTATEUR ELECTRONIQUE

Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le signaler très brièvement au cours de notre étude générale sur l'oscilloscope à rayons cathodiques, il existe des instruments de ce type permettant l'observation simultanée de deux signaux différents. En substance, un tel instrument résulte de la combinaison de deux oscilloscopes dont les amplificateurs horizontaux et verticaux aboutissent à un tube cathodique spécial comportant deux canons à électrons séparés. Les deux rayons cathodiques sont déviés vers l'écran de telle sorte que les deux traces se développent simultanément mais séparément. Un tel instrument permet donc par exemple, l'examen des tensions d'entrée et de sortie d'un amplificateur, de déterminer le déphasage ou les altérations subies par le signal dans son passage dans l'amplificateur, sans avoir à relier alternativement l'entrée verticale de l'oscilloscope à l'un ou

l'autre des points où il nous intéresse de faire ces comparaisons. C'est donc un appareil extrêmement utile, mais très coûteux.

Le commutateur électronique permet d'obtenir le même résultat avec un oscilloscope à simple trace de type courant. Les deux signaux à observer simultanément sont appliqués aux deux entrées du commutateur et en sortent alternativement — c'est-à-dire à tour de rôle — avec une certaine fréquence, appelée **fréquence de commutation**, pour être envoyés à l'entrée unique de l'oscilloscope (entrée verticale).

La fréquence de commutation est suffisamment élevée de sorte que l'inertie de la rétine de l'œil de l'observateur ne permet pas de discerner la succession des deux images qui, en conséquence, paraissent être constamment présentes sur l'écran, tout comme avec un oscilloscope à double trace.

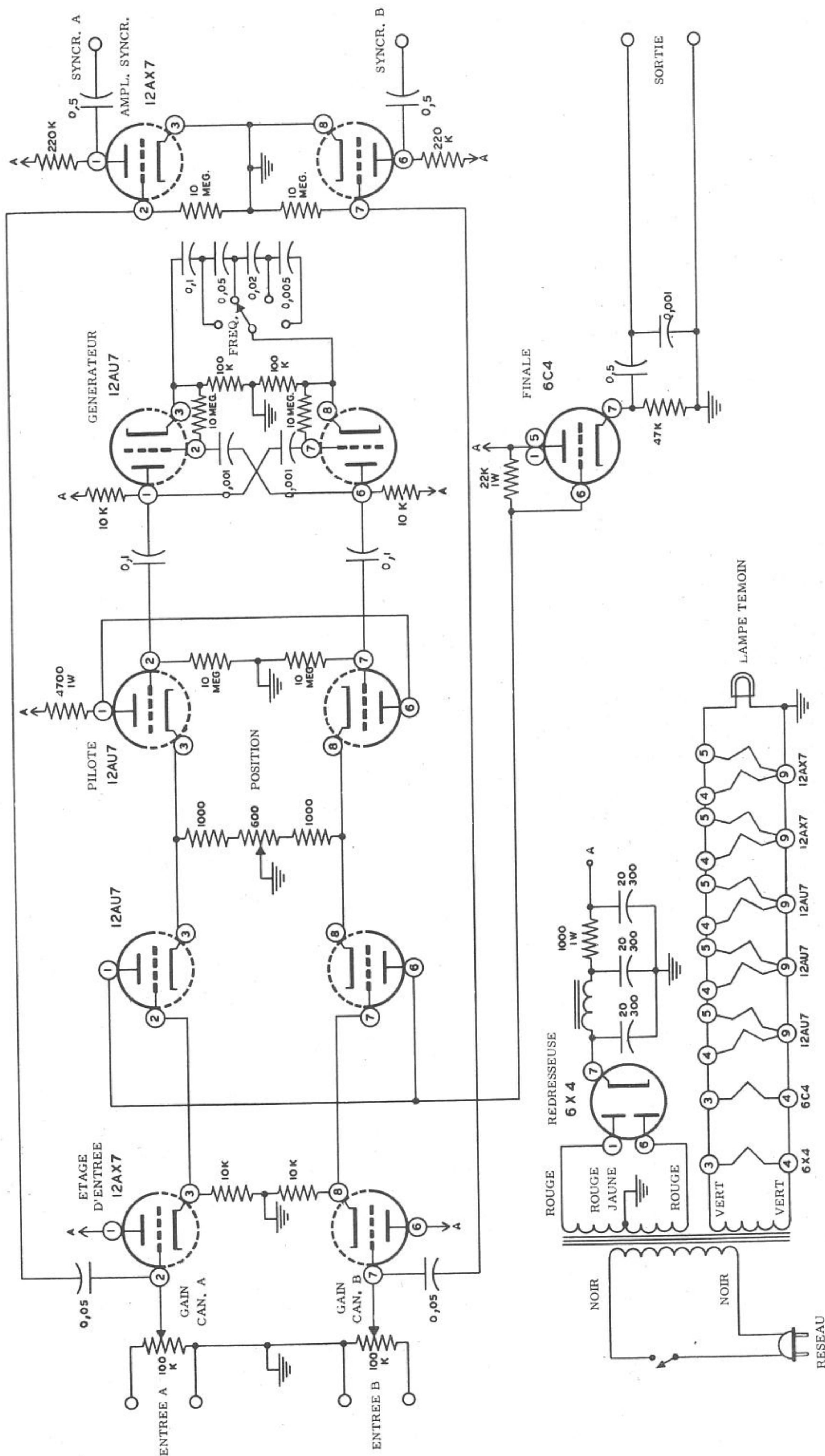


Fig. 1 - Schéma général du Commutateur Electronique mod. ID 22. Sont indiquées les valeurs des composants, les fonctions des différentes commandes et les indications des bornes d'entrée et de sortie. Il consiste — pratiquement — en un multivibrateur (lampe 12AU7) qui fournit un signal rectangulaire dont la fonction est de bloquer et de débloquent alternativement les deux tubes de commutation, constitués par les deux sections de la double triode 12AU7, qui suit l'étage d'entrée. Les deux premières triodes (12AX7) amplifient les signaux appliqués aux

entrées A et B. Ces mêmes signaux, amplifiés par les triodes de l'amplificateur de synchronisation (12AX7, à l'extrême-droite) sont disponibles aux bornes de sync. A et B, et servent à synchroniser le balayage de l'oscilloscope. L'alimentation est classique. La fréquence de commutation est variable et peut prendre quatre valeurs différentes par commutation des condensateurs du circuit de cathodes du multivibrateur. La tension de sortie est recueillie aux bornes de la résistance de charge cathodique du tube final (6CX4).

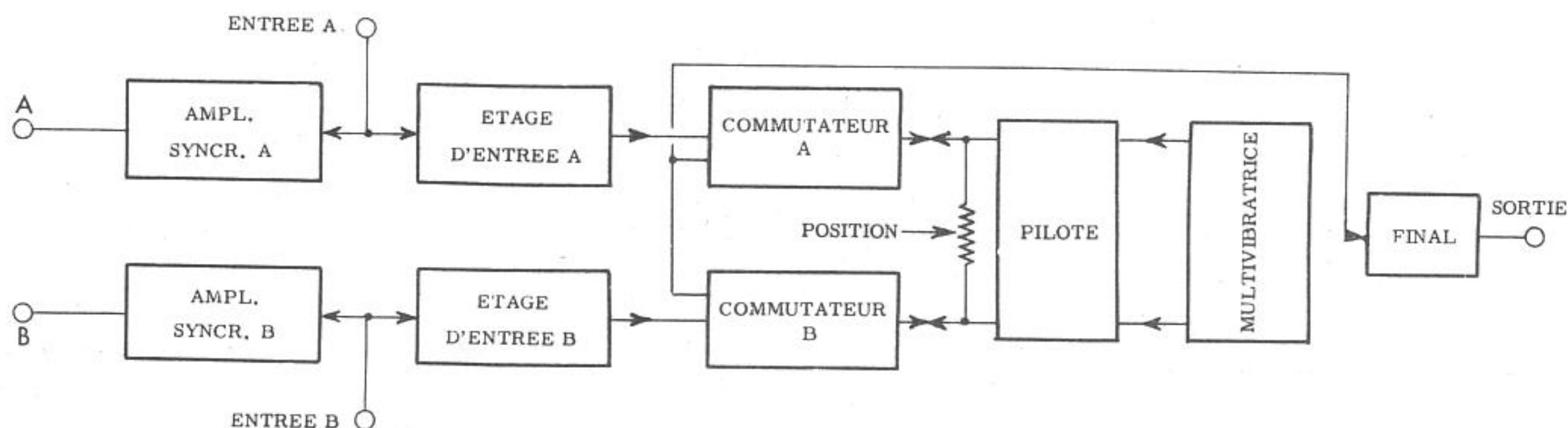


Fig. 2 - Schéma synoptique illustrant les différentes fonctions des étages du commutateur électronique.

CARACTERISTIQUES GENERALES

Fréquences de commutation 150, 500, 1 500 et 5 000 Hz environ.

Réponse à la fréquence du signal ± 1 dB de 0 à 100 kHz.

Impédance d'entrée 100 000 ohms.

Impédance de sortie 1 000 ohms en parallèle sur 1.000 pF.

Amplitude maximale du signal de sortie 25 volts crête à crête.

Amplification maximale 5 fois.

Amplitude maximale du signal d'entrée 1,8 volts eff. (soit 5 volts crête).

Transitoires de commutation 2 volts crête (*).

Tubes utilisés Deux 12AX7, trois 12AU7, une 6C4 et une 6X4.

Alimentation 105-125 volts, 50 Hz, 30 w.

Dimensions $24 \times 16,5 \times 12,6$ cm.

(*) Les transitoires de commutation sont des signaux parasites qui prennent naissance lors de la commutation électronique interne; ils peuvent surcharger l'amplificateur à gain élevé de l'oscilloscope si leur amplitude est trop forte. En conséquence, il est bon que les signaux à examiner aient une tension minimale de 0,1 volt (à l'entrée du commutateur).

ETUDE DU SCHEMA

Le Commutateur Electronique mod.ID-22 que nous présentons, est commercialisé sous la forme bien connue d'ensemble prêts à câbler ou « Kits ». Le schéma général est donné sur la figure 1, il s'agit là d'un appareil assez simple qui ne présente aucune difficulté de construction pour tous ceux ayant déjà réalisé d'autres montages décrits dans ce Cours. La commutation des deux signaux d'entrée peut se faire à l'une des quatre fréquences disponibles citées plus haut, cette fréquence étant déterminée par quatre capacités commutables (de tolérance assez large). Ces fréquences de commutation sont suffisamment différentes les unes des autres pour qu'il soit possible de choisir dans tous les cas l'une d'entre elles assez éloignée de la fréquence du signal à examiner pour éviter l'apparition simultanée, sur l'écran de l'oscilloscope,

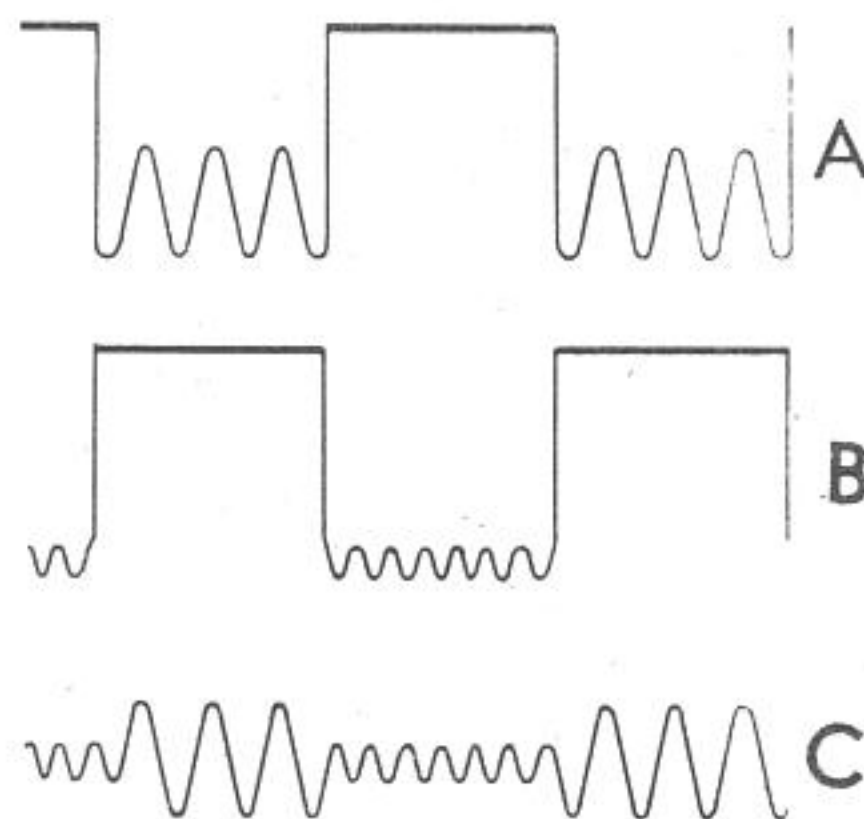


Fig. 3 - Exemples d'images séparées de deux signaux différents (A et B) et image simultanée (C). Dans ce dernier cas, la commande de position des traces est réglée pour obtenir la superposition des deux images.

pe, du signal et des impulsions de commutation.

La tension de synchronisation disponible à la sortie des amplificateurs de synchronisation peut être injectée à la prise « synchronisation extérieure » de l'oscilloscope pour immobiliser les images sur l'écran.

La figure 2 donne le schéma synoptique de l'appareil et montre les différentes sections. Le signal appliquée à l'entrée A peut être atténué au niveau désiré, puis il est dirigé vers l'amplificateur de synchronisation et vers un étage à couplage cathodique.

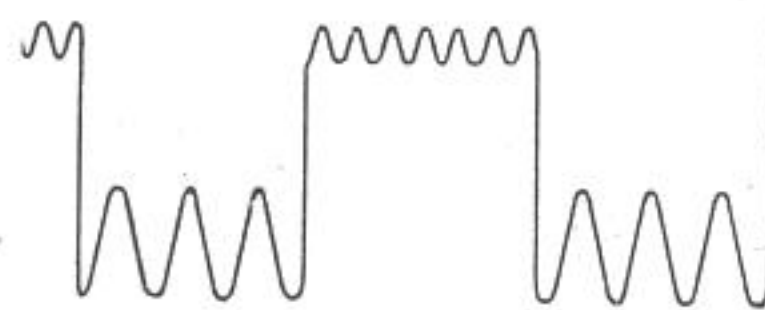


Fig. 4 - Représentation simultanée des deux signaux décalés par rapport à l'axe pour une observation plus facile.

Le multivibrateur produit des signaux rectangulaires que l'on recueille sur les plaques de la double triode. Le signal rectangulaire présent sur l'une des plaques est transmis à la grille d'une des deux triodes pilotes, dont la cathode est reliée, à son tour, directement à la lampe de commutation.

Sous l'effet de ce signal rectangulaire d'amplitude assez élevée, la lampe de commutation est successivement bloquée et débloquée, c'est-à-dire qu'elle fonctionne exactement comme un commutateur qui laisse passer ou interrompt le signal.

La tension rectangulaire issue de l'autre plaque du multivibrateur exerce une action identique sur l'autre triode pilote et sur l'autre tube de commutation faisant partie de la deuxième chaîne reliée à l'entrée B de l'appareil.

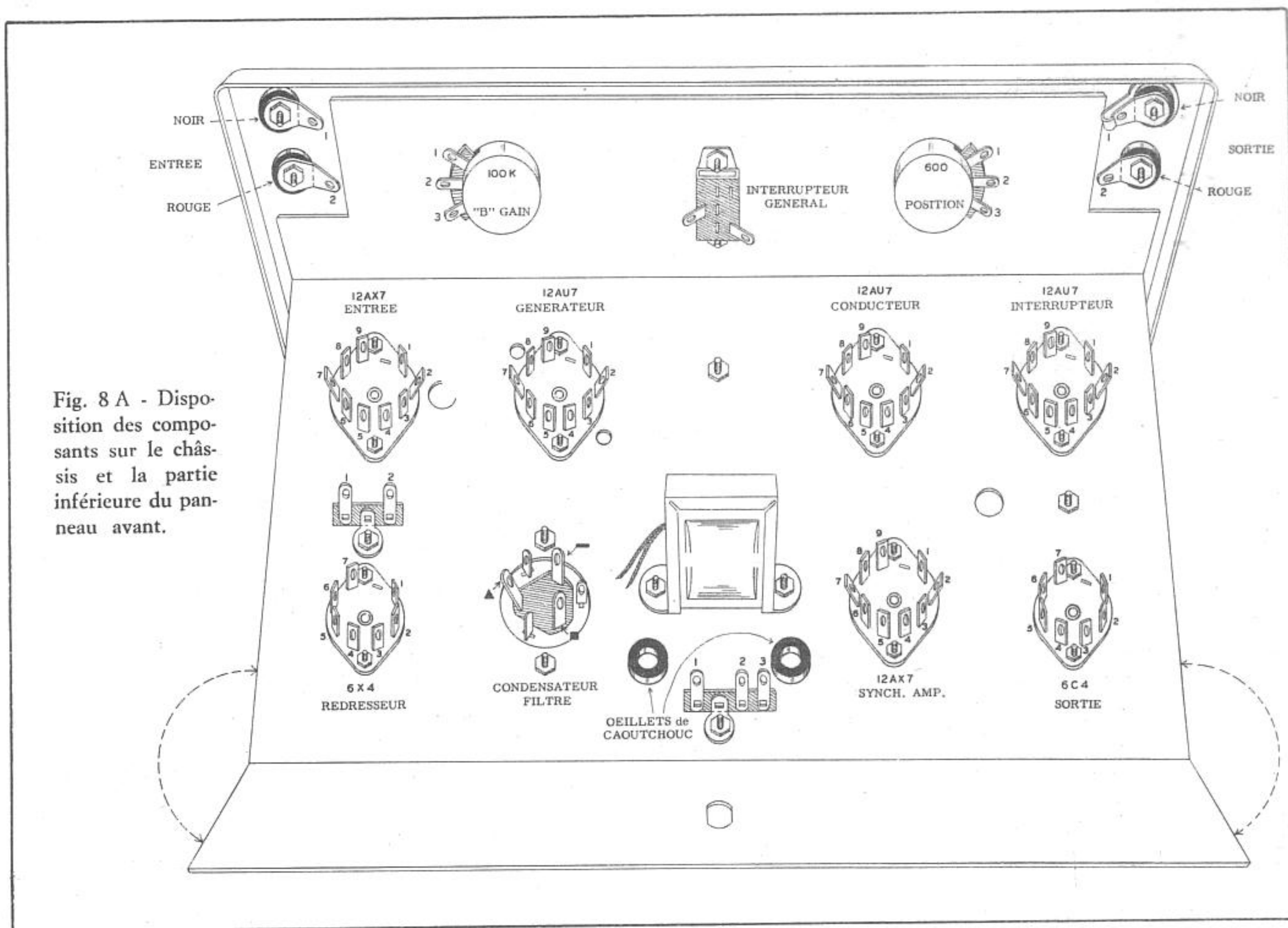


Fig. 8 A - Disposition des composants sur le châssis et la partie inférieure du panneau avant.

C'est ainsi que, lorsque l'étage de commutation A amplifie normalement, l'autre étage B est bloqué. Les plaques de ces deux tubes sont reliées à une résistance de charge commune et en conséquence, les deux signaux d'entrée sont recueillis alternativement aux bornes de cette résistance de charge sous la forme représentée sur les figures 3-A et 3-B.

Si les deux triodes de commutation fonctionnent avec des tensions de polarisation différentes, leurs courants anodiques seront différents, de même que les tensions anodiques: dans un tel cas, les deux tensions de sortie seront décalées l'une rapport à l'autre comme le montre la figure 4.



Fig. 5 - Forme d'onde du signal de commutation, en l'absence de signaux d'entrée.

On constate alors — aux instants où les deux signaux d'entrée (A et B) ont une amplitude nulle — que le signal de sortie total recueilli aux bornes de la résistance de charge commune est une onde rectangulaire du type de celle de la figure 5.

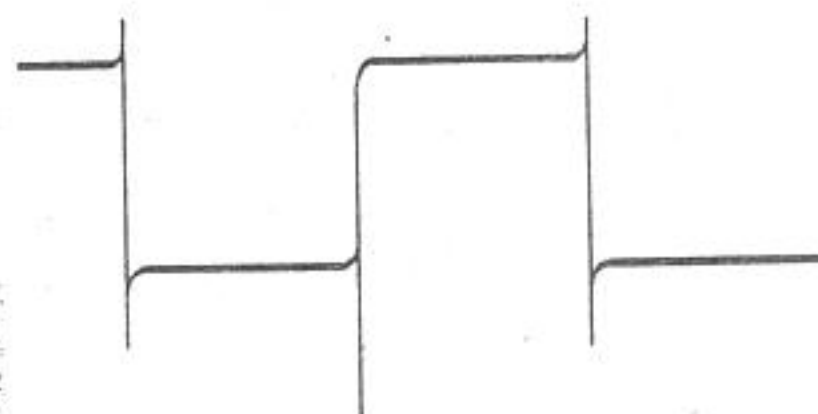


Fig. 6 - Représentation graphique des transitoires accompagnant le signal de commutation.

Mais en réalité, la commutation d'une lampe à l'autre ne se faisant pas instantanément, on constate la présence de transitoires qui se manifestent à chaque oscillation par une déformation des parties verticales des signaux (voir figure 6). L'amplitude de ces transitoires varie selon le type de lampe utilisé.

Si l'on adopte une fréquence de commutation asynchrone et si — pour stabiliser l'image sur l'écran — on synchronise la base de temps de l'oscilloscope sur le signal à examiner et non sur celui de commutation on supprime la trace des tensions de commutation et de leurs transitoires et l'on observe sur l'écran du tube cathodique que les seules traces des signaux appliqués aux entrées A et B, comme sur la figure 7.

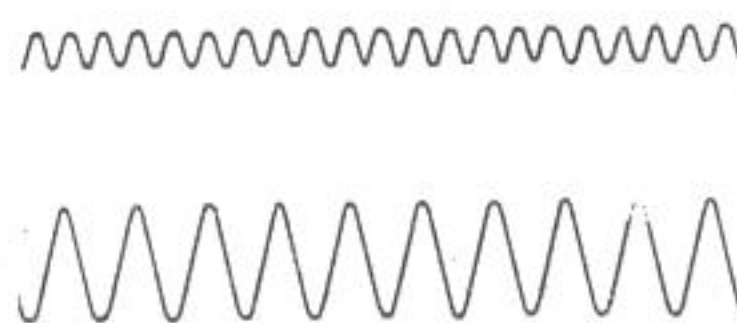


Fig. 7 - Image des deux signaux d'entrée obtenue avec une fréquence de commutation asynchrone en synchronisant la base de temps sur la fréquence de ces signaux.

La commande de position permet de faire varier la polarisation respective des tubes de commutation, donc le déplacement des deux images. On peut donc, soit les séparer complètement en faisant en sorte que l'une s'inscrive vers le haut et l'autre vers le bas de l'écran, soit les superposer exactement l'une sur l'autre.

Les signaux recueillis sur les plaques des tubes de commutation sont transmis par couplage direct à la grille d'une lampe à sortie sur la cathode (cathode fol-

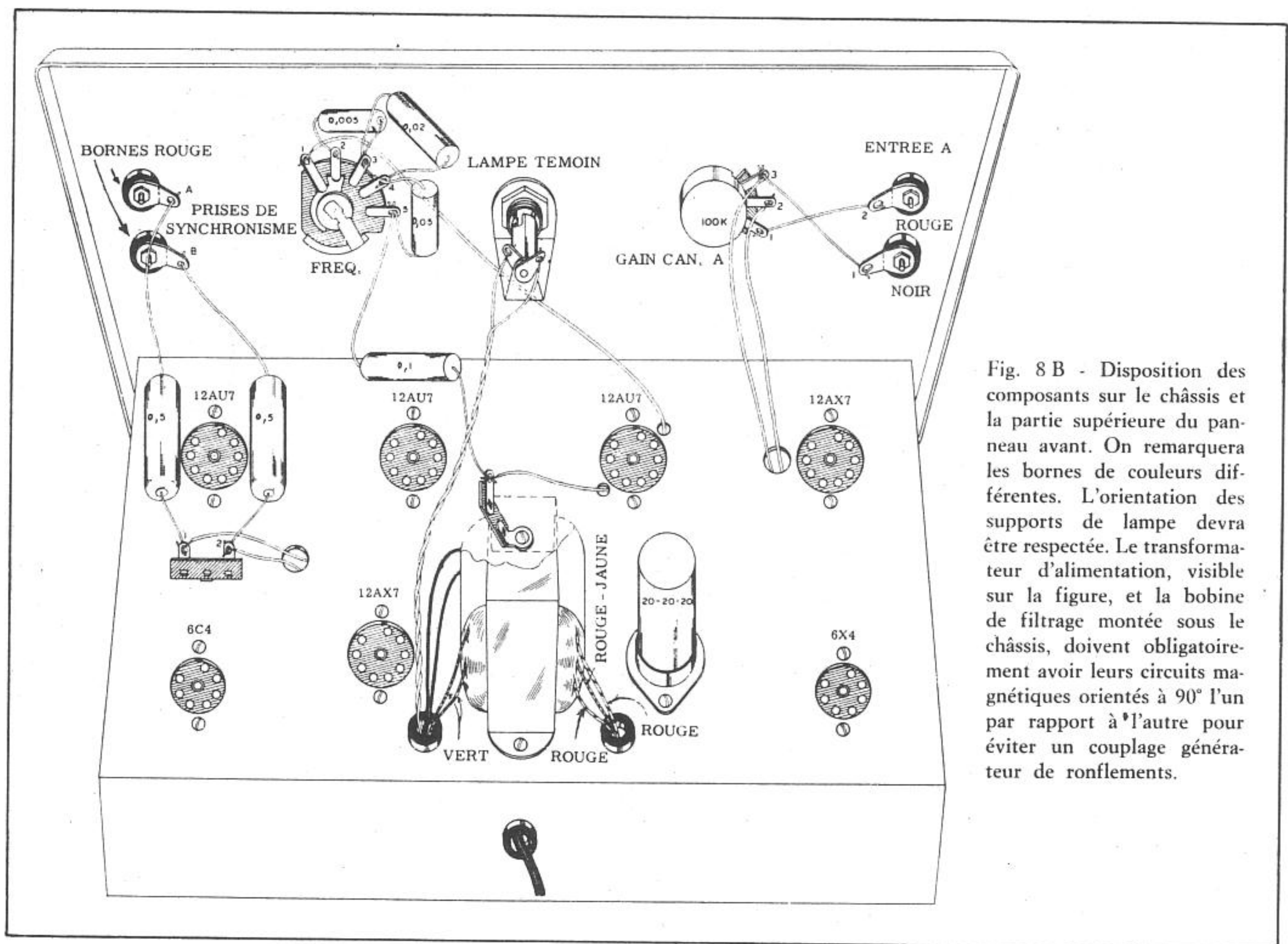


Fig. 8 B - Disposition des composants sur le châssis et la partie supérieure du panneau avant. On remarquera les bornes de couleurs différentes. L'orientation des supports de lampe devra être respectée. Le transformateur d'alimentation, visible sur la figure, et la bobine de filtrage montée sous le châssis, doivent obligatoirement avoir leurs circuits magnétiques orientés à 90° l'un par rapport à l'autre pour éviter un couplage générateur de ronflements.

lower) et les tensions recueillies aux bornes de la résistance cathodique sont transmises aux bornes de sortie par l'intermédiaire d'un condensateur de forte capacité.

La sortie est shuntée par un condensateur dont le rôle est de réduire l'amplitude des transitoires de commutation, mais la réponse de l'instrument aux fréquences élevées se trouve de ce fait sensiblement diminuée. Evidemment, en supprimant ce condensateur, on peut étendre la courbe de réponse du commutateur mais au préjudice de la suppression des transitoires. Inversement, dans le cas où le commutateur électronique n'est utilisé que pour l'observation de signaux de basse fréquence, on peut augmenter la valeur de ce condensateur ce qui permet de réduire considérablement l'amplitude de ces transitoires jusqu'à les rendre pratiquement invisibles. On remarquera toutefois qu'une capacité supérieure à 0,01 μF n'a pratiquement plus d'effet sur les transitoires, tandis que la qualité des signaux observés devient mauvaise en raison de l'arrondissement des angles des deux rectangulaires.

MONTAGE MECANIQUE

Nous avons déjà eu souvent l'occasion de décrire des réalisations d'instruments de mesure livrés en ensembles «prêts à câbler», c'est pourquoi nous ne nous étendrons pas sur les conseils préliminaires valables dans la généralité des cas. Comme pour les précédentes réalisations, les plans détaillés accompagnant cette description sont suffisamment explicites pour comprendre

comment les composants doivent être disposés sur le châssis et réunis entre-eux.

La figure 8-A montre la partie inférieure du châssis et du panneau avant vu de l'arrière

La figure 8-B montre la partie supérieure du châssis et du panneau avant vu de l'arrière. A gauche, les deux bornes de sortie du signal de synchronisation extérieure des canaux A et B; plus à droite, nous voyons le contacteur sélecteur de fréquence de commutation avec les quatre condensateurs dans leurs positions respectives; puis le voyant lumineux indiquant que l'appareil est sous tension, la commande de gain de l'amplificateur A (potentiomètre de 100 000 Ω et, à l'extrême droite, les deux bornes d'entrée de ce canal, A. On remarquera que parmi ces deux bornes, celle de couleur noire qui est la plus basse des deux doit être reliée à la masse, tandis que les deux bornes de gauche, toutes les deux rouges, sont isolées du panneau avant puisqu'elles reçoivent les signaux de synchronisation A et B.

Sur le châssis, vu du dessus, nous voyons les sept supports de lampes (représentés vus par dessous sur le plan de la figure 9); le transformateur d'alimentation, dont le circuit magnétique doit être placé à angle droit par rapport à celui de la bobine de filtrage fixée sous le châssis pour éviter les inductions mutuelles; le condensateur électrolytique tubulaire double et, enfin, une équerre relais à deux cosses auxquelles sont reliés les deux condensateurs allant aux bornes de synchronisation.

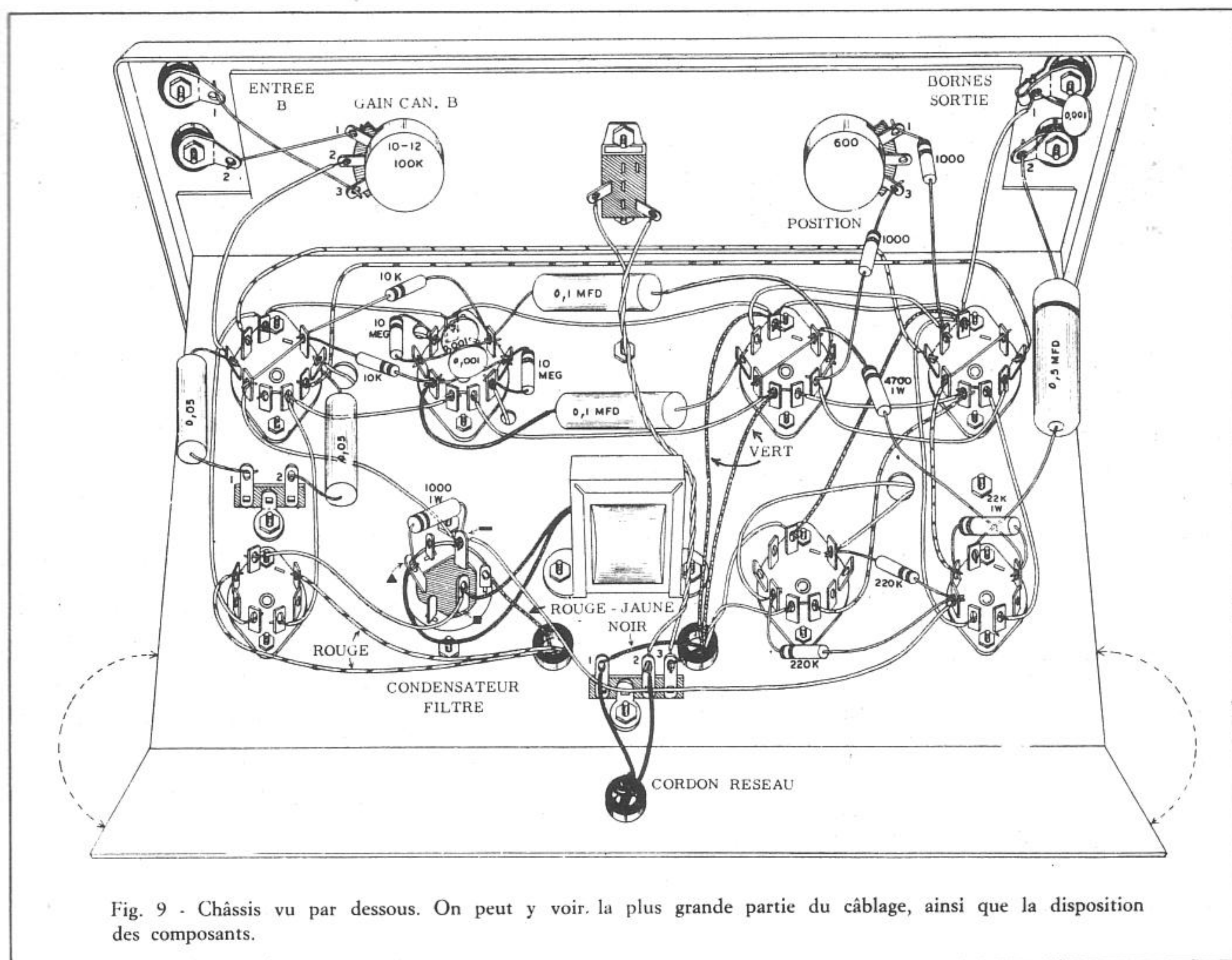


Fig. 9 - Châssis vu par dessous. On peut y voir la plus grande partie du câblage, ainsi que la disposition des composants.

Ce montage mécanique n'offre aucune difficulté, il suffit de respecter scrupuleusement les positions indiquées pour les divers composants, de bloquer convenablement les vis de fixation et, pour sauvegarder la bonne présentation finale de l'appareil, de prendre soin de recouvrir la table de montage d'un tissu épais pour éviter de rayer le panneau avant au cours des diverses manipulations nécessitées par le montage et le câblage.

La figure 9 montre la partie inférieure du panneau avant et le dessous du châssis; les divers éléments qui y sont fixés et les connexions à réaliser sont clairement visibles.

MONTAGE ELECTRIQUE

Le câblage de cet appareil s'exécute également sans aucune difficulté; le schéma général — qui est très simple — constitue déjà un guide suffisant pour la disposition des petits composants: toutefois, pour faciliter au maximum le travail du futur constructeur et pour éviter toute erreur dans le parcours des diverses connexions, nous donnons — comme d'habitude — des plans de câblage aux différents stades du montage.

On commencera par fixer le cordon secteur et l'on poursuivra en câblant les connexions de masse, des filaments des lampes, etc... A ce propos, on remarquera

que les lampes à chauffage sous 12 volts sont en réalité alimentées sous 6 volts, par la manière classique, en reliant en parallèle les deux filaments. Cela est rendu possible par la présence d'une broche correspondant au point milieu des deux filaments en série.

On poursuivra le câblage en soudant les résistances et les condensateurs figurant sur le plan de la figure 9; puis, cette première partie étant complétée, on passera à l'exécution de la deuxième « couche » de câblage, représentée sur la figure 10. Remarquons que, pour rendre plus compréhensible la suite des opérations, toute la partie du câblage déjà exécutée (figure 9) a été reproduite en traits plus légers, tandis que les composants et les connexions à ajouter dans cette seconde partie du montage ont été dessinés en traits plus marqués. On voit donc qu'un unique conducteur de masse, en fil nu, relié aux bornes de masse du panneau avant, est disposé sous le châssis après avoir été convenablement façonné pour lui faire suivre le trajet indiqué. C'est à ce fil que sont soudées toutes les résistances dont une extrémité est reliée à la masse (voir schéma). On remarquera également le câble blindé reliant les deux cosses de l'équerre relais, visible à gauche, aux cosses 2 et 7 du support de la 12AX7, amplifiatrice de synchronisation.

Une fois terminé la mise en place des composants et le câblage correspondant, il ne reste plus qu'à vérifier soigneusement le travail effectué, en suivant attenti-

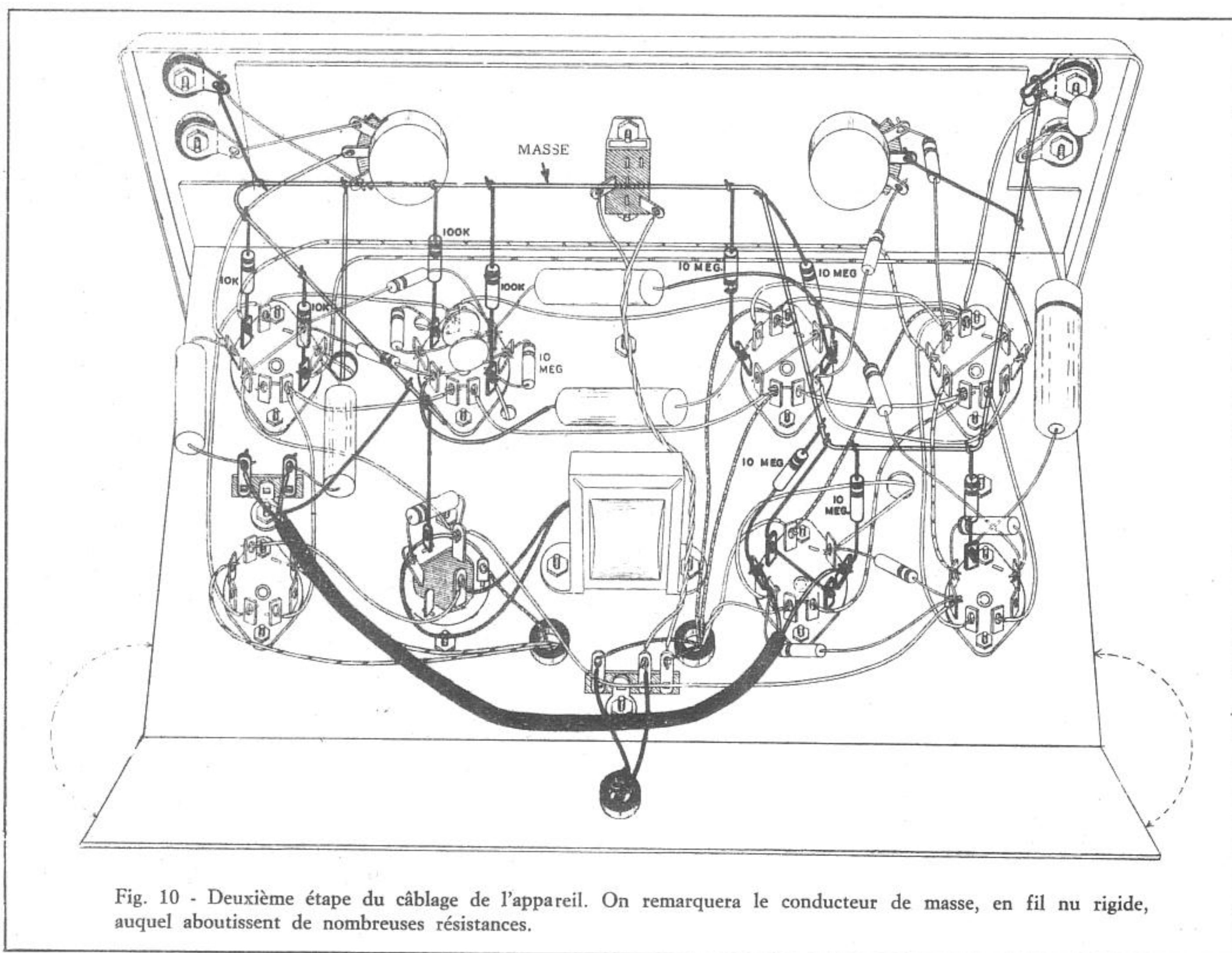


Fig. 10 - Deuxième étape du câblage de l'appareil. On remarquera le conducteur de masse, en fil nu rigide, auquel aboutissent de nombreuses résistances.

vement le schéma électrique et les plans représentant les différentes étapes du montage.

Il sera bon de procéder à ces vérifications en s'aidant d'un ohmmètre, au moyen duquel on pourra s'assurer de la continuité des connexions, de la valeur des résistances et de l'isolement des condensateurs.

MISE EN ROUTE ET ESSAIS

Comme pour toute nouvelle réalisation, le premier contrôle consistera dans la recherche des courts-circuits éventuels dans la partie haute tension. Pour cela on branchera un ohmmètre, placé sur la position prévue pour la mesure des résistances élevées, aux bornes du deuxième condensateur de filtrage. Après un bond en avant, dû à la charge du condensateur, l'ohmmètre devra indiquer une résistance de l'ordre de 500 000 Ω .

Si tout est correct, on retirera toutes les lampes du montage et l'on branchera le secteur. Le transformateur d'alimentation étant prévu pour une utilisation sur un secteur de 105/125 volts, 50 Hz, il faudra donc, en cas d'une distribution de courant en 220 volts, prévoir un auto-transformateur abaisseur qui sera placé entre l'appareil et la prise de courant; la puissance nécessaire est d'environ 30 watts.

Ceci étant fait, après avoir mis l'appareil sous tension au moyen de l'interrupteur placé sur le panneau avant, et après avoir vérifié que le voyant lumineux s'éclaire normalement, il est utile de s'assurer au moyen d'un multimètre prévu pour la mesure des courants

alternatifs, que la haute tension entre les deux plaques de la valve redresseuse est bien de l'ordre de 420 volts (2×210 V) et que les tensions disponibles aux cosses des supports de lampe correspondantes aux filaments sont toutes d'environ 6,3 volts.

Si tout est normal, on éteindra l'appareil, on placera les lampes dans leurs supports respectifs et on le remettra à nouveau sous tension. Le multimètre étant mis sur la position « mesure des tensions continues », on vérifiera toutes les tensions entre les cosses des sept supports de lampe et la masse. Le tableau de la page suivante donne les tensions normales pour chacune des lampes, aux différentes cosses du support. On tiendra compte que — en réalité — ces tensions ont été mesurées avec un voltmètre à lampe ayant une résistance d'entrée de 11 M Ω et qu'en utilisant un multimètre ordinaire ayant une résistance de 10 ou 20 000 Ω par volt, ou pourra obtenir des lectures légèrement inférieures. Nous pensons toutefois que nos lecteurs ont maintenant une expérience suffisante pour faire les corrections de lecture qui s'imposent. De toute façon, quelles que soient les caractéristiques de l'instrument de mesure, les valeurs des tensions indiquées dans le tableau peuvent différer de 20% en plus ou en moins, tant à cause des tolérances des résistances, que des variations de la tension du secteur.

Les abréviations « NS » et « NC » figurant dans certaines cases du tableau signifient respectivement: « Ne pas mesurer » et « Non connectée ».

LAMPE	COSSE 1	COSSE 2	COSSE 3	COSSE 4	COSSE 5	COSSE 6	COSSE 7	COSSE 8	COSSE 9
6X4 REDRESSEUSE	210 C.A.	NC	6,3 C.A.	0	NC	210 C.A.	280		
12AX7 ENTREE	250	0	2,5	6,3 C.A.		250	0	2,5	0
12AU7 MULTIVIB.	230	NS	180	6,3 C.A.		230	NS	180	0
12AU7 PILOTE	180	NS	14	6,3 C.A.		180	NS	14	0
12AU7 COMMUTATR.	140	2,5	14	6,3 C.A.		140	2,5	14	0
12AX7 AMPL. SYNC.	100	0	0	6,3 C.A.		100	0	0	0
6C4 FINAL	250	NC	6,3 C.A.	0	250	140	140		

Tableau des tensions aux cosses des supports de lampe mesurées avec un voltmètre électronique ayant une résistance d'entrée de 11 M Ω . Les tensions indiquées peuvent différer de $\pm 20\%$, en raison des variations de la tension du secteur, des tolérances des résistances, ou bien des erreurs introduites par le voltmètre servant aux mesures.

Si toutes les tensions sont correctes, le commutateur électronique est prêt à fonctionner. Aucune mise au point n'est nécessaire, puisque le montage ne comporte aucun composant réglable, à l'exception des commandes placées sur le panneau avant qui seront réglées, en cours d'utilisation, selon les mesures à effectuer.

EN CAS DE DIFFICULTE

Si l'on trouve des différences importantes entre les tensions mesurées et celles indiquées dans le tableau, compte tenu de la tolérance mentionnée plus haut et de l'erreur éventuelle introduite par le type de multimètre utilisé, il conviendra d'opérer les vérifications suivantes:

1) Vérifier une fois encore, et avec beaucoup de soins, l'exactitude des connexions en s'aidant du schéma et des plans de câblage montrant les diverses opérations.

2) S'assurer que toutes les lampes ont leur filament normalement éclairé.

3) Vérifier l'isolement des condensateurs au papier et — si possible — leur capacité au moyen d'un capacimètre.

4) S'assurer que chaque lampe a été bien placée dans le support qui lui est assigné.

Se rappeler — dans tous les cas — qu'un défaut quelconque dans le fonctionnement de cet appareil ne peut provenir que d'une erreur de câblage ou de la détérioration d'un ou de plusieurs composants. Vérifier — si nécessaire — l'état des lampes au moyen d'un lampemètre.

UTILISATION

Nous savons que le commutateur électronique a pour fonction de permettre l'observation simultanée de deux signaux différents sur l'écran d'un oscilloscope à rayons cathodiques. La synchronisation de la base de temps doit être faite sur la fréquence des deux signaux à observer n'est pas la même, la fréquence de balayage doit être choisie de manière à être un sous-multiple des deux.

Les deux signaux doivent être injectés respective-

ment aux bornes d'entrées A et B, situées le long du côté vertical gauche du panneau avant. La tension de synchronisation, qui doit être envoyée sur la prise « synchronisation extérieure » de l'oscilloscope, peut être prélevée sur l'une ou l'autre des bornes A ou B (rouges). Il faudra choisir celle qui donne le meilleur résultat sur l'image.

Par exemple, si l'un des signaux à examiner (A) a une fréquence de 200 Hz, et l'autre (B) une fréquence de 500 Hz, et si nous réglons la fréquence de balayage horizontal de l'oscilloscope sur une fréquence de 100 Hz, nous verrons sur l'écran deux cycles complets du signal A, et cinq du signal B.

Il est possible au moyen de cet instrument d'observer simultanément deux signaux transitoires interdépendants. En actionnant la commande de position, on séparera ou on superposera les deux images selon les besoins pour les comparer commodément et rapidement. Les indications gravées sur le panneau avant ont les significations suivantes: « A input » = Entrée A; « B input » = Entrée B; « A gain » = Amplification canal A; « B gain » = Amplification canal B; « Rate » = Fréquence de commutation; « Sync. Out » = Sortie des signaux de synchronisation; « Position » = Commande de position des traces; « Power » « ON-OFF » = Puissance Marche — Arrêt.

EXEMPLES D'UTILISATION

Comme indiqué au début de ce chapitre, la fonction essentielle du commutateur électronique consiste à délivrer alternativement à sa sortie, deux signaux différents appliqués simultanément à ces deux entrées, permettant ainsi l'observation de deux formes d'onde sur l'écran d'un oscilloscope ordinaire.

Cela est particulièrement utile pour les mesures de comparaison. Les mesures de fréquence en particulier peuvent se faire très facilement avec l'aide du commutateur électronique. Il suffit pour cela d'appliquer le signal inconnu à l'une des deux entrées de l'appareil, en A par exemple, puis d'injecter une tension, dont la fréquence doit pouvoir être réglée dans de larges limites, et sert également à synchroniser le balayage et doit être

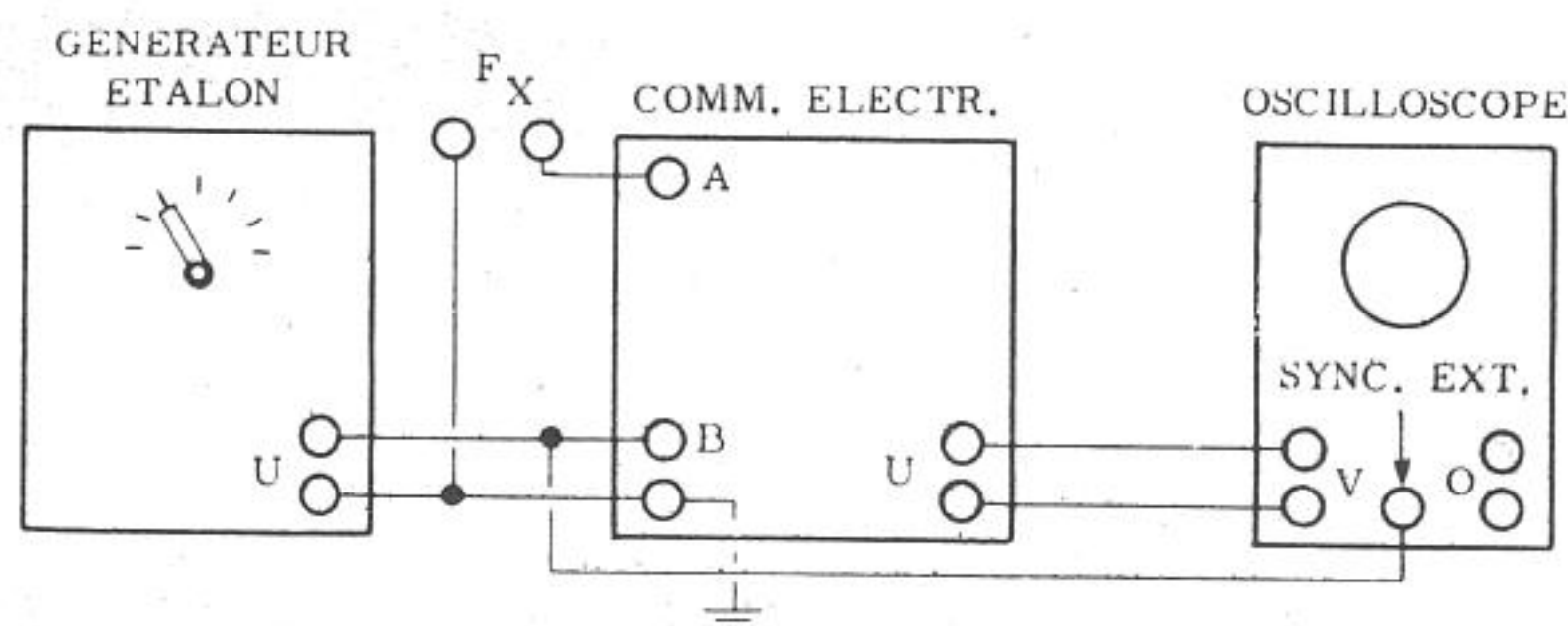


Fig. 11 - Branchements du générateur, du commutateur électronique et de l'oscilloscope pour la mesure des fréquences. A noter que l'oscilloscope est synchronisé sur la fréquence étalon.

appliquée également à la borne « synchronisation extérieure » de l'oscilloscope (figure 11).

Ces branchements effectués, on règle la fréquence du générateur de manière à faire apparaître sur l'écran un nombre entier de cycles du signal inconnu, et un nombre entier également de cycles du signal étalon (généralement en nombre inférieur). Comme cela est évident, le rapport de ces deux nombres donne directement le rapport des fréquences. Si par exemple nous observons 9 cycles du signal inconnu et 3 cycles du signal connu, la fréquence du premier est égale à 9:3, c'est-à-dire à 3 fois celle du second.

Un autre genre de mesure réalisable avec un oscilloscope et mettant en oeuvre deux tensions simultanées est celle des déphasages. Nous avons indiqué comment on pouvait, en appliquant deux tensions aux deux entrées de l'oscilloscope, mesurer l'angle de phase en observant la figure obtenue sur l'écran. Cette méthode n'est applicable que dans le cas de signaux sinusoïdaux, ou sans distorsion notable. La méthode que nous allons décrire, basée sur l'observation simultanée de deux signaux au moyen d'un commutateur électronique, permet de comparer les phases de signaux de formes complexes et même très différentes entre elles.

Les deux tensions sont appliquées respectivement aux entrées A et B et — comme nous l'avons fait plus haut — on prélève un signal de synchronisation sur une des deux bornes prévues à cet effet, signal qui est envoyé à l'entrée « Sync. Ext. » de l'oscilloscope. Notons que pour cette mesure la synchronisation peut être prise

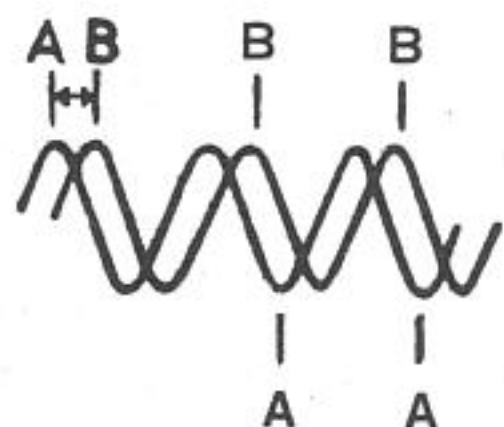


Fig. 12 - Mesure du déphasage de deux signaux à l'aide du commutateur électronique. L'angle de déphasage est déduit du rapport entre la distance des deux crêtes d'un même signal (A-A) et celle des deux crêtes successives de chacun d'eux (A-B).

indifféremment sur l'une ou l'autre borne, puisque les deux signaux sont de même fréquence. On réglera la position des deux traces de manière à avoir les crêtes des deux formes d'onde sur une même ligne horizontale. Mesurons alors la distance séparant une crête du signal A de la crête du signal B qui suit immédiatement (figure 12). Le rapport de cette distance à la distance existant entre deux crêtes successives d'un même signal, multiplié par le déphasage maximum (360°) donne le déphasage en degrés entre les deux tensions. Donnons un exemple: la distance

entre une crête du signal A et la crête du signal B qui suit immédiatement est de 5 mm, tandis que la distance séparant deux crêtes successives du signal A (ou du signal B) est de 30 mm; le rapport est donc de 5/30, soit 1/6. En multipliant par 360° le rapport ainsi obtenu, on trouve que le déphasage entre les deux signaux est de $360^\circ \times 1/6 = 360^\circ : 6 = 60^\circ$.

Naturellement cette méthode — bien que plus simple et plus susceptible d'applications pratiques que celle décrite dans une leçon précédente — est moins précise en raison des erreurs inévitables que l'on commet dans les mesures des distances, erreurs qui se répercutent sur le résultat final. Toutefois l'approximation ainsi obtenue est généralement suffisante pour les besoins courants.

Le commutateur électronique se révèle également très utile lors de la mise au point des amplificateurs. Nous le savons, cette mise au point a pour objet principal l'élimination aussi parfaite que possible de toutes les formes de distorsions, pour obtenir un signal amplifié rigoureusement semblable à celui appliqué à l'entrée de l'amplificateur. On comprend aisément l'intérêt extrême de pouvoir observer simultanément sur le même écran d'un oscilloscope, le signal d'entrée et celui qui après amplification, est recueilli à la sortie. On voit immédiatement les modifications nécessaires au montage, sans avoir à recourir à chaque fois à l'examen séparé des deux formes d'onde.

Avec un commutateur électronique et un générateur de tensions étalonnées, que nous décrirons dans la prochaine leçon, on peut également effectuer des mesures de tensions très précises. Pour cela, on applique tout d'abord aux deux entrées du commutateur électronique la tension connue provenant du générateur de tensions étalonnées ou de toute autre source dont on connaît la tension avec précision. On règle le gain des deux amplificateurs du commutateur de manière à ce que les traces coïncident parfaitement. On est certain dans ces conditions, que les signaux appliquées aux deux entrées A et B reçoivent la même amplification. Ensuite, sans toucher à ces réglages, et en laissant la tension connue sur l'une des deux entrées, nous injectons la tension inconnue sur l'autre entrée. En comparant les amplitudes des deux traces ainsi obtenues, nous mesurerons facilement la tension inconnue. En effet, supposons que la tension de référence donne une trace de 20 mm de hauteur sur l'écran, et que la tension inconnue ne donne qu'une trace de 5 mm de hauteur. Il est évident que ce dernier signal n'a qu'une tension égal au quart de celle du premier. Par exemple, si la tension de référence est 400 mV, la tension inconnue est certainement 100 mV.

QUESTIONS sur les LEÇONS 103 et 104

N. 1 —

Quelles sont les mesures, en dehors de l'observation de la forme d'onde, que l'on peut faire avec un oscilloscope ?

N. 2 —

Quelles sont les images que l'on peut obtenir sur l'écran fluorescent lors des mesures de capacité ou d'inductance ?

N. 3 —

En dehors de la méthode basée sur les figures de Lissajous, existe-t-il d'autres procédés pour effectuer des mesures de fréquence à l'oscilloscope ?

N. 4 —

Dans quels cas la méthode dite du « cercle de déphasage » est-elle préférable ?

N. 5 —

Quelle est la condition indispensable pour que les mesures de tensions ou de courants soient possibles avec l'oscilloscope ?

N. 6 —

Comment peut-on faire varier la forme d'onde d'une tension produite par un oscillateur basse fréquence ?

N. 7 —

Que se passe-t-il dans un oscillateur si la tension de réaction appliquée sur la grille est excessive ?

N. 8 —

Que se passe-t-il au contraire, si la tension de réaction est trop faible ?

N. 9 —

Quel est le principal avantage qu'apporte l'oscilloscope dans la mise au point des générateurs B.F.

N. 10 —

Quelles données peut-on relever à l'oscilloscope dans les oscillateurs « phase shift ».

N. 11 —

A quoi sert un commutateur électronique ? Comment fonctionne-t-il ?

N. 12 —

A partir du schéma du commutateur électronique décrit dans la 104ème leçon, expliquer comment fonctionne la commande de position constituée par le potentiomètre de 600 Ω branché entre les cathodes des lampes pilotes ?

N. 13 —

Pour quelle raison doit-on synchroniser l'image fournie par le commutateur électronique sur la fréquence du signal et non sur celle de commutation ?

N. 14 —

Comment fait-on varier la fréquence de commutation dans le commutateur électronique S-3 ?

N. 15 —

Pour quelle raison, le condensateur reliant la cathode de l'étage final à la borne de sortie de cet instrument est-il de valeur si élevée ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 811

N. 1 — Il sert à choisir le mode de synchronisation : soit interne, en reliant l'entrée du circuit de synchronisation à la cathode d'un tube final de l'amplification vertical, soit au secteur, soit à une borne extérieure.

N. 2 — A prélever une fraction du signal d'entrée et à le transmettre au tube produisant des tensions en dents de scie pour maintenir constant le rapport entre les deux fréquences. C'est par ce moyen que l'on peut obtenir une image fixe sur l'écran.

N. 3 — En réduisant au minimum les dimensions du point lumineux (ou spot) créé par le rayon cathodique en frappant l'écran. Cela est obtenu en réglant convenablement les commandes de « luminosité » et de « concentration ».

N. 4 — A rendre le rapport d'atténuation (déterminé par les résistances en circuit) indépendant de la fréquence du signal et à corriger la phase.

N. 5 — En agissant sur la polarisation du cylindre de Wehnelt du tube cathodique.

N. 6 — En introduisant en un point actif du circuit oscillateur en dents de scie une fraction du signal à examiner, avec une amplitude telle qu'il synchronise la fréquence des oscillations en la fixant à une valeur constante.

N. 7 — L'amplificateur vertical doit avoir une courbe de réponse plus étendue que celle de l'amplificateur horizontal ; son amplification doit être également plus portante.

N. 8 — A fournir une tension de référence qu'on connecte à la douille VERT. INPUT pour des mesures de tension.

N. 9 — Seulement lorsque le synchronisme provient de l'extérieur et lorsqu'il y a un faible gain vertical et de très hautes fréquences.

N. 10 — Oui : cela est équivalent au bruit de fond d'amplificateur à gain élevé quand le transducteur d'entrée est débranché.

N. 11 — A cause de l'écran qui a une rémanence insuffisante.

N. 12 — Oui, on doit prévoir quelques traces de retour, à gauche.

N. 13 — Oui, surtout lorsqu'on règle le spot au minimum.

N. 14 — Ce fait est normal et cela a été fait à dessein afin d'obliger l'emploi du commutateur.

N. 15 — Cela est causé par le fait que l'intensité de trace est inversement reliée aux taux d'enregistrement du faisceau d'électrons.

TABLEAU 92 - FIGURES DE LISSAJOUS

L'oscilloscope peut servir à mesurer les fréquences d'une manière très précise. Pour cela il faut disposer d'un générateur de signaux sinusoïdaux ou en dents de scie couvrant au moins la partie centrale de la gamme de fréquences que l'on veut mesurer. En effet, le principe de la mesure est de comparer le signal de fréquence inconnue avec un autre signal de fréquence connue. Pour pouvoir exécuter une mesure précise, il faut que le signal connu ait une fréquence comprise entre $f:10$ et $10 f$, f étant la fréquence inconnue; en dehors de ces limites extrêmes la mesure devient difficile et est sujette à des erreurs.

Ces deux signaux sont appliqués, l'un aux bornes d'entrée verticale, l'autre aux bornes d'entrée horizontale de l'oscilloscope. Le générateur interne de balayage doit être mis hors circuit. De l'étude des figures qui se dessinent sur l'écran, connues sous le nom de « figures de Lissajous », on peut calculer le rapport entre la fréquence du signal appliqué à l'entrée verticale et celle du signal appliqué à l'entrée horizontale.

Les figures de Lissajous peuvent se classer en deux catégories générales: celles à « courbes fermées » et celles à « courbes ouvertes ».

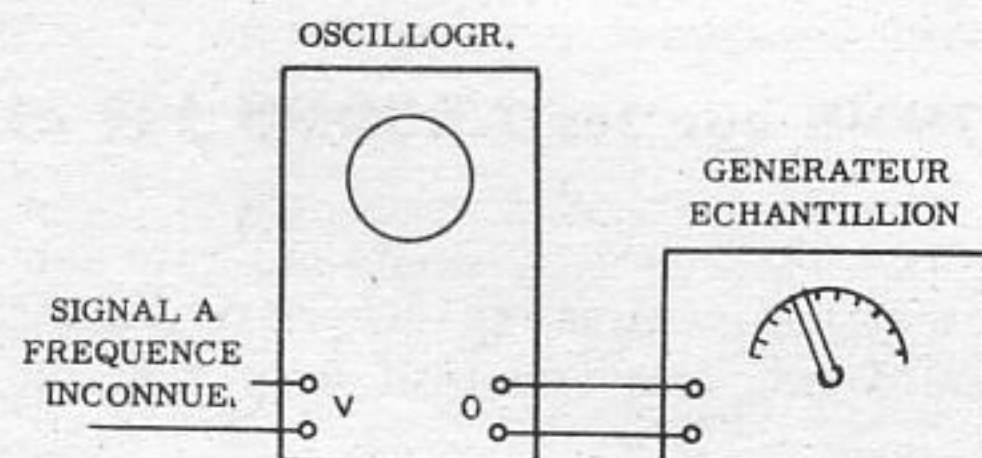
Les figures de Lissajous à courbes fermées sont obtenues lorsque les signaux sont tous deux sinusoïdaux (même s'ils sont affectés de légères distorsions); les figures à courbes ouvertes, par contre, sont observées lorsque l'un des signaux est sinusoïdal et l'autre est en dents de scie linéaires. Ces deux types de figures conviennent également bien à la mesure de la fréquence d'un signal et leur choix n'est fonction que de l'instrument dont on dispose pour produire le signal de fréquence étalon. C'est ainsi que si l'on ne dispose pas d'un générateur étalon, on peut utiliser la base de temps de l'oscilloscope (tensions en dents de scie) pour produire le signal de référence horizontal. Il faut alors que la fréquence fournie par cette base de temps puisse être connue avec une précision suffisante pour toutes les positions des boutons de réglage (gamme et réglage fin); en d'autres termes, il faut que l'instrument soit convenablement calibré.

Nous allons décrire maintenant les différentes méthodes pouvant être employées pour la mesure des fréquences, en envisageant le cas où l'on dispose d'un générateur de signaux sinusoïdaux dont la fréquence, réglable manuellement d'une façon continue, est indiquée avec précision sur un cadran étalon.

Figures de Lissajous à courbes fermées

En général, les figures de Lissajous à courbes complètes (courbes fermées) sont préférées par les techniciens pour les mesures de fréquence. Toutefois pour pouvoir retirer de ces mesures tous les avantages que permettent d'obtenir les figures à courbes fermées, il faut pouvoir faire varier la fréquence du générateur étalon dans de larges limites et avec une grande précision. En effet, dans ce genre de mesure, la précision de l'oscilloscope est absolue puisqu'il joue le rôle d'un simple indicateur et les erreurs éventuelles ne peuvent provenir que du seul générateur étalon.

La disposition des appareils est celle représentée sur la figure ci-dessous. Signalons toutefois que le signal de fréquence inconnue peut être appliqué à l'entrée horizontale de l'oscilloscope et dans ce cas il est évident que le signal de référence sera appliqué à l'en-



Disposition des instruments pour effectuer des mesures précises de fréquence à l'aide de l'oscillographe. Le signal de fréquence inconnue est appliqué à l'amplificateur vertical, et à l'amplificateur horizontal est appliquée la sortie d'un générateur étalon. La fréquence du signal vertical peut être déduite de l'image qui se présente sur l'écran du tube.

trée verticale. En procédant ainsi l'interprétation des figures doit se faire d'une manière légèrement différente.

Supposons donc, tout d'abord, que le signal délivré par le générateur étalon soit appliqué à l'entrée horizontale de l'oscilloscope et que le signal de fréquence inconnue soit injecté à l'entrée verticale. La fréquence du générateur sera réglée jusqu'à obtenir une figure stationnaire et facilement identifiable sur l'écran de l'oscilloscope. De cette figure on déduira le rapport entre les fréquences des deux signaux et, étant donné que la fréquence de l'un d'eux est connue, il sera facile de calculer l'autre par une simple multiplication.

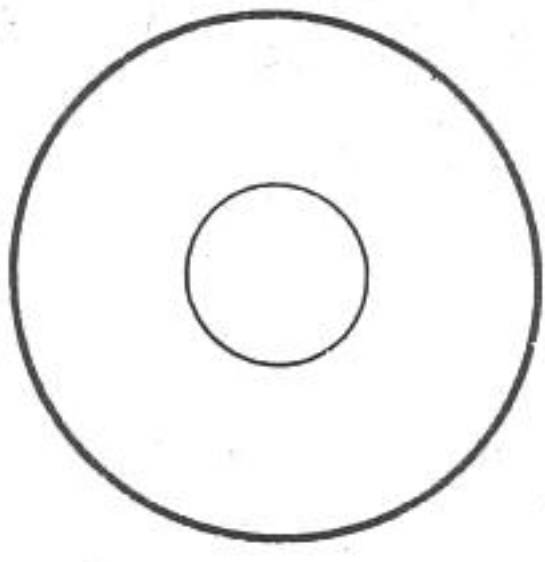
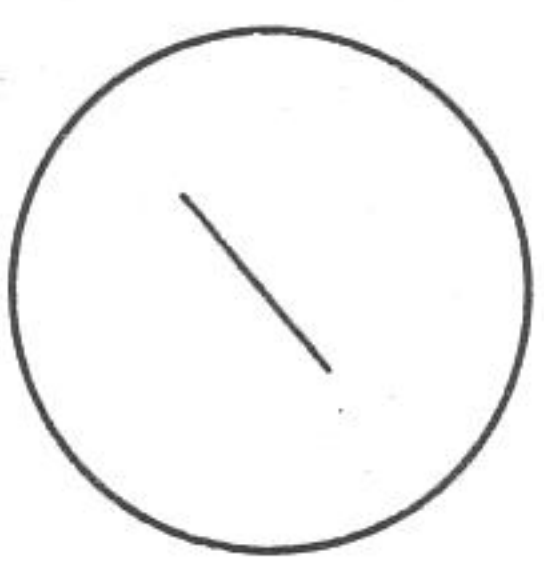
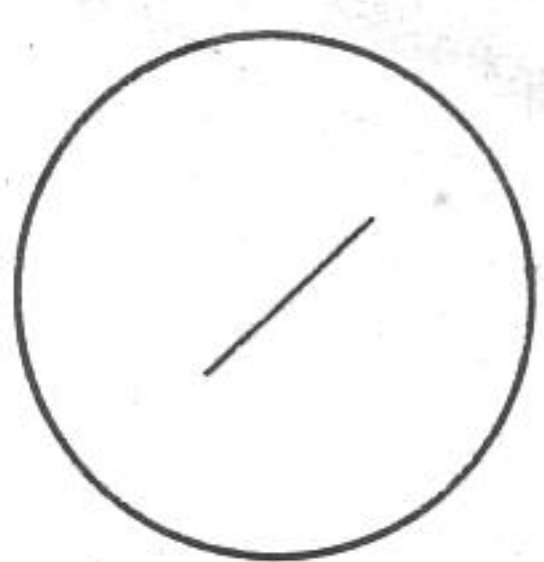
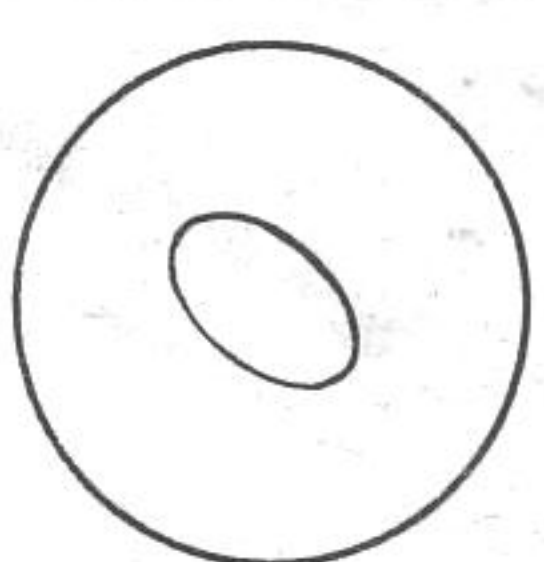
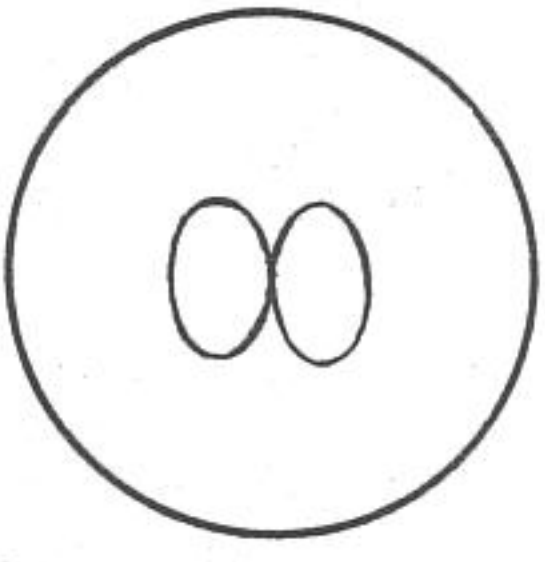
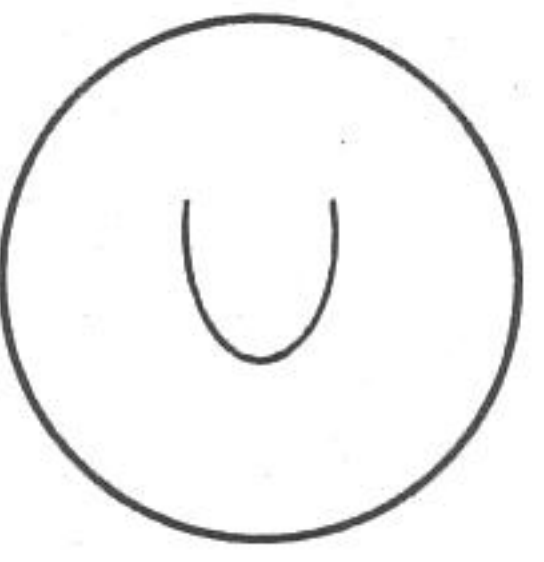
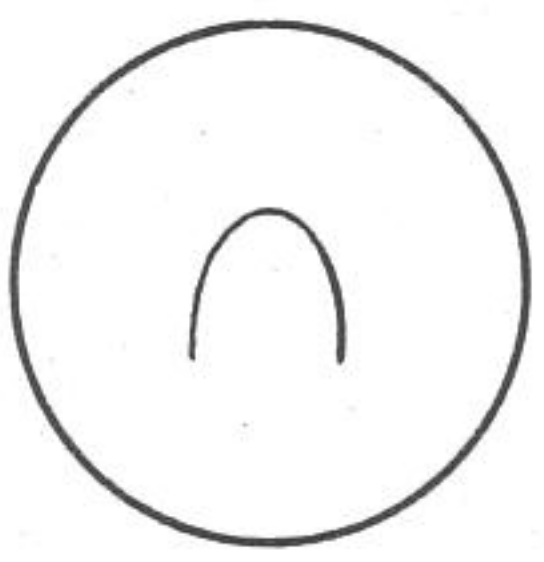
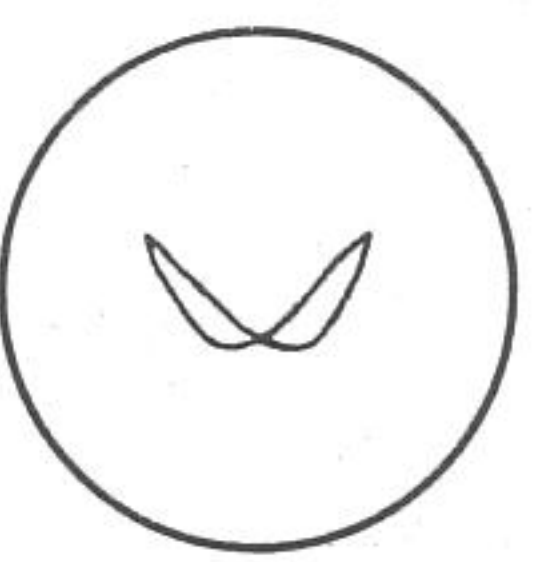
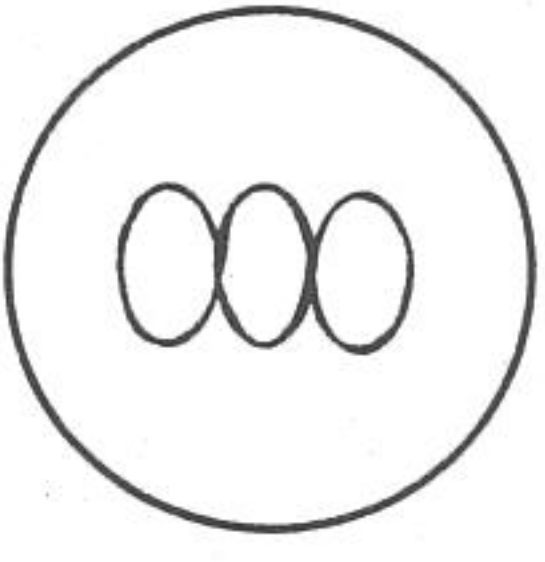
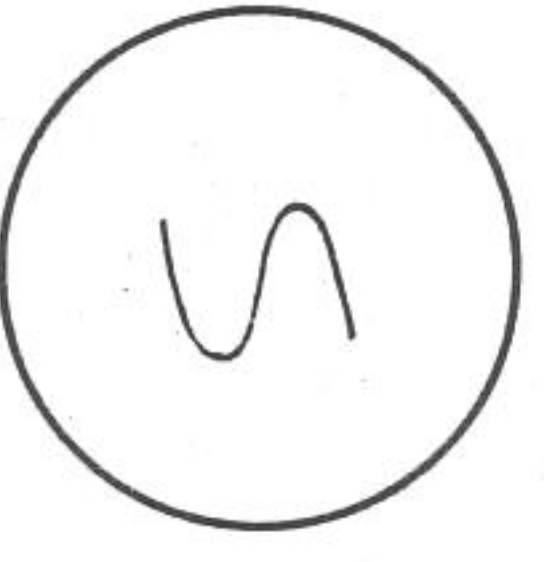
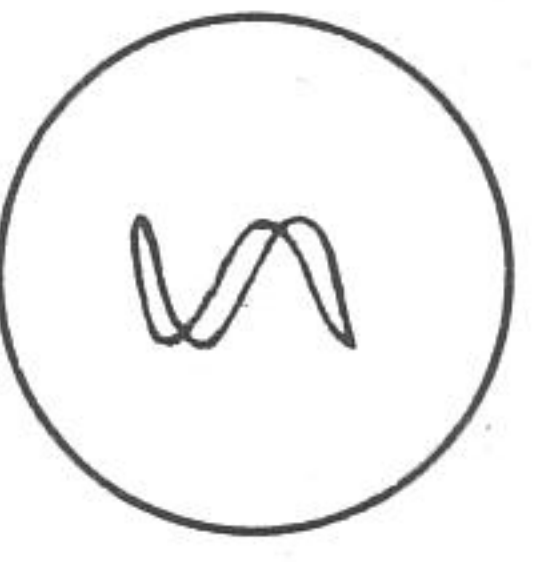
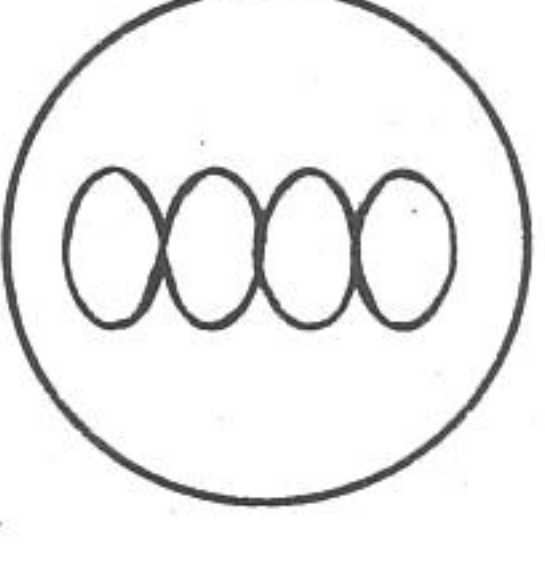
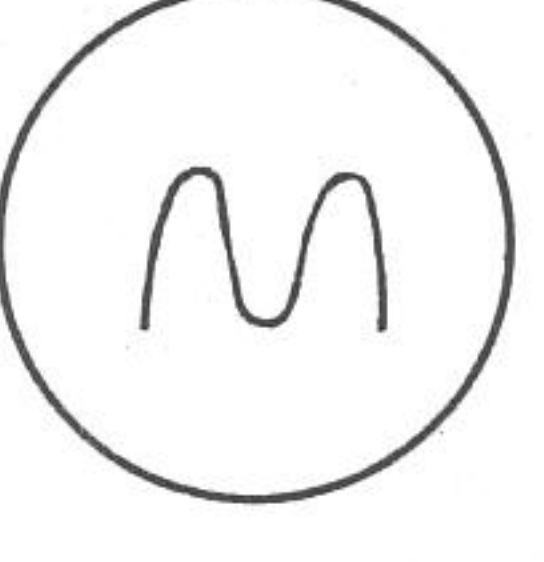
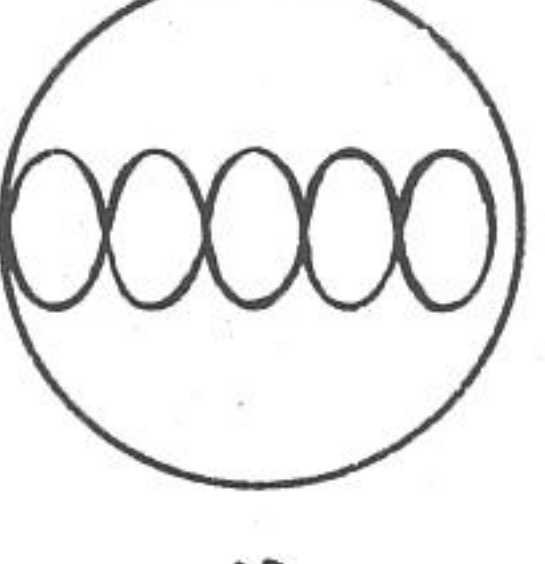
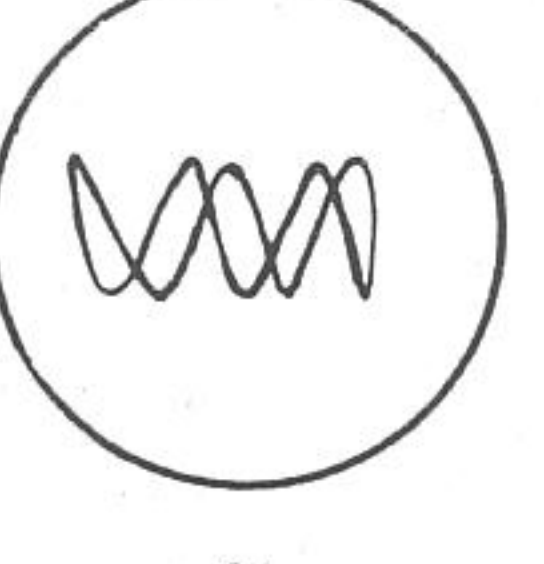
Pour déterminer le rapport entre les fréquences des deux signaux, imaginons d'inscrire dans un rectangle la figure qui se dessine sur l'écran. Nous pourrions alors compter les points de tangence des courbes sur un côté vertical et sur un côté horizontal: le rapport entre la fréquence du signal appliqué au canal vertical et la fréquence de celui appliqué au canal horizontal est donné par le rapport entre le nombre des points de tangence avec le côté horizontal et le nombre des points de tangence avec le côté vertical.

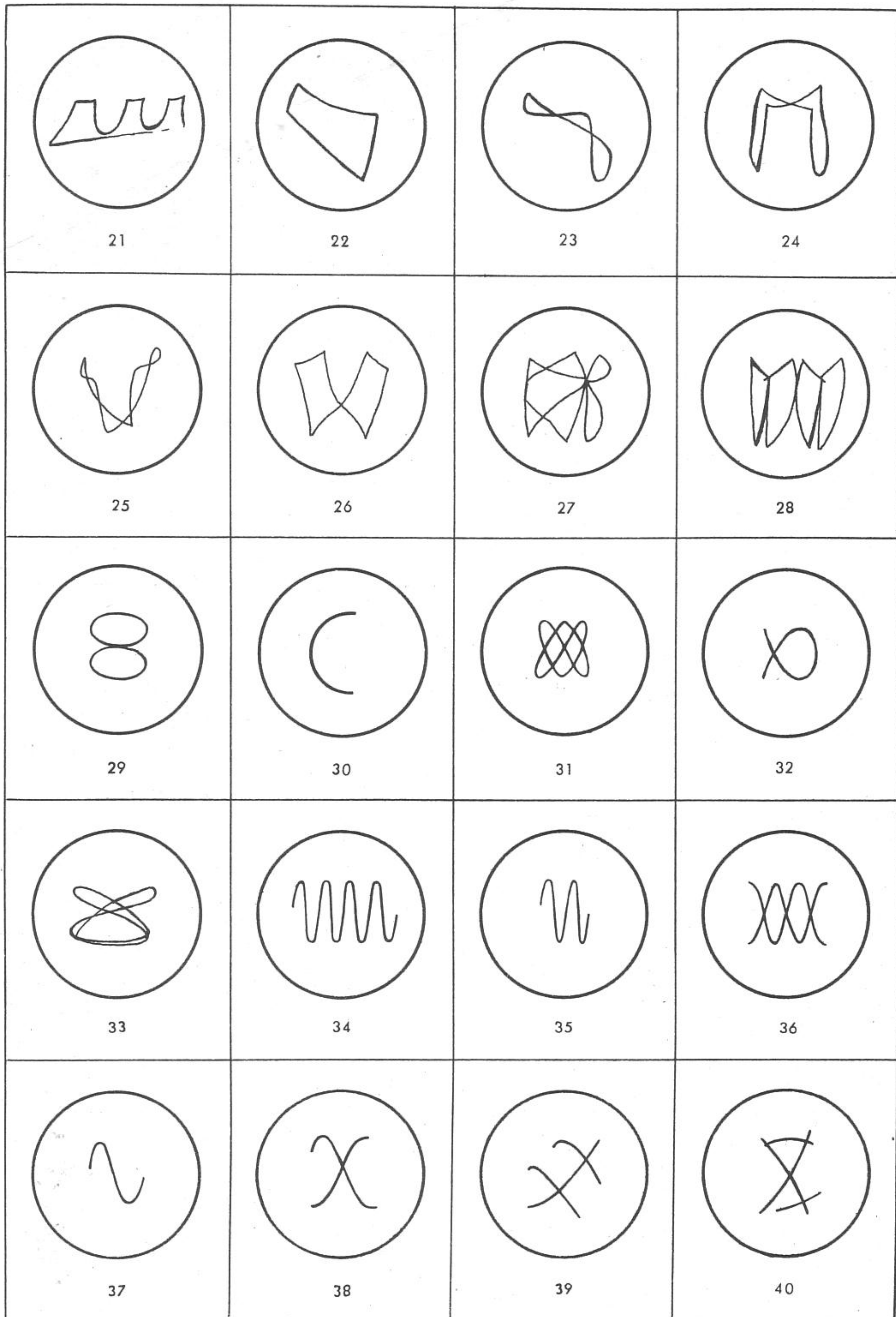
La fréquence du signal inconnu peut donc se calculer très simplement en appliquant la formule:

$$f = \frac{F \times N_h}{N_v}$$

dans laquelle, F est la fréquence connue (celle du générateur), N_h est le nombre de points de tangence avec le côté horizontal et N_v le nombre de points de tangence avec le côté vertical. Par exemple, supposons que nous observions la figure 9 ou la figure 12: dans les deux cas le nombre des points tangents au côté vertical est 1, tandis qu'il est de 3 pour le côté horizontal. En conséquence, le signal inconnu a une fréquence 3 fois plus grande que celle du signal connu. Si la fréquence de ce dernier est de 150 kHz, la fréquence inconnue est donc de 450 kHz.

Nous voulons encore une fois souligner expressément le fait que la figure qu'on obtient ne dépend pas de la fréquence des signaux mais seulement de leur

	DEPHASAGE 90°	DEPHASAGE 0°	DEPHASAGE 180°	DEPHAS. INTERM.
RAPPORT 1:1	 1	 2	 3	 4
RAPPORT 2:1	 5	 6	 7	 8
RAPPORT 3:1	 9	 10	 11	 12
RAPPORT 4:1	 13	 14	 15	 16
RAPPORT 5:1	 17	 18	 19	 20



rapport. C'est ainsi que les figures 9 et 12 pourraient être obtenues également en appliquant des signaux de fréquences différentes de celles citées dans l'exemple; la fréquence du signal connu pourrait être de 250 kHz et celle du signal inconnu, 750 kHz, etc...

Examinons maintenant la série de figures, numérotées de 1 à 20, de la première page du tableau. Sur la première ligne, en haut, nous avons quatre exemples de figures pouvant être observées lorsque les deux fréquences sont étages, c'est-à-dire quand le rapport est égal à 1:1. Dans la seconde ligne la fréquence inconnue est double, c'est-à-dire que le rapport est de 2:1. Dans la troisième ligne le rapport est de 3:1 etc...

Comme on peut le voir, chaque ligne de cases comprend quatre figures, lesquelles indiquent toutes le même rapport de fréquences. Ces figures diffèrent les unes des autres en raison des déphasages divers entre les deux signaux. Dans la première colonne, à gauche, sont situées les figures correspondant à un déphasage de 90° entre les deux signaux. Ce sont ces figures qui conviennent le mieux aux mesures de fréquence car — comme nous le savons — il ne peut y avoir aucun équivoque dans le compte des points de tangence aux deux axes. Les figures de la deuxième et de la troisième colonnes — obtenues respectivement pour des déphasages de 0° et de 180° — sont, par contre, plus trompeuses et il faut éviter de se baser sur des figures de ce genre pour effectuer les mesures de fréquence. On peut constater que, dans ces sortes de figures, on ne voit pas de courbes complètes car le « retour » de la trace coïncide avec la trace d'aller. De ce fait deux points de tangence coïncident parfois et si on n'en tient pas compte on commet une erreur de mesure importante.

Considérons les figures 14 et 15. Toutes deux n'ont qu'un seul point de contact avec le côté vertical (d'un rectangle imaginaire dans lequel elles seraient inscrites). Maintenant si nous voulions compter le nombre de points de contact avec le côté horizontal, on pourrait croire, de prime abord, qu'il y en a trois dans la figure 14 et deux dans la figure 15. Or ceci est faux puisque le rapport des fréquences est de 4:1 dans les deux cas. Pour comprendre la raison de ces erreurs, il faut tenir compte du fait que le second point de contact dans la figure 14 tout comme les deux points de contact dans la figure 15 sont en réalité des points doubles.

La quatrième colonne de ce tableau donne un exemple de déphasage intermédiaire. Les figures ainsi obtenues sont, pour chaque rapport de fréquences, en nombre infini. En effet, pour chaque angle de déphasage différent de ceux indiqués dans les trois premières colonnes, à savoir: 90° , 0° et 180° , correspond une figure différente. Toutefois ces figures sont toutes du même genre car, en comparant les figures de la première et de la deuxième colonne, on passe avec continuité de l'une à l'autre à travers tous les stades intermédiaires dont un exemple est donné dans la quatrième colonne.

On peut comprendre, maintenant comment on obtient des points doubles dans les traces de la deuxième et de la troisième colonne. Reprenons, par exemple, la figure de la quatrième ligne, celle correspondant à un rapport de fréquence de 4:1. La figure 13 (déphasage de 90°) se transforme en passant par une série de stades intermé-

diaires - l'un d'eux étant représenté dans la quatrième colonne - en celle de la fig. 14. Nous voyons donc qu'au cours de ces transformations le deuxième et le troisième point de contact (fig. 13) se rapprochent de plus en plus (fig. 16), jusqu'à coïncider complètement (fig. 14).

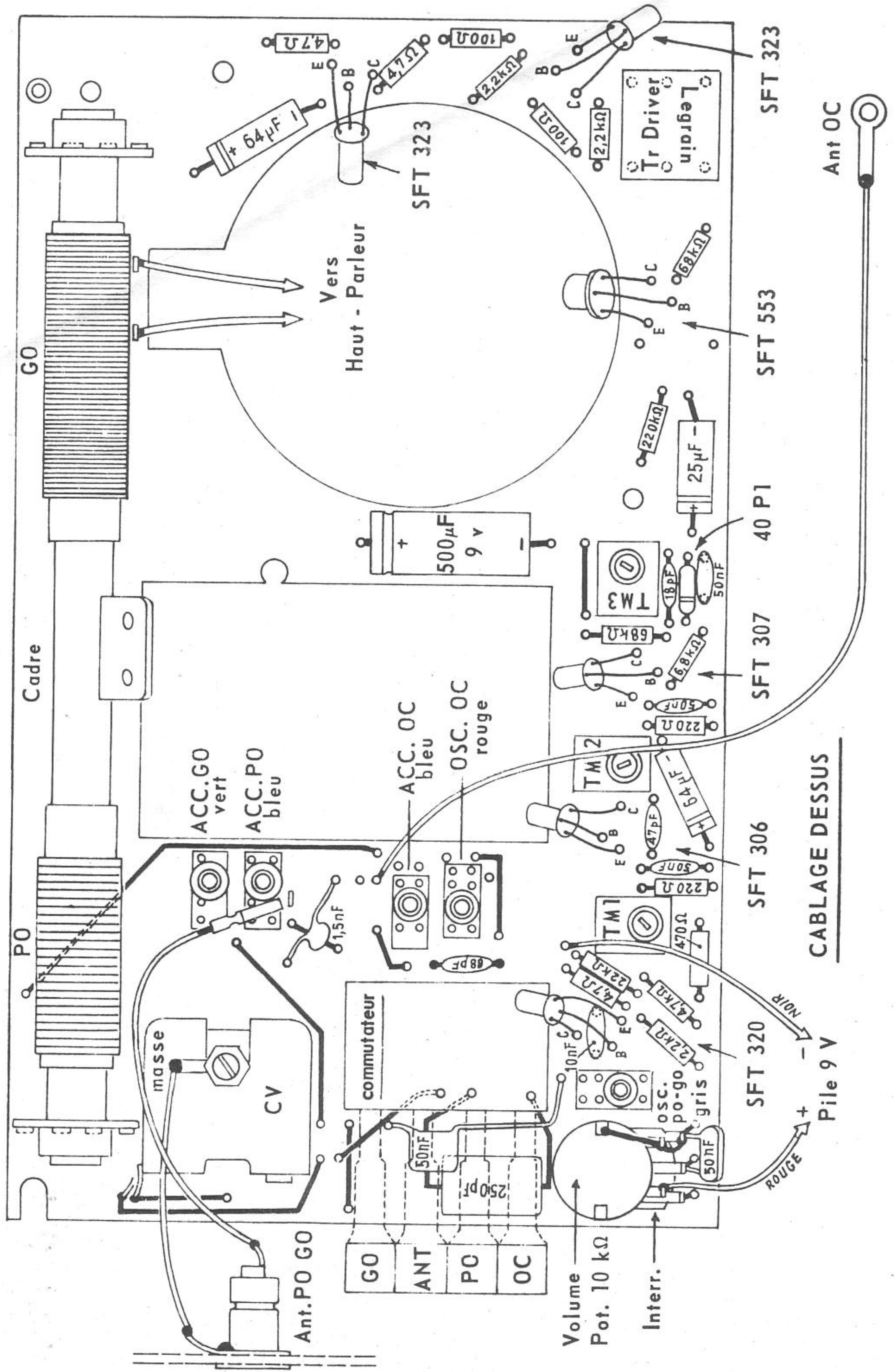
Tous les raisonnements précédents, ainsi que les figures représentées, ne sont valables que dans le cas où les deux signaux considérés (le signal étalon et le signal de fréquence inconnue) sont sinusoïdaux. Par contre, si l'on a affaire à des signaux de formes complexes les figures obtenues seront entièrement différentes et ne pourront être valablement interprétées que dans des cas très simples, en général pour des rapports égaux à 1:1 ou 2:1.

Supposons, pour illustrer un cas particulièrement simple, que nous appliquions à l'entrée horizontale un signal sinusoïdal et à l'entrée verticale un signal ayant la forme représentée sur la figure 21. Dans cet exemple, l'un des signaux étant sinusoïdal et l'autre n'étant pas de forme très complexe, on obtiendra des figures dont l'interprétation sera relativement facile, tout au moins si les rapports sont petits.

Les figures 22 et 23 ont été obtenues avec des rapports 1 : 1 et des angles de phase différents. Si le signal appliqué à l'entrée verticale a une fréquence double de celle de l'autre, on observera des figures du type de celles des cases 24, 25 et 26, selon le déphasage existant entre ces deux signaux. Les 27 et 28 dont l'interprétation est déjà plus difficile et demande une certaine expérience de ce genre de mesures, ont été obtenues pour des rapports de 3:1 et de 4:1.

Supposons maintenant que les deux signaux soient sinusoïdaux, mais que le rapport entre leurs fréquences ne soit pas un nombre entier, par exemple 1:2, 1:3, etc..., les figures ainsi obtenues sont identiques à celles observées pour des rapports 2:1, 3:1 etc... L'unique différence réside dans le fait que les axes horizontaux et verticaux sont intervertis, c'est-à-dire, en d'autres termes, que les figures ont tourné de 90° . Par exemple, les figures 29 et 30 représentent toutes deux un rapport de 1:2 et correspondent, respectivement, aux figures 5 et 6, desquelles elles peuvent être dérivées par une simple rotation de 90° (un quart de tour). De façon analogue, toutes les figures de la 7 à la 28 peuvent subir une même rotation et représenter alors des rapports de fréquence réciproques.

Par contre, si le rapport des fréquences ne peut pas être exprimé par un nombre inverse d'un nombre entier, les figures seront plus complexes, comme le montrent les exemples suivants. Supposons, tout d'abord, que le rapport des fréquences des tensions appliquées aux entrées verticale et horizontale de l'oscilloscope soit égal à 3:2. Dans ce cas, si le déphasage est de 90° , l'on obtient la figure 31 dans laquelle on a effectivement trois points de tangence avec l'axe horizontal et deux points de tangence avec l'axe vertical. En appliquant la formule citée plus haut, on trouve réellement que le rapport des fréquences est bien de 3:2. Dans la figure 32, par contre, le déphasage est de 0° . On constate également, que dans le cas de rapports de fréquence non entiers, la figure est constituée par deux traces superposées lorsque les déphasages sont de 0° ou de 180° . Le passage de la figure 31 à la figure 32 se



est supérieur à celui de la cathode; elle est bloquée dans le cas contraire.

Etant donné le sens de branchement de la diode, l'anode est positive pendant les alternances négatives de la tension à détecter, car, à ce moment-là, en effet, la cathode est négative, donc à un potentiel inférieur à celui de l'anode qui, par conséquent, est portée elle, à un potentiel supérieur à celui de la cathode. La diode conduit alors et le condensateur se charge; le phénomène s'inverse pendant les alternances positives du signal: la cathode étant positive par rapport à l'anode, celle-ci est négative par rapport à la cathode (donc à un potentiel inférieur), la diode est bloquée et le condensateur C2 se décharge.

Autrement dit, dans ce cas, ce sont les alternances positives, qui sont supprimées et c'est pendant leur durée que le condensateur se décharge.

Habituellement, lorsqu'on emploie un montage détecteur simple, la diode, est montée dans le sens indiqué par le schéma ci-joint, c'est-à-dire dans le sens inverse de celui indiqué dans le montage de la figure 8, page 317.

Dans ce cas la diode conduit (donc

le condensateur se charge) durant les alternances positives de la tension à détecter, car l'anode est portée alors à un potentiel supérieur à celui de la cathode. Autrement dit, ce sont les alternances négatives qui sont redressées (supprimées) et c'est pendant leur durée que le condensateur C2 se décharge.

En résumé, le condensateur ne peut se charger, vous avez parfaitement raison, que pendant le temps où la diode conduit et se décharge lorsqu'elle est bloquée.

2°) Ce qui circule dans l'écouteur téléphonique, c'est la composante B.F. du signal détecté; autrement dit la modulation basse fréquence, comme nous l'indiquons sur notre schéma.

Ce qui est représenté sur la figure 8, page 317, c'est la composante haute fréquence du signal; autrement dit, l'onde porteuse, qui s'écoule à la masse à travers le condensateur C2, précisément.

Mr J. P. R. - Asnières (Seine).

Puisque vous possédez un convertisseur délivrant une fréquence intermédiaire de 1 600 kHz, vous pouvez parfaitement lui adjoindre deux étages amplificateurs FI accordés sur cette même

fréquence, suivis des circuits classiques de détection et d'amplification B.F. Cela devrait vous donner un excellent récepteur pour bandes décimétriques, à condition, toutefois, que sa réalisation pratique soit très soignée, tant au point de vue câblage que qualité des éléments.

M. J.P.C. - Grasse (Alpes Maritimes).

Voudrait se créer une chaîne stéréophonique à partir d'un tourne-disque et deux amplificateurs différents, et demande des conseils pour l'adaptation de plusieurs haut-parleurs.

1°) En stéréophonie, les deux amplificateurs doivent être rigoureusement identiques et adaptés aux caractéristiques de la tête de lecture.

2°) Vous pouvez remplacer votre haut-parleur de 2,5 Ω d'impédance par deux haut-parleurs de 5 Ω d'impédance branchés en parallèle. Il est nécessaire, cependant que ces deux haut-parleurs aient la même puissance; sinon, l'un des deux peut être surchargé; en effet, les deux impédances étant égales, chaque haut-parleur prendra la même puissance.

Il faut encore que l'étage final puisse fournir une puissance suffisante.

L'ensemble se comportera comme une impédance de 2,5 Ω , et non pas 5 Ω .

DÉCRIT dans le PRÉSENT NUMÉRO



"SUNNY"

RÉCEPTEUR PORTATIF

6 transistors dont 1 Drift + Diode
3 gammes d'ondes (OC.PO.GO.)

Clavier 4 Touches
Prise antenne voiture commutée
Haut-Parleur 11 cm PUSH-PULL
Antenne OC. Télescopique

Câblage sur circuit imprimé

Alimentation 2 piles 4,5 V
Coffret Kralastic,
Poignée escamotable
Dimensions 245 x 150 x 70 mm.

Ensemble indivisible comprenant :

1 Coffret avec cadran, poignée, décor de H.P.	
1 Circuit imprimé - 1 Bouton CV - 1 Bouton Potentiomètre	
1 Haut-Parleur spécial avec Transfo - 1 Antenne Télescopique	66.10
1 Condensateur variable 120/280	7.60

1 Ensemble de bobinages comprenant :

1 Contacteur 4 touches - 1 Oscillateur PO-GO.	
1 Oscillateur OC - 1 Bobine accord PO.	
1 Bobine accord GO - 1 Bobine accord OC.	
1 Cadre PO-GO avec ferrite de 200 mm.	
1 Jeu de 3 MF - 1 Condensateur Styroflex	24. »
1 Potentiomètre 10 k Ω , axe de 20	1.80
1 Connecteur de Piles	0.70
1 Prise antenne auto avec rondelle de fixation	0.45
1 Mètre fil de câblage + 2 mètres soudure	1.40
1 Jeu de Résistances et Condensateurs	10.66

Toutes les pièces détachées 112.71

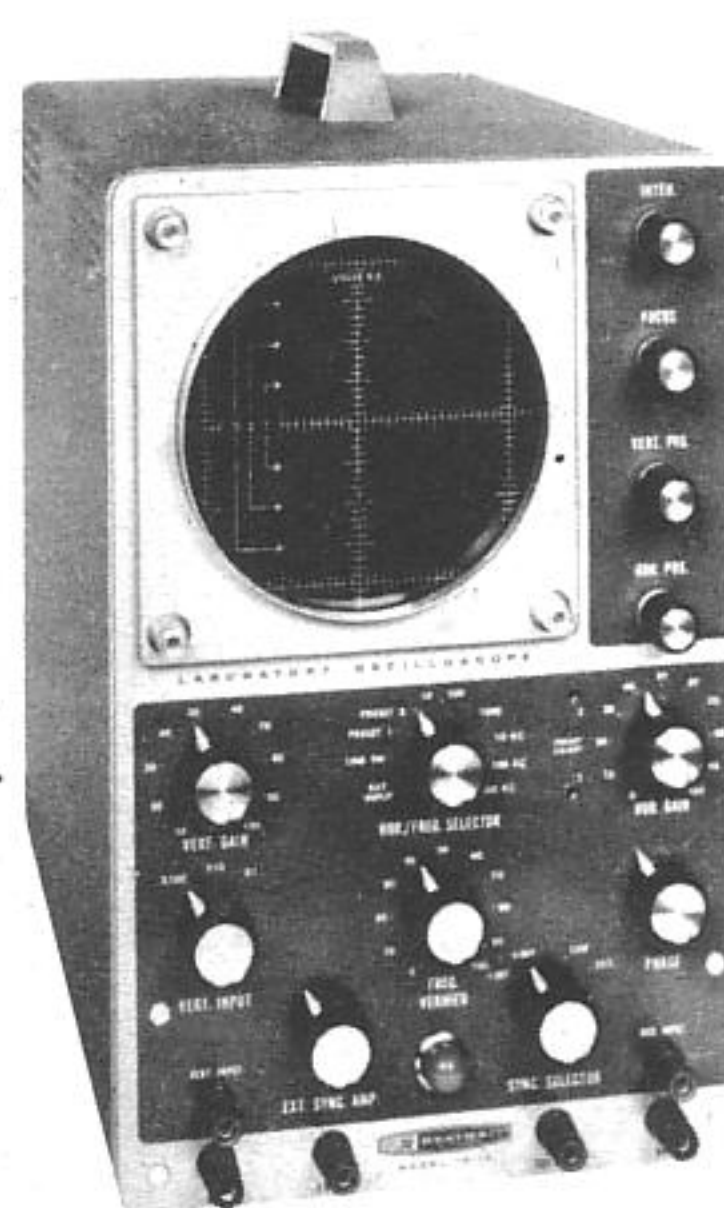
Transistors : 1 x SFT 320 - 1 x SFT 307 - 1 x SFT 306
1 x SFT 553 - 2 x SFT 323 + 1 Diode SFD 108 21.60

Piles : 2 Piles plates de 4,5 V 1.80

Le "SUNNY" absolument complet,
en pièces détachées 136.11

C'EST UNE RÉALISATION
CIBOT-RADIO

1 ET 3, RUE DE REUILLY - PARIS-12°
Tél. DID. 66-90 - C.C. Postal 6129-57 PARIS



IO-12-O

Cet oscilloscope appartient à la vaste gamme des appareils

HEATHKIT

250 modèles: livrables soit montés soit en kit: voir sa description détaillée dans les deux numéros précédents.



renseignement - démonstration et service après vente



tranchant électronique s.a.

19, RUE MADAME DE SANZILLON - CLICHY (SEINE) • TEL. 270 22-55 + et 270 26-10 • TELEX 29.529

fait, cette fois encore, par étapes successives à travers diverses figures du type de celle représentée en 33.

Naturellement, dans de tels cas on doit faire les mesures de fréquences avec des signaux déphasés de 90° si l'on veut éviter de compter des points simples pour des points doubles, ou inversement.

Pour conclure cet exposé sur les mesures de fréquence au moyen des figures de Lissajous à boucles fermées, nous rappellerons que l'on peut obtenir des angles de phase différents, entre le signal à mesurer et le signal étalon, en faisant varier légèrement la fréquence du signal étalon. Parfois, il peut arriver que la figure obtenue soit animée d'une lente rotation (ce qui signifie que l'angle de phase varie régulièrement de 0° à 360°); dans ce cas, la mesure est plus simple et plus sûre puisqu'on ne peut pas faire d'erreurs en comptant les points de tangence avec les axes horizontal et vertical. En effet, il ne peut y avoir de points doubles car, quand l'angle de phase passe par les valeurs critiques 0° et 180° , la figure ne se stabilise qu'un court instant, puis tout de suite elle reprend son aspect normal dans lequel les points de contact avec les axes peuvent tous être comptés comme des points simples.

Si, contrairement à ce que nous avons supposé jusqu'à présent, on applique le signal de référence au canal vertical et celui dont on veut mesurer la fréquence au canal horizontal, tous les raisonnements relatifs au rapport entre les deux fréquences restent naturellement valables. Le seul changement concerne la formule donnant la fréquence dans laquelle les deux termes N_h et N_v changent de place, ce qui donne:

$$f = \frac{F \times N_v}{N_h}$$

On peut donc choisir indifféremment l'une ou l'autre méthode; mais si l'on considère que les bandes passantes des deux amplificateurs d'un oscilloscope sont en général différentes (l'amplificateur vertical passant des fréquences plus élevées), on comprendra que lorsque la fréquence du signal inconnu est supérieure à la limite de la bande passante de l'amplificateur horizontal, ce signal doit être nécessairement appliqué à l'amplificateur vertical tandis que la fréquence du signal étalon, qui est un sous multiple de celle du signal inconnue, sera appliquée à l'amplificateur horizontal à bande plus étroite.

Figures de Lissajous à boucles ouvertes

On obtient de telles figures lorsqu'une tension en dents de scie est appliquée à l'un canaux de l'oscilloscope. Cette tension, fournie par la base de temps de l'oscilloscope est appliquée à l'entrée du canal horizontal.

La figure reste ouverte car dans la partie verticale de la forme d'onde en dents de scie, le spot se déplace rapidement sur l'écran sans laisser de trace visible. Toutefois si cette partie n'est pas parfaitement verticale, ce qui est souvent le cas en pratique, on voit une faible « trace de retour » qui referme la figure en reliant l'extrême gauche à l'extrême droite et l'on obtient alors une figure à boucle fermée.

Les figures de Lissajous à boucles ouvertes peuvent é-

galement servir aux mesures de fréquence, mais avec une précision nettement moins bonne que celle obtenue avec deux tensions sinusoïdales. L'unique avantage de cette méthode réside dans le fait que, si la base de temps de l'oscilloscope est bien étalonnée, aucun générateur de référence n'est nécessaire. En outre, cette méthode permet des mesures sur des signaux très complexes, particulièrement dans le cas où le rapport des fréquences est un nombre entier.

Supposons que nous voulions mesurer la fréquence d'un signal sinusoïdal; en l'appliquant aux bornes d'entrée verticale d'un oscilloscope nous obtiendrons des figures du genre de celles représentées de 34 à 40. Les figures 34, 35 et 37 indiquent que les rapports des fréquences du signal inconnu et de la dent de scie sont des nombres entiers, respectivement 4:2 et 1. Pour les autres figures, ce rapport est un nombre fractionnaire; la figure 36 montre un rapport de 3:2, tandis qu'il est de 1:2, 1:3 et 1:4 dans les figures 38, 39 et 40.

On remarquera qu'en faisant ces mesures de fréquence au moyen de figures des Lissajous à boucles ouvertes, on ne retrouve plus la propriété, énoncée plus haut, selon laquelle deux figures exprimant des rapports inverses dérivent l'une de l'autre, par une simple rotation de 90° . Si nous faisons tourner de 90° la fig. 35, rapport 2:1, on n'obtient pas la fig. 38, rapport 1:2.

Cette méthode permet également de calculer le rapport entre deux fréquences en se basant sur le nombre des points de contact avec les axes ou, comme nous le verrons dans certains cas, sur le nombre des segments composant la figure. A ce propos, classons en trois catégories les rapports possibles entre les deux fréquences:

- a) rapports exprimés par des nombres entiers (1, 2, 3, etc.);
- b) rapports exprimés par des fractions complexes (3:2, 4:7 et autres);
- c) rapports exprimés par des inverses de nombres entiers (1:2, 1:3, etc.).

Dans la première catégorie (a), le rapport est indiqué par le nombre des périodes visibles sur la figure; par exemple, dans la figure 34 ce rapport est égal à 4.

On peut dire également que ce rapport est donné par le rapport entre le nombre des points de contact avec l'axe horizontal et le nombre des points de contact avec l'axe vertical. En effet, le nombre des points de contact avec l'axe vertical est égal au nombre des périodes, tandis qu'il n'y a qu'un seul point de contact avec l'axe horizontal. Les deux points où la courbe est interrompue doivent être comptés pour un seul point tandis qu'ils doivent être comptés pour deux en ce qui concerne l'axe vertical. Par exemple, dans la figure 36 nous compterons 3 points sur l'horizontale et 2 sur la verticale, soit un rapport de 3:2.

Dans la troisième catégorie (c), il suffit de compter le nombre de segments composant la figure. Dans ce cas, le rapport entre les deux fréquences est égal à l'inverse de ce nombre. Par exemple, la figure 39 est constituée par 3 segments, le rapport des fréquences est donc l'inverse de 3, soit 1:3.

— LES FOURNISSEURS DE VOTRE MATERIEL —

ELECTRONIQUE MONTAGE

11, BD RICHARD LENOIR - PARIS XI^e
(métro oberkampf)
SPÉCIALISTE MODULES RÉUSSITE COMPLÈTE
TOUS LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
EXPÉDITION PROVINCE

Amateurs, Installateurs, Dépanneurs,
les valises de dépannage Radio TV Sptés
PAUL sont en vente dans toute la France.
5 modèles.
Adresse de nos Agents sur simple demande.

Spécialités Ch. PAUL - 28, rue Raymond Lefebvre
MONTREUIL (Seine) Tél. : 287-54-16

CIBOT RADIO

1 à 3, RUE DE REUILLY - PARIS 12^e
TEL. : DID. 66-90

TOUT L'OUTILLAGE
POUR L'ÉLECTRONIQUE

Catalogue complet de pièces détachées : 5 F

Catalogue de Kit

Ensemble de pièces détachées

Du poste à galène au téléviseur

EXPÉDITION A LETTRE LUE PARIS-PROVINCE

RADIO-BEAUGRENELLE

6, RUE BEAUGRENELLE - PARIS 15^e

Tél. : 828.58.30

TOUTE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO
LAMPES-TRANSISTORS-TÉLÉVISION

EXPÉDITION PROVINCE

Envoi du tarif contre 3 timbres-lettre

MIEUX QU'UN CATALOGUE !

Tous ceux qui s'intéressent à la radio se doivent de posséder

le **MEMENTO ACER**

VÉRITABLE DIGEST DE L'ÉLECTRONIQUE

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES

TOUTE UNE GAMME DE MONTAGE EN KIT

ACER Envoi contre 6F pour frais
42bis, rue de Chabrol - PARIS 10^e



80 PAGES contre 2.50 en timbres pour frais d'envoi

• HIFI (amplis - HP - tuners FM - enceintes
acoustiques) • Grand choix de pièces
détachées • Appareils de mesures •
Outillage • Appareils électriques • De
nombreuses réalisations • Sur place : un
choix énorme à des prix "champion".

Comptoirs CHAMPIONNET

14, RUE CHAMPIONNET - PARIS 18^e

Tél. ORN. 52-08 - C.C.P. 12.358.30 Paris

Métro : Porte de Clignancourt et Simplon

RETEXKIT

CONSTRUISEZ-LE VOUS-MÊME

KIT POUR RADIO-AMATEURS
KIT D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Demandez notre catalogue
sans engagement de votre part

TERA-LEC 51, RUE DE GERGOVIE
PARIS-14^e - SEG. 09-00

MAGNETIC-FRANCE

SPÉCIALISTE DU "KIT"
PIÈCES DÉTACHÉES POUR :

Tuners, magnétophones, amplis, orgue élec-
tronique, chambre d'échos, réverbérateurs.

- Lampes
- Transistors

SERVICES ET CONSEILS TECHNIQUES

175, RUE DU TEMPLE - PARIS-3^e
ARCHIVES 10-74 Métro : Temple, République

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Radio-Télévision • Industrie • Télécommande
Chaines Haute Fidélité • Amplis • Tuners FM

RADIO-VOLTAIRE

GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSCO"

GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIO TECHNIQUE"

155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-64

R. C. S. 178 174 753 - Métro : Line Rollin - Paris 11^e - C. P. 5 800-73 Paris

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation

Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Electrophones - Hi-Fi - Enceintes acoustiques - Emetteurs
récepteurs - Interphones, etc...

Toutes expéditions en province. Catalogue de nos prix sur
simple demande - 19, rue de l'Ancienne Comédie
PARIS 6^e Tél. : DAN. 63-05

POUR TOUS VOS BESOINS EN COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ET ENSEMBLES A MONTER SOI-MÊME

AUX CONDITIONS LES PLUS AVANTAGEUSES GRACE A NOTRE FORMULE DE VENTE DIRECTE

Magasins pilotes :

3, RUE LA BOËTIE - PARIS-8^e

9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5^e

COGEREL

Départements :

VENTE PAR CORRESPONDANCE

COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :

Catalogue KITS - CTR 8-493 - Catalogue PD - CTR 9-492

(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

RÉALISEZ VOS
POSTES A TRANSISTORS

LAMPEMETRE
SIGNAL TRACER



CONTROLEUR
UNIVERSEL



Economie
Sécurité
Réussite
assurée

Pièces détachées, en ensembles
complets, ou séparées avec schéma
et plans très détaillés

Documentation CA - contre 1,20 F en timbres

TECHNIQUE SERVICE

fermé le lundi
Métro
Charonne

17, Passage Gustave-Lepeu, Paris-11 - Tél. : ROQ. 37-71

CENTRAL-RADIO

35, rue de Rome - PARIS 8^e
522 12-00 et 12-01 CCP 728-45

Expédie dans toute la France toutes
les pièces détachées - Appareils de
mesure et l'outillage du Radio-
électricien.

CATALOGUE contre 4 timbres,
conseillers techniques à votre
disposition à nos magasins.

LE GRAND SPECIALISTE

des Petits Montages Récepteurs de Radio
et de la Radiocommande des Modèles Réduits.

- Ouvrages pour débutants -

Envoi du catalogue général contre 3 F

PERLOR-RADIO
16, R. Hérold, Paris (1^{er}) - Tél. CEN. 65-50

POUR
RECTA REUSSIR RECTA
A
COUP SUR ?
ESSAYEZ AVEC NOS
SCHEMAS
GRANDEUR
NATURE

MONTAGES FACILES

AMPLIS GUITARE 3 A 50 W
125 SCHÉMAS DE LAMPES
REMISE 25 à 30 %
SUR LAMPES-MAGNÉTOPHONES

Documentation complète c. 4,50 TP

Soc. **RECTA**

37, Av. LEDRU-ROLLIN - PARIS-12^e

NORD RADIO

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES ET
ACCESSOIRES DES MEILLEURES MARQUES
A DES PRIX IMBATTABLES

TÉLÉVISEURS - RÉCEPTEURS à transistors
AMPLIS HI-FI - ELECTROPHONES
MAGNÉTOPHONES - INTERPHONES, etc...
Vendus en "KIT" et en ordre de marche.

139, RUE LA FAYETTE, PARIS-10^e

Tél. TRUDAINE 89-44 - Autobus et Métro : GARE DU NORD

TOUS LES MAGNÉTOPHONES
(GRUNDIG, PHILIPS, etc.)

TÉLÉVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES
PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).