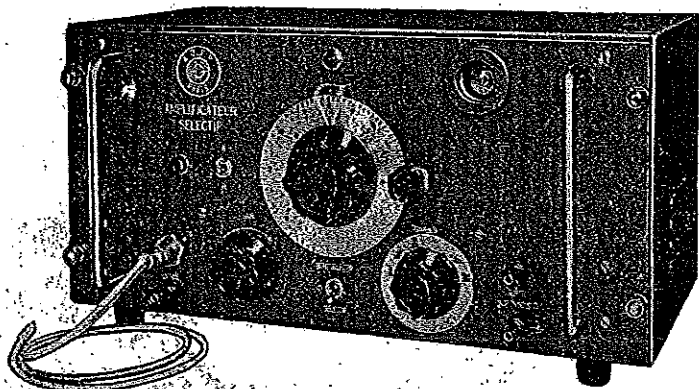


AOIP8 à 14, RUE CHARLES-FOURIER
PARIS-13^e - Tél. : + GOB 83.00**L'électronique au service des mesures...****EMPLOIS DIVERS
ET RÉALISATION INDUSTRIELLE
D'UN AMPLIFICATEUR SÉLECTIF**par **Georges NEY**,*Ingénieur E.S.E., Lic. ès Sciences,
Chef du service des Mesures et
Maître de conférences à l'E.S.E.*et **Jacques LEMAIRE**,*Ing. I.D.N.-E.S.E., Lic. ès Sciences,
Chef de la section Extensométrie
au Département Mesures A.O.I.P.***1. — GÉNÉRALITÉS.**

Nul technicien n'ignore les difficultés rencontrées dans les problèmes d'électrotechnique, chaque fois que le régime n'est pas sinusoïdal. La présence d'harmoniques modifie le comportement des appareils vis-à-vis de la tension fondamentale et introduit, à part les erreurs de mesure, des erreurs de calcul, les formules classiques n'étant valables qu'en régime sinusoïdal pur.

Ceux qui omettent ces détails, dans la technique des mesures en particulier, sont appelés à en faire les frais tôt ou tard.

Signalons que la phase de chaque harmonique joue un rôle non négligeable. On peut, dans certains cas, enregistrer une erreur de 10 % pour un appareil à redresseur et une erreur de 50 % dans une mesure de pertes dans les tôles magnétiques, lorsqu'on ne filtre pas suffisamment le courant utilisé.

Il nous est impossible d'énumérer ici la multitude de perturbations imputables aux harmoniques ou à des tensions indésirables, notre article étant consacré au principe et à l'utilisation d'un amplificateur sélectif.

Nous appellerons amplificateur sélectif un dispositif électronique dont la courbe de transmission rappelle celle d'un circuit résonnant (fig. 1) et dont la tension de sortie est supérieure à la tension d'entrée, lorsque l'accord est réalisé. Dans

la négative, il s'agit non pas d'un amplificateur, mais d'un simple filtre passe-bande.

L'expérience montre qu'un amplificateur à contre-réaction sélective, comme c'est le cas présent, peut être assimilé, au point de vue de la sélectivité, à un circuit résonnant de surtension Q

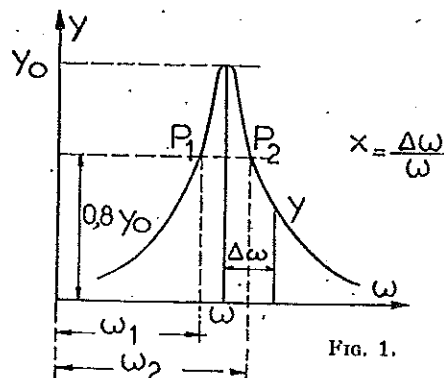
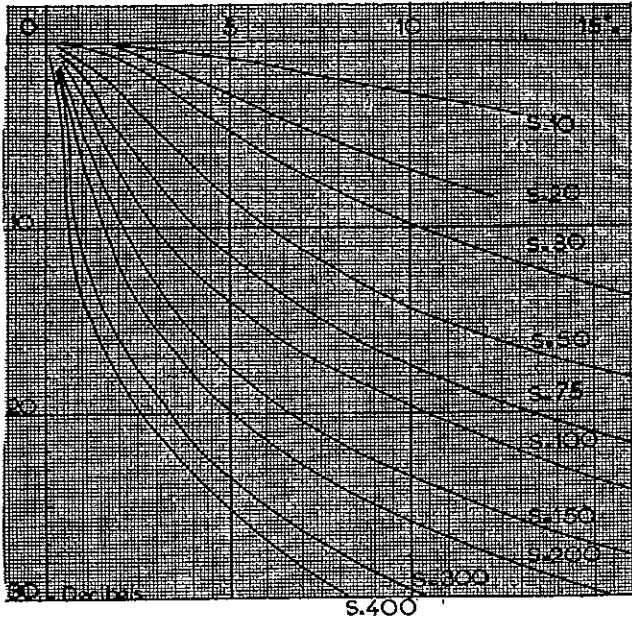


Fig. 1.

constante, quelle que soit la fréquence d'accord dans la bande d'utilisation (fig. 1 bis).

Si une tension $U_1 \sin \omega t$ attaque l'entrée de l'appareil de gain G accordé sur la fréquence $f = \omega / 2\pi$, on recueille à la sortie une tension :

$$U_2 = G U_1$$



| Rang de l'harmonique | Affaiblissement en db |
|----------------------|-----------------------|
| 2..... | 35,2 |
| 3..... | 48,5 |
| 4..... | 51,3 |
| 5..... | 53,6 |
| 6..... | 55,3 |
| 7..... | 56,7 |
| 8..... | 57,9 |

Il est intéressant de connaître également l'affaiblissement d'une fréquence qf lorsque l'appareil est accordé sur la fréquence pf , notamment en analyse harmonique où p et q sont des entiers désignant les rangs des harmoniques considérés. On a :

$$A_{pq} = 10 \log \left[1 + Q^2 \left(\frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right)^2 \right]$$

Bien que la sélectivité d'un circuit résonnant puisse être la même que celle d'un amplificateur, l'utilisateur de ce dernier bénéficie des avantages suivants :

1° Consommation de puissance insignifiante, l'entrée s'effectuant sur une résistance de 100 000 Ω, ce qui est loin d'être le cas pour un circuit comprenant une bobine et un condensateur, où l'accord se traduit par un maximum de consommation;

2° Souplesse du réglage de l'amplitude de la tension de sortie sans augmentation de la consommation, ce réglage se faisant dans le circuit de grille à haute impédance de la lampe d'entrée;

3° Facteur de surtension pratiquement constant dans toute la bande de travail, la contre-réaction sélective étant réalisée au moyen d'un circuit ne comprenant pas d'inductances. Ces dernières sont toujours à surtension variable en raison de la variation de la résistance effective avec la fréquence du courant;

4° L'entrée est complètement séparée de la sortie au point de vue de la consommation. Pour une puissance d'entrée de quelques centièmes de microwatt demandée à la source, il est possible de consommer une puissance de quelques dizaines de milliwatts à la sortie permettant d'actionner convenablement un appareil à redresseur par exemple. La consommation des circuits résonnants est presque toujours prohibitive dans la technique des courants faibles;

5° L'introduction de l'amplificateur dans un circuit n'amène que peu de perturbation dans le fonctionnement de celui-ci et l'appareil fonctionne à sélectivité constante, alors que la moindre charge aux bornes d'un circuit résonnant entraîne une perte de sélectivité souvent prohibitive.

Nous entrevoyons déjà les causes susceptibles de limiter la sélectivité de notre amplificateur :

- a) La tension de bruit de fond due en partie aux tubes, en partie au secteur d'alimentation;
- b) Les tensions parasites diverses captées par induction, capacité ou fuite;
- c) Les composantes indésirables de la tension branchée à l'entrée (harmoniques par exemple);

Fig. 1 bis. — Courbes de sélectivité d'un circuit résonnant; affaiblissement (dB) en fonction du désaccord $\Delta f/f$. Si I_m est l'ordonnée du maximum de la courbe de résonance et I l'ordonnée correspondant à l'écart Δf , l'affaiblissement est donné par

$$N_{db} = 20 \cdot \log \frac{I_m}{I}$$

le facteur S étant égal à $L\omega/R$.

La même tension U_1 de fréquence $f + \Delta f$, donc de pulsation $\omega + \Delta\omega$ engendrera une tension de sortie diminuant à désaccord x croissant :

$$x = \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta\omega}{\omega}$$

Cette tension est donnée par :

$$U_2 = \frac{GU_1}{\sqrt{1 + Q^2 x^2 \left(\frac{2+x}{1+x} \right)^2}}$$

$$\approx \frac{GU_1}{\sqrt{1 + (2Qx)^2}} \quad \text{pour } x < 4\%$$

Lorsque le facteur de surtension Q est égal à 100, un désaccord de 2 % fait tomber la tension de sortie à une valeur $\sqrt{17} = 4,12$ fois plus faible (perte de $20 \log \sqrt{17} = 12,3$ décibels environ).

La perte de niveau en décibels est donnée par :

$$A = 10 \log [1 + (2Qx)^2]$$

L'affaiblissement pour l'harmonique p de la fréquence d'accord se calcule au moyen de :

$$A = 10 \log [1 + Q^2 (p - 1/p)^2]$$

$$= 20 \log Q (p - 1/p)$$

Pour une surtension égale à 100, cet affaiblissement est donné par le tableau suivant :

d) L'instabilité de fréquence de la tension étudiée ne permettant pas de travailler en régime accordé de façon permanente.

Avantages et inconvénients d'une sélectivité trop poussée ou insuffisante.

a) Une forte sélectivité est intéressante pour la protection d'un circuit contre les tensions indésirables. Cependant, l'instabilité de fréquence de la source empêche de travailler en circuit accordé durant l'expérimentation et l'acuité de résonance réelle est bien plus faible que l'acuité théorique.

Citons le cas d'un générateur basse fréquence à battements travaillant à 1 000 Hz avec un glissement de fréquence irrégulier de 2 Hz. Pour une surtension $Q = 200$, l'instabilité de 2 Hz, représentant un désaccord de 0,2 %, entraîne une perte de niveau de :

$$10 \log [1 + 2 (Qx)^2] = 10 \log [1 + (0,8)^2] = 2,15 \text{ dB.}$$

ce qui représente une chute d'environ 40 % de la tension de sortie par rapport à sa valeur maximum, d'où une surtension réelle de 120 au lieu de 200.

Le désaccord provenant d'un glissement de la fréquence du secteur, d'une variation de la tension ou simplement de la température de certains circuits de l'appareil ou de l'air ambiant, est généralement négligeable pour un amplificateur sélectif bien conçu;

b) Une résonance trop floue ne donne guère satisfaction au point de vue de la sélection des tensions; mais la tension de sortie ne réagit pas à une légère instabilité de fréquence ou à une forte variation de la tension du réseau, de l'ordre de 10 %.

L'expérience montre que la surtension équivalente des amplificateurs à contre-réaction sélec-

tive de fabrication courante ne dépasse guère 100. On peut certes pousser la sélectivité au prix de fortes complications et non sans augmenter dans des proportions considérables le prix de revient. Le danger d'accrochage d'oscillations croît avec le gain et la sélectivité, surtout aux fréquences élevées où le fonctionnement risque de devenir instable.

L'amplificateur décrit dans le chapitre suivant réalise un affaiblissement de 35 dB sur l'harmonique 2. Il est donc assimilable, au point de vue de la sélectivité, à un circuit résonnant de surtension $Q = 100$. Si l'on songe que sa tension de bruit de fond ramenée à l'entrée est de 3 μ V lorsque la sortie est sur haute impédance, et de 1 μ V lorsque l'appareil débite sur une résistance de 5 000 à 10 000 Ω , les formules précédentes permettent de calculer ses performances dans un circuit donné.

Une précaution élémentaire s'impose lors de l'emploi d'un amplificateur sélectif, même en cas d'alimentation sur piles : une des bornes d'entrée doit être connectée au sol. Sinon, un courant de circulation parasite, faible certes, s'établit à travers l'entrée, la capacité du boîtier par rapport au sol et le secteur à 50 Hz toujours présent, aussi bien isolé soit-il. On recueille ainsi une tension parasite aux bornes d'entrée dont les composantes à fréquences élevées seront favorisées par la capacité de l'appareil par rapport au réseau. Un téléphone branché aux bornes de sortie permet de recueillir des sons correspondant aux divers harmoniques de la fréquence du réseau. En raison de la forte valeur du gain (55 dB environ, $G = 560$ env.), une tension parasite de quelques microvolts suffit pour perturber la tension de sortie lorsqu'on travaille à niveau bas (quelques mV).

Lorsque le circuit étudié ne doit pas comporter de mise à la terre, un transformateur à écran de rapport convenable doit être utilisé pour l'attaque de l'amplificateur (écran au sol).

2. — UN AMPLIFICATEUR DÉTECTEUR SÉLECTIF.

Dans la bande des fréquences musicales, les mesures électriques par méthode de zéro ont longtemps utilisé la sélectivité propre de l'oreille humaine par l'intermédiaire du casque téléphonique. La recherche d'une plus grande sensibilité dans ces méthodes conduit à intercaler un amplificateur avant le détecteur. La sensibilité est ainsi multipliée par le gain de l'amplificateur, à condition toutefois que des tensions parasites étrangères à la fréquence de mesure ne viennent pas masquer le zéro.

Ces tensions parasites sont dues soit aux ronflements induits par le secteur (50, 150, 250 Hz), soit aux harmoniques de la fréquence fondamentale dans certains montages de mesure (pont de HAY par exemple), soit encore aux harmoniques ou aux ronflements provenant du générateur de fréquence lui-même.

On est donc conduit à utiliser avant le détecteur, non plus un amplificateur fidèle, mais un amplificateur sélectif qui n'amplifie qu'une seule fréquence et une bande étroite autour de cette fréquence, comme nous venons de le voir dans le chapitre précédent.

2.-1. Principe.

En vue de résoudre ces problèmes, M. Claude PASCAL, ingénieur E.S.E., chef de travaux au Service des Mesures de l'École Supérieure d'Électricité, a étudié un amplificateur de ce type (1). Cet appareil, dont nous donnons le principe ci-dessous, est essentiellement un amplificateur de tension à deux étages (fig. 2) (liaison résistance-capacité) dans lequel une forte contre-réaction sélective est appliquée par l'intermédiaire d'un filtre en double T. Ce filtre est incorporé entre la plaque de la lampe finale EL41 et la cathode de la lampe d'entrée EF40. Il possède la propriété classique d'arrêter la fréquence sur laquelle il est accordé et de laisser par contre passer les fréquences de part et d'autre de cette dernière. Le réglage de la fréquence de travail s'obtient par le jeu de trois potentiomètres de précision P_1 P_2 P_3 jumelés (commande unique) et par la commutation d'un jeu de condensateurs pré-réglés (C_1 à C_6 ,

(1) Brevet français de M. C. PASCAL, n° PV 655.628.

C_7 à C_{12} , C_{13} à C_{18}) (fig. 3). La théorie du filtre en double T montre que l'équilibre a lieu pour :

$$r_2 CC' \omega^2 = 2 \quad \text{et} \quad 2 r_1' C'^2 \omega^2 = 1$$

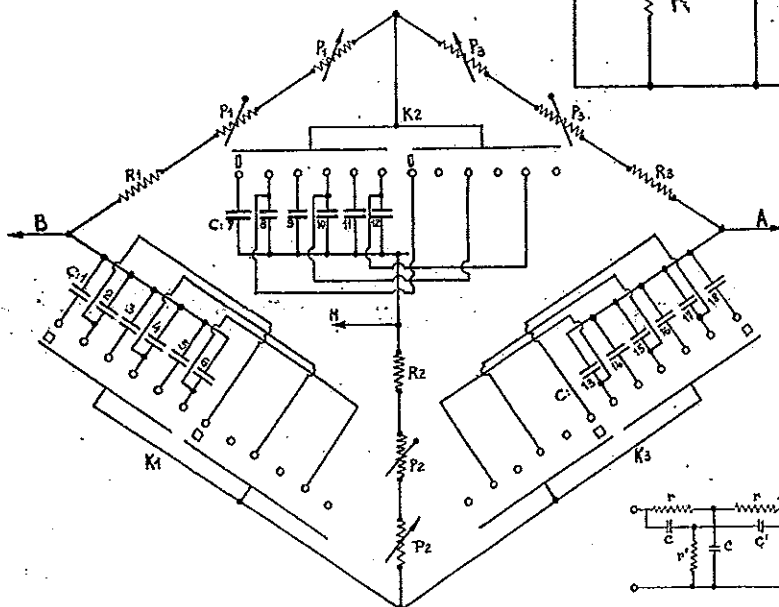
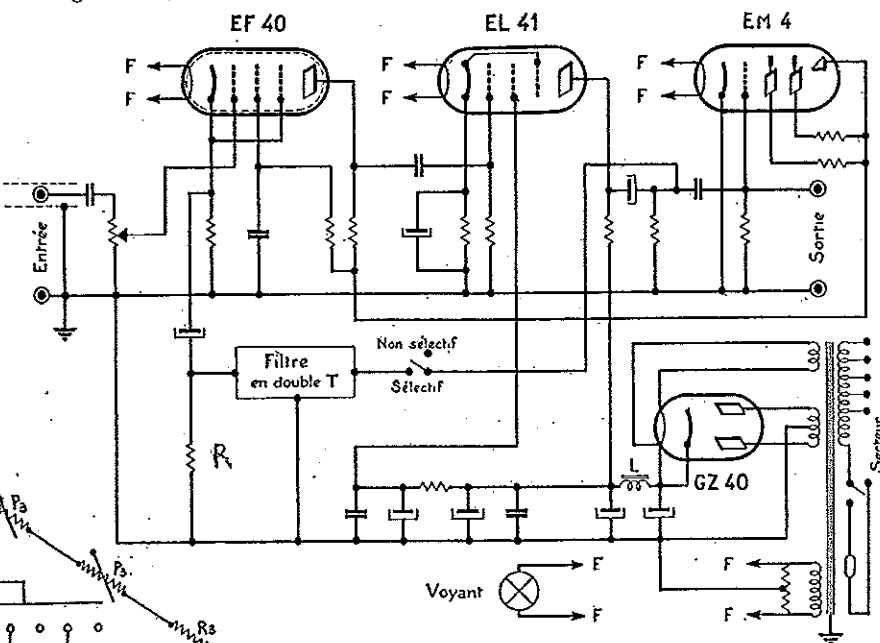
Nous venons de voir que la valeur des capacités reste fixe dans une même gamme de fré-

2-2. Principales caractéristiques électriques.

Comme nous l'avons vu, la fréquence de sélection est réglable de façon continue dans chaque gamme (repère 4, fig. 6). La plage totale 12 à

FIG. 2 (ci-contre). — Schéma de principe de l'amplificateur sélectif.

FIG. 3 (ci-dessous). — Schéma détaillé du filtre. K_1 et K_3 : galettes à grains larges; K_2 : galette à grains pointus.



quence et que les trois résistances sont égales entre elles; nous aboutissons alors à la condition d'équilibre réalisée dans cet appareil :

$$4 C' = C \quad \text{et} \quad \omega^2 = \frac{1}{2 P^2 C'^2}$$

Pour faciliter la graduation en fréquence du cadran solidaire de l'axe des trois potentiomètres P_1 P_2 P_3 , l'ensemble des résistances P de chaque bras du filtre est réglé à l'aide de p_1 p_2 p_3 à une valeur telle que deux gammes suffisent largement à couvrir avec recouvrement le domaine compris entre deux fréquences qui sont dans le rapport de 1 à 10. D'une gamme à l'autre, les valeurs des condensateurs sont donc dans un rapport voisin de $\sqrt{10}$. La figure 3 indique le moyen simple qui a permis de réduire le nombre total de condensateurs en employant le même condensateur dans des gammes de fréquences différentes et en l'associant à d'autres par le jeu des contacts du commutateur de gamme.

12 000 Hz a été divisée en 6 gammes qui donnent les intervalles suivants :

12 à 40, 40 à 120, 120 à 400, 400 à 1 200, 1 200 à 4 000, 4 000 à 12 000 Hz

Le gain est constant et égal à 55 dB en réglage sélectif dans la plage 40 - 8 000 Hz, il diminue de 3 dB jusqu'à 12 000 Hz et de 15 dB jusqu'à 12 Hz.

En non sélectif, c'est-à-dire avec le filtre en double T mis hors circuit, le gain passe à 60 dB \pm 5 dB dans la plage 20 à 12 000 Hz (fig. 4).

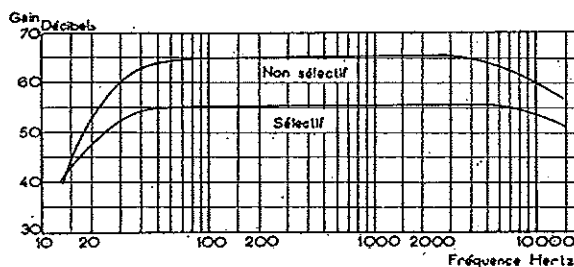


FIG. 4. — Courbes de réponse de l'amplificateur sélectif.

L'ensemble des courbes de sélectivité montre que le coefficient de surtension équivalent (comparaison à un circuit résonnant, fig. 1 bis) est de l'ordre de 100, ce qui donne un affaiblissement de 35 dB sur l'harmonique deux (fig. 5).

Le coefficient de surtension varie de 75 à 100 selon les gammes.

Du point de vue utilisation, l'entrée du signal se fait par l'intermédiaire d'une prise coaxiale

(fig. 6, repère 8) sur une impédance d'entrée de 100 000 ohms (potentiomètre bobiné) et la sortie se fait par l'intermédiaire de deux bornes classiques (repère 12-13, fig. 6) sur une impédance de 5 000 ohms. Le détecteur extérieur doit donc avoir, pour garder à l'amplificateur toutes ses performances, une impédance supérieure à 5 000 ohms; ce sera un voltmètre à redresseur, un voltmètre à lampe, un oscillographe cathodique ou un casque à grande impédance selon le type de mesure, la sensibilité ou la plage de fréquences étudiée.

Le niveau de sortie en tension, mesuré au voltmètre à lampe, sans distorsion appréciable ($< 0,3\%$), est de l'ordre d'une vingtaine de volts, soit une puissance de 80 mW.

Les pièces détachées constituant cet amplificateur sont dans l'ensemble du type classique radio; toutefois, pour assurer une stabilité dans le temps à l'étalonnage en fréquence du cadran gradué, les condensateurs constituant le filtre en double T sont l'objet d'un traitement spécial assurant un vieillissement accéléré. Grâce à ces précautions et grâce aussi à un étalonnage à partir d'un généra-

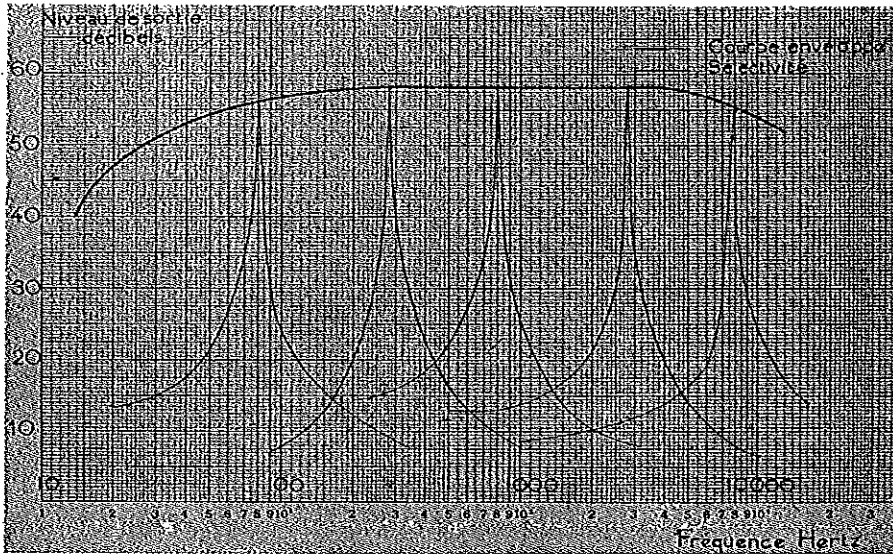


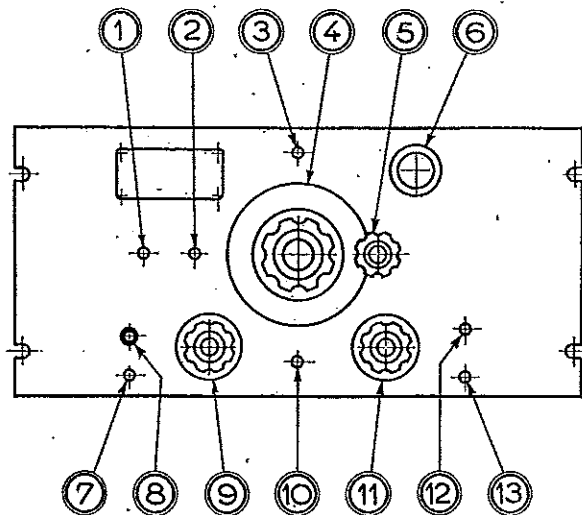
FIG. 5 (ci-contre). — Sélectivité de l'amplificateur AOIP.

FIG. 6 (ci-dessous). — Organes du panneau AV de l'amplificateur sélectif.
 1 : Fusible; 2 : Interrupteur général; 3 : Voyant; 4 : Cadran étalonné; 5 : Commande cadran; 6 : Détecteur intérieur; 7-13 : Bornes masse; 8 : Entrée coaxiale; 9 : Gain; 10 : Interrupteur « sélectif non sélectif »; 11 : Commutateur de gamme; 12 : Borne de sortie.

Pour laisser à l'appareil une certaine autonomie, un détecteur à trèfle cathodique (repère 6, fig. 6) est directement incorporé, il permet en moyenne de détecter un signal alternatif de l'ordre d'une dizaine de microvolts.

Destiné principalement à l'origine de l'étude à des mesures sur pont d'impédance comme détecteur de zéro, le maximum de précautions a été pris pour réduire son bruit de fond au minimum. Alimenté sur secteur alternatif 50 Hz, les éléments intérieurs ont dû être disposés judicieusement et blindés pour réduire les inductions parasites; des essais en alimentation sur piles ont montré par ailleurs que son bruit de fond avait été amené réellement au voisinage de son minimum. Le bruit de fond reporté à l'entrée et exprimé en microvolts est donné dans le tableau suivant :

| Caractéristiques du détecteur extérieur | Sélectif | |
|---|-----------|--------------|
| | Sélectif | Non sélectif |
| Impédances de sortie élevées: Voltmètre à lampe. Oscillographe. | 3 μ V | 15 μ V |
| Basse impédance : Voltmètre à redresseur. Casque téléphonique. | 1 μ V | 5 μ V |



leur de fréquences étalons, la précision de cet appareil peut être garantie à 0,5 %.

La photo de la couverture et la figure 6 donnent une idée de la présentation de l'appareil en coffret métallique monté sur pieds amortisseurs. On remarquera la possibilité d'encastrer l'amplificateur dans un rack standard en dévissant simplement les boulons de la platine avant.

3. — APPLICATIONS DIVERSES DE L'AMPLIFICATEUR SÉLECTIF.

3.-1. Appareil de zéro dans les méthodes d'opposition (ponts, potentiomètres à courant alternatif, etc...).

3.-1.-1. SENSIBILITÉ (fig. 7).

Nous considérons la résistance d'entrée de 100 000 Ω très grande devant l'impédance du pont vué des points M et N. L'appareil n'influe pas alors sur la tension de déséquilibre δV entre ces points, qui est la même qu'en l'absence d'appareil de zéro a (amplificateur).

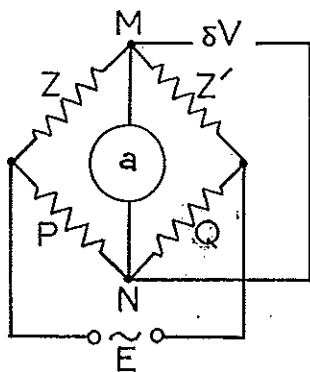


Fig. 7.

Si l'impédance Z' diffère de sa valeur d'équilibre d'une quantité δZ', la tension de déséquilibre peut s'écrire avec :

$$\frac{P}{Q} = \frac{Z}{Z'} = m, \quad \delta V = -E \frac{m}{(1+m)^2} \frac{\delta Z'}{Z'}$$

La sensibilité de l'appareil sur téléphone ELNO (2 × 4 000 Ω en courant continu) est de l'ordre de 2 à 3 μV entre 600 et 4 000 Hz et tombe à 20 ou 30 μV environ pour f = 300 Hz et 5 500 Hz.

Pour ces fréquences-là, sa sensibilité rejoint celle du trèfle cathodique incorporé, qui est constante dans toute la bande d'utilisation comprise entre 12 et 12 000 Hz.

Pour une sensibilité de 3 μV sur téléphone, une tension E d'alimentation de 1 V et un rapport d'impédances m = 5, le déséquilibre δZ'/Z' possible de mettre en évidence sera :

$$\frac{\delta Z'}{Z'} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 6^2}{1 \cdot 5} = 2,16 \cdot 10^{-5}$$

et le réglage se fera à 1/50 000^e près.

3.-1.-2. COMPARAISON AVEC UN AMPLIFICATEUR NON SÉLECTIF SUR TÉLÉPHONE.

On croit souvent que le fait de pouvoir distinguer au téléphone les différentes fréquences et de reconnaître celle de mesure dispense de l'emploi d'un appareil sélectif et même d'une source bien filtrée. Cela est vrai tant qu'on travaille à un niveau sonore extrêmement bas (30 dB au-dessus du seuil d'audition). Au cas contraire, l'extinction de la fréquence fondamentale au point de vue électrique n'entraîne pas celle du son de même fréquence, qui est alors subjectif. Ce phénomène est dû à l'intermodulation des harmoniques sur le tympan, élément non linéaire lorsque l'inten-

sité sonore dépasse une certaine valeur. La fréquence fondamentale se retrouve alors comme son de battement des harmoniques 2f, 3f, etc. Comme l'expérimentateur ignore totalement la nature purement subjective du son entendu, il cherchera à le faire disparaître, non sans être obligé de déséquilibrer le pont d'une quantité croissant avec le taux des harmoniques. Il enregistre, de plus, une perte de sensibilité due au bruit de fond engendré par les harmoniques et les tensions parasites en général.

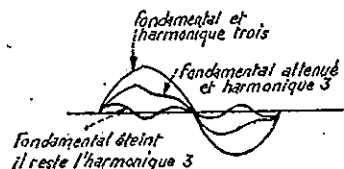


Fig. 8. — Images successives obtenues à l'oscillographe, lors du réglage de l'équilibre du pont.

Il est utile, dans ce dernier cas, de remplacer le téléphone par un appareil de sensibilité égale, si possible, mais linéaire. Un oscillographe cathodique avec amplificateur de déviation verticale à deux étages permet de déceler une tension de l'ordre de 100 à 200 μV. Il n'y a pas alors battement entre harmoniques, et l'on peut observer sur l'écran l'extinction progressive de la tension fondamentale et l'apparition simultanée de l'harmonique prédominant.

La figure 8, montre l'extinction de la fondamentale lorsque l'harmonique trois est prépondérant.

3.-2. Fréquencemètre.

La tension alternative sinusoïdale ou complexe à l'étude est branchée à l'entrée. Le potentiomètre de 100 000 Ω est réglé de façon à obtenir une tension de sortie de l'ordre de quelques volts. Au besoin, on affaiblit la tension au moyen d'un diviseur à résistances ou simplement en branchant une résistance de 1 à 2 MΩ en série avec l'entrée. Lorsque la fréquence à mesurer tombe dans la gamme acoustique, un téléphone permet de repérer l'accord en fonction de la position du cadran étalonné.

Pour la mesure d'une vitesse de rotation ou d'une fréquence de vibration, on doit employer un capteur transformant celles-ci en variations de tension électrique.

Afin d'obtenir une bonne sensibilité, il est bon d'utiliser le plus faible niveau d'écoute possible compatible avec une lecture sans ambiguïté. La sensibilité de l'oreille est, en effet, plus forte en valeur relative au voisinage du seuil d'audition que bien au-dessus de celui-ci.

Le réglage de la résonance peut se faire avec, comme appareil de sortie, un voltmètre à redresseur ou un oscillographe cathodique. On augmente la précision de la mesure au voltmètre en faisant deux lectures f₁ et f₂ au cadran de fréquences étalonné de part et d'autre du maximum (accord) correspondant à la même valeur de la tension de sortie. Comme au voisinage du maxi-

mun, la variation de la tension de sortie est bien moins accentuée en fonction de la fréquence que dans les bandes de fréquences qui l'encadrent (fig. 1) (voir points P₁ et P₂), les positions correspondantes du cadran seront mieux définies. Si f₁ et f₂ sont les fréquences correspondant aux points P₁ et P₂ d'ordonnée 0,8 y₀ par exemple, la fréquence du courant est égale à :

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

Lorsque le courant est complexe, il est possible de repérer ses composantes, qu'il s'agisse d'harmoniques proprement dits ou de parasites de fréquences bien déterminées. Nous verrons plus loin que la mesure de l'amplitude des composantes ne se fait correctement que lorsque l'écart relatif des fréquences à séparer est d'au moins 1/4. On peut, toutefois, apporter une amélioration considérable à la précision des mesures en supprimant la tension fondamentale au moyen d'un pont équilibré par exemple. Il ne peut évidemment s'agir que d'un pont dont l'équilibre est fonction de la fréquence.

Le cadran de fréquences étalonné à 0,5 % permet d'effectuer des mesures de cette précision.

3.3. Voltmètre électronique sélectif.

Par l'adjonction d'un appareil de sortie, l'amplificateur joue le rôle de voltmètre amplificateur sélectif. Le gain étant de l'ordre de 560, une tension de 1 mV fait apparaître à la sortie une tension de 560 mV. La courbe du gain en fonction de la fréquence permet d'effectuer les corrections nécessaires aux deux extrémités de la gamme d'utilisation (fig. 4).

L'intérêt du voltmètre sélectif réside dans la possibilité de n'enregistrer que les tensions désirées. Un voltmètre non sélectif recueille toutes les tensions parasites, celles du bruit de fond comprises. Combien plus facile est de mesurer le gain d'un amplificateur pour une tension d'entrée de fréquence donnée au moyen d'un appareil sélectif servant d'élément de mesure à l'entrée comme à la sortie. On se débarrasse ainsi, non seulement du bruit de fond de la source, mais aussi de celui de l'amplificateur essayé.

3.4. Appareil à sélectivité variable.

Lorsque le filtre en double T est supprimé moyennant l'interrupteur K (fig. 9), l'amplificateur fonctionne comme appareil fidèle à courbe de réponse plate.

Pour rendre la sélectivité variable, on met le filtre en service et l'on fait varier la tension de contre-réaction ramenée à l'entrée. Il suffit de remplacer la résistance R par un potentiomètre bobiné de même valeur nominale, ou bien par une série de résistances fixes commutables.

Suivant que le curseur est à la masse (point T) ou en P, la contre-réaction est nulle (appareil fidèle mais non sélectif) ou maximum (sélectivité correspondant à une surtension de 100).

La figure 10 indique le réseau de courbes de sélectivité obtenues avec différentes valeurs de la résistance R entre 100 et 100 000 Ω.

Enumérons ci-dessous quelques applications de l'amplificateur à bande passante réglable :

3.4.1. EN TÉLÉPHONIE :

On s'en sert dans les essais d'intelligibilité sur les lignes de transmission. Ces essais consistent à transmettre des mots monosyllabiques sans signification appelés logatomes (atomes de parole) et à noter les mots perçus à l'arrivée de la ligne. On établit ainsi le pourcentage de mots correctement perçus en fonction de la bande passante. On en déduit la bande passante minimum compatible avec la transmission convenable d'une conversation. Des essais analogues peuvent être entrepris sur des lignes devant transmettre des morceaux de musique (chaînes de transmission de radio-diffusion) comme sur des appareils de reproduction sonore. La bande passante varie évidem-

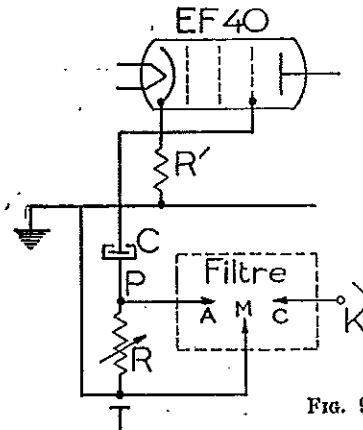


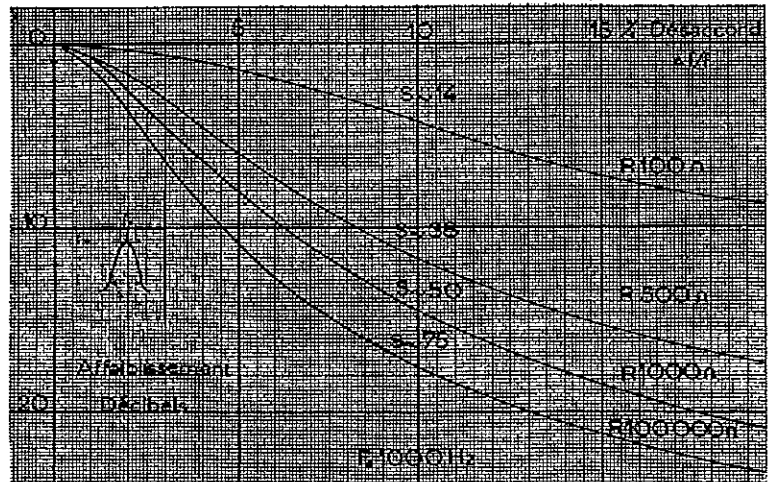
Fig. 9.

ment, suivant qu'il s'agit de la parole ou de la musique. Dans ce dernier cas, elle dépend de la nature des instruments. La bande passante d'une contrebasse étant différente de celle du clairon.

3.4.2. EN ACOUSTIQUE ARCHITECTURALE :

L'amplificateur sélectif rend de grands services pour la détermination du temps de réverbération d'une salle à différentes fréquences. Un enregistreur de niveau permet d'inscrire sur une bande, moyennant un microphone fidèle associé à un préamplificateur, la courbe de décroissance

Fig. 10. — Sélectivité en fonction de la résistance de contre-réaction.



du niveau sonore après la suppression de la source. Comme les bruits parasites, et il y en a toujours, faussent inévitablement les mesures, l'utilité de l'amplificateur sélectif se passe de commentaires. Il trouve encore son emploi lors de la détermination des caractéristiques acoustiques d'un local en fonction de la fréquence : bandes de résonance, d'atténuation, etc...

3.-4.-3. EN MESURES ACOUSTIQUES :

La mesure du coefficient d'absorption ou de transmission sonore d'un matériau pour une fréquence donnée nécessite un appareil sélectif permettant de recueillir la tension de sortie du microphone étalon destiné à repérer l'intensité sonore avant et après la transmission à travers le matériau étudié.

3.-5. Appareil d'alimentation pour les ponts de mesure ou simple filtre passe-bas associé à une source de tension alternative.

La tension de sortie de l'appareil sur 5 000 Ω pouvant atteindre une valeur maximum de 25 V sans que la distorsion dépasse 0,3 %, il est tout à fait indiqué pour le filtrage de la tension d'alimentation d'un pont de mesure ou d'un circuit où la pureté de la tension exigée est primordiale. Dans ce dernier cas, la connexion de grille du triétre cathodique (fig. 2) doit être supprimée moyennant un interrupteur afin d'éviter un redressement par la grille dont la polarisation négative serait, dans cette éventualité, insuffisante.

3.-6. Préamplificateur d'oscillographe.

Pour l'observation de certains phénomènes électriques à une fréquence donnée, l'appareil est appelé à jouer un rôle important, ne serait-ce que pour l'élimination des parasites acheminés par le réseau provenant souvent de machines tournantes à collecteur ou d'appareils à étincelles. Ces derniers sont souvent utilisés dans les laboratoires de recherches pour l'étude de la décharge dans les gaz.

3.-7. Analyseur d'harmoniques.

Il s'agit là d'une des applications les plus intéressantes et utiles de l'amplificateur sélectif.

En nous fixant sur une surtension $Q = 100$, nous savons déjà que le niveau de sélection de l'harmonique q est donné par :

$$A_{pq} = 10 \log \left[1 + Q^2 \left(\frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right)^2 \right] \text{ en décibels}$$

lorsque l'accord est réalisé pour l'harmonique p .

En raison de la symétrie de l'expression par rapport à p et q , la sélectivité est la même par rapport à l'harmonique p en cas d'accord sur l'harmonique q .

Pour que l'harmonique gênant soit affaibli au cinquantième de sa valeur, il suffit d'avoir :

$$1 + Q^2 \left(\frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right)^2 > 50^2$$

$$\left| Q \left(\frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right) \right| \geq 50 \quad \text{et} \quad \left| \frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right| \geq 0,5$$

On en tire un rapport p/q supérieur à 1,28 ou inférieur à $1/1,28 = 0,78$. L'affaiblissement en décibels est alors supérieur à 34.

Pour un affaiblissement au trentième de sa valeur (29,5 dB), on trouve p/q supérieur à 10/9 ou inférieur à 9/10. On a ainsi l'affaiblissement de l'harmonique 10 ou approximativement de l'harmonique 8, lorsque l'appareil est accordé sur l'harmonique 9. On voit que la sélection devient de moins en moins bonne lorsque le rang de l'harmonique cherché augmente. Cependant, le taux d'affaiblissement de 30 subsiste jusqu'au neuvième harmonique et reste suffisant tant que les harmoniques sont de taux peu différents. Très heureusement, la tension parasite globale due aux harmoniques voisins est inférieure à la somme des taux pris individuellement, en raison des différences de phase variant avec leur rang.

Supposons que l'appareil soit accordé sur l'harmonique 5, la tension d'entrée étant de la forme :

$$U_1 = a_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + a_2 \sin(2\omega t + \varphi_2) + \dots + a_5 \sin(5\omega t + \varphi_5) + \dots + a_p \sin(p\omega t + \varphi_p) + \dots$$

La tension de sortie pourra s'écrire :

$$U_2 = G \left[\frac{a_1}{A_{1,5}} \sin(\omega t + \varphi_1 + \psi_1) + \dots + a_5 \sin(5\omega t + \varphi_5 + \psi_5) + \dots + \frac{a_p}{A_{p,5}} \sin(p\omega t + \varphi_p + \psi_p) \dots \right]$$

avec :

$$A_{p5} = \sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{p}{5} - \frac{5}{p} \right)^2} \quad \text{et} \quad Q = 100$$

G étant le gain de l'amplificateur accordé sur l'harmonique 5.

Trois cas sont à envisager dans la pratique :
L'appareil de sortie est :

a) A redresseur. — La tension indiquée sera la valeur moyenne de U_2 multipliée par 1,11 (plus exactement $\pi/2\sqrt{2}$). On sait que l'erreur dépend de la répartition des phases $\varphi_p + \psi_p$ et aussi des amplitudes respectives. Elle peut atteindre 10 % dans certains cas, à condition que les harmoniques voisins ne soient pas d'un taux très supérieur à a_5 ;

b) Un voltmètre électronique classique. — La tension indiquée est alors le quotient par $\sqrt{2}$ de la valeur de crête de la tension U_2 . L'erreur dépend, comme dans le cas précédent, de la répartition des phases et peut différer notablement de a_5 ;

c) Quadratique. — La tension indiquée est alors indépendante de la répartition des phases et égale à :

$$U^2 = \sqrt{\left(\frac{a_1}{A_{1,5}} \right)^2 + \left(\frac{a_2}{A_{2,5}} \right)^2 + \dots + \left(\frac{a_p}{A_{p,5}} \right)^2 + \dots}$$

Elle diffère relativement peu de a_p si le taux des tensions parasites est inférieur à 5 % (après filtrage, bien entendu), ce qui est le cas des harmoniques de taux peu différents ou progressivement décroissants.

L'appareil quadratique peut être sans inconvénient un électromètre de table, appareil robuste de fabrication courante de nos jours. Les voltmètres quadratiques basés sur le redressement par la plaque ne permettent guère la mesure d'une tension à moins de 5 % près, alors que l'électromètre se réalise en classe 1 assez facilement.

Lorsque le courant complexe comporte un taux d'harmoniques relativement faible (moins de 3 %), la mesure des harmoniques 2, 3 et 4 sera peu sûre en présence de la fondamentale.

Prenons, à titre d'exemple, un courant alternatif de composantes suivantes (valeurs efficaces) :

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Tension fondamentale..... | 190 V, $f = 50$ Hz |
| Harmonique 2..... | 1 V |
| Harmonique 3..... | 2 V |
| Harmonique 4..... | 0,5 V |
| Harmonique 5..... | 1 V |
| Harmonique 6..... | 0,2 V |
| Harmonique 7..... | 0,3 V |

les autres harmoniques étant négligeables.

Bien que le potentiomètre d'entrée bobiné supporte les 120 V, il serait de mauvaise pratique de ne pas utiliser un diviseur à résistances de rapport 50 à 100, pour ne pas être obligé de travailler autour de la position de court-circuit du curseur. On se réserve ainsi une marge de réglage confortable.

L'amplificateur étant accordé sur la fonde-

mentale, les harmoniques ne troublent guère la mesure.

L'affaiblissement de la fondamentale sera de $100 \left(\frac{2}{1} - \frac{1}{2} \right) = 150$, lorsque l'accord est réalisé

sur l'harmonique 2. Il reste donc une tension parasite de $120/150 = 0,8$ V de fréquence 50 Hz.

Un appareil quadratique indiquera une tension :

$$\sqrt{1^2 + (0,8)^2} = 1,27 \text{ V}$$

au lieu de 1 V, d'où une erreur par excès de 27 %.

Dans le cas le plus défavorable avec comme appareil de sortie un voltmètre à lampes, la tension de crête divisée par $\sqrt{2}$ atteindra $1 + 0,8 = 1,8$ V, et l'erreur sera de 80 % par excès.

Lorsque l'accord se fait sur l'harmonique 3, la fraction de la tension fondamentale traversant l'amplificateur sera de :

$$1/Q \left(\frac{3}{1} - \frac{1}{3} \right) = 1/266$$

Il reste donc à la sortie de l'amplificateur une tension parasite à 50 Hz de $120/266 = 0,452$ V.

Un voltmètre quadratique indiquera une tension de $\sqrt{2^2 + 0,452^2} = 2,05$ V et l'erreur ne sera que de 2,5 % par excès.

— Cherchons maintenant la condition pour que l'harmonique de rang q et de valeur a_q introduise une erreur inférieure à 2 % lors de l'accord de l'appareil sur l'harmonique de rang p .

Afin de simplifier l'écriture, nous garderons seulement les deux harmoniques qui nous intéressent :

Tension d'entrée :

$$a_p \sin(p \omega t + \varphi_p) + a_q \sin(q \omega t + \varphi_q)$$

Tension de sortie :

$$G \left[a_p \sin(p \omega t + \varphi_p + \psi_p) + \frac{a_q}{Q \left| \frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right|} \sin(q \omega t + \varphi_q + \psi_q) \right]$$

L'erreur, dans le cas d'un appareil de sortie quadratique, sera :

$$\epsilon = \frac{\sqrt{a_p^2 + \left(\frac{a_q}{A_{pq}} \right)^2}}{a_p} - 1 \approx \left(\frac{a_q}{a_p} \right)^2 \frac{1}{2 A_{pq}^2}$$

$$\text{d'où : } \left(\frac{a_q}{a_p} \right)^2 \leq 2 \epsilon A_{pq}^2, \frac{a_q}{a_p} \leq A_{pq} \sqrt{2 \epsilon} = Q \left| \frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right| \sqrt{2 \epsilon}$$

Pour $\epsilon = 2 \%$ et $Q = 100$, on trouve :

$$\frac{a_q}{a_p} \leq 20 \left(\frac{p}{q} - \frac{q}{p} \right)$$

Lorsqu'il s'agit de la fréquence fondamentale, $p = 1$, et l'on obtient le tableau suivant :

| Rang de l'harmonique | Taux en % supérieur à |
|----------------------|-----------------------|
| 2..... | 3,3 |
| 3..... | 1,88 |
| 4..... | 1,33 |
| 5..... | 1,04 |
| 6..... | 0,85 |
| 7..... | 0,73 |

On voit que les harmoniques de rang supérieur à 4 seront facilement mesurés en présence de la tension fondamentale, même lorsque leur taux n'atteint pas 1 %. Par contre, la sélection est légèrement moins bonne vis-à-vis des harmoniques 2 et 3.

En conclusion, pour pouvoir procéder à une mesure convenable d'un harmonique en présence de la tension fondamentale, celui-ci devra être d'un taux supérieur à 5 %.

L'expérience montre qu'avec l'amplificateur décrit accordé par exemple à 1 000 Hz et attaqué par une tension u_1 de 1 000 Hz en série avec une tension toujours égale à u_1 mais de fréquence variable, la tension de sortie mesurée avec un volt-

mètre à redresseur ne dépend pas de la fréquence de la source perturbatrice tant qu'on travaille au-dessous de 920 Hz ou au-dessus de 1 080 Hz. La perturbation est de 2 % environ lorsque les fréquences ne diffèrent que de 2 % (niveau de sortie de 12 V).

De même, une tension perturbatrice dix fois plus forte que celle à essayer ne se remarque pas tant qu'on reste à l'extérieur de la bande 700-1 300 Hz. L'erreur n'est que de 4 % pour 800 ou 1.200 Hz.

L'alimentation sur secteur à 50 Hz engendre une tension parasite à la sortie qu'il est utile de connaître. Le tableau ci-dessous indique les composantes de cette tension pour une résistance de sortie de 5 000 Ω, l'entrée étant fermée sur une résistance de 3 000 Ω (résistance interne d'une source fictive) :

| Fréquence Hz | Tension de sortie en mV |
|---------------|-------------------------|
| 50..... | 0,85 |
| 100..... | 0,3 |
| 150..... | 0,65 |
| 200..... | 0,2 |
| 250..... | 0,25 |
| 300..... | 0,1 |
| 350..... | 0,1 |
| Au-delà | négl. |

N'importe quelle composante ramenée à l'entrée, compte tenu de l'amplification supérieure à 500, est inférieure à 1,6 μV.

Pour opérer convenablement lors de la mesure d'un harmonique de taux inférieur à 3 %, il

sistances R doivent être bien égalisées. Elles peuvent être constituées par des décades *Asso-préci* à 0,2 % au plus. Certes, le réglage de l'équilibre est à la merci des erreurs de construction des résistances, mais un condensateur variable d'appoint branché aux bornes de 6 C permet de remédier à cette situation, tout comme d'ailleurs une faible résistance d'ajustage en série avec l'une des résistances R. L'extinction de la tension fondamentale est facile à observer à l'oscillographe ou à l'amplificateur sélectif avec un voltmètre de sortie à redresseur par exemple, qui indique une tension minimum lors de l'équilibre du pont.

Pour l'extinction du 50 Hz, on peut prendre approximativement C = 0,5 μF, R = 3 183 Ω.

Il est intéressant de remarquer que, pour une fréquence bien supérieure à celle d'équilibre, l'impédance vue de l'entrée se réduit pratiquement au T supérieur (les capacités ayant une impédance très faible) donc approximativement à la résistance R.

Aux fréquences plus basses, par contre, c'est le T inférieur qui intervient surtout et l'impédance d'entrée se réduit à une résistance 2 R insérée entre la source et l'appareil de sortie.

La résistance d'entrée de l'amplificateur étant de 100 000 Ω, il suffit de déterminer la courbe de réponse du double T débitant sur cette résistance pour constituer un ensemble d'analyse harmonique. Cette courbe de réponse est facile à déterminer par comparaison à l'affaiblissement d'un atténuateur calibré. Les deux appareils étant alimentés par la même tension, il suffit de régler l'atténuateur de façon à égaliser les deux tensions de sortie à la fréquence d'essai.

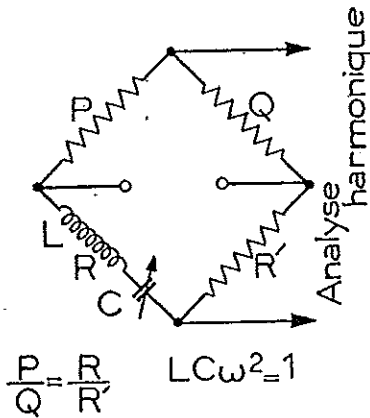


Fig. 11 a. — Pont à résonance.

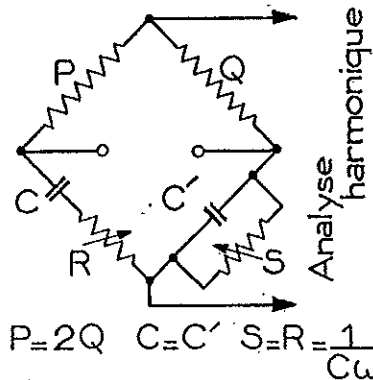


Fig. 11 b. — Pont de ROBINSON.

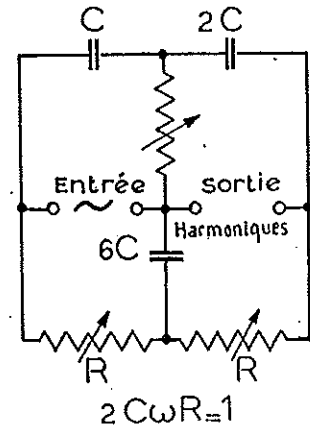


Fig. 11 c. — Pont en double T.

faut atténuer la tension fondamentale avec un filtre passe-haut ou, mieux, la supprimer au moyen d'un pont dont l'équilibre dépend de la fréquence. Citons à titre d'exemple les ponts à résonance (fig. 11 a), de ROBINSON (fig. 11 b) et celui en double T (fig. 11 c).

Le dernier pont est particulièrement intéressant pour sa sélectivité ainsi que pour son atténuation peu variable à partir du troisième harmonique. De plus, l'entrée et la sortie ont un point commun, ce qui met à l'abri des couplages parasites entre diagonales si gênantes dans le cas du pont de WHEATSTONE classique. Les trois ré-

Supposons maintenant que la fondamentale soit éteinte dans le cas de la tension à 50 Hz nous ayant déjà servi d'exemple. Il reste uniquement des harmoniques du même ordre de grandeur ou à peu près comparables. Nous savons déjà (voir effet d'une tension perturbatrice) que la sélection est alors excellente.

Si par exemple l'harmonique 2 rentre à un niveau de 10 mV, la tension de sortie correspondante sera de 5 à 6 V, donc largement suffisante pour faire dévier un voltmètre à redresseur usuel. Il est bien entendu qu'on utilise le maximum de gain.

On pourra mesurer les harmoniques de l'ordre de 1 à 3 % avec une erreur inférieure à 3 %, en tenant compte bien entendu de l'influence parasite des autres harmoniques.

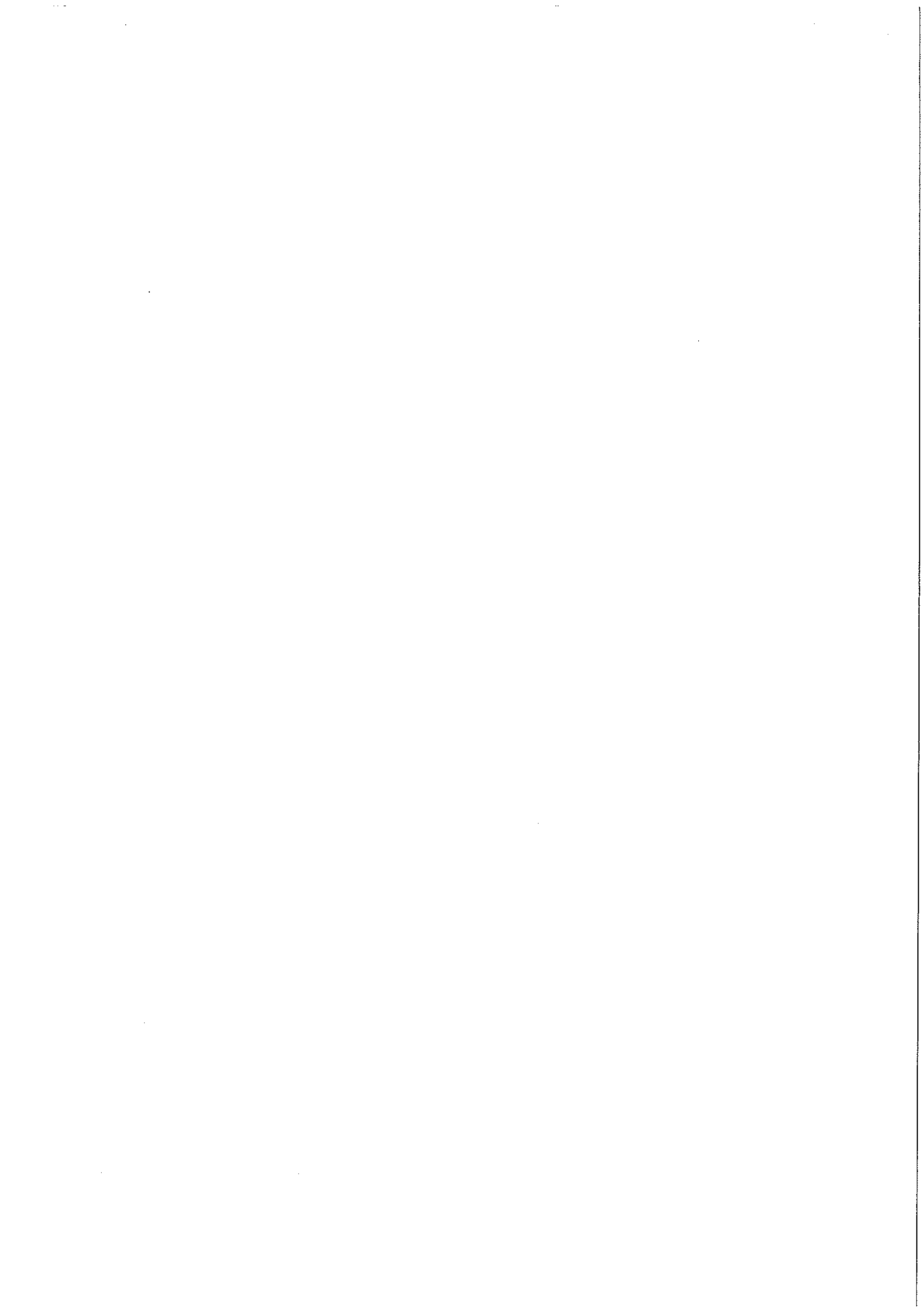
Il est possible d'augmenter encore la précision en procédant par substitution avec un générateur étalonné muni d'un atténuateur calibré et réglé à la fréquence de l'harmonique.

La limite de sensibilité pour la mesure des har-

moniques est conditionnée par la tension de sortie de bruit de fond majorée suivant une loi complexe des parasites engendrés par les harmoniques. On arrive à une incertitude de l'ordre de 0,01 % de la tension d'entrée lorsque celle-ci atteint quelques volts.

La limite de sensibilité avec suppression de la tension fondamentale est représentée par un harmonique dont le taux est de 0,01 %.





AMPLIFICATEUR DETECTEUR SELECTIF

EL.40

Les mesures électriques par méthode de zéro ont longtemps utilisé la sélectivité propre de l'oreille humaine par l'intermédiaire du casque téléphonique, mais la recherche d'une plus grande sensibilité dans ces méthodes a conduit à intercaler un amplificateur devant le détecteur. La sensibilité est ainsi multipliée par le gain de l'amplificateur, à condition toutefois que des tensions parasites étrangères à la fréquence de mesure ne viennent pas masquer le zéro.

Ces tensions parasites sont dues soit aux ronflements induits par le secteur (50, 150, 250 Hz) soit aux harmoniques de la fréquence fondamentale dans certains montages de mesure (Pont de HAY par exemple) soit encore aux harmoniques ou aux ronflements provenant du générateur de fréquence lui-même.

On est donc conduit à utiliser avant le détecteur non plus un amplificateur fidèle, mais un amplificateur sélectif qui n'amplifie qu'une seule fréquence et une bande étroite autour de cette fréquence.

Ce type d'amplificateur permet en outre dans la plupart des cas d'éliminer les casques téléphoniques comme détecteurs de sortie, appareils qui requièrent de l'expérimentateur toute son attention et dont les impédances s'adaptent généralement mal aux impédances de sortie de ces amplificateurs. Le casque téléphonique reste de toute façon inutilisable dans les très basses et les très hautes fréquences.

PRINCIPE

L'appareil est constitué essentiellement par un amplificateur à deux étages (liaison résistance-capacité). Une forte contre-réaction sélective est appliquée par l'intermédiaire d'un filtre en double T. Le réglage de la fréquence de travail s'obtient par le jeu de trois potentiomètres de précision jumelés (commande unique) et par la commutation d'un jeu de condensateurs préréglés. L'amplificateur, qui peut alimenter tout détecteur extérieur, est toutefois muni d'un trèfle cathodique qui permet un fonctionnement autonome. La contre-réaction sélective peut être supprimée, rendant à l'amplificateur sa courbe d'amplification normale.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES

- Alimentation sur le secteur alternatif IIO à 240 volts, 50/60 Hertz.
- Impédance d'entrée : 100.000 ohms.
- Impédance de sortie : 5.000 ohms (le détecteur extérieur doit avoir une impédance supérieure).

- 2 -

- Gain maximum en non sélectif : 60 db \pm 4 db de 35 à 12.000 Hz .
- Gain maximum en sélectif : 55 db \pm 4 db de 35 à 12.000 Hz .
- Affaiblissement sur l'harmonique 2 en sélectif : 35 db
- Coefficient de surtension équivalent : 50 .
- Fréquence de sélection réglable d'une façon continue de 12 à 12.000 Hz dans les gammes 12 à 40, 40 à 120, 120 à 400, 400 à 1200, 1200 à 4000, 4000 à 12.000 Hz .

Le bruit de fond reporté à l'entrée est donné par le tableau suivant :

| Caractéristiques du détecteur extérieur | Sélectif | Non sélectif |
|--|-----------|--------------|
| Impédance de sortie élevée voltmètre à lampe oscillographe | 3 μ V | 15 μ V |
| Basse impédance Voltmètre à redresseur casque téléphonique | 1 μ V | 5 μ V |

Les lampes utilisées sont du type : GZ 40 - EF.40 - EL.4I
EF.4

PERFORMANCES ET DOMAINE D'EMPLOI

Grâce à un traitement spécial, la stabilité de l'étalonnage en fréquence est garantie . La précision d'étalonnage de 0,5 % permet donc d'étendre son emploi à d'autres usages tels que distorsiomètre et analyseur de fréquence .

GARANTIE

Cet appareil est garanti un an contre tout vice de fabrication et toute détérioration dans les conditions normales d'emploi .

ENCOMBREMENT

Dimensions hors tout : 490 x 300 x 250 mm
Poids : 15 Kgs

DESCRIPTION

L'amplificateur détecteur sélectif se présente sous la forme d'un coffret métallique monté sur pieds de caoutchouc. Tous les organes de commande et d'utilisation sont disposés sur la platine avant qui est munie en outre de deux poignées facilitant son transport .

L'entrée du signal se fait par une prise coaxiale .

La sortie de l'amplificateur est à droite sous la forme de deux bornes permettant le raccordement éventuel à un détecteur extérieur; de préférence pour garder à l'appareil toutes ses performances, utiliser un détecteur dont l'impédance est supérieure à 5.000 ohms ; oscillographe cathodique, voltmètre, etc ...

Au centre se trouve un cadran gradué de grand diamètre à double commande (réglage grossier et réglage fin). Ce cadran porte une double graduation continue de 12 à 40 et de 40 à 120 qui correspond aux fréquences de sélection ainsi qu'à leurs multiples et leurs sous-multiples décimaux ,

A droite de ce cadran, un bouton commande la commutation des gammes de fréquence .

Sous le cadran se trouve l'inverseur mettant l'amplificateur en position " non sélectif " ou " sélectif ". Ce dispositif mettant immédiatement en évidence l'avantage apporté par la sélectivité de l'appareil .

A gauche, un autre bouton commande d'une façon continue le gain de l'amplificateur. En haut à droite de la platine est placé le trèfle cathodique; en haut à gauche, l'interrupteur général de l'alimentation et le fusible de protection .

La conception mécanique de l'ensemble permet en outre d'encastrier l'amplificateur dans un rack standard en dévissant simplement les quatres boulons de la platine avant pour libérer le boîtier .

MODE D'EMPLOI

- Mettre l'amplificateur en marche en branchant son cordon secteur après avoir réglé la prise arrière sur la tension correspondante d'alimentation .

- Brancher le cordon de la prise coaxiale d'entrée aux bornes de la source alternative à amplifier .

- Se placer en Non sélectif ou en Sélectif :

- a) En non sélectif, brancher simplement le détecteur aux bornes marquées " Sortie " .
- b) En Sélectif, rechercher au trèfle cathodique la fréquence d'accord en déplaçant le commutateur " Gamme " et en tournant le cadran central jusqu'à un maximum d'amplitude repéré sur le trèfle .
Dans le cas de l'utilisation d'un détecteur extérieur, placer cet appareil qui aura de préférence une impédance supérieure à 5.000 ohms (voltmètre à redresseur - voltmètre à lampe - oscillographe cathodique) aux bornes de sortie et améliorer le cas échéant le réglage de l'accord de fréquence .

BIBLIOGRAPHIE : Emplois divers et réalisation industrielle d'un amplificateur sélectif par MM. NEY et LEMAIRE ,
Revue " Mesures " Janvier 1954.

ASSOCIATION DES OUVRIERS EN INSTRUMENTS DE PRECISION
8 à 14, rue Ch. Fourier - PARIS 13ème - GOB : 83.00