

LA T. S. F. MODERNE

et « L'Onde Hertzienne » réunies

REVUE MENSUELLE

LES AMPLIFICATEURS A RÉSISTANCES

Les accrochages d'oscillations entretenues. — Les montages autodynes. — Dispositifs expérimentaux et appareils définitifs.

I. — Montages autodynes. — Le nombre élevé des postes à ondes entretenues a rendu tout à fait général l'emploi des hétérodynes à la réception ; mais souvent l'opérateur est rebuté par leur réglage supplémentaire et préfère une combinaison qui diminue le nombre des manœuvres. C'est le cas des systèmes à réaction, dans lesquels des oscillations locales sont entretenues dans l'appareil récepteur lui-même. M. Abraham a proposé d'appeler « autodyne » ce type d'appareils, nom qui est devenu assez courant.

Les amplificateurs à résistances permettent de réaliser de très nombreux montages autodynes. On peut intercaler une bobine dans le circuit de plaque de la dernière lampe en haute fréquence et établir un couplage convenable entre cette bobine et le circuit récepteur. Ce montage, très simple, donne d'excellents résultats.

Nous avons spécialement étudié d'autres combinaisons, où la liaison de retour se fait par l'intermédiaire d'un condensateur variable. Ce procédé permet des réglages très souples, et présente surtout l'avantage suivant : on peut réaliser un amplificateur complet, avec son système autodyne, qui s'applique sur un système oscillant quelconque, sans aucune connexion supplémentaire. C'est, en effet, le seul type d'appareil à réaction qui puisse s'adapter à un récepteur séparé. Tous les montages du genre Armstrong, qui nécessitent un couplage inductif en retour, obligent le constructeur à grouper dans une seule boîte l'amplificateur et le récepteur, qui sont inséparables. L'amplificateur à résistances échappe à cette sujétion.

2. — Les différents montages possibles. — Lorsque nous avons entrepris l'étude des réactions par capacité réglable, nous nous sommes heurté à des phénomènes, au premier abord, très complexes. Nous n'insisterons pas ici sur ces questions, dont nous avons donné ailleurs un exposé détaillé (1). Leur étude nous a permis de réaliser quelques appareils assez curieux, et d'approfondir la théorie du fonctionnement des amplificateurs.

Le point important est le suivant : si, dans un amplificateur à plusieurs lampes, on réunit par une capacité variable γ la grille de la première lampe successivement aux plaques des lampes suivantes (fig. 1), on trouve soit une augmentation d'amplification suivie d'un accrochage d'oscillations, soit, au contraire, une diminution d'amplification.

Aux grandes longueurs d'onde, la répartition des effets est très simple : toutes les plaques de lampes de rang pair (2^e, 4^e, 6^e, ...) provoquent l'augmentation d'amplification et l'accrochage ;

(1) L. BRILLOÛIN. Les amplificateurs à résistances (*L'Onde Electrique*, t. 1 (1922) pp. 1-16 et 101-123).

les plaques de rang impair (1^{re}, 3^e, 5^e,...) produisent une diminution d'amplification.

Aux ondes courtes, la distribution des effets entre les diverses lampes est beaucoup plus compliquée.

L'interprétation de ce qui se passe aux grandes longueurs d'onde est particulièrement simple. Nous avons vu dans les articles précédents (1), que le montage à résistances *amplifie et*

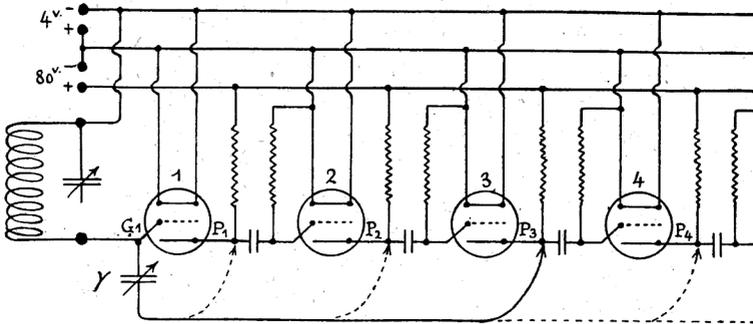


Fig. 1. — Dispositif expérimental pour l'essai du couplage de la grille G_1 de la première lampe aux plaques P_1, P_2, P_3, P_4 , des lampes suivantes par l'intermédiaire du condensateur γ .

(Rétablir la connexion inférieure du condensateur variable du circuit oscillant, qui a disparu au clichage).

retourne les oscillations, à chaque étage. Si donc nous appliquons à la première lampe des variations de tension de la forme $a \sin \omega t$, nous obtiendrons sur la plaque de la première lampe des variations de signe contraire ($- K a \sin \omega t$) puis sur la plaque de la deuxième lampe, nous retrouverons le signe primitif ($+ K^2 a \sin \omega t$) et ainsi de suite. Nous avons appelé ici K le rapport d'amplification par étage, dont la valeur a été indiquée dans notre premier article

$$K = \frac{R}{\rho + R} k.$$

On comprend ainsi que l'on obtienne une augmentation d'amplification, si l'on ramène sur la grille de la première lampe des oscillations prises sur la plaque de la deuxième ou de la quatrième, c'est à dire des oscillations qui sont dans le même sens que celles de la grille de la première lampe. Si l'on

(1) La *T.S.F. Moderne*, t. 3 (avril 1922), p. 159.

établit la liaison avec une lampe de rang impair, les oscillations ramenées sur la première lampe sont en opposition et diminuent l'amplification.

3. — Le Compensateur. — Il est commode, en pratique, de grouper ces deux effets, et d'avoir un organe qui permette,

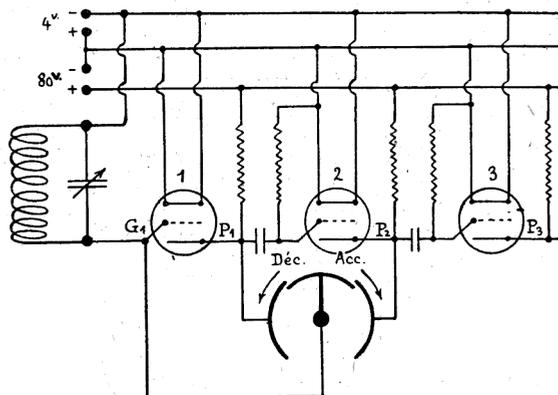


Fig. 2. — Réalisation pratique du « compensateur ».
 Acc., Déc., sens de rotation de l'armature mobile pour l'accrochage ou le décrochage des oscillations.

à volonté, d'augmenter ou de diminuer l'amplification, et, par conséquent, d'accrocher ou de décrocher les oscillations locales. Ce sera le réglage autodyne tout à fait souple et pratique. On obtient facilement ce résultat au moyen de la combinaison suivante, que nous avons appelée compensateur (fig. 2). C'est un condensateur variable avec deux électrodes fixes et une électrode mobile qui peut venir se placer, à volonté, en face de l'une ou de l'autre des électrodes fixes. On relie une des électrodes fixes à la plaque d'une lampe paire, celle de la seconde lampe, dans le cas de la figure, et on connecte l'autre électrode fixe à la plaque d'une lampe de rang impair (1^{re} ou 3^e). L'électrode mobile est reliée à la grille de la première lampe. Le mouvement de cette pièce unique permet, dans tous les cas, de régler à volonté l'accrochage d'oscillations entretenues dans le circuit de réception.

La figure représente un compensateur à armatures cylindriques ; on peut aussi bien le réaliser avec des lames plates, ou selon toute autre forme de condensateur variable. Il importe seulement que la capacité résiduelle soit extrêmement petite, la valeur de la capacité maximum étant d'environ 0,000 2 μ f.

4. — Les appareils définitifs. — Nous nous sommes arrêté à deux types d'appareils, dits BR₄ et BR₈.

Le premier (fig. 3) est un amplificateur à quatre lampes, toutes montées avec résistances, pour haute fréquence. Son schéma, qui est celui de la figure 4, se comprend aisément,

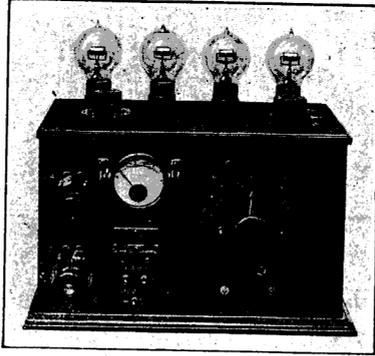


Fig. 3. — L'amplificateur Brillouin BR₄

après les explications que nous avons données plus haut. Le montage du compensateur est le suivant : une armature fixe (côté « décrochage ») est reliée à la plaque de la première

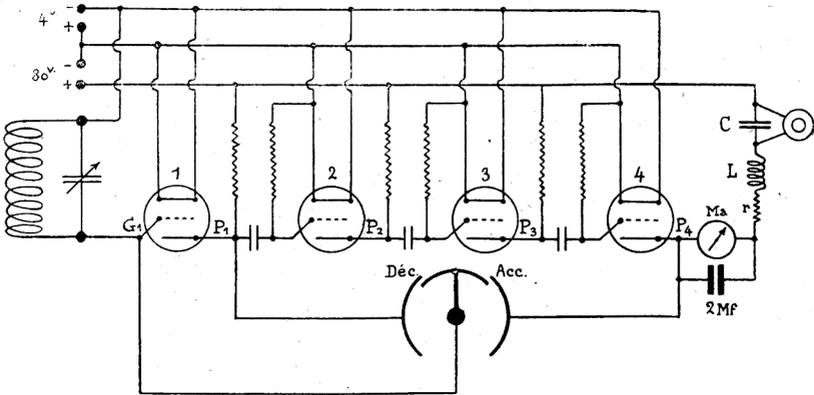


Fig. 4. — Schéma de l'amplificateur Brillouin BR₄

lampe ; l'autre armature fixe (côté « accrochage ») est connectée à la plaque de la quatrième lampe. L'armature mobile est reliée à la grille de la première

Pour obtenir un accrochage facile et progressif des ondes entretenues, sur n'importe quel circuit oscillant, il faut inter-

caler dans le circuit de la plaque à laquelle est reliée l'armature fixe d'accrochage du compensateur (ici la quatrième) une petite bobine de self et de résistance marquée L et r sur le schéma. Elle forme, avec le condensateur C , monté en dérivation sur le téléphone, un circuit C, L, r , qui peut être réglé, selon les capacités parasites de chaque appareil, de façon à permettre l'accrochage facile sur toutes les longueurs d'onde.



Fig. 5. — L'amplificateur BR1 bis

Si la self L est convenable, avec résistance r nulle et capacité C infinie, l'accrochage ne se produit que pour les petites ondes ;

Si la self L est nulle, avec résistance r convenable et capacité C infinie, l'accrochage est normal pour les ondes moyennes ;

Si, enfin, la self L est nulle, avec résistance r également nulle et capacité C convenable, l'accrochage n'est obtenu qu'aux grandes longueurs d'onde.

On trouve facilement des valeurs de la capacité C et du bobinage L, r telles que l'accrochage se produise aisément pour

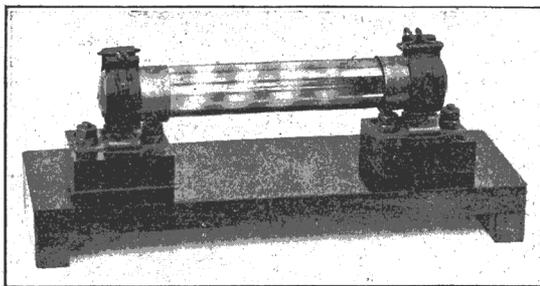


Fig. 6. — Résistance métallique réalisée à l'intérieur d'un tube de verre par bombardement cathodique.

toutes les longueurs d'onde comprises entre 1000 m. et 20 000 m. Pratiquement, la bobine d'accrochage L, r comporte un certain nombre de tours de fil résistant, tel que du maillechort ou du constantan de 0,1 mm. de diamètre. Le réglage s'en fait de façon purement empirique.

En équipant l'amplificateur avec des lampes à cornes, comme dans le récent modèle, de dimensions très réduites, BR4 *bis* (fig. 5), on peut obtenir un bon fonctionnement jusqu'aux ondes de 300 m., et même parfois de 200 m.

La réalisation des résistances mérite quelques remarques. Pour des appareils à basse fréquence, on peut employer des résistances de 70 000 ohms en fil bobiné. Avec du maillechort ou du constantan, de diamètre 0,1 mm., on a des bobines assez compactes. On peut encore diminuer leur encombrement en utilisant du nichrome de 0,06 ou 0,08 mm. Ces bobines peuvent aussi convenir pour l'amplification des grandes longueurs d'onde ; elles ont, suivant les cas, des longueurs d'onde propres (très amorties) voisines de 6000 à 10 000 m.

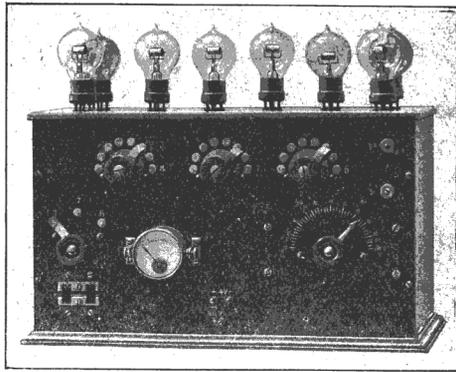


Fig. 7. — L'amplificateur Brillouin BR8.

Pour bâtir un amplificateur normal de T.S.F., il vaut mieux réaliser des résistances présentant moins de self-inductance. On peut en faire au moyen de papiers crayonnés, ou passés à l'encre de Chine, mais ces procédés de fabrication sont un peu irréguliers. Des bâtons agglomérés (Mullard) donnent souvent de meilleurs résultats. La forme la plus parfaite est le fin dépôt de métal sur verre, constitué par bombardement cathodique (fig. 6). Ces résistances sont très stables, d'une forme commode, et facilement interchangeables ; leur emploi constitue un très sérieux progrès technique.

Nous avons réalisé, d'autre part, un amplificateur à huit lampes, dit BR8, (fig. 7), qui constitue, encore actuellement, l'appareil donnant la plus puissante amplification avec une gamme de fonctionnement très étendue (de 1000 m. à 20 000 m. de longueur d'onde). Les six premières lampes sont montées

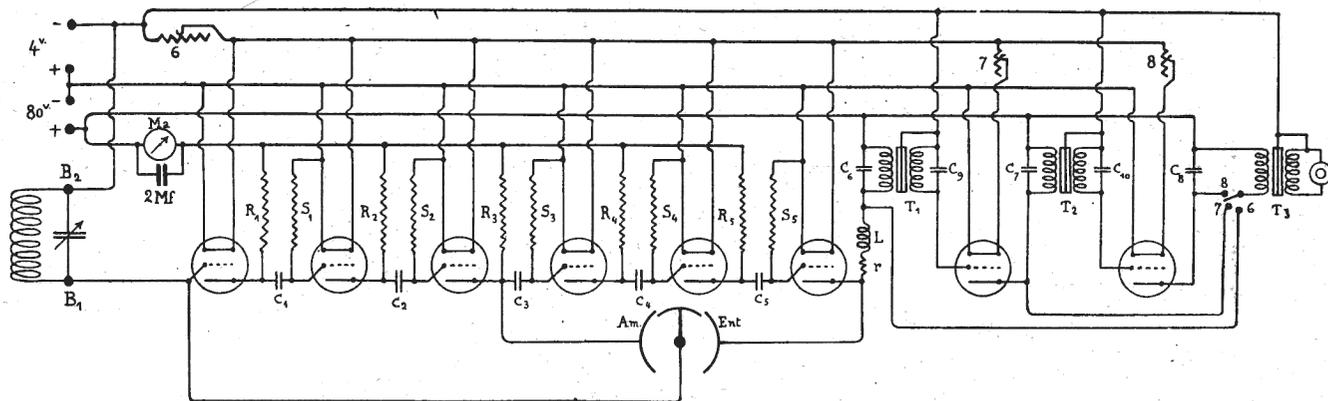


Fig. 8. — Schéma de l'amplificateur Brillouin BR8.

Les six premiers étages sont à haute fréquence à résistances ; les deux derniers sont à basse fréquence à transformateurs, avec transformateur de sortie. B_1, B_2 , bornes à relier au circuit oscillant Ma , milliampèremètre, shunté par un condensateur de deux microfarads ; L, r , bobine de self et de résistance destinée à faciliter l'accrochage à toutes les longueurs d'onde.

$$C_1 = C_2 = 0,0005 \text{ Mf.}$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = 0,00015 \text{ Mt.}$$

$$C_6 = 0,008 \text{ Mf.}$$

$$C_7 = C_8 = 0,006 \text{ Mf.}$$

$$C_9 = C_{10} = 0,001 \text{ Mf.}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 70\,000 \text{ ohms.}$$

$$S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = 5 \text{ mégohms.}$$

$$S_5 = 0,5 \text{ mégohm.}$$

T_1 et T_3 , transformateurs de rapport 1.

T_2 , transformateur de rapport 3.

Il y a deux lignes -4 v. , l'une passant par le rhéostat-interrupteur général 6 et servant à l'alimentation du filament de toutes les lampes ; l'autre reliée directement au négatif de la batterie de chauffage et à laquelle sont connectés les circuits de grille des lampes amplificatrices à basse fréquence.

Il y a, de même, deux lignes $+80 \text{ v.}$, l'une passant par le milliampèremètre, pour les circuits de plaque des lampes amplificatrices à haute fréquence ; l'autre n'y passant pas, pour ceux de la lampe détectrice et des lampes amplificatrices à basse fréquence.

La réaction de décrochage et d'accrochage se fait entre la grille de la première lampe et les plaques des lampes troisième et sixième. La masse des transformateurs, celle du casque et l'enroulement secondaire du transformateur de sortie sont reliés au pôle négatif de la batterie de chauffage. Un commutateur, placé sur le primaire du transformateur de sortie, permet de n'utiliser que l'amplification à haute fréquence, ou de lui adjoindre un ou deux étages d'amplification à basse fréquence. Les deux lampes amplificatrices à basse fréquence sont munies chacune d'un rhéostat-interrupteur servant à régler leur chauffage ou à les éteindre lorsqu'elles ne sont pas utilisées.

en amplificateur de haute fréquence à résistances, et les deux dernières en basse fréquence (fig. 8). On peut, avec cet appareil, recevoir tous les grands postes européens, en utilisant comme cadre une bobine de 10 à 15 cm. de diamètre ; un cadre de 1 m. à 1 m. 50 suffit pour la réception de l'Amérique, lorsque le brouillage par des postes puissants trop voisins n'est pas à craindre.

Nous avons réalisé bien d'autres combinaisons, des boîtes de réception mixtes, à résistances et à résonance, et surtout une grande installation antiparasite, avec une douzaine d'étages d'amplification, mais nous ne voulons pas, pour cette fois, entrer dans la description de ce dispositif. Nous espérons ne pas avoir trop abusé de la patience des lecteurs de la *T.S.F. Moderne*, et nous sommes heureux d'avoir eu l'occasion de leur présenter les amplificateurs à résistances. Peut-être serons-nous soupçonné de partialité, mais nous croyons pourtant que ces appareils sont parmi les plus pratiques et les plus souples que l'on connaisse en télégraphie sans fil.

LÉON BRILLOUIN

Docteur ès-Sciences

Ingénieur Conseil à la Société Indépendante de T.S.F.
