

P. HÉMARDINQUER

Ingénieur-Conseil

Chargé de Cours de l'Enseignement Technique

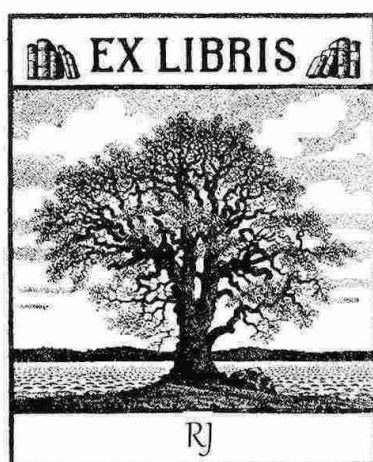
PROBLÈMES DE RADIOÉLECTRICITÉ

ACCOMPAGNÉS DE LEURS SOLUTIONS
ET D'EXERCICES D'APPLICATION

TOME III

PRINCIPES
ET FONCTIONNEMENT
DES APPAREILS
RADIOÉLECTRIQUES

Éditions Étienne CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6^e)



numérisé en février 2026 par Serge Laffont , 300dpi

PROBLÈMES
DE
RADIOTECHNIQUE GÉNÉRALE

P. HÉMARDINQUER
Ingénieur-Conseil
Chargé de Cours de l'Enseignement Technique

PROBLÈMES DE RADIOÉLECTRICITÉ

ACCOMPAGNÉS DE LEURS SOLUTIONS
ET D'EXERCICES D'APPLICATION

TOME III

PRINCIPES
ET FONCTIONNEMENT
DES APPAREILS
RADIOÉLECTRIQUES

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, Paris (6^e)

LE PRÉSENT OUVRAGE
est le complément
du TOME III de
LA T. S. F. EN 30 LEÇONS
PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT
DES
APPAREILS RADIOÉLECTRIQUES

Chaque fascicule du cours « **La T. S. F. en 30 leçons** » est accompagné d'une série importante de problèmes et d'exercices, dont les sujets correspondent aux sujets mêmes traités dans les leçons. *Le fascicule du cours contient les énoncés des problèmes* ; des fascicules séparés renferment les corrigés détaillés des différents problèmes en même temps que des conseils nombreux pour leur solution, et des formulaires-mementos des notions les plus indispensables.

L'étude et la solution de ces problèmes constituent pour tous ceux qui veulent étudier sérieusement les principes de la radioélectricité, quel que soit le but cherché, un travail efficace et nécessaire, n'exigeant, d'ailleurs, qu'un minimum de temps et de peine.

La solution des problèmes proposés peut aussi intéresser, évidemment, un élève ayant déjà suivi un autre cours, et qui pourra ainsi augmenter et préciser ses connaissances antérieures. Les corrigés détaillés sont très explicites ; ils permettent à l'élève de constater immédiatement la qualité des résultats trouvés par lui et de discerner les points faibles de ses connaissances.

Tous droits de traduction et de reproduction même partielle, réservés par les éditions E. CHIRON, Paris, 1947

PRÉFACE DU TOME III

Le troisième volume de cet ouvrage, qui termine une série de recueils de questions et problèmes de radiotechnique, suivant le programme exposé en tête du premier fascicule, et correspondant, en particulier, aux notions enseignées dans notre ouvrage « *La T. S. F. en 30 Leçons* », est composé d'après les mêmes principes que les deux premiers. Il est destiné à rendre des services identiques à tous ceux qui veulent étudier les bases et la pratique de la radioélectricité, ou perfectionner leurs connaissances déjà acquises.

Ce troisième tome renferme ainsi un ensemble de problèmes correspondant plus spécialement aux questions traitées dans le tome III de « *La T. S. F. en 30 Leçons* », et se rapportant, par conséquent, aux éléments et au fonctionnement des appareils radioélectriques, lampes de T. S., F. amplificateurs, récepteurs et émetteurs, ainsi qu'à leurs organes accessoires, en particulier, aux dispositifs d'alimentation et de contrôle.

Les premiers chapitres sont consacrés spécialement au fonctionnement et aux caractéristiques des différents types de lampes, détectrices, amplificatrices, et oscillatrices. Les problèmes suivants concernent les différentes méthodes d'amplification, les procédés de réception, la construction des appareils radioélectriques, les accessoires des différents montages, en particulier, les traducteurs électro-acoustiques, les dispositifs additionnels, et les perfectionnements des appareils les plus récents.

Suivant le principe déjà énoncé, le tome III de « *La T. S. F. en 30 Leçons* » contient à la fin du texte, sur des feuilles séparées, les énoncés des différents exercices et problèmes, dont les solutions sont exposées dans cet ouvrage. Mais, ces énoncés et ces solutions conservent tout leur intérêt, même pour des lecteurs qui ont déjà suivi un autre cours, ou ont étudié d'autres ouvrages, et qui désirent améliorer ou préciser les connaissances déjà acquises antérieurement.

Nous avons adopté la méthode de présentation également déjà exposée ; les problèmes et les différents exercices sont groupés par chapitres correspondant chacun à une étude déterminée, comme nous l'avons fait pour les leçons de notre cours « *La T. S. F. en 30 Leçons* ».

En tête de chaque chapitre, le lecteur trouvera encore les formules essentielles indispensables pour la solution des problèmes, rappelées très sommairement, dans un formulaire memento.

Il n'est plus nécessaire, dans ces conditions, de consulter un ouvrage séparé pour retrouver les expressions et les formules indispensables à la solution des problèmes proposés.

Cet ouvrage, comme les précédents, nous le rappellerons encore, doit servir essentiellement à faciliter le travail des élèves des écoles, et de tous ceux qui veulent s'instruire par eux-mêmes. Il n'est pas destiné à remplacer les séries de devoirs et les questionnaires des écoles sur place ou par correspondance. Il permettra, cependant, aux élèves de ces écoles d'exécuter plus aisément le travail qui leur est proposé.

P. H.

CHAPITRE XX

LA LAMPE DE T. S. F.

LA MATIÈRE ET L'ÉLECTRON.

Chaque *atome* de corps simple est différent par le nombre de ses particules composantes. On connaît avec précision 89 ou 90 corps simples, et il y en aurait au total 118, dont 94 actuellement découverts.

Le diamètre de l'atome est de l'ordre de 10^{-8} cm ; 1 g d'hydrogène en renferme 60×10^{22} (Nombre d'Avogadro).

Le *noyau* de l'atome est constitué par des corpuscules positifs ou protons et neutres, ou neutrons, dont la somme numérique est le poids atomique. La masse du *proton* vaut 1845 fois celle de l'*électron*.

Le nombre des *électrons planétaires* (autour du noyau) détermine le nombre ou numéro atomique du corps ; il est égal à celui des protons dans l'atome neutre.

A côté de l'électron négatif, on a été amené à considérer un électron positif ou positon.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉLECTRON.

La charge de l'électron a pour valeur $4,77 \times 10^{-10}$ unités électrostatiques C. G. S., $1,59 \times 10^{-20}$ unités électro-magnétiques C. G. S., ou $1,59 \times 10^{-19}$ coulomb ; c'est-à-dire la charge que porterait une sphère de $4,77 \times 10^{-10}$ cm de rayon chargée à 1 volt. Le diamètre de l'électron serait de l'ordre de 10^{-16} cm.

Un courant de 1 microampère correspondrait au passage de 6.000 milliards d'électrons par seconde dans le conducteur, ou 6×10^{12} .

Considérons un électron passant sous l'influence d'un champ électrique d'un point A_1 à un autre A_2 de potentiels respectifs V_1 et V_2 ; soient v_1 et v_2 les vitesses de l'électron aux mêmes points, m sa masse, et e sa charge.

Le travail du champ électrique s'exprime par la relation :

$$\frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) = e(V_2 - V_1).$$

Si la vitesse de départ v_1 au point A_1 est nulle, l'égalité devient :

$$\frac{1}{2} m v_2^2 = e(V_2 - V_1).$$

On en tire :

$$v_2 = \sqrt{\frac{2e}{m}(V_2 - V_1)}.$$

Le rapport de la charge à la masse de l'électron $\frac{e}{m}$ est de $5,32 \times 10^{-17}$ unités électro-statiques par gramme, et la masse au repos $8,99 \times 10^{-28}$ g, c'est-à-dire de l'ordre de la $1/1800^e$ partie de la masse de l'atome d'hydrogène.

PROCÉDÉS D'ÉMISSION ÉLECTRONIQUE ET EFFET EDISON.

L'évaporation électronique, ou émission électronique, peut être obtenue par différents procédés ; en particulier, on la constate dans une ampoule contenant un gaz à faible pression, et renfermant deux électrodes, entre lesquelles on applique une certaine différence de potentiel. L'électrode portée au potentiel positif attire les électrons libres, et la tension appliquée sur l'anode est en relation simple avec la vitesse ou l'énergie de l'électron, ce qui permet de définir ces données uniquement par cette tension.

Aux phénomènes de choc, sont assimilables les effets d'émission secondaire déterminés par des électrons frappant un corps solide avec une vitesse suffisante, de 20 à 30 V au minimum, et déterminant l'extraction d'électrons secondaires, animés d'une vitesse de projection inférieure à la vitesse de l'électron initial.

Dans une ampoule vide d'air, il se produit une émission électronique entre une cathode chauffée et une plaque portée à un potentiel positif (effet Edison). Soit E la différence de potentiel en volts, entre les deux électrodes considérées, et V_A la vitesse atteinte par l'électron au moment où il atteint l'anode. La vitesse atteinte peut être indiquée par une expression correspondant à celle déjà notée précédemment, et sous une autre forme :

$$V_A = \sqrt{\frac{2e}{m}E}.$$

On connaît le rapport $\frac{e}{m}$ de la charge à la masse de l'électron ; en remplaçant ce rapport par sa valeur dans la relation précédente, celle-ci devient :

$$V = 594\sqrt{E} \text{ kilomètres par seconde.}$$

On emploie souvent la formule approchée :

$$V = 600\sqrt{E} \text{ kilomètres par seconde.}$$

Cette formule est surtout vraie pour les électrons relativement lents.

VARIATIONS DE L'ÉMISSION ÉLECTRONIQUE.

L'émission électronique, obtenue par échauffement d'un métal ou d'un métalloïde suivant l'effet Edison, dépend de la nature et de la surface de la cathode, ainsi que de sa température absolue, des formes, et de la disposition relative des électrodes, de la différence de potentiel, de la nature, et de la pression du gaz dans l'ampoule, si le vide n'est pas absolu.

Dans une ampoule vide d'air, l'intensité I de l'émission, exprimée en milliam-pères par cm^2 , est indiquée par la formule de O. W. RICHARDSON :

$$I_m = a \sqrt{T} e^{-\frac{b}{T}}.$$

Dans cette formule, T est la *température absolue* de la cathode émissive, a et b des coefficients dépendant de la nature du conducteur, et indiqués pour certains métaux, par exemple, par le tableau suivant :

<i>Matières émissives</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Tungstène.....	24×10^6	52.500
Molybdène.....	22×10^6	50.000
Thorium.....	2×10^8	39.000
Tungstène thorié.....	349×10^6	36.600
Oxyde de baryum.....	11×10^7	19.600

La formule de RICHARDSON a été mise sous une forme équivalente par Dushman :

$$I_m = AT^2 e^{-\frac{B}{T}}.$$

Dans cette formule, A est une constante universelle égale à 120, et B une constante dépendant également de la nature de la cathode.

On utilise souvent aussi la formule de Langmuir, donnant une relation approximative entre l'intensité anodique en milliam-pères I_p , et la tension plaque en volts V_p , pour des intensités inférieures à la valeur de saturation :

$$I_p = KV_p^{1.5}.$$

Dans cette formule, K est un coefficient dépendant du rapport entre la longueur et le rayon de la plaque supposée cylindrique ; mais, il s'agit d'une formule approximative, ne tenant pas compte de l'intensité limite de saturation.

CARACTÉRISTIQUES DES LAMPES DIODES.

La notion de résistance indiquée par la loi d'Ohm, rapport entre une chute de potentiel et l'intensité du courant qui la produit, peut être étendue à la lampe diode, constituée par une cathode émissive d'électrons et une plaque portée à un potentiel positif, contenues dans une ampoule vide d'air, ou contenant un gaz à faible pression, et l'on peut considérer la *résistance interne* de ce système.

En raison du fait que le courant ne peut passer, en principe, que dans un sens, de la plaque vers la cathode, suivant la convention ordinaire, le conducteur est asymétrique, et la résistance n'est pas comparable à celle d'un conducteur ordinaire défini par la loi d'Ohm. Elle est définie par la relation :

$$\rho = \frac{\text{Variation de tension plaque}}{\text{Variation de courant plaque}}$$

Cette résistance interne n'est pas constante. Lorsqu'on étudie la *courbe caractéristique* d'une diode, c'est-à-dire la courbe représentative des variations du courant de plaque en fonction de la tension de plaque, on n'obtient pas une droite, mais une courbe contenant seulement une certaine partie plus ou moins rectiligne. La résistance interne n'est constante que pour les conditions de fonctionnement correspondant à cette partie rectiligne, et, dans certaines conditions, elle peut même devenir négative.

APPLICATIONS

207. — *On réalise un multiplicateur électronique comportant 7 plaques cibles. Le taux d'extraction électronique est de 10, et il existe d'une cible à la suivante une différence de potentiel de 160 volts. On demande quelle sera finalement la multiplication électronique obtenue.*

SOLUTION. — Un électron primaire venant frapper la première plaque cible en extrait 10 électrons secondaires, puisque le taux d'extraction électronique est de 10. Ces 10 électrons secondaires viennent frapper la seconde cible, et en extraient 10×10 , soit 10^2 électrons à leur tour, et ainsi de suite.

L'accroissement s'effectue en progression géométrique, et, sur la 7^e cible, on obtient théoriquement $10^7 = 10.000.000$ d'électrons secondaires.

Ce fonctionnement théorique est possible, la différence de potentiel entre chaque cible étant suffisante d'après l'énoncé.

208. — *Quelle est la quantité d'électrons passant par seconde dans un conducteur parcouru par un courant de 100 milliampères ? On rappelle que la charge électronique est de $1,59 \times 10^{-19}$ coulomb.*

SOLUTION. — La charge électronique étant de $1,59 \times 10^{-19}$ coulomb, un courant de 1 microampère correspond à peu près au passage de 6×10^{12} électrons par seconde dans le conducteur, et un courant de 1 milliampère au passage de 6×10^{15} électrons par seconde. Un courant de 100 milliampères correspond donc au passage de 6×10^{17} électrons par seconde.

209. — *Quelle serait la vitesse des électrons dans un tube à rayons cathodiques, dont l'anode serait portée à une tension positive de 40.000 volts ?*

SOLUTION. — Pour évaluer la vitesse des électrons dans un tube à rayons cathodiques, on peut utiliser la formule approchée :

$$V = 600\sqrt{E} \text{ kilomètres par seconde}$$

dans laquelle, V est la vitesse cherchée, et E la tension positive appliquée sur l'anode. En remplaçant les lettres par leurs valeurs, nous trouvons ici :

$$V = 600\sqrt{40.000} = 600 \times 200 = 120.000 \text{ kilomètres par seconde.}$$

210. — On veut redresser le courant alternatif du secteur 110 V, en utilisant un transformateur abaisseur de tension de rapport 1/30. On désire obtenir un courant continu de 3 milliampères au minimum dans une résistance de 200 ohms, et on peut utiliser à cet usage deux valves diodes, dont la première a une résistance interne de 500 ohms, et la deuxième une résistance interne de 200 ohms. Quelle diode doit-on employer ?

SOLUTION. — Puisque le courant alternatif du secteur a une tension efficace de 110 V, sa tension maximum est de $110 \sqrt{2} = 155,5$ V. On utilise un transformateur abaisseur de tension de rapport 1/30 ; la tension maximum obtenue au secondaire est ainsi de :

$$\frac{155,5}{30} = 5,18 \text{ volts}$$

en supposant le transformateur parfait.

La tension recueillie dans le secondaire, en supposant également le courant alternatif rigoureusement sinusoïdal, est une fonction sinusoïdale, dont la valeur

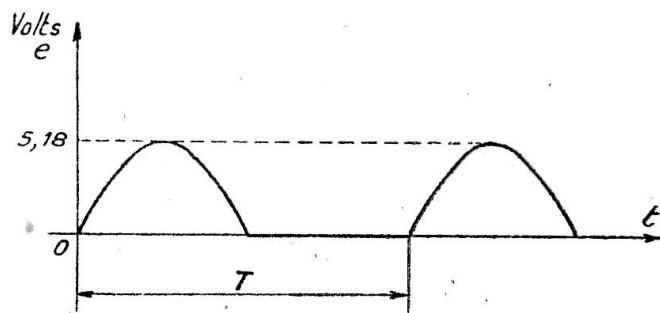


FIG. 1.

maximum est de 5,18 V. Mais, en employant une diode de redressement, le redresseur arrête une alternance sur deux, et la tension appliquée est représentée par une courbe constituée par des droites et des demi-sinusoïdes (fig. 1).

Pendant une demi-période du fonctionnement, la valeur moyenne, d'après les propriétés des sinusoïdes, est de :

$$\frac{5,18 \times 2}{\pi} = 3,4 \text{ volts.}$$

Pendant une période entière, cette valeur est donc de :

$$\frac{3,4}{2} = 1,7 \text{ V.}$$

Le circuit d'utilisation est constitué en tenant compte de la résistance interne de la diode adoptée, et de la résistance de charge de 200 ohms indiquée dans l'énoncé. Avec la première diode de 500 ohms, ce courant a donc pour valeur :

$$\frac{1,7}{500 + 200} = \frac{1,7}{700} = 0,00242 \quad \text{ou} \quad 2,42 \text{ mA.}$$

Avec la deuxième diode, d'une résistance interne de 200 ohms, il a également pour valeur :

$$\frac{1,7}{200 + 200} = \frac{1,7}{400} = 0,00425 \quad \text{ou} \quad 4,25 \text{ mA.}$$

On doit ainsi choisir la deuxième diode, puisque le courant obtenu est le plus élevé, et on aurait pu prévoir ce résultat, en comparant les résistances internes de chacune des diodes à la résistance de charge du circuit.

CHAPITRE XXI

LA LAMPE TRIODE

COURBES CARACTÉRISTIQUES DE LA TRIODE.

Le fonctionnement d'une triode est étudié en réalisant des *courbes caractéristiques* obtenues en faisant varier la tension appliquée sur une électrode, et en laissant les autres à un potentiel fixe.

On trace ainsi les *courbes tension-grille courant-plaque*, en faisant varier la polarisation de la grille, et en adoptant une tension plaque fixe dans chaque étude. On utilise également les *courbes tension-plaque courant-plaque*, en maintenant la polarisation de grille fixe, en modifiant les tensions plaque et en mesurant les courants plaque correspondants.

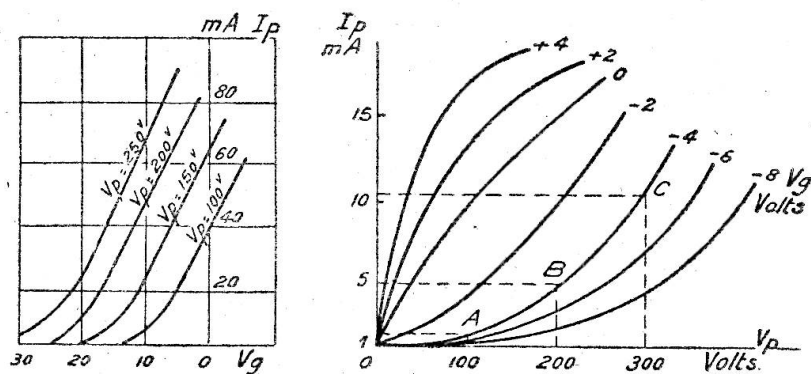


FIG. 2.

On obtient ainsi des *familles de courbes caractéristiques* de grille et de plaque (fig. 2).

On peut également étudier le *courant de grille* en fonction des variations de la tension grille, pour une tension plaque constante.

Sur ces différents réseaux de courbes, les tensions moyennes de grille et de plaque sont représentées sur la courbe correspondante par un *point de fonctionnement*, dont les coordonnées ont pour valeurs ces tensions moyennes.

CONSTANTES STATIQUES DE LA TRIODE.

Les *constantes d'utilisation* de la lampe : courant et tension de chauffage du filament, tension plaque et polarisation de grille, permettent de déterminer les caractéristiques des sources de courant nécessaires pour l'alimentation.

Pour choisir le type de lampe suivant le rôle qu'elle doit jouer dans l'appareil radioélectrique, il faut connaître les *constantes statiques*, ou données de fonctionnement de la lampe au repos, déduites des courbes caractéristiques statiques.

Les *caractéristiques dynamiques*, indiquant avec plus de précision le fonctionnement de la lampe dans les conditions normales d'utilisation, sont obtenues en appliquant des tensions alternatives sur la grille et des tensions moyennes continues sur les autres électrodes. On en déduit les *constantes dynamiques* correspondantes.

COEFFICIENT D'AMPLIFICATION.

Le *coefficient d'amplification*, désigné en France par la lettre K, est, par définition, le rapport entre la variation de tension plaque v_p et la variation de tension grille v_g produisant la même variation de courant plaque.

Soit une variation v_p de la tension plaque, à laquelle correspond une variation i_p du courant plaque ; si cette variation est réalisée également par une variation v_g de la tension de grille, le coefficient d'amplification a pour expression :

$$K = \frac{v_p}{v_g}.$$

Les Allemands considèrent le facteur inverse $\frac{1}{K}$, appelé *durchgriff* et désigné par la lettre D, constante exprimée en centièmes. On a donc par définition :

$$D = \frac{1}{K}.$$

Si l'on considère la capacité entre la cathode et la grille C_{kg} et la capacité entre la cathode et la plaque C_{kp} , le coefficient d'amplification K a également pour expression approximative pour des lampes de formes simples :

$$K = \frac{C_{kg}}{C_{kp}} \quad \text{ou plutôt} \quad K = -\frac{C_{kg}}{C_{kp}}.$$

Les variations de tension grille et plaque étant en sens contraire.

RÉSISTANCE INTERNE.

La *résistance interne* d'une triode, ou *résistance intérieure* ρ , est le rapport d'une variation de tension plaque v_p à la variation correspondante de courant plaque i_p pour une tension grille V_g constante :

$$\rho = \frac{v_p}{i_p}.$$

Elle est exprimée en ohms, unités de résistance et d'impédance, et elle n'est constante que pour les conditions de fonctionnement correspondant aux parties rectilignes des courbes caractéristiques.

PENTE.

La pente S est le rapport existant entre une variation en volts de la tension grille v_g , et une variation correspondante en milliampères du courant plaque i_p pour une tension-plaque déterminée. Elle est donc exprimée par la relation :

$$S = \frac{i_p}{v_g}$$

et évaluée ainsi en milliampères par volt.

La pente est aussi l'inclinaison de la partie rectiligne de la courbe caractéristique courant plaque tension grille au point de fonctionnement ; on peut la considérer comme un *coefficient d'amplification en intensité*, alors que le coefficient K est un *coefficient d'amplification en tension*.

La pente est appelée dans les pays anglo-saxons la *conductance mutuelle*, et elle est exprimée dans une unité appelée *mho*, inverse de l'ohm.

EQUATION DE LA LAMPE TRIODE.

Les trois constantes statiques sont reliées entre elles par la relation :

Coefficient d'amplification = pente $\times$ résistance interne.

Si la résistance interne est exprimée en ohms, et la pente S en milliampères par volt, cette relation peut s'écrire :

$$K = \frac{S \times \rho}{1.000}, \quad \text{soit} \quad \rho = 1.000 \times \frac{K}{S}, \quad \text{soit} \quad S = 1.000 \times \frac{K}{\rho}.$$

Dans les parties rectilignes de la courbe caractéristique, on peut rechercher également une relation reliant les différentes variables.

Si l'on indique par j la variation du courant de plaque, v la variation du potentiel de plaque, u la variation du potentiel de grille, cette équation peut s'écrire :

$$\rho j = v + Ku.$$

Elle n'est valable que pour des variations très faibles des tensions et des courants.

CARACTÉRISTIQUES DYNAMIQUES DE LA TRIODE.

Dans le circuit plaque de la lampe, se trouve normalement une *impédance de charge*, aux bornes de laquelle on recueille une tension amplifiée, et les variations de courant plaque se traduisent par des variations de tension. Ces variations de tension se superposent à la tension plaque moyenne ; le point figuratif

de fonctionnement P ne se déplace donc pas uniquement sur la courbe correspondant à une tension plaque considérée, mais sur différentes courbes correspondant aux différentes tensions-plaque produites (fig. 3).

La trajectoire constitue la *caractéristique dynamique* tension grille courant-plaque, et la courbe dynamique est, en pratique, très voisine d'une droite. Pour

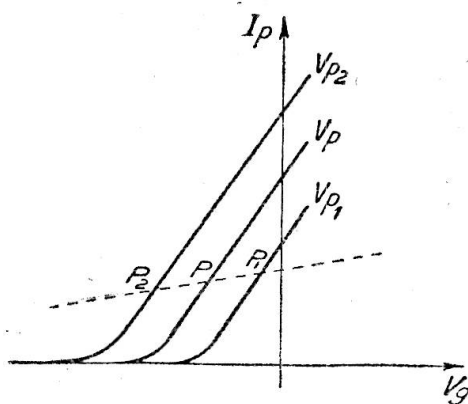


FIG. 3.

une résistance non inductive, on peut même l'assimiler à une droite ; la caractéristique dynamique tension-plaque courant-plaque prend alors le nom de *droite de charge*.

CONSTANTES DYNAMIQUES.

La *pente dynamique* de la lampe, ou pente de la droite de charge, est indiquée par l'expression :

$$S_d = \frac{K}{\rho + Z}.$$

Cette expression indique le *rapport d'amplification en intensité*.

Le *coefficient d'amplification en tension*, en tenant compte de l'impédance de charge Z , est indiqué également par l'expression :

$$K_d = \frac{KZ}{\rho + Z}.$$

Cette relation indique le *coefficient d'amplification dynamique*, ou *gain en tension* G de la lampe.

La *pente dynamique* est la caractéristique essentielle d'une lampe amplificatrice.

Si la résistance interne de la lampe est grande, l'expression de G peut s'écrire, avec les mêmes notations :

$$G = SZ,$$

APPLICATIONS

211. — On applique sur la plaque d'une lampe triode une tension de 100 volts ; la grille est réunie à la cathode ; le courant plaque est alors de 7 milliampères.

On applique ensuite sur la grille une polarisation négative de 2,5 volts, et le courant plaque s'abaisse à 5 milliampères.

On augmente la tension plaque, jusqu'au moment où le courant plaque de 7 milliampères est rétabli ; il a fallu augmenter la tension plaque de 25 volts.

Quelle est la constante statique de la lampe que cette opération permet de déterminer ? Indiquez la valeur ainsi trouvée.

SOLUTION. — On trouve le coefficient d'amplification d'une lampe en déterminant quelles sont les variations de la tension anodique et de la tension de grille produisant une même variation de courant anodique, et en prenant le rapport de ces deux quantités en volts.

C'est bien l'opération indiquée ici ; elle nous donne immédiatement le coefficient d'amplification de la lampe.

Soit K ce coefficient d'amplification, v_p l'augmentation de tension plaque en volts, v_g l'augmentation de la tension de grille, produisant la même variation du courant plaque. Nous avons par définition :

$$K = \frac{v_p}{v_g}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, nous trouvons :

$$K = \frac{25}{2,5} = 10.$$

212. — Une lampe triode a un coefficient d'amplification de 3 et une pente de 1 milliampère par volt. Quelle est sa résistance interne ? Une autre lampe a un coefficient d'amplification de 10, et une résistance interne de 10.000 ohms. Sa pente est-elle supérieure à celle de la première lampe, et, dans ce cas, dans quelles proportions ?

SOLUTION. — 1° Si nous connaissons le coefficient d'amplification K d'une lampe, ainsi que sa pente S en milliampères par volt, nous pouvons en déduire la résistance interne ρ , d'après l'expression connue :

$$\rho = 1.000 \times \frac{K}{S}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, nous avons ici :

$$\rho = 1.000 \times \frac{3}{1} = 3.000 \text{ ohms.}$$

2° Le problème est le même que précédemment, et nous pouvons encore utiliser la formule :

$$\rho = 1.000 \times \frac{K}{S}.$$

Cette formule peut s'écrire aussi, en fonction de la pente :

$$S = 1.000 \times \frac{K}{\rho}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, soit :

$K = 10$ et $\rho = 10.000$ ohms, il vient :

$$S = 1.000 \times \frac{10}{10.000} = 1 \text{ milliampère par volt.}$$

Les deux lampes ont donc *la même pente*, bien que leurs constantes soient différentes.

213. — *Une lampe a un courant plaque de 8 milliampères, pour une tension anodique de 100 volts, et une certaine tension grille. On augmente la tension anodique de 20 volts, le courant anodique augmente de 5 milliampères.*

Que pouvez-vous déduire de ces variations pour les caractéristiques de la lampe ?

SOLUTION. — L'opération indiquée revient, en réalité, à déterminer la variation de courant anodique correspondant à une certaine variation de tension plaque, pour une tension de grille constante.

C'est ainsi, par définition, la mesure de la résistance interne de la lampe, suivant l'expression :

$$\rho = \frac{v_p}{i_p}.$$

v_p et i_p étant les variations de tension et d'intensité anodiques.

Remplaçons les lettres par leurs valeurs ; il vient :

$$\rho = \frac{20}{0,005} = 4.000 \text{ ohms.}$$

214. — *Une triode présente un courant plaque de 5 milliampères, pour une tension plaque de 100 volts, et une polarisation de grille nulle par rapport à la cathode.*

On polarise la grille à — 2 volts ; le courant s'abaisse à 2 milliampères. Que pouvez-vous en déduire ?

SOLUTION. — L'opération indiquée consiste, en réalité, par définition, dans la recherche de la pente de la lampe S , en étudiant le rapport entre une certaine variation de tension grille en volts, et une variation correspondante du courant plaque en milliampères par une tension plaque constante. Si l'on appelle i_p et v_g ,

les variations de courant-plaque et de tension-grille correspondantes, on a, par définition :

$$S = \frac{i_p}{v_g}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient ici :

$$S = \frac{5 - 2}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ milliampère par volt.}$$

215. — Une lampe a une résistance interne de 20.000 ohms et un coefficient d'amplification de 20. Cette lampe fonctionne avec une tension-plaque de 160 volts, et une tension négative de grille de — 10 volts ; le courant de plaque est alors de 10 milliampères.

Par suite de variations de la tension d'alimentation, la tension plaque augmente de 10 volts et la tension grille de 0,5 volt ; puis, la tension plaque augmente encore de 10 volts ; mais, la tension grille diminue de 0,5 volt. Quelles sont les variations du courant plaque ?

SOLUTION. — Pour résoudre ce problème, utilisons l'équation donnant la relation entre les constantes statiques de la lampe et de la forme :

$$(1) \quad \rho j = v + Ku.$$

Dans cette équation, ρ est la résistance interne, j la variation du courant plaque, v la variation de la tension plaque, K le coefficient d'amplification, u la variation du potentiel de grille.

Nous pouvons tirer de cette équation la relation :

$$(2) \quad j = \frac{v + Ku}{\rho}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, d'après les indications de l'énoncé. Il vient :

$$j = \frac{10 + 20 \times 0,5}{20.000} = \frac{20}{20.000} = 1 \text{ milliampère.}$$

Le courant de plaque était de 10 milliampères, d'après l'énoncé ; comme il augmente de 1 milliampère, il devient donc de 11 milliampères.

Dans le deuxième cas envisagé par l'énoncé, la diminution de la tension-grille de 0,5 volt, se traduit par une augmentation algébrique de — 0,5 volt. Remplaçons encore les lettres par leurs valeurs, dans la relation (2) indiquée plus haut ; il vient :

$$j = \frac{10 + (20 \times (-0,5))}{20.000} = \frac{10 - 10}{20.000} = 0.$$

Ainsi, la variation du courant anodique dans ces conditions est nulle, et ce résultat pouvait être prévu à l'avance, d'après la définition même du coefficient d'amplification.

Ce dernier est ici de 20, et on obtient la même variation de courant plaque en augmentant la tension plaque de 10 volts, ou la tension de grille de $\frac{10}{20} = 0,5$ volt. Si les deux effets sont opposés, ils s'annulent.

216. — On étudie une lampe pour déterminer ses courbes caractéristiques classiques courant-plaque tension-grille à potentiel de plaque constant, et on relève les données ci-dessous :

Polarisation grille	Courant anodique pour $v_p = 100$ volts	Courant anodique pour $v_p = 120$ volts
— 20	0	0,1
— 15	0,1	2
— 10	2	4
— 5	4	6
0	6	8

Tracer les courbes caractéristiques correspondantes, et déduire approximativement de ces données les constantes caractéristiques de la lampe.

SOLUTION. — Traçons d'abord, de préférence, sur du papier millimétré les deux courbes caractéristiques, tension-grille courant-plaque de la lampe, pour les tensions indiquées de 100 volts et de 120 volts. Il nous suffit de porter en abscisses les valeurs de la polarisation de grille dans le sens négatif, et en ordonnées les valeurs de courant anodique en adoptant une certaine échelle. Utilisons, par exemple, l'échelle de 1 cm pour 5 volts pour la polarisation de grille, et de 1 cm pour 2 millampères pour le courant anodique.

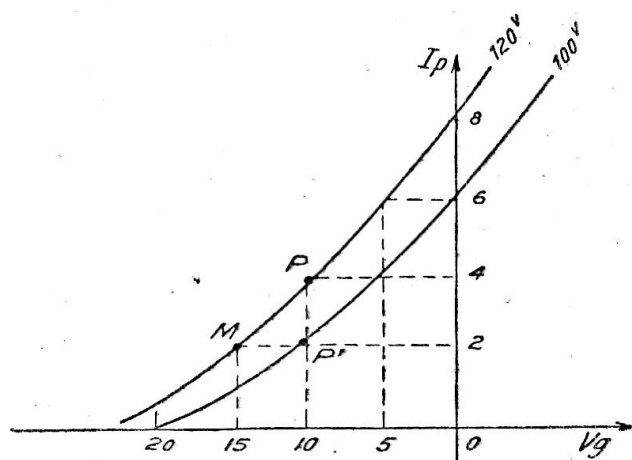


FIG. 4.

Considérons, maintenant, la partie rectiligne d'une des caractéristiques ; nous voyons que, pour un potentiel de grille constant de — 10 volts, par exemple, une variation de tension plaque de 20 volts, de 100 à 120 volts, produit une augmentation de courant plaque mesurée sur la figure par le vecteur PP' et correspondant à 2 millampères.

D'après la définition même de la résistance interne, celle-ci au point considéré a donc pour valeur :

$$\rho = \frac{20}{0,002} = 10.000 \text{ ohms.}$$

De même, les courbes nous montrent que pour maintenir constant le courant de plaque, lorsque la tension plaque augmente de 100 à 120 volts, il faut augmenter en valeur absolue le potentiel de grille de 5 volts, variation représentée par la longueur du segment MP'.

La figure 4 nous montre donc qu'une augmentation du potentiel de grille de 5 volts, produit sur le courant de plaque le même effet qu'une augmentation de la tension de plaque de 20 volts.

Par définition, le coefficient d'amplification de la lampe K a donc pour valeur :

$$K = \frac{20}{5} = 4.$$

Enfin, la pente de la caractéristique est déterminée géométriquement par l'inclinaison de la ligne PM, et a pour expression géométrique :

$$\frac{PP'}{MP'} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ milliampère par volt.}$$

Il nous est maintenant possible de vérifier, d'après ces données, la relation existant entre les constantes statiques de la lampe, soit :

$$\rho = 1.000 \frac{K}{S}.$$

Remplaçons ces constantes par leurs valeurs ; nous avons bien ici :

$$10.000 = 1.000 \times \frac{4}{0,4} = 1.000 \times 10.$$

217. — Une triode présente un coefficient d'amplification de 20, et une résistance interne de 20.000 ohms.

1° Quelle est sa pente ?

2° On augmente sa tension plaque de 10 volts, et sa tension grille de 0,5 volt. Comment varie le courant plaque ?

3° On augmente encore la tension plaque de 10 volts, mais on diminue la tension grille de 0,5 volt. Quelle sera la variation du courant anodique ?

SOLUTION. — 1° La relation existant entre les caractéristiques de la triode nous est donnée par l'expression :

$$\rho = 1.000 \frac{K}{S}, \text{ avec les notations habituelles. D'où :}$$

$$S = 1.000 \frac{K}{\rho}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, nous trouvons ici :

$$S = 1.000 \times \frac{20}{20.000} = 1 \text{ milliampère par volt.}$$

2° Cette question a été étudiée sous une autre forme dans le problème précédent N° 215. Pour la résoudre, il faut encore avoir recours à l'équation de la lampe :

$$\rho i = v + Ku$$

et nous trouvons, comme précédemment, qu'une augmentation de la tension grille de 0,5 volt détermine une augmentation du courant plaque de 1 milliampère, lorsque la tension plaque augmente de 10 volts.

3° Comme nous l'avons déjà montré dans le problème 215, lorsqu'on augmente la tension plaque de cette lampe de 10 volts, et qu'on diminue la tension grille de 0,5 volt, les deux actions opposées se compensent, et le courant plaque de la lampe ne varie pas.

218. — Une lampe a un coefficient d'amplification de 30, et une pente de 10 milliampères par volt. Quelle est sa résistance interne ?

SOLUTION. — Connaissant le coefficient d'amplification K d'une lampe, ainsi que sa pente S , nous pouvons en déduire la résistance interne, d'après la formule :

$$\rho = 1.000 \frac{K}{S}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$\rho = 1.000 \frac{30}{10} = 3.000 \text{ ohms.}$$

219. — On étudie une lampe triode. En laissant la tension grille fixe et en faisant varier la tension plaque de 20 volts, le courant plaque varie de 1 milliampère.

La même variation du courant plaque peut être obtenue en laissant la tension plaque fixe, et en faisant varier la tension grille de 2 volts. Calculer, d'après ces résultats, la résistance interne, la pente, et le coefficient d'amplification de la triode.

SOLUTION. — 1° Par définition, la résistance interne de la lampe ρ a pour expression :

$$\rho = \frac{v_p}{i_p}.$$

v_p et i_p étant encore les variations de tension et de courant plaque.

Pour la lampe considérée, nous avons ici, en remplaçant les lettres par leurs valeurs, puisque pour une variation de tension plaque de 20 volts, le courant plaque varie de 1 milliampère.

$$\rho = \frac{20}{0,002} = 20.000 \text{ ohms.}$$

2° La même variation du courant plaque i_p est obtenue en laissant la tension de plaque v_p fixe, et en faisant varier la tension-grille V_g de la quantité v_g . Par définition, l'expression :

$$S = \frac{i_p}{v_g}$$

est la pente de la lampe.

En remplaçant les lettres par les valeurs qui nous sont données dans l'énoncé, nous avons ici :

$$S = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ milliampère par volt.}$$

3° D'après les indications données plus haut, on obtient la même variation du courant plaque en faisant varier la tension plaque de 20 volts, et en faisant varier la tension grille de 2 volts. Par définition, le coefficient d'amplification de la lampe K est donc de $\frac{20}{2} = 10$.

Nous pouvons finalement vérifier la relation existant entre les différentes constantes statiques de la lampe :

$$\rho = 1.000 \frac{K}{S}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, nous trouvons bien :

$$20.000 = 1.000 \frac{10}{0,5} = 1.000 \times 20.$$

CHAPITRE XXII

LES DIFFÉRENTS TYPES DE LAMPES DE T. S. F.

INCONVÉNIENTS DE LA TRIODE.

Un des principaux inconvénients de la triode consiste dans l'importance de ses *capacités internes* entre électrodes ; en particulier, l'espace cathode-grille peut être considéré comme shunté par un condensateur d'une capacité plus grande que la capacité statique entre électrodes.

Soit C_{kg} la capacité cathode-grille et C_{gp} la capacité grille-plaque, on démontre que l'on a en valeur absolue :

$$C_{kg} = C_{gp}(K + 1).$$

Pendant le fonctionnement, le coefficient d'amplification statique K est remplacé par le coefficient d'amplification dynamique, ou gain, G , et cette capacité cathode-grille a pour expression :

$$C_{kg} = C_{gp}(G + 1).$$

L'impédance de charge Z peut également être considérée comme shuntée par la résistance interne ρ de la lampe. Il peut alors se produire un amortissement important, et la sélectivité est réduite.

CARACTÉRISTIQUES DE LA LAMPE A ÉCRAN.

Le coefficient d'amplification dynamique de la lampe à écran, ou gain en tension, est encore exprimé, comme pour la triode, par la relation :

$$K_d = G = K \frac{Z}{Z + \rho}.$$

Étant donné la résistance interne très élevée de ce genre de lampe, le gain en tension peut être exprimé par la relation :

$$K_d = G = SZ.$$

La caractéristique intéressante dans une lampe à écran est ainsi essentiellement la pente ; celle-ci est maximum pour une tension d'écran égale à la moitié de la tension de plaque.

CARACTÉRISTIQUES DES PENTODES.

La *pente dynamique*, dans les pentodes basse fréquence, a pour expression :

$$S_d = \frac{K}{Z + \rho}.$$

et, comme dans la triode, la résistance interne est alors relativement faible.

Dans les lampes amplificatrices de tension, la résistance interne devient très grande vis-à-vis de l'impédance de charge ; l'expression se simplifie alors, et se ramène à la relation ordinaire :

$$S_d = \frac{K}{\rho}.$$

L'impédance de charge optimum a pour expression :

$$Z = \frac{V_p}{I_p} \quad V_p \text{ et } I_p \text{ étant la tension plaque et le courant plaque.}$$

APPLICATIONS

220. — Une lampe pentode a un coefficient d'amplification de 200, et une résistance interne de 80.000 ohms, une pente de 2,5 milliampères par volt. On applique sur la plaque une tension de 250 volts et le courant-plaque est alors de 25 milliampères.

1° On applique sur la grille une différence de potentiel alternative de 100 millivolts. Quelle est la valeur optima de l'impédance de charge à insérer dans le circuit de plaque ?

2° On insère dans le circuit de plaque un bobinage de liaison. On demande la valeur de la différence de potentiel appliquée aux bornes de ce bobinage.

SOLUTION. — 1° On admet que l'impédance optimum Z à placer dans le circuit de charge d'une pentode est donnée par l'expression :

$$Z = \frac{V_p}{I_p}.$$

Dans laquelle V_p est la tension appliquée sur l'anode, et I_p le courant continu de plaque pour cette tension. Nous avons donc ici :

$$Z = \frac{250}{0,025} = 10.000 \text{ ohms.}$$

2° L'amplification effective, ou gain d'amplification, pour une pentode à forte résistance interne, d'après la formule précédente, peut être exprimée en fonction de l'impédance du circuit d'utilisation.

Le gain d'amplification effectif sera donné par l'expression :

$$G = SZ.$$

Dans laquelle S est la pente, et Z l'impédance de charge ; et, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$G = \frac{2,5 \times 10.000}{1.000} = 25.$$

La différence de potentiel appliquée aux bornes du bobinage sera donc de :

$$100 \times 25 = 2500 \text{ millivolts} = 2,5 \text{ volt.}$$

221. — *Un récepteur H. F. est équipé avec des lampes d'une résistance intérieure ρ de 400.000 ohms, et d'une pente S de 1 milliampère par volt. L'impédance de charge Z est de 200.000 ohms. La réception s'effectue sur 1.000 mètres de longueur d'onde.*

Le champ de l'émetteur considéré est de 10 microvolts par mètre, au lieu d'installation. La réception est obtenue avec un cadre carré de 10 spires de 1,50 mètre de côté ayant un coefficient de surtension de 100.

Calculez la tension appliquée sur la grille de la première lampe HF, et l'amplification par étage.

SOLUTION. — 1° Calculons l'amplification par étage. Le gain d'amplification G a pour expression (Voir page 44) :

$$G = K \frac{Z}{\sqrt{\rho^2 + Z^2}}.$$

Le coefficient d'amplification K a, d'autre part, pour expression :

$$K = \rho \frac{S}{1.000} = \frac{400.000 \times 1}{1.000} = 400.$$

G a donc pour expression, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$G = 400 \times \frac{200.000}{\sqrt{16 \times 10^{10} + 4 \times 10^{10}}} = 400 \times \frac{2}{\sqrt{20}} = 179.$$

Calculons la force électromotrice induite dans le cadre. Celle-ci a pour expression, d'après une formule donnée dans le Tome II :

$$e = 2\pi nS \times \frac{F}{\lambda},$$

Dans laquelle, F est le champ exprimé en volts par centimètre, n le nombre de spires, S la surface, λ la longueur d'onde de réception en cm. On nous donne F en microvolts par mètre ; en exprimant en volts par cm, il vient :

$$e = 6,28 \times 10 \times 150 \times 150 \times 10^{-7} \times 10^{-5} = 141,3 \text{ microvolt.}$$

Puisque la surtension aux bornes du cadre est de 100, la tension recueillie et appliquée sur la grille de la première lampe HF a pour valeur :

$$E = 100e = 100 \times 141,3 = 14.130 \text{ microvolts} = 0,01413 \text{ volt.}$$

222. — Une pentode présente une pente de 3 milliampères par volt ; l'impédance de charge adoptée est de 100.000 ohms. Calculez le gain d'amplification obtenu,

SOLUTION. — Le gain d'amplification de la pentode, dont la résistance interne est très élevée, est indiqué par l'expression pratique :

$$G = SZ$$

S étant la pente en ampères par volt, et Z l'impédance de charge en ohms.

Remplaçons les lettres par leurs valeurs d'après l'énoncé, il vient simplement :

$$G = \frac{3}{1.000} \times 100.000 = 300.$$

223. — Une lampe à écran a une résistance intérieure ρ de 1 mégohm, un coefficient d'amplification de 900. Elle est montée en amplificatrice à résistance avec une résistance de plaque de 100.000 ohms.

Calculez le gain en tension de cette lampe.

SOLUTION. — Le gain d'étage est exprimé pour cette lampe, comme pour la triode, par la relation :

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

Dans laquelle, K est le coefficient d'amplification, ρ la résistance interne, et R la résistance de charge. Le gain en tension a donc ici pour expression :

$$G = 900 \frac{100.000}{1.100.000} = 90 \text{ environ.}$$

224. — Dans une pentode à pente variable, la pente est de 1,5 milliampère par volt, pour une polarisation minimum. Pour la polarisation maximum, cette pente s'abaisse à 0,002 milliampère par volt.

Calculez la variation correspondante du gain en tension obtenu.

SOLUTION. — Dans une pentode de ce genre, le gain G peut être exprimé, pour une impédance de charge Z, par la relation :

$$G = SZ,$$

S étant la pente en ampères par volt.

Supposons que l'impédance soit de 200.000 ohms ; pour la polarisation minimum, la pente est de 1,5 milliampère par volt, et le gain a pour valeur :

$$G_1 = 0,0015 \times 200.000 = 300.$$

Pour une polarisation maximum, la pente n'est plus que de 0,002 milliampère par volt, et le gain a alors pour expression :

$$0,000002 \times 200.000 = 0,4.$$

Il n'y a plus amplification, mais, au contraire, diminution de l'amplitude du signal appliqué.

CHAPITRES XXIII et XXIV

LES TRANSFORMATIONS DES LAMPES DE T. S. F. LA LAMPE DETECTRICE ET OSCILLATRICE

LAMPE DIODE DÉTECTRICE.

Dans le montage à lampe diode détectrice, le circuit comprenant la capacité et la résistance détectrice doit avoir une constante de temps CR beaucoup plus élevée que la période du courant appliqué, et, par exemple, dix fois plus grande que cette période.

Pour déterminer la capacité du condensateur C , on considère que sa capacitance doit être faible par rapport à l'impédance pour les courants HF, et il doit s'opposer, au contraire, au passage des oscillations à fréquence musicale correspondant aux sons aigus.

Cette capacitance, pour une pulsation ω correspondant à une fréquence F , a pour valeur $\frac{1}{C\omega}$; elle doit être très inférieure à la valeur de la résistance R .

En HF, la capacitance doit donc être faible, et relativement élevée en basse fréquence ; il y a un compromis à trouver.

LA LAMPE OSCILLATRICE.

Considérons une lampe oscillatrice, en supposant que la résistance du circuit oscillant de plaque ou de grille ait une certaine valeur R , et soit ρ la résistance interne de la lampe. La pulsation ω des oscillations entretenues est exprimée par la relation :

$$\omega^2 = \left(1 + \frac{R}{\rho}\right) \frac{1}{L_1 C_1}.$$

L_1 et C_1 étant le coefficient de self-induction et la capacité du circuit.

Si R est très faible vis-à-vis de ρ , l'expression se ramène à la forme bien connue :

$$\omega^2 = \frac{1}{L_1 C_1} \quad (\text{fig. 5}).$$

La fréquence des oscillations entretenues est alors définie approximativement par la formule de Thomson :

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}.$$

Ces oscillations ne peuvent, d'ailleurs, se produire que si le circuit est peu amorti, c'est-à-dire si la valeur de la résistance satisfait, par rapport au coefficient de self-induction et à la capacité, à la condition :

$$R \leq 2\sqrt{\frac{L_1}{C_1}}.$$

Pour réduire l'amortissement, on introduit dans le circuit oscillant une énergie additionnelle compensatrice. Le courant variable de plaque I_p de pulsation

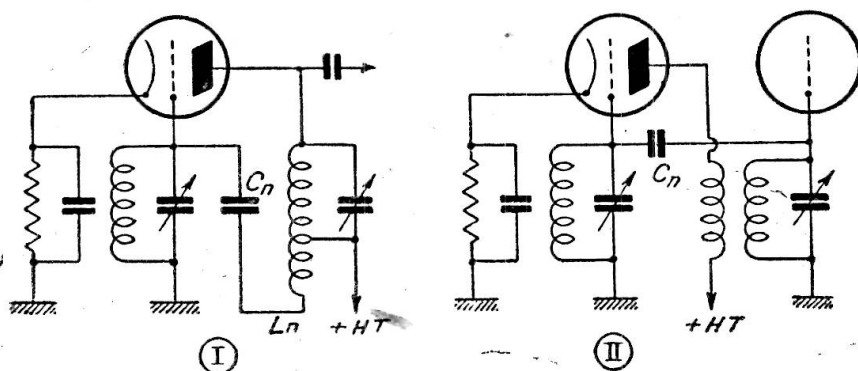


FIG. 5.

ω produit par induction dans la bobine de grille, dont le couplage a pour valeur M , une force électromotrice e indiquée par l'expression :

$$e = M\omega I_p.$$

Le couplage est réalisé de telle sorte que le coefficient d'induction M soit négatif. L'induction mutuelle limite M_0 , nécessaire pour permettre l'entretien des oscillations, a pour expression :

$$M_0 = \frac{1}{K}(L_1 + C_1 R \rho).$$

Dans laquelle, K est le coefficient d'amplification de la lampe, L_1 , C_1 , R , les coefficients de self-induction, capacité, et résistance du circuit, et ρ la résistance interne de la lampe.

PRINCIPE DE LA RÉACTION.

La *réaction* consiste à ramener vers l'entrée d'un appareil une partie de l'énergie recueillie à la sortie, pour obtenir une amplification supplémentaire, ou un effet particulier.

La *réaction positive*, ou *régénération*, consiste à envoyer vers l'entrée une tension en phase avec la tension d'entrée, ce qui introduit un effet de résistance négative, se retranchant de la résistance fournie.

Si la tension de réaction est en opposition de phase avec la tension d'entrée, la réaction est *négative*; il se produit un phénomène de *contre-réaction* ou *dégénération*.

La fraction α de la tension de sortie ramenée vers l'entrée est le *taux de réaction*. Soit $\bar{G}$ le gain en l'absence de réaction, l'amplification obtenue en faisant agir la réaction a pour expression :

$$A = \frac{G}{1 - \alpha G}.$$

La résistance négative virtuelle introduite dans le circuit d'entrée par le dispositif de réaction, dans le cas d'une seule lampe amplificatrice, a pour expression :

$$R_r = \frac{SM}{C_1}.$$

Dans laquelle, S est la pente de la lampe, C_1 la capacité du circuit d'entrée, et M le coefficient d'induction mutuelle des bobinages d'entrée et de sortie.

LAMPE DÉTECTRICE A RÉACTION.

Dans la lampe détectrice à réaction, le gain d'amplification réalisé par la réaction positive pour la réception des ondes modulées a encore pour expression, comme précédemment :

$$A = \frac{G}{1 - \alpha G}.$$

Pour un couplage limite, la résistance négative compense complètement la résistance effective. A ce moment :

$$1 - \alpha G = 0 \quad \alpha G = 1.$$

Le gain est théoriquement infini, mais la lampe devient oscillatrice.

La fréquence d'oscillation du système dépend de la fréquence propre du circuit d'entrée $L_1 C_1$, mais s'en écarte plus ou moins. La pulsation ω est encore indiquée par l'expression donnée précédemment :

$$\omega^2 = \left(1 + \frac{R}{\rho}\right) \frac{1}{L_1 C_1}.$$

Elle dépend ainsi de la résistance R , résistance réelle du circuit, et, par conséquent, du coefficient de réaction.

APPLICATIONS

225. — *Un poste d'émission à lampes transmet à une antenne un courant de 50 ampères à la base ; la résistance de l'antenne est de 3 ohms. Calculez la puissance transmise à l'antenne.*

SOLUTION. — La puissance transmise à l'antenne a simplement pour expression $P = RI^2$, dans laquelle R est la résistance, et I l'intensité du courant.

Nous avons donc ici :

$$P = 3 \times 50^2 = 3 \times 2.500 = 7.500 \text{ watts} = 7,5 \text{ kilowatts.}$$

226. — *Un poste émetteur à lampes envoie dans une antenne un courant de 30 ampères à une fréquence de 120.000 c/s. La hauteur effective de l'antenne est de 25 mètres et sa résistance totale est de 4 ohms. Calculez la puissance mise par les lampes dans l'antenne, et la puissance rayonnée.*

SOLUTION. — D'après une formule indiquée dans le tome II, la résistance de rayonnement d'une antenne a pour expression :

$$(1) \quad R_r = \frac{160\pi^2 h_e^2}{\lambda^2}.$$

Dans laquelle, h_e est la hauteur effective, et λ la longueur d'onde de l'émission transmise.

$$\lambda = \frac{V}{F} = \frac{3 \times 10^8}{12 \times 10^4} = \frac{1 \times 10^4}{4} = 2.500 \text{ m.}$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs dans la formule (1), il vient :

$$R_r = \frac{1.600 \times 25^2}{2.500^2} = \frac{1.600}{100^2} = \frac{16}{100} \text{ d'ohm,}$$

La puissance rayonnée a alors pour valeur :

$$P_r = R_r I_{\text{eff}}^2 = \frac{16}{100} \times 30^2 = 16 \times 9 = 144 \text{ watts.}$$

La puissance mise par les lampes dans l'antenne est simplement de :

$$P = RI^2 = 4 \times 30^2 = 3.600 \text{ watts.}$$

227. — *Considérons à nouveau le poste précédent. La puissance alimentation de l'installation est de 5 kilowatts. Calculez le rendement des lampes et du poste émetteur.*

SOLUTION. — Le rendement des lampes d'un poste est exprimé par le rapport de la puissance fournie à l'antenne à la puissance alimentation.

Dans le problème précédent N° 226, nous avons calculé que la puissance mise par les lampes dans l'antenne était de 3.600 watts. Le rendement des lampes a donc pour valeur, d'après l'énoncé :

$$R_e = \frac{3.600}{5.000} = \frac{3,6}{5} = \frac{7,2}{10} = 72 \, \%.$$

Nous avons également calculé que la puissance rayonnée par l'antenne était de 144 watts ; le rendement du poste émetteur serait donc de même :

$$R'_e = \frac{144}{5.000} = \frac{1,44}{50} = 2,88 \, \%.$$

228. — *On utilise dans un émetteur une triode à grande puissance à circulation d'eau. Le filament est parcouru par un courant de 50 ampères sur une tension de 16 volts. La tension anodique est de 10.000 volts, et le courant filament plaque de 2,02 ampères.*

On fait osciller la lampe d'une façon continue en relation avec une antenne ; on la refroidit avec un courant d'eau d'un débit horaire de 360 litres.

Lorsque le régime de fonctionnement est stabilisé, on note les températures t_1 et t_2 d'entrée et de sortie de l'eau dans la lampe à l'aide de deux thermomètres. On trouve $t_1 = 20^\circ$ et $t_2 = 35^\circ$.

Calculez, d'après ces données, le rendement de la lampe triode. On prendra $E = 4.200$ joules.

SOLUTION. — Le filament étant alimenté avec un courant de 50 ampères sous une tension de 16 volts, la puissance fournie est de :

$$P_f = 16 \times 50 = 800 \text{ watts.}$$

De même, le courant plaque étant de 2,02 ampères sous une tension de 10.000 volts, la puissance fournie à la plaque est de :

$$P_p = 10.000 \times 2,02 = 20.200 \text{ watts.}$$

La puissance totale P_i fournie à la lampe est donc de :

$$P_i = 800 + 20.200 = 21.000 \text{ watts.}$$

L'élévation de température de l'eau de refroidissement est, d'autre part, de :

$$t_1 - t_2 = 35^\circ - 20^\circ = 15^\circ.$$

Le débit horaire étant de 360 litres, le débit par seconde est de :

$$\frac{360}{3.600}.$$

L'équivalent de la petite calorie étant de 4,2, la puissance absorbée par l'eau est de :

$$P_a = \frac{360}{3.600} \times 1.000 \times 4,2 \times 15 = 6.300 \text{ watts.}$$

Cette puissance correspond à la puissance perdue.

La puissance utile est donc de :

$$P_u = 21.000 - 6.300 = 14.700 \text{ watts.}$$

Et le rendement de la lampe a pour valeur :

$$\frac{P_u}{P_i} = \frac{14.700}{21.000} = \frac{147}{210} = 0,7 = 70 \text{ \%}.$$

229. — Reprenons le même montage. Le courant envoyé dans l'antenne est de 70 ampères.

Calculez la puissance fournie dans l'antenne et la résistance apparente de celle-ci.

SOLUTION. — La puissance fournie au circuit d'antenne par la lampe émettrice est, nous l'avons vu précédemment, de :

$$P_u = 21.000 - 6.300 = 14.700 \text{ watts.}$$

Soient R la résistance de l'antenne et I l'intensité du courant qui la parcourt ; la puissance fournie peut être également exprimée par la relation :

$$P_u = RI^2.$$

Nous pouvons en déduire la résistance apparente R :

$$R = \frac{P_u}{I^2}.$$

Or, $P_u = 14.700$ watts, et, d'après l'énoncé, $I = 70$ ampères. Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$R = \frac{14.700}{70^2} = \frac{14.700}{4.900} = 3 \text{ ohms.}$$

230. — Un oscillateur à lampes envoie dans une antenne un courant de 250 milliampères ; la tension plaque appliquée est de 8.000 volts.

1° Calculez la puissance fournie par la source d'alimentation et la puissance dissipée en haute fréquence, le rendement étant de 50 %.

2° Quelle est la valeur du courant dans le circuit oscillant, dont la résistance ohmique est de 10 ohms ?

SOLUTION. — 1° La puissance P_a fournie par la source d'alimentation a pour valeur :

$$P_a = 8.000 \times \frac{250}{1.000} = 2.000 \text{ watts.}$$

Le rendement étant de 50 %, la puissance haute fréquence P_u a pour valeur :

$$P_u = \frac{2.000 \times 50}{100} = 1.000 \text{ watts.}$$

2° La puissance haute fréquence a également pour expression :

$$P_u = RI^2,$$

R étant la résistance ohmique du circuit oscillant, et I l'intensité du courant dans ce circuit. On en tire :

$$I^2 = \frac{P_u}{R}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs,

$$I^2 = \frac{1.000}{10} = 100 \quad I = 10 \text{ ampères.}$$

231. — Un montage oscillateur est monté avec un circuit oscillant comportant une capacité de 4/1.000 microfarad et un bobinage de 240 microhenrys. La résistance haute fréquence du bobinage est de 10 ohms, la résistance interne de la lampe de 30.000 ohms, le coefficient d'amplification de 80.

1° Calculez la valeur minimum du couplage entre le bobinage de grille et le bobinage de plaque, pour la limite d'entretien des oscillations.

2° Quelle est la valeur minimum du coefficient de self-induction du bobinage de grille ?

SOLUTION. — 1° Si l'on appelle M_0 la valeur minimum du coefficient de

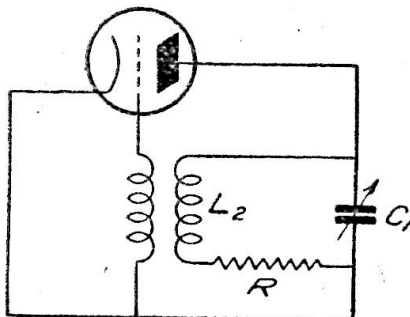


FIG. 6.

couplage entre le bobinage de grille et le bobinage de plaque, on sait que cette valeur est exprimée par la relation (fig. 6) :

$$M_0 = \frac{1}{K}(L_1 + C_1 R \rho).$$

Dans laquelle, K est le coefficient d'amplification de la lampe oscillatrice, L_1 , C_1 , R, les coefficients de self-induction, capacité, et résistance du circuit oscillant, et ρ la résistance interne de la lampe.

Remplaçons les lettres par leurs valeurs :

$$M_0 = \frac{1}{80} \left(\frac{240}{10^6} + \frac{4}{10^9} \times 10 \times 30.000 \right).$$

$$M_0 = \frac{1}{80} \left(\frac{240.000 + 40 \times 30.000}{10^9} \right) \\ = \frac{1}{80} \left(\frac{1.440.000}{10^9} \right) = \frac{1}{80} \left(\frac{1.440}{10^6} \right).$$

$$M_0 = 18 \text{ microhenrys.}$$

2° Soit L_2 la valeur minimum du coefficient de self-induction du bobinage de grille, celle-ci doit satisfaire à la relation :

$$M_0 = \sqrt{L_1 L_2}.$$

Remplaçons M_0 et L_1 par leurs valeurs, il vient :

$$18 = \sqrt{240 \times L_2} \quad 324 = 240 L_2$$

$$L_2 = \frac{324}{240} = 1,33 \text{ microhenry environ.}$$

En réalité, on emploie un bobinage ayant un coefficient de self-induction de valeur beaucoup plus élevée, mais avec un couplage mutuel plus réduit.

232. — *La puissance d'un poste émetteur transmettant sur 3.000 mètres de longueur d'onde est de 37,5 kilowatts.*

On utilise une antenne dont la hauteur effective est de 50 mètres, et la résistance totale de 1 ohm, et l'on demande la valeur approchée du courant dans cette antenne.

On demande également la résistance de rayonnement de l'antenne qui a pour expression :

$$R_r = 160\pi^2 \frac{h_e^2}{\lambda^2}.$$

Avec les notations habituelles.

SOLUTION. — 1° D'après la formule de la résistance de rayonnement R_r , celle-ci a pour expression :

$$R_r = 160\pi^2 \frac{h_e^2}{\lambda^2},$$

h_e étant la hauteur effective de l'antenne, et λ la longueur d'onde de l'émission.

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, nous avons ici :

$$R_r = \frac{1.600 \times 50^2}{3.000^2} = \frac{16 \times 25 \times 10^4}{9 \times 10^6} = \frac{16 \times 25}{9 \times 100} = \frac{4}{9} \text{ d'ohm.}$$

2° La puissance antenne a , d'autre part, pour expression :

$$P_a = R_a I^2.$$

I étant l'intensité du courant dans l'antenne, et R_t la résistance totale ; d'où :

$$I = \sqrt{\frac{P_u}{R_t}}$$

Et, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$I = \sqrt{\frac{37.500}{1}} = \sqrt{37.500} = 193 \text{ ampères.}$$

233. — Un oscillateur à lampes est alimenté sous une tension de 10.000 volts à travers deux résistances R_1 et R_2 montées en série dans une branche du circuit (fig. 7).

La valeur de la résistance R_2 est de 16.250 ohms, et la résistance R_1 peut dissiper 15 kilowatts.

En parallèle, entre R_1 et R_2 , on intercale pour la manipulation une résistance

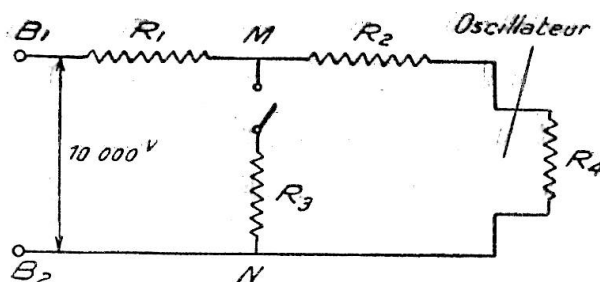


FIG. 7.

R_3 , dont la valeur est déterminée de façon que la puissance dissipée dans la résistance R_1 soit de 15 kilowatts. La puissance totale fournie par l'oscillateur est de 20 kilowatts.

Calculez la valeur de la résistance R_1 .

SOLUTION. — L'oscillateur fonctionnant avec une tension alimentation de 10.000 volts, et pouvant fournir au total, entre les points B_1 et B_2 , une puissance de 20 KW, l'intensité du courant débité par le générateur a pour valeur :

$$I_0 = \frac{20.000}{10.000} = 2 \text{ ampères.}$$

La puissance dissipée dans la résistance R_1 est, d'autre part, d'après l'énoncé, de 15.000 watts, et elle a pour expression :

$$P_d = R_1 I_0^2.$$

Nous en tirons :

$$R_1 = \frac{P_d}{I_0^2} = \frac{15.000}{4} = 3.750 \text{ ohms.}$$

234. — On reprend le même montage d'oscillateur. Lorsque le manipulateur est ouvert, c'est-à-dire lorsque la résistance R_3 n'est pas en circuit, la puissance absorbée par cet oscillateur est de 0,8 kilowatt. Calculez la résistance apparente de l'oscillateur en la considérant comme une résistance ohmique.

SOLUTION. — Soit R_4 la résistance apparente de l'oscillateur demandée, la puissance absorbée par l'oscillateur a pour expression :

$$P_a = R_4 I_a^2 = 800 \text{ watts.}$$

Nous en tirons :

$$(1) \quad R_4 = \frac{800}{I_a^2}.$$

La différence de potentiel aux bornes de cette résistance R_4 a pour expression, d'après la figure 7 :

$$V_4 = 10.000 - (R_1 + R_2)I_a.$$

La puissance consommée dans cette résistance a donc pour valeur :

$$P_4 = V_4 I_a = (10.000 - (R_1 + R_2)I_a)I_a.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs ; il vient :

$$800 = 10.000I_a - 20.000I_a^2; \text{ soit : } 20.000I_a^2 - 10.000I_a + 800 = 0.$$

Nous en tirons :

$$I_a = \frac{10.000 \pm \sqrt{10.000^2 - 4 \times 20.000 \times 800}}{2 \times 20.000}.$$

Finalement, I_a est une des racines de l'équation précédente :

$$I_a = \frac{4}{10} \text{ ou } \frac{1}{10} \text{ ampère.}$$

I_a a donc pour valeur :

$$4/10 \text{ d'ampère.}$$

La résistance R_4 , d'après la formule (1), a finalement pour valeur :

$$R_4 = \frac{800}{\left(\frac{4}{10}\right)^2} = 5.000 \text{ ohms.}$$

235. — Considérons encore le montage précédent, avec le manipulateur ouvert. Calculez la tension obtenue aux bornes de cet oscillateur.

SOLUTION. — D'après les résultats trouvés pour le problème 234, la résistance apparente de l'oscillateur a pour valeur 5.000 ohms, et l'intensité du cou-

rant qui le traverse est de $4/10$ d'ampère. La tension aux bornes de l'appareil, le manipulateur ouvert, a ainsi pour valeur, d'après la loi d'Ohm :

$$5.000 \times \frac{4}{10} = 2.000 \text{ volts.}$$

236. — Reprenons le même montage oscillateur, mais supposons le manipulateur abaissé, c'est-à-dire la résistance R_3 placée en circuit.

Calculez, dans ces conditions, la tension aux bornes de l'oscillateur, et la puissance dissipée correspondante.

SOLUTION. — D'après l'énoncé, la puissance dissipée dans la résistance R_1 est de 15.000 watts, et la puissance totale fournie par l'oscillateur aux bornes d'entrée est de 20.000 watts. Dans les trois résistances R_2 , R_3 , R_4 , la puissance dissipée est donc de :

$$20.000 - 15.000 = 5.000 \text{ watts.}$$

D'autre part, le courant total parcourant ces résistances est de 2 ampères, comme nous l'avons vu dans le problème 233.

D'après les résultats précédents, les deux résistances R_2 et R_4 en série (R_4 étant encore la résistance de l'oscillateur) ont une valeur totale de :

$$16.250 + 5.000 = 21.250 \text{ ohms.}$$

La résistance R_3 , en parallèle sur R_2 , R_4 , détermine ainsi une résistance totale qui a pour expression :

$$R_t = \frac{21.250 \times R_3}{21.250 + R_3}.$$

La puissance totale de 5.000 watts dissipée par l'ensemble des 3 résistances est ainsi indiquée par la relation :

$$5.000 = \frac{21.250 \times R_3}{21.250 + R_3} \times I_0^2.$$

Comme nous savons que l'intensité I_0 est de 2 ampères, nous en tirons :

$$5.000 = \frac{21.250 \times R_3}{21.250 + R_3} \times 4.$$

Et, en effectuant les calculs :

$$R_3 = 1.330 \text{ ohms.}$$

L'intensité du courant dans cette résistance a alors pour expression :

$$I_3 = \frac{2 \times 21.250}{21.250 + 1.330} = 1,88 \text{ ampère,}$$

et l'intensité du courant dans l'oscillateur a, de même, pour valeur :

$$I_4 = \frac{2 \times 1.330}{21.250 + 1.330} = 0,12 \text{ ampère.}$$

Finalement, la tension aux bornes de l'oscillateur, le manipulateur étant toujours abaissé, a pour expression d'après la loi d'Ohm :

$$0,12 \times 5.000 = 600 \text{ volts.}$$

La puissance dissipée correspondante dans l'oscillateur, puisque nous connaissons maintenant la tension et l'intensité du courant, a pour valeur :

$$600 \times 0,12 = 72 \text{ watts.}$$

237. — *Considérons toujours le même montage, utilisé dans les mêmes conditions, c'est-à-dire le manipulateur abaissé.*

Calculez la valeur de la résistance R_3 de manipulation.

SOLUTION. — Dans le problème précédent 236, nous avons déjà calculé la valeur de cette résistance au début de la question, en considérant cette résistance en parallèle sur la résistance R_2 , et sur la résistance R_4 de l'oscillateur, et en évaluant la résistance totale ainsi formée, qui a pour expression :

$$\frac{21.250 \times R_3}{21.250 + R_3}.$$

Nous en avons tiré :

$$R_3 = 1.330 \text{ ohms.}$$

238. — *Reprenons toujours le même montage, et supposons le manipulateur du circuit d'oscillateur abaissé.*

Calculez la valeur du courant dans la résistance de manipulation R_3 , la tension aux bornes de cette résistance, et la puissance dissipée dans celle-ci et dans l'oscillateur.

SOLUTION. — Nous avons déterminé plus haut, dans les problèmes 236, et 237, la valeur de la résistance R_3 de 1.330 ohms. La résistance totale du circuit R_3 , R_2 , R_4 , a pour valeur :

$$R_t = \frac{21.250 \times R_3}{21.250 + R_3}.$$

Nous avons trouvé :

$$I_3 = \frac{2 \times 21.250}{21.250 + 1.330} = 1,88 \text{ ampère.}$$

La tension aux bornes de la résistance R_3 , l'intensité du courant qui traverse celle-ci étant de 1,88 ampère, a pour valeur, d'après la loi d'Ohm :

$$1,88 \times 1.330 = 2.500 \text{ volts.}$$

La puissance dissipée dans cette résistance a pour expression :

$$1.330 \times 1,88^2 = 4.700 \text{ watts. On aurait eu aussi : } 2.500 \times 1,88 = 4.700 \text{ watts.}$$

D'un autre côté, nous avons déjà déterminé plus haut la puissance développée dans l'oscillateur traversé par un courant de 0,12 ampère, et sur lequel est appliquée une tension de 600 volts :

$$600 \times 0,12 = 72 \text{ watts.}$$

239. — Une lampe double diode est montée en détectrice symétrique. Calculez la valeur de la capacité de détection à utiliser pour une fréquence de 100 kilocycles-seconde.

SOLUTION. — Considérons un montage de détection symétrique réalisé avec une lampe double diode, suivant le schéma de la figure 8.

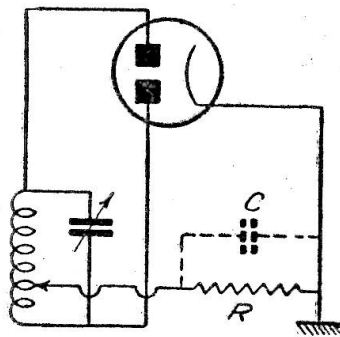


FIG. 8.

Si l'on utilisait une capacité de détection habituelle C shuntant la résistance de détection R , celle-ci serait traversée par des composantes haute fréquence recueillies par les deux plaques de la diode, et, par conséquent, en opposition. L'effet de ces composantes s'annule ; l'emploi d'une capacité de détection est alors inutile, et on peut la supprimer.

La question posée dans l'énoncé du problème n'a donc pas de sens, puisque dans ce montage symétrique, on ne doit pas employer de capacité.

CHAPITRE XXV

LA LAMPE AMPLIFICATRICE

GAIN D'AMPLIFICATION.

Dans une lampe amplificatrice, de coefficient d'amplification K , de résistance interne ρ , et avec une impédance de charge Z , le gain G , ou coefficient d'amplification dynamique K_d a pour expression :

$$G = K \frac{Z}{Z + \rho}.$$

Pour certaines lampes à très grande résistance interne, de pente S , l'expression G devient, d'autre part :

$$G = SZ.$$

Le gain en tension peut aussi être exprimé en décibels, comme tout rapport de tensions, par l'expression :

$$g(\text{décibels}) = 20 \log G.$$

DISTORSION.

La distorsion est mesurée généralement par le rapport du courant correspondant à l'harmonique produit, au courant correspondant à la fondamentale ; pour l'harmonique n , on aura par exemple :

$$D = \frac{I_n}{I_f}.$$

COUPLAGE PAR RÉSISTANCE .

Soit une lampe amplificatrice couplée par résistance-capacité, d'un coefficient d'amplification K , d'une résistance interne ρ , montée avec une résistance de plaque R , le gain du montage est, par définition (fig. 9) :

$$G = \frac{KR}{R + \rho} = \frac{K}{1 + \frac{\rho}{R}}.$$

Le maximum de rendement est obtenu théoriquement lorsque la résistance de plaque est égale à la résistance intérieure de la lampe :

$$R = \rho,$$

et l'on a, à ce moment :

$$G = \frac{K}{2}.$$

La résistance de grille r a normalement une valeur de l'ordre de quelques

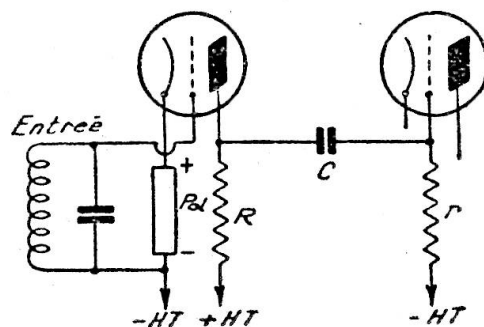


FIG. 9.

mégohms, et la valeur de la capacité de couplage C est déterminée, en fonction de la pulsation des oscillations amplifiées ω , d'après la relation :

$$C\omega = \frac{1}{10^5}.$$

Le courant alternatif de plaque a pour expression :

$$i_p = \frac{Kv_g}{R + \rho}.$$

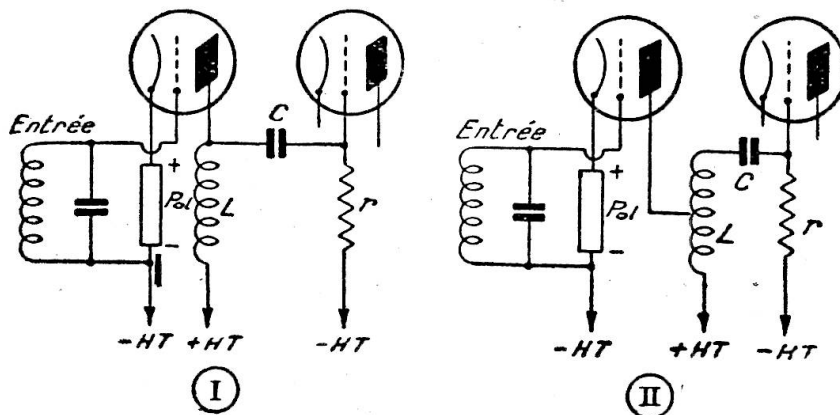


FIG. 10.

COUPLAGE PAR INDUCTANCE CAPACITÉ.

Dans le cas d'une lampe amplificatrice, de coefficient d'amplification K , et de résistance interne ρ , couplée par liaison inductance-capacité, le coefficient

de self-induction du bobinage étant L , et la pulsation des oscillations amplifiées étant ω , le gain en tension G a pour valeur, par définition (fig. 10) :

$$G = \frac{KL\omega}{\sqrt{\rho^2 + L^2\omega^2}}.$$

Lorsque $L\omega = \rho$, ce qui est un cas limite, l'expression G devient :

$$G = \frac{K\rho}{\sqrt{2\rho^2}} = \frac{K}{\sqrt{2}} = 0,707K.$$

Dans le cas de la liaison par bobinage monté en auto-transformateur, on obtient un gain supplémentaire avec un rapport de transformation n , et le gain final obtenu G' devient alors :

$$G' = nG.$$

Le courant alternatif de plaque a encore pour expression :

$$i_p = \frac{Kv_g}{\sqrt{\rho^2 + L^2\omega^2}}.$$

COUPLAGE PAR CIRCUIT ACCORDÉ.

Avec un couplage par circuit accordé réalisé avec un bobinage de résistance ohmique R , l'impédance Z au moment de la résonance a pour expression, si le

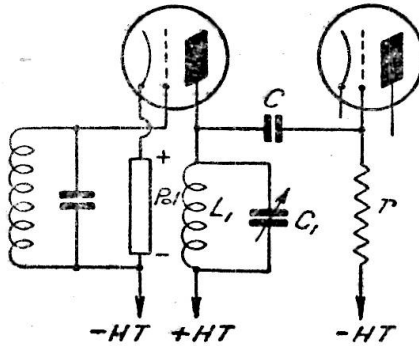


FIG. 11.

coefficient de self-induction du bobinage est L_1 , et ω la pulsation des oscillations amplifiées :

$$Z = \frac{L_1^2\omega^2}{R}. \quad (\text{fig. 11}).$$

En fonction de la capacité C_1 du circuit accordé, l'impédance au moment de la résonance a également pour expression :

$$Z = \frac{L_1}{C_1 R}.$$

La pulsation de résonance ω correspond, d'ailleurs, à la condition :

$$\omega^2 = \frac{1}{L_1 C_1}.$$

Lorsqu'on emploie une pentode, la résistance interne est très élevée, et de l'ordre de plusieurs megohms, et le gain obtenu G dépend essentiellement de la pente S de la lampe, suivant l'expression déjà notée :

$$G = SZ.$$

COUPLAGE A TRANSFORMATEURS.

Avec un couplage par transformateur à circuits accordés, et, en général, si L_1 est le coefficient de self-induction du secondaire, R_2 sa résistance ohmique,

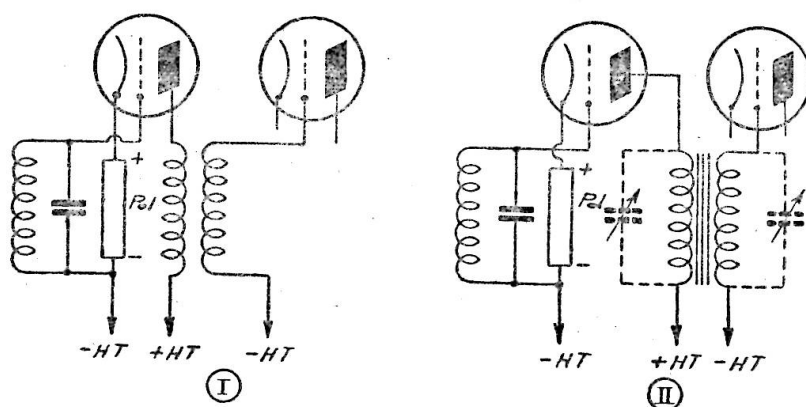


FIG. 12.

Q le coefficient de surtension du secondaire supposé seul, le gain maximum $G_{\max}$ obtenu est indiqué par l'expression :

$$G_{\max} = \frac{\sqrt{SK} \sqrt{\omega L_2 Q}}{2}. \quad (\text{fig. 12})$$

Ce gain correspond à un couplage optimum M_0 indiqué par la relation :

$$M_0 = \frac{\sqrt{\rho R_2}}{\omega}.$$

Lorsqu'on augmente encore le couplage, le gain obtenu varie, et prend pour expression :

$$G = \frac{SZ}{2}.$$

A ce moment,

$$M\omega = R.$$

Dans laquelle, S est toujours la pente de la lampe utilisée.

APPLICATIONS

240. — Une lampe triode a une résistance interne de 20.000 ohms, un coefficient d'amplification de 8, et une pente de 0,4 milliampère par volt.

1° Quelle est la valeur du coefficient de self-induction du bobinage à placer dans le circuit de plaque pour recevoir un signal sur une longueur d'onde de 300 mètres ?

2° On recueille à la sortie du circuit d'accord une tension de 50 microvolts, qu'on applique sur la grille de la lampe. Calculez la variation alternative du courant de plaque, et la différence de potentiel alternative aux bornes du bobinage.

SOLUTION. — Le coefficient de self-induction du bobinage monté dans le circuit de liaison à résonance peut être déterminé en fonction de la fréquence des

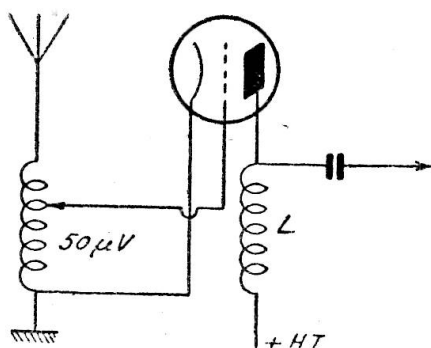


FIG. 13.

oscillations à amplifier ou de la pulsation ω et de la résistance [interne ρ de la lampe (fig. 13).

Ce coefficient de self-induction L est alors indiqué par l'expression :

$$\rho = L\omega.$$

ω étant la pulsation des oscillations à amplifier, soit, en fonction de la fréquence, F , $2\pi F$. En remplaçant les lettres par leurs valeurs, nous avons ici :

$$20.000 = L \times 6,28 \times \frac{3 \times 10^8}{300}.$$

Nous en tirons :

$$L = \frac{20.000}{6,28} = 3.184 \text{ microhenrys.}$$

En réalité, la valeur que nous venons de trouver est beaucoup trop élevée, et un bobinage d'un coefficient de self-induction de l'ordre de 1.000 microhenrys est déjà très suffisant, et a une longueur d'onde propre assez élevée.

2° La tension v_g appliquée à l'entrée de la lampe est, d'après l'énoncé, de 50 microvolts. D'après la formule du gain en tension réalisé avec le couplage à

résistance, et avec les notations habituelles, la variation alternative correspondante du courant anodique est exprimée par la formule :

$$i_p = \frac{K v_g}{\sqrt{r^2 + L^2 \omega^2}}.$$

Nous en tirons, en choisissant $L = 10.000$ microhenrys :

$$i_p = \frac{8 \times 50}{\sqrt{20.000^2 + \left(\frac{10.000}{10^6}\right)^2 \times 6,28 \times 10^6^2}},$$

et, finalement :

$$i_p = \frac{8 \times 50}{\sqrt{4 \times 10^8 + \frac{1}{10^6} \times 6,28^2 \times 10^{12}}} = 0,02 \text{ microampère.}$$

La différence de potentiel v_p recueillie aux bornes du bobinage L a, de même, pour expression :

$$v_p = L \omega i_p = \frac{1.000}{10^6} \times 6,28 \times 10^6 \times 0,02 = 125 \text{ microvolts.}$$

241. — Reprenons la lampe précédente étudiée dans le problème 240, supprimons le montage et la liaison par bobinage ordinaire, et remplaçons-les par un couplage à circuit-bouchon accordé sur la gamme de 500 à 1000 mètres, de résistance $R = 10$ ohms.

1° Déterminez les valeurs des éléments de ce circuit.

2° Appliquons sur la grille de la lampe une différence de potentiel alternative de 40 microvolts, dont la fréquence correspond encore à une longueur d'onde de 300 mètres.

Calculez la différence de potentiel recueillie aux bornes du circuit-bouchon accordé sur cette longueur d'onde, le courant obtenu dans le circuit, et la valeur du courant de plaque.

SOLUTION. — 1° Le coefficient de self-induction du bobinage du circuit-bouchon doit être déterminé de façon à avoir une longueur d'onde propre inférieure à 500 mètres (fig. 14).

Nous pouvons ainsi adopter, par exemple, une valeur de 500 microhenrys, ce qui correspond à une longueur d'onde propre de 421 mètres avec une capacité de 0,1/1000 de microfarad, et de 1032 mètres avec 0,6/1.000 de microfarad. Nous trouvons immédiatement cette valeur, d'après une table, ou en utilisant la formule de Thomson, pour une longueur d'onde de 300 mètres, soit une fréquence de 1.000 kilocycles.

2° Dans le cas de la liaison par circuit-bouchon, et avec les notations habituelles, C étant la capacité du circuit, R sa résistance, L le coefficient de self-

induction du bobinage en henrys, farads, et ohms, le gain d'amplification G a pour expression :

$$G = K \frac{L}{L + \rho CR}$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$G = 8 \frac{500 \times 10^{-6}}{500 \times 10^{-6} + 20 \times 10^3 \times 10^{-8} \times 10},$$

$$G = 8 \frac{500}{500 + 2 \cdot 10^{-4}}.$$

Comme on le voit, l'amplification effective obtenue diffère donc **très peu**, et cela était à prévoir, du coefficient d'amplification statique de la lampe. Si l'on

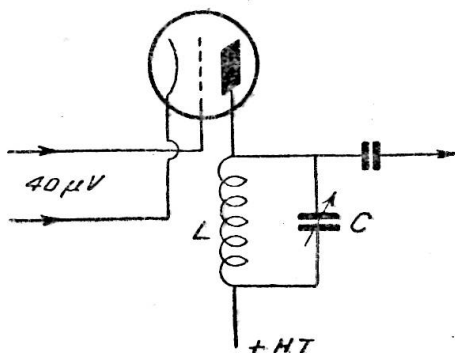


FIG. 14.

applique sur sa grille une différence de potentiel de 40 microvolts, on obtiendra ainsi dans le circuit de plaque une tension alternative, qui pourra être évaluée approximativement à :

$$K \times v_g = 8 \times 40 = 320 \text{ microvolts.}$$

Le courant alternatif dans le circuit bouchon a pour expression :

$$i_b = \frac{v_p}{L\omega} = \frac{320}{500 \times 10^{-6} \times 6,28 \times 10^6} = \frac{320}{500 \times 3,77},$$

$$i_b = \frac{320}{1,885} = 0,16 \text{ microampère.}$$

Si la résistance du circuit était nulle, le courant de plaque ne **varierait** pas pendant la réception. En réalité, un léger courant variable se superpose au courant continu de plaque.

242. — On considère un amplificateur à haute fréquence monté dans un récepteur à ondes moyennes. Il est relié à un cadre formé de 12 spires en série, et de forme rectangulaire. Les dimensions des côtés sont respectivement de 1,25 m et de 0,80 m.

On reçoit une onde dont la pulsation est $\omega = 2.000.000$, le champ de cette onde est $H = 20$ microvolts par mètre ; pour cette onde, la surtension du cadre est $Q = 100$.

Les caractéristiques de la première lampe amplificatrice sont un coefficient d'amplification K , de 15, et une résistance interne $\rho = 10.000$ ohms.

Un circuit-bouchon est intercalé sur la plaque de cette lampe ; il présente pour la fréquence de l'onde incidente une impédance $Z = 20.000$ ohms, et une surtension $Q = 200$.

Le coefficient d'induction mutuelle entre le bobinage de ce circuit et le bobinage de grille de la deuxième lampe est de 100 microhenrys.

Calculez les tensions alternatives sur les grilles des deux lampes, et sur la plaque de la première.

SOLUTION. — La hauteur effective h_e d'un cadre de surface totale S , pour une longueur d'onde λ , est indiquée par la formule notée au Tome II : (fig. 15) :

$$(1) \quad h_e = \frac{2\pi S}{\lambda}.$$

La surface S a pour valeur ici :

$$S = 12 \times 1,25 \times 0,8 = 12 \text{ m}^2.$$

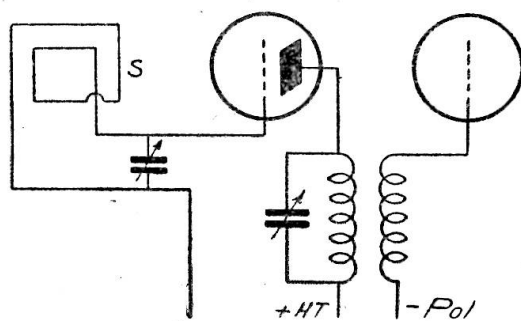


FIG. 15.

Nous connaissons la pulsation ω de l'onde. Nous en déduisons la longueur d'onde λ , par la formule :

$$\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}.$$

c , étant la vitesse de propagation de la lumière.

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$\lambda = \frac{2\pi \times 3.10^8}{2 \times 10^6} = 3\pi \times 10^2 = 942 \text{ mètres},$$

La formule (1) donnant la valeur de h_e devient alors :

$$h_e = \frac{2\pi \times 12}{3\pi \times 10^2} = \frac{24}{3} \times 10^{-2} = 8 \text{ centimètres}.$$

Si H est le champ de l'onde, la force électro-motrice induite a pour expression :

$$e = h_e H = 8 \times 10^{-2} \times 20 \text{ microvolts.}$$

Nous en tirons :

$$e = 1,6 \text{ microvolt.}$$

La surtension du cadre Q étant connue, et égale à 100, la tension V_1 appliquée sur la grille de la première lampe a pour valeur :

$$V_1 = eQ = 1,6 \times 10^2 = 160 \text{ microvolts.}$$

Le gain d'amplification G du premier étage à circuit-bouchon, en fonction du coefficient d'amplification K de la lampe, de la résistance interne ρ , et de l'impédance de plaque Z , a pour expression, d'après la formule du gain d'amplification dans les étages à liaison par bobinage, en remplaçant la résistance de plaque par l'impédance Z :

$$G = \frac{KZ}{Z + \rho} = \frac{K}{1 + \frac{\rho}{Z}} = \frac{15}{1 + \frac{10^4}{2 \times 10^4}}.$$

Il vient donc :

$$G = \frac{30}{3} = 10 = \frac{2K}{3}.$$

Ce qui pouvait, d'ailleurs, être prévu de suite, en comparant Z à ρ .

Par suite, la tension plaque alternative sur la plaque de la première lampe a pour valeur :

$$V_2 = 160 \times 10 = 1.600 \text{ microvolts} = 1,6 \text{ millivolt.}$$

Soient maintenant L , C , et R l'impédance, la capacité, et la résistance ohmique du circuit-bouchon de liaison. A la résonance, l'impédance du circuit a pour expression :

$$Z = \frac{L}{CR} = \frac{L^2 \omega^2}{R} \quad \text{ou, puisque} \quad Q = \frac{L\omega}{R}$$

$$Z = Q \times L\omega.$$

On en tire :

$$L\omega = \frac{Z}{Q} = \frac{2 \times 10^4}{2 \times 10^2} = 10^2.$$

Le courant dans le bobinage du circuit oscillant est égal sensiblement à :

$$i_2 = \frac{V_2}{L\omega} = \frac{1,6 \times 10^{-3}}{10^2} = 1,6 \times 10^{-5} \text{ ampère} = 16 \text{ microampères.}$$

Calculons la tension V_3 sur la deuxième grille, en fonction du coefficient d'induction mutuelle M connu, entre les bobinages de plaque et de grille.

$$V_3 = \omega M i_2 = 2 \times 10^6 \times 10^2 \times 10^{-6} \times 16 \times 10^{-6}$$

$$= 32 \times 10^{-4} \text{ volts} = 3,2 \text{ millivolts.}$$

243. — *Considérons à nouveau l'appareil précédent. Un poste brouilleur, dont la pulsation est égale à 2.200.000, et qui est situé dans la même direction que le poste à recevoir, produit un champ égal à celui de ce dernier.*

Calculez la tension produite par le brouilleur sur la grille de la première lampe, le récepteur étant resté accordé sur l'onde initiale.

SOLUTION. — Assimilons le cadre récepteur à un circuit oscillant, de

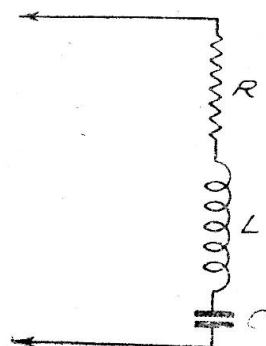


FIG. 16.

résistance R , de coefficient de self-induction L , et de capacité C . Le coefficient de surtension de ce circuit a pour expression (fig. 16).

$$Q = \frac{1}{\omega C} \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

soit :

$$Q = \frac{1}{\omega CR} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2 L^2}{R^2} \left(1 - \frac{1}{\omega^2 LC}\right)^2}}.$$

Posons :

$$Q_0 = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{C\omega_0 R}$$

ω_0 étant la pulsation d'accord, soit $\frac{1}{\sqrt{LC}}$; il vient :

$$Q = Q_0 \frac{\omega_0}{\omega} \frac{1}{\sqrt{1 + Q_0^2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2}}.$$

Dans le cas considéré :

ω_0 la pulsation d'accord a pour valeur 2×10^6 .

ω la pulsation du poste brouilleur a pour valeur $2,2 \times 10^6$ et $Q_0 = 10^2$.

La quantité :

$$Q_0^2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2$$

est relativement grande, et de l'ordre de 300. On peut négliger l'unité devant elle, et écrire :

$$Q = \left| Q_0 \frac{\omega_0}{\omega} \frac{1}{Q_0 \frac{\omega}{\omega_0} \left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2} \right)} \right| = \left| \frac{\frac{\omega_0^2}{\omega^2}}{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}} \right| = \left| \frac{1}{\frac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1} \right|.$$

On trouve ainsi finalement, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$Q = \frac{1}{1,21 - 1} = \frac{1}{0,21} = 4,75.$$

La force électro-motrice induite dans le cadre sera :

$$e' = 1,6 \times \frac{2,2}{2} = 1,76 \text{ microvolt}$$

et la tension sur la première grille devient alors :

$$V'_1 = 1,76 \times 4,75 = 6,4 \text{ microvolts.}$$

244. — On établit un amplificateur à résistance-capacité, et on étudie la variation du pouvoir amplificateur de ce montage, suivant la valeur de la résistance de plaque R choisie, par rapport à la résistance interne ρ de la lampe, le coefficient d'amplification étant connu.

1° Comment varie ce pouvoir amplificateur, suivant que $R = \rho$, $R = 2\rho$, $R = 4\rho$?

2° Que devient cette expression, lorsque la valeur de cette résistance devient très grande ?

SOLUTION. — 1° Le gain en tension G d'une lampe montée avec couplage à résistance-capacité, de résistance interne ρ , de coefficient d'amplification K , avec une résistance de plaque R , a pour expression :

$$G = K \frac{R}{\rho + R} = K \frac{1}{1 + \frac{\rho}{R}},$$

Suivant que $R = \rho$, $R = 2\rho$ ou $R = 4\rho$, l'expression se simplifie et devient :

$$G = \frac{K}{2} \quad G = \frac{2}{3}K \quad G = \frac{4}{5}K.$$

2° Si R devient de plus en plus grand, la fraction qui se trouve dans le deuxième membre de l'expression se rapproche de plus en plus de 1, et G se rapproche ainsi théoriquement de K .

245. — On utilise un montage de lampe amplificatrice d'une résistance intérieure ρ de 20.000 ohms, et d'un coefficient d'amplification $K = 10$. Cette lampe est montée avec une liaison résistance-capacité établie avec une résistance de 80.000 ohms.

Calculez le pouvoir amplificateur de cette lampe.

SOLUTION. — Le coefficient d'amplification de la lampe utilisée est $K = 10$, et sa résistance interne est de 20.000 ohms. La résistance de plaque étant de 80.000 ohms, elle est donc quatre fois plus grande que la résistance interne. D'après ce que nous avons vu dans le problème précédent, le pouvoir amplificateur G a pour expression :

$$G = \frac{4}{5} K$$

et, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$G = \frac{4 \times 10}{5} = 8.$$

246. — Une lampe a une résistance intérieure de 1 mégohm ; elle est montée en amplificatrice à résistance-capacité avec une résistance de plaque de 100.000 ohms. Son coefficient d'amplification $K = 900$.

Calculez le gain en tension de cette lampe.

SOLUTION. — Le gain en tension G d'une lampe montée avec liaison à résistance-capacité, de résistance interne ρ , de coefficient d'amplification K , et ayant une résistance de charge R , a toujours pour expression :

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

Remplaçons les lettres par leurs valeurs :

$$G = 900 \frac{100.000}{1.100.000} = 90 \text{ environ.}$$

247. — Une lampe de T. S. F. a un coefficient d'amplification $K = 10$, et une résistance interne $\rho = 20.000$ ohms.

On monte dans son circuit de plaque un circuit-bouchon accordé de résistance négligeable, formé par un bobinage L , d'un coefficient de self-induction de 10 microhenrys, et d'une capacité C de $0,5 \times 10^{-9}$ farad.

La tension d'attaque de la grille de 1 millivolt étant la même pour toutes les longueurs d'onde, calculez pour quelle longueur d'onde la différence de potentiel aux bornes du circuit bouchon est maxima. Quelle est, à ce moment, la valeur de cette tension ?

SOLUTION. — Le circuit-bouchon accordé, établi d'après l'énoncé, résonne sur une pulsation ω telle que :

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} = \frac{1}{10^{-5} \times 0,5 \times 10^{-9}} = 2 \times 10^{14}.$$

Nous en tirons :

$$\omega = \sqrt{2} \times 10^7 = 2\pi \frac{c}{\lambda}.$$

Dans laquelle, c est la vitesse de la lumière. La longueur d'onde correspondante λ a pour expression ainsi :

$$\lambda = \frac{2\pi c}{\sqrt{2 \times 10^7}}.$$

Et, en exprimant c en mètres par seconde, nous obtiendrons la valeur de λ en mètres, soit :

$$\lambda = \frac{2\pi \times 3 \times 10^8}{\sqrt{2 \times 10^7}} = \pi \sqrt{2} \times 3 \times 10 = 30\pi \sqrt{2} = 133 \text{ mètres.}$$

Le circuit oscillant considéré étant théoriquement dépourvu de pertes, correspond à un montage d'accord avec une résistance R infinie, et, ainsi que nous l'avons déjà vu dans un problème précédent, dans ces conditions, le gain d'amplification de l'étage est égal au coefficient d'amplification K , soit ici $K = 10$.

Si l'on applique sur la grille une tension alternative de 1 millivolt, on recueille dans le circuit de plaque une tension alternative de 10 millivolts.

248. — Une lampe de T. S. F. a un coefficient d'amplification $K = 20$, et une résistance interne $\rho = 20.000 \text{ ohms}$.

On dispose dans son circuit de plaque un bobinage d'un coefficient de self-induction de 400 microhenrys et d'une résistance égale à 10 ohms. On applique sur la grille une différence de potentiel de 40 microvolts, avec une fréquence de 500 kilocycles. Calculez :

1° Le courant alternatif de plaque.

2° La différence de potentiel aux bornes du bobinage, et la puissance mise en jeu dans celui-ci.

SOLUTION. — 1° Lorsqu'on applique sur la grille de la lampe montée avec une liaison par bobinage-capacité, dont l'impédance est Z , une tension de grille v_g , nous trouvons dans le circuit de plaque un courant alternatif exprimé par la formule :

$$i_p = \frac{K v_g}{\sqrt{(R + \rho)^2 + \omega^2 L^2}}$$

R est ici négligeable vis-à-vis de ρ ; le rapport $\frac{R}{\rho} = \frac{10}{20.000}$ ou $1/2.000 \omega^2 L^2$ est négligeable vis-à-vis de R^2 . Le rapport :

$$\frac{\omega^2 L^2}{R^2} = \frac{16\pi^2 \times 10^4}{4 \cdot 10^8} = 4\pi^2 \times 10^{-4} \neq 4 \times 10^{-3}.$$

L'erreur commise en négligeant ce terme sous le radical est donc de l'ordre de 2×10^{-3} , et nous pouvons écrire :

$$i_p = \frac{KV}{R} = \frac{20 \times 40 \times 10^{-6}}{2 \times 10^4} = 4 \times 10^2 \times 10^{-10} = 0,04 \text{ microampère.}$$

2° Calculons maintenant la différence de potentiel aux bornes du bobinage.

La résistance R est négligeable vis-à-vis de ωL , comme nous venons de le voir, et la tension demandée a alors pour expression :

$$v_p = L\omega i_p.$$

Soit, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$v_p = 4 \times 10^{-4} \times 2\pi \times 10^5 \times 4 \times 10^{-8} \text{ volts} = 10 \text{ microvolts.}$$

La puissance mise en jeu dans la bobine a alors pour expression :

$$P = Ri_p^2 = 10 \times 16 \times 10^{-16} \text{ watts} = 1,6 \times 10^{-14} \text{ watts} = 1,6 \times 10^{-8} \text{ microwatts.}$$

249. — Reprenons le montage précédent, et remplaçons le bobinage de plaque de la lampe par une résistance ohmique pure.

Calculez la valeur théorique de la résistance, pour laquelle la puissance mise en jeu est maxima.

SOLUTION. — Lorsqu'on remplace le bobinage par une résistance ohmique pure, le courant alternatif de plaque a pour expression :

$$i_p = \frac{Kv_g}{R + \rho}$$

avec les notations habituelles.

La puissance mise en jeu a encore pour expression :

$$P = Ri_p^2 = R \frac{K^2 v_g^2}{(R + \rho)^2}.$$

Cette puissance sera maximum en même temps que la quantité :

$$\frac{R}{(R + \rho)^2}.$$

Prenons la dérivée, il vient par rapport à R :

$$\frac{\rho - R}{(R + \rho)^2}.$$

Elle s'annule par $R = \rho$

Pour $R < \rho$ elle est > 0

Pour $R > \rho$ elle est < 0 .

La valeur $R = \rho$ correspond donc à un maximum. Ce résultat est déjà connu. La puissance obtenue dans le circuit est maxima quand la résistance du circuit est égale à la résistance interne de la lampe.

250. — On utilise une lampe amplificatrice, de coefficient d'amplification $K = 10$, de résistance interne = 20.000 ohms, et l'on place dans son circuit de plaque une résistance R de 20.000 ohms.

1° On applique sur la grille une différence de potentiel alternative de 1 volt. Calculez la différence de potentiel alternative recueillie aux bornes de la résistance.

2° On applique sur la grille une tension alternative de 20 millivolts avec une fréquence de 1.000 kilocycles, et on remplace la résistance par un bobinage L d'un coefficient de self-induction de 50 millihenrys.

Calculez la différence de potentiel recueillie aux bornes de ce bobinage.

SOLUTION. — Le gain en tension de la lampe, montée avec un bobinage de liaison d'impédance Z , a pour expression :

$$G = \frac{K}{1 + \frac{\rho}{Z}}$$

K et ρ étant encore le coefficient d'amplification et la résistance interne de la lampe. Si v_g est la tension appliquée sur la grille, la tension alternative recueillie sur la plaque est alors :

$$v_p = \frac{K v_g}{1 + \frac{\rho}{Z}}$$

En valeurs efficaces, et en fonction du coefficient de self-induction L du bobinage, et de la pulsation ω des oscillations appliquées, cette expression devient :

$$v_p = \frac{K v_g}{\sqrt{1 + \frac{\rho^2}{L^2 \omega^2}}}$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs :

$$\rho = 2 \times 10^4$$

$$L\omega = 2\pi \times 10^6 \times 50 \times 10^{-3} = 10^2 \times \pi \times 10^3 = \pi \times 10^5$$

$$\frac{\rho^2}{L^2 \omega^2} = \frac{4 \times 10^8}{\pi^2 \times 10^{10}} = 4 \times 10^{-3}.$$

Nous voyons ainsi que :

$$\sqrt{1 + \frac{\rho^2}{L^2 \omega^2}} \text{ est très peu différent de } 1.$$

G est donc très peu différent de K , ce qui était à prévoir du moment que l'on supposait l'impédance très élevée à la résonance, et l'on recueille alors une tension alternative qui a pour valeur :

$$v_p = 10 \times 20 = 200 \text{ millivolts.}$$

251. — Un étage d'amplification haute fréquence est monté avec liaison par circuit-bouchon capacité. Le circuit est constitué par un bobinage d'un coefficient de self-induction de 100 millihenrys.

1° Calculez la valeur pratique de la résistance équivalente pour des fréquences de 50 et de 100 kilocycles.

2° Comment pouvez-vous en déduire le gain en tension obtenu ?

SOLUTION. — 1° Pour un courant d'une fréquence F ou d'une pulsation ω , la résistance équivalente d'un bobinage de coefficient de self-induction L a pour expression :

$$S = L\omega = 2\pi FL.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs ; il vient :

$$S_1 = 6,28 \times 50 \times 10^3 \times 10^2 \times 10^{-3} = 31.400 \text{ ohms}$$

$$S_2 = 6,28 \times 10^2 \times 10^3 \times 10^2 \times 10^{-3} = 62.800 \text{ ohms.}$$

2° Le gain en tension G d'une lampe à liaison par bobinage a pour expression exacte, en fonction de L et de ω , K étant le coefficient d'amplification de la lampe et ρ sa résistance intérieure :

$$G = \frac{KL\omega}{\sqrt{\rho^2 + L^2\omega^2}}.$$

Mais, ici, il est plus simple de considérer le montage comme un étage à résistance-capacité, en considérant la résistance équivalente du bobinage indiquée plus haut, et le gain a pour expression :

$$G = K \frac{S}{\rho + S}.$$

Supposons, par exemple, $K = 10$ et $\rho = 20.000$, on aura dans les deux cas étudiés plus haut :

$$G_1 = 10 \frac{31.400}{20.000 + 31.400} = 6 \text{ environ}$$

$$G_2 = 10 \frac{62.800}{20.000 + 62.800} = 7,5 \text{ environ.}$$

252. — Un étage d'amplification haute fréquence est monté avec liaison par circuit-bouchon-capacité. Le circuit est constitué par un bobinage d'un coefficient de self-induction de 100 microhenrys, et une capacité de 1/1.000 microfarad. La résistance ohmique du système est de 10 ohms.

1° Calculez la fréquence de résonance du circuit de liaison.

2° Pour cette fréquence, indiquez à quel montage équivalent le montage peut être comparé.

SOLUTION. — 1° La fréquence de résonance d'un circuit oscillant comportant un bobinage d'un coefficient de self-induction L en microhenrys, et d'une capacité C en microfarads, a pour expression, par exemple :

$$F = \frac{159,2}{\sqrt{LC}}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$F = \frac{159,2}{\sqrt{100 \times 10^{-3}}} = \frac{159,2}{\sqrt{10^{-1}}} = 500 \text{ kilocycles environ.}$$

2° Le circuit-bouchon, pour la fréquence de résonance, équivaut à une résistance de valeur donnée par l'expression :

$$Z = \frac{L^2 \omega^2}{R}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs :

$$\begin{aligned} L &= 100 \times 10^{-6} & L^2 &= 10^4 \times 10^{-12} = 10^{-8} \\ \omega &= 6,28 \times 500 \times 10^3 & \omega^2 &= 6,28^2 \times 25 \times 10^4 \times 10^6 \\ L^2 \omega^2 &= 10^{-8} \times 40 \times 25 \times 10^{10} = 100.000 \\ Z &= \frac{100.000}{10} = 10.000 \text{ ohms.} \end{aligned}$$

Le coefficient de self-induction du bobinage a ainsi été choisi trop faible par rapport à la capacité du circuit.

Le montage peut être comparé à un étage réalisé avec une liaison à résistance de plaque de 10.000 ohms.

253. — *On veut constituer un étage d'amplification haute fréquence à résonance avec deux lampes montées symétriquement. On applique sur la plaque de chacune d'elles une tension de 1.500 volts, et la tension écran est de 400 volts.*

Dans ces conditions, l'intensité du courant anodique est de 150 milliam-pères, et le courant écran de 50 milliam-pères. Le rendement du montage est de 60 %.

Calculez la puissance haute fréquence fournie par cet étage d'amplification.

SOLUTION. — La puissance utile en haute fréquence P_u , a pour expression par rapport au rendement R_t et à la puissance dissipée P_d :

$$R_t = \frac{P_u}{P_u + P_d}.$$

Ce rendement a pour valeur, d'après l'énoncé, 60 % ; il vient donc :

$$R_t = 0,6 = \frac{P_u}{P_u + P_d}.$$

D'où :

$$P_u = 0,6(P_u + P_d) \quad 0,4P_u = 0,6P_d \quad P_u = \frac{3}{2} P_d.$$

Calculons la puissance dissipée P_d ; au total :

$$P_d = 2[(1.500 \times 0,15) + (400 \times 0,05)] = 490 \text{ watts.}$$

Donc :

$$P_u = \frac{3}{2} P_d = \frac{3}{2} 490 = 735 \text{ watts.}$$

254. — On place dans le circuit de plaque du montage précédent un bobinage d'un coefficient de self-induction de 200 microhenrys. On veut accorder ce circuit sur 1.000 mètres de longueur d'onde.

Quelle est la valeur de la capacité nécessaire en millimicrofarads et en centimètres ?

SOLUTION. — Nous aurons, au moment de l'accord du circuit, d'après la formule de Thomson, une expression de la longueur d'onde λ , en fonction du coefficient de self-induction L et de la capacité C .

$$\lambda \text{ (mètres)} = 1.885 \sqrt{L(\text{microhenrys}) \times C(\text{micromicrofarads})}.$$

$$1.000 = 1.885 \sqrt{200 \times C}.$$

On en tire :

$$C = \left(\frac{1.000}{1.885} \right)^2 \times \frac{1}{200} = 1.407 \text{ micromicrofarads} = 1,407 \text{ millièmes de microfarad}.$$

Convertissons en centimètres, il vient :

$$900 \times 1,407 = 1.266,3 \text{ centimètres}.$$

255. — Les plaques des lampes de l'appareil précédent sont réunies à la source d'alimentation haute tension par l'intermédiaire de bobinages de blocage haute

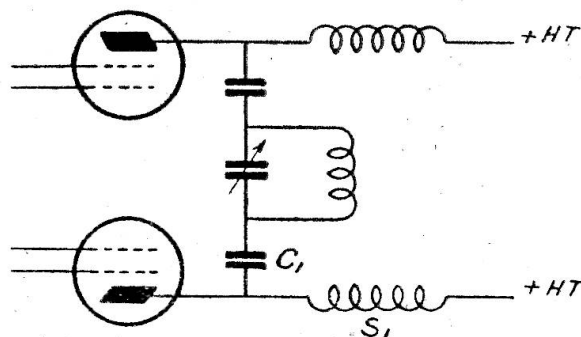


FIG. 17.

fréquence. En dérivation sur le circuit se trouvent des capacités de 0,01 microfarad (fig. 17).

Calculez le coefficient de self-induction des bobinages de choc haute fréquence, de façon qu'ils opposent au passage des courants haute fréquence une impédance 100 fois plus forte que celle présentée par les condensateurs.

SOLUTION. — L'impédance d'un condensateur de liaison tel que C_1 a pour expression :

$$Z_{C_1} = \frac{1}{C_1 \omega}.$$

ω étant la pulsation des signaux appliqués dont la longueur d'onde est ici de 1.000 mètres, comme nous l'avons vu dans le problème précédent.

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$\begin{aligned} C_1 \omega &= 0,01 \times 10^{-6} \times 2\pi \times 300.000 \\ &= 2\pi \times 3 \times 10^{-3} = 20 \times 10^{-3} \text{ environ} \\ \frac{1}{C_1 \omega} &= \frac{10^3}{20} = 500 \text{ ohms.} \end{aligned}$$

L'impédance des bobinages S_1 a pour expression, si L_1 est la valeur de leur coefficient de self-induction :

$$S_1 = L_1 \omega.$$

On en tire :

$$L_1 = \frac{S_1}{\omega} \quad \text{avec} \quad \omega = 2\pi \times 300.000.$$

D'après l'énoncé, l'impédance S_1 doit être 100 fois plus forte que celle des condensateurs, soit :

$$500 \times 100 = 50.000 \text{ ohms au minimum.}$$

La valeur limite du coefficient de self-induction sera donc :

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{50.000}{3\pi \times 300.000} = \frac{5}{300} \text{ henry,} \\ &= \frac{5 \times 10^6}{300} = 17.000 \text{ microhenrys environ.} \end{aligned}$$

256. — *Les lampes du montage comportent une troisième grille polarisée à une tension de — 70 volts par rapport à la cathode.*

On applique sur cette grille une tension de modulation, dont les maxima sont de 70 volts ; les intensités correspondantes du courant plaque sans distorsion indiquées par la courbe caractéristique sont comprises entre 0,1 et 2 ampères.

Calculez le taux de modulation sans distorsion.

SOLUTION. — D'après l'énoncé, l'intensité du courant plaque sans distorsion varie entre 0,1 et 2 ampères, le taux de modulation aura ainsi pour valeur par définition :

$$T = \frac{2 - 0,1}{2} = 0,95 \quad \text{soit} \quad 95 \, \%.$$

257. — *Un amplificateur permet d'obtenir un gain G de l'ordre de 180 par étage.*

On applique à l'entrée une tension de l'ordre de 0,01 volt et l'on veut obtenir à la sortie, pour l'appliquer sur la détectrice, une tension comprise entre 0,1 et 1 volt. Combien faut-il utiliser d'étages d'amplification ?

SOLUTION. — D'après la définition même du gain en tension, si celui-ci a une valeur de 180, un seul étage suffit pour obtenir à la sortie une tension comprise entre 0,1 et 1 volt, avec 0,01 volt à l'entrée.

258. — Une lampe triode amplificatrice a un coefficient d'amplification $K = 10$. Dans le circuit de plaque de cette lampe, on monte un circuit oscillant parfait accordé sur 150 mètres de longueur d'onde.

On applique à l'entrée de la lampe une tension de 0,05 volt. Calculez la tension recueillie aux bornes du condensateur du circuit oscillant de plaque.

SOLUTION. — On suppose que le circuit-bouchon placé dans le circuit-plaque de la lampe est un circuit oscillant parfait. Dans ces conditions, si v_g est la tension appliquée sur la grille, K le coefficient d'amplification de la lampe, la tension v_c recueillie aux bornes du condensateur a pour expression :

$$v_c = K v_g.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$v_c = 10 \times 0,05 = 0,5 \text{ volt.}$$

259. — Une lampe a une résistance intérieure ρ de 20.000 ohms et un coefficient d'amplification $K = 10$. On la monte en amplificatrice à liaison inductance-capacité, en disposant un bobinage dans son circuit de plaque.

Quelle doit être la valeur du coefficient de self-induction de ce bobinage pour obtenir la réception d'un signal sur 400 mètres de longueur d'onde ?

SOLUTION. — On peut, en principe, choisir un bobinage de plaque ayant un coefficient de self-induction tel que la résistance apparente soit du même ordre que la résistance interne de la lampe.

Avec les notations habituelles, on doit donc avoir :

$$L\omega = L \times 2\pi F = \rho.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$L \times 2\pi \times \frac{3 \times 10^8}{400} = 20.000.$$

D'où :

$$\begin{aligned} L &= \frac{20.000 \times 400}{3 \times 10^8 \times 2\pi} = \frac{8 \times 10^6}{2 \times 10^9} = \frac{4}{10^3} \text{ henry} \\ &= 4.000 \text{ microhenrys.} \end{aligned}$$

Ce bobinage aurait cependant une longueur d'onde propre trop élevée, et l'on choisira plutôt un bobinage d'un coefficient de self-induction de l'ordre de 1000 à 1500 microhenrys au maximum, dont la longueur d'onde propre est inférieure à 400 mètres, s'il s'agit d'un enroulement à faible capacité répartie.

260. — On reprend la lampe précédente, et on applique à l'entrée sur la grille une tension alternative de 50 microvolts.

Quelle est la variation du courant plaque obtenue, et la tension alternative recueillie aux bornes du bobinage ?

SOLUTION. — Soient K le coefficient d'amplification de la lampe, ρ sa résistance interne, L le coefficient de self-induction du bobinage de liaison, ω la pulsation des signaux appliqués, sous une tension alternative v_g ; le courant alternatif de plaque a pour expression (fig. 18) :

$$i_p = \frac{K v_g}{\sqrt{\rho^2 + L^2 \omega^2}}.$$

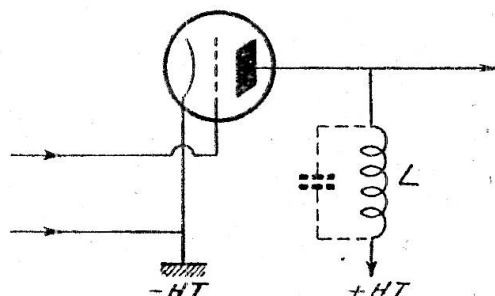


FIG. 18.

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, en supposant $L = 1.000$ microhenrys, il vient :

$$i_p = \frac{10 \times 50}{\sqrt{20.000^2 + \left(\frac{1.000}{10^6}\right)^2 \times 4\pi^2 \times 750.000^2}}$$

$$i_p = \frac{10 \times 50}{\sqrt{4 \times 10^8 + \frac{10^6}{10^{12}} \times 4\pi^2 \times 75^2 \times 10^8}}$$

$$i_p = 0,02 \text{ microampère environ.}$$

La différence de potentiel recueillie aux bornes du bobinage a pour expression :

$$v_L = L \omega i_p.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs :

$$v_L = \frac{1.000}{10^6} \times 2\pi \times 750.000 \times 0,02$$

$$= 97 \text{ microvolts environ.}$$

En réalité, la tension recueillie est beaucoup plus élevée, en raison de la capacité répartie shuntant la bobine, et du pouvoir amplificateur de la lampe.

261. — On emploie une lampe présentant un coefficient d'amplification $K = 10$ et une résistance interne $\rho = 20.000$ ohms. Dans le circuit de plaque de cette lampe on monte un circuit de résonance accordé comportant un bobinage de 1.500 microhenrys. Ce circuit est accordé sur une longueur d'onde de 1.000 mètres.

On fait agir sur la grille une tension alternative de 200 microvolts. Calculez le courant alternatif traversant le circuit de plaque.

SOLUTION. — Lorsqu'on applique une différence de potentiel alternative v_g de 200 microvolts sur la grille de la lampe, on obtient dans le circuit de plaque une tension alternative v_p qui a pour expression :

$$v_p = K v_g = 10 \times 200 = 2.000 \text{ microvolts.}$$

Lorsqu'on reçoit une émission sur la longueur d'onde, sur laquelle le circuit résonant est accordé, la variation alternative du courant plaque est théoriquement nulle, si l'on suppose que la résistance du circuit accordé est nulle. En fait, il se produit un courant variable très faible superposé au courant continu.

262. — *Un signal émis sur 600 mètres de longueur d'onde est recueilli dans un bobinage d'accord, et produit aux bornes de ce bobinage une tension alternative de 20 microvolts.*

On branche sur ce bobinage un amplificateur haute fréquence, dont la résistance apparente ne modifie pas la valeur de la différence de potentiel recueillie. On veut obtenir à la sortie de cet amplificateur une tension alternative de 1 volt.

Calculez le pouvoir amplificateur que doit posséder cet amplificateur.

SOLUTION. — Aux bornes du bobinage d'entrée, on recueille une tension alternative de 20 microvolts, et l'on peut obtenir à la sortie de l'amplificateur une tension de 1 volt, l'amplification réelle devra donc être de :

$$\frac{1}{20 \times 10^{-6}} = \frac{10^5}{2} = 50.000.$$

263. — *On construit un amplificateur à deux étages à liaison par résistance capacité. Les lampes ont un coefficient d'amplification $K = 10$ et une résistance intérieure de 20.000 ohms.*

On applique à l'entrée de l'amplificateur une tension de 20.000 microvolts, et on veut recueillir à la sortie une tension de l'ordre de 1 volt au minimum.

Indiquez les valeurs des résistances et des capacités de liaison à adopter. Montrez comment l'amplificateur ainsi établi permet d'obtenir le résultat recherché.

SOLUTION. — Établissons le schéma de cet amplificateur (fig. 19). Aux bornes d'entrée $B_1 B_2$, la tension alternative v_g appliquée est de 20.000 microvolts.

Aux bornes de la première résistance de plaque R_1 , la tension recueillie v_p a pour expression en fonction du gain en tension G :

$$v_p = G \times v_g.$$

Maïs, dans un amplificateur à résistance, G a pour formule :

$$G = K \frac{R_1}{r + R_1}$$

avec les notations habituelles.

K étant le coefficient d'amplification, ρ , la résistance interne de la lampe. Prenons, par exemple, pour R_1 la valeur classique de 80.000 ohms, nous aurons :

$$G = 10 \times \frac{80.000}{20.000 + 80.000} = 10 \times \frac{8}{10} = 8.$$

Et nous en déduisons :

$$\begin{aligned} v_p &= G \times v_g \\ &= 8 \times 20.000 = 160.000 \text{ microvolts.} \end{aligned}$$

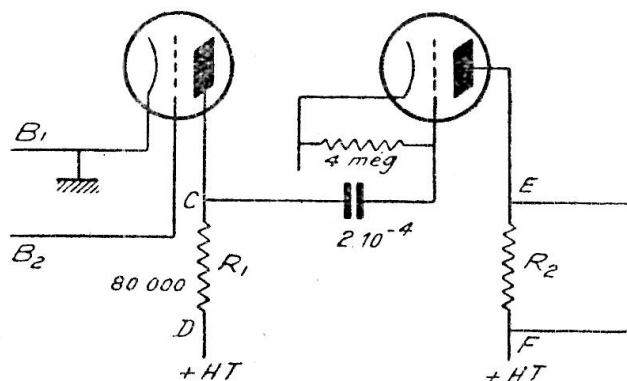


FIG. 19.

Le gain d'amplification de la deuxième lampe est encore de 8, et l'on recueillera aux bornes de la résistance R_2 une tension alternative de valeur :

$$\begin{aligned} 160.000 \times 8 &= 1.280.000 \text{ microvolts} \\ &= 1,28 \text{ volts} \end{aligned}$$

Le résultat obtenu est donc suffisant.

Par ailleurs, on peut choisir une capacité de liaison de l'ordre de 0,2/1.000 ou 2.10^{-4} microfarad, et une résistance de grille de 4 mégohms.

CHAPITRE XXVI

L'AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE

MONTAGES A RÉSISTANCE ET A INDUCTANCE.

La *pente dynamique* d'une lampe de résistance interne ρ , de pente S , de coefficient d'amplification K , montée avec une résistance de plaque R , a pour expression :

$$S_d = S \frac{\rho}{R + \rho} = \frac{K}{R + \rho}.$$

Le courant alternatif de plaque est exprimé par la relation :

$$i_p = S_d v_g \frac{\rho}{R + \rho} = \frac{K v_g}{R + \rho}.$$

Le gain en tension, par définition, a toujours pour expression :

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

Si la résistance intérieure de la lampe est élevée, c'est-à-dire s'il s'agit d'une lampe à écran ou d'une pentode, on a les relations :

$$S_d = S i_p = S v_g \quad G = SR.$$

Quand la résistance intérieure, au contraire, est faible, dans le cas d'une triode, on a :

$$G = K.$$

La *polarisation négative de grille a*, d'autre part, pour valeur :

$$V_g = -\frac{1}{2K} V_p \quad \text{à} \quad -\frac{3}{4K} V_p.$$

La capacité de liaison est choisie de telle sorte que, pour la fréquence la plus basse :

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{R}{10}.$$

LIAISON BASSE FRÉQUENCE A BOBINE .

Le gain obtenu avec une impédance de charge Z et une triode à faible résistance interne ρ a pour expression :

$$G = K \frac{Z}{Z + \rho}.$$

Dans laquelle, K est le coefficient d'amplification.

LIAISON BASSE FRÉQUENCE A TRANSFORMATEUR.

Le gain d'amplification est exprimé en fonction du coefficient d'amplification de la lampe K , et du rapport de transformation N du transformateur, par une formule de la forme :

$$G = KNA.$$

A étant un terme variant suivant les conditions de réalisation du montage.

AMPLIFICATION DE PUISSANCE.

La polarisation de grille de la lampe de puissance classe A est de l'ordre de $\frac{V_p}{2G}$, soit, en fonction de l'impédance de charge Z et des constantes de la lampe :

$$V_g = \frac{V_p(\rho + Z)}{2KZ}.$$

Lorsque $Z = 2\rho$, l'expression devient :

$$V_g = \frac{3V_p}{4K}.$$

PUISSANCE MODULÉE ET PUISSANCE DISSIPÉE.

La puissance dissipée W_d en watts dans une lampe de puissance, a pour valeur le produit de la tension appliquée en volts, par l'intensité du courant en ampères :

$$W_d = V_p \times I_p.$$

Le rendement de la lampe est le rapport entre la puissance modulée et la puissance dépensée pour l'alimentation W_d .

$$R_d = \frac{W_m}{W_d}.$$

La sensibilité en puissance S_w est l'expression de la puissance modulée en fonction de la tension grille appliquée ; elle a pour valeur :

$$S_w^2 = \frac{W_m \text{ (milliwatts)}}{v_g \text{ (volts)}}.$$

La puissance modulée dans une lampe dont l'impédance de charge est Z , en général, pour expression :

$$W_m = \frac{K^2 v_g^2 Z}{2(Z + \rho)^2}.$$

Lorsque $Z = \rho$, il vient :

$$W_m = \frac{1}{8} \frac{K^2 v_g^2}{\rho} = \frac{1}{8} K S v_g^2.$$

Pour une pentode, la valeur optimum de la résistance d'utilisation a encore pour expression :

$$R = \frac{V_{p_0}}{I_{p_0}}.$$

Elle est trouvée en divisant la valeur de la tension plaque par l'intensité correspondante du courant. La puissance modulée a aussi pour expression :

$$W_m = \frac{I_{p_0} V_{p_0}}{2}.$$

QUALITÉ D'UNE LAMPE DE PUISSANCE.

Si la tension efficace des oscillations appliquées sur la grille est V_{ge} , le gain en tension G , Z l'impédance de charge, et S_d la pente dynamique de la lampe, la puissance modulée peut s'exprimer par la formule :

$$W_m = \frac{G^2}{Z} v_{ge}^2 \quad \text{ou} \quad W_m = G S_d v_{ge}^2.$$

En supposant la résistance interne élevée, on peut écrire :

$$G = S_d Z \quad \text{ou} \quad S_d = \frac{G}{Z}.$$

L'expression $G S_d = s$ est le *coefficient de sensibilité* de la lampe de puissance ; il permet de déterminer ainsi la puissance modulée par la relation :

$$W_m = S v_{ge}^2.$$

Ce coefficient s s'évalue en milliampères par volt ou millimhos.

Dans le cas d'un montage classe A, ce coefficient peut encore être exprimé par la formule :

$$s = \frac{S^2 Z}{\left(1 + \frac{Z}{\rho}\right)^2}.$$

En étudiant la puissance modulée obtenue, en fonction de la résistance de charge, on voit apparaître un facteur $\frac{K^2}{\rho}$ ou KS , appelé *facteur de puissance*, ou *qualité A* de la lampe de puissance.

Par rapport à la qualité, la puissance modulée peut être représentée par l'expression :

$$W_m = \frac{1}{8} K S v_g^2 = \frac{1}{8} A v_g^2.$$

La pente dynamique S_a constitue toujours le coefficient d'amplification essentiel ; elle a pour expression :

$$S_a = \frac{S}{1 + \frac{\rho}{R}}.$$

APPLICATIONS

264. — Une lampe a un coefficient d'amplification $K = 10$, et une résistance interne $\rho = 20.000$ ohms.

On monte cette lampe en amplificatrice BF à résistance-capacité avec une résistance de plaque R de 80.000 ohms. On applique sur la grille une tension alternative de 1 millivolt.

Calculez la tension sinusoïdale recueillie aux bornes de la résistance.

SOLUTION. — Le courant alternatif de plaque recueilli dans le circuit de plaque de la lampe a pour expression :

$$i_p = \frac{K v_g}{R + \rho}.$$

Avec les notations habituelles (fig. 20).

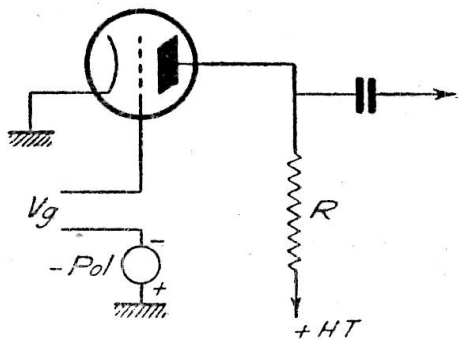


FIG. 20

Aux bornes de la résistance R , la tension recueillie a donc pour expression :

$$v_p = R i_p = \frac{K R v_g}{R + \rho} = \frac{K}{1 + \frac{\rho}{R}} v_g.$$

Le gain d'amplification de l'étage a pour valeur :

$$G = \frac{K}{1 + \frac{\rho}{R}}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$G = \frac{10}{1 + \frac{20.000}{80.000}} = \frac{10}{1 + \frac{1}{4}} = \frac{40}{5} = 8.$$

Si la tension appliquée sur la grille est de 1 millivolt, la tension recueillie aux bornes de la résistance a donc pour valeur :

$$v_p = 8v_g = 8 \text{ millivolts.}$$

265. — *Deux lampes amplificatrices basse fréquence à liaison résistance-capacité sont montées avec des résistances de grille de 1.000.000 ohms.*

Calculez la valeur limite de la capacité de liaison pour les fréquences musicales les plus basses.

SOLUTION. — On peut considérer que la fréquence musicale la plus basse à transmettre est de l'ordre de 50 périodes-seconde, ce qui correspond à une pulsation ω :

$$\omega = 2\pi \times 50 = 314.$$

On choisit, en général, une capacité C telle que sa résistance apparente pour cette fréquence soit de l'ordre du 1/10 de la valeur de la résistance de grille ; on doit donc avoir :

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{1.000.000}{10} = 100.000$$

Nous en tirons :

$$C = \frac{1}{100.000 \times 314} = 0,03 \text{ microfarad.}$$

266. — *Une lampe a une résistance interne ρ de 20.000 ohms, un coefficient d'amplification K de 10. Elle est montée en amplificatrice basse-fréquence à liaison par bobinage-capacité, à l'aide d'un bobinage de 100 henrys.*

Calculez le gain d'amplification obtenu pour les sons graves.

SOLUTION. — Le gain d'amplification G d'une lampe à liaison par inductance capacité a pour expression :

$$G = K \frac{Z}{Z + \rho}.$$

Dans laquelle, K est le coefficient d'amplification, ρ la résistance interne, et Z l'impédance du bobinage de liaison.

Pour une fréquence très basse de l'ordre de 50 périodes, l'impédance d'un bobinage de 100 henrys a pour valeur :

$$L\omega = 100 \times 2 \times 3,14 \times 50 = 31.400 \text{ ohms environ.}$$

Le gain d'amplification sera donc :

$$G = K \frac{31.400}{31.400 + 20.000} = \frac{3}{5} K \text{ environ.}$$

$$= \frac{30}{5} = 6 \text{ environ.}$$

267. — *La tension recueillie pour une certaine fréquence dans un amplificateur basse fréquence à la sortie est 7 fois au-dessus du niveau d'entrée. Quel est le gain en décibels obtenu ?*

SOLUTION. — Le gain en décibels, pour un rapport des tensions de 7 à l'entrée et à la sortie de l'amplificateur (en supposant les impédances d'entrée et de sortie correspondantes) est donné par la formule classique :

$$n(\text{décibels}) = 20 \log \frac{E}{E_0}.$$

E étant la tension à la sortie, et E_0 la tension à l'entrée.
En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$n = 20 \log 7 = 20 \times 0,845 = 16,90 \text{ décibels}$$

Soit environ 17 décibels.

268. — *Un amplificateur BF permet d'obtenir sans distorsion exagérée une amplification de 30 décibels. Quelle sera la puissance obtenue à la sortie ?*

SOLUTION. — La base standard de référence pour les puissances a été fixée à 6 milliwatts. Si un amplificateur permet d'obtenir *sans* distorsion une amplification de 30 décibels, ou 3 bels, cela veut dire que le rapport des puissances avec la puissance de niveau est de 10^3 ou 1.000.

La puissance totale exprimée en watts est donc de :

$$0,006 \times 1.000 = 6 \text{ watts.}$$

269. — *La tension de sortie d'un amplificateur à 1.000 périodes est de 16 volts et, à 40 périodes, elle est seulement de 8 volts. Calculez la perte d'amplification en décibels, entre la fréquence la plus élevée et la fréquence la plus basse.*

SOLUTION. — La perte d'amplification correspondant à la variation de tension constatée a pour expression :

$$n(\text{décibels}) = 20 \log \frac{E}{E_0}$$

E et E_0 étant les deux tensions à comparer.

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$\begin{aligned} n \text{ (décibels)} &= 20 \log \frac{8}{16} = 20 \log 0,5 \\ &= 20 (\bar{1}.6990) = 20 (-0,3010) \\ n &= -6,02 \text{ décibels.} \end{aligned}$$

La perte de tension correspond donc à un affaiblissement de 6 décibels.

Le calcul peut aussi être effectué, en notant que la puissance modulée à la sortie d'un amplificateur est donnée par l'expression $\frac{V^2}{Z}$, dans laquelle V est la tension de sortie, et Z l'impédance de charge. Les puissances modulées P et P_0 à comparer ont respectivement pour valeurs :

$$\frac{8^2}{Z} \quad \text{et} \quad \frac{16^2}{Z}.$$

Au lieu de comparer les tensions, on peut donc comparer les puissances correspondantes, et, pour déterminer la perte d'amplification en décibels, on utilise la formule classique :

$$n \text{ (décibels)} = 10 \log \frac{P}{P_0}.$$

En remplaçant P et P_0 par leurs valeurs, il vient :

$$\begin{aligned} n \text{ (décibels)} &= 10 \log \frac{\frac{64}{Z}}{\frac{256}{Z}} = 10 \log 0,25 \\ &= 10 (\bar{1}.3980) = 10 (-0,6020) \\ &= -6,02 \text{ décibels.} \end{aligned}$$

On retrouve bien le résultat précédent.

270. — *La puissance de sortie d'un amplificateur est de 2,5 watts, la puissance d'entrée de 0,1 watt. Quel est le gain en décibels ?*

SOLUTION. — Le rapport des puissances P et P_0 à la sortie et à l'entrée de l'amplificateur est de :

$$\frac{2,5}{0,1} = 25.$$

Pour connaître l'amplification correspondante en décibels, utilisons encore la formule classique :

$$n \text{ (décibels)} = 10 \log \frac{P}{P_0}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$n \text{ (décibels)} = 10 \log 25 = 10 \times 1,3979 = 13,979.$$

Le gain d'amplification est donc de 13,979 décibels.

271. — *On réalise des étages d'amplification B. F. à résistance capacité avec une résistance de plaque de 500.000 ohms.*

Calculez les valeurs minima possibles des capacités de liaison pour des fréquences de 100, 500, 1.000 et 10.000 périodes seconde.

SOLUTION. — L'impédance de la capacité de liaison pour la fréquence des oscillations à amplifier doit être bien inférieure à la valeur de la résistance R de plaque ; à la limite elle doit être de l'ordre de $\frac{R}{10}$.

En principe, la résistance apparente de la capacité doit être au maximum de l'ordre de $\frac{500.000}{10} = 50.000$ ohms pour les différentes fréquences.

Cette résistance apparente a pour expression $\frac{1}{C\omega}$ et le problème est analogue au problème 265.

Pour la fréquence 100 périodes, on doit avoir :

$$C = \frac{1}{50.000 \times 628} = 0,03 \text{ microfarad.}$$

Pour la fréquence 500 p/S :

$$C = \frac{1}{50.000 \times 3.140} = 0,006 \text{ microfarad.}$$

Pour la fréquence 1.000 p/S :

$$C = \frac{1}{50.000 \times 6.280} = 0,003 \text{ microfarad.}$$

Pour la fréquence 10.000 p/S, enfin :

$$C = \frac{1}{50.000 \times 62.800} = 0,0003 \text{ microfarad.}$$

272. — *On utilise une lampe pentode amplificatrice à forte résistance interne présentant une pente de 1 milliampère par volt. On monte cette lampe avec une impédance de charge de 50.000 ohms, et une liaison à transformateur à primaire et secondaire accordés.*

Calculez le gain en tension produit par cette lampe.

SOLUTION. — Le pouvoir amplificateur d'une lampe à forte résistance interne de pente S , montée avec une impédance de charge Z , a pour expression :

$$G = SZ.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$G = \frac{1}{1.000} \times 50.000 = 50.$$

S'il s'agissait de deux circuits accordés (concevables seulement en radiotélégraphie) le gain en tension aurait pour expression :

$$G = \frac{SZ}{2} = \frac{1}{2.000} \times 50.000 = 25.$$

273. — Une lampe à vide a un coefficient d'amplification $K = 10$ et une résistance interne $\rho = 20.000$ ohms. Elle est montée en amplificatrice basse fréquence à transformateur avec un transformateur de liaison et un transformateur de sortie.

Le transformateur d'entrée comporte 2.000 tours au primaire et 4.000 tours au secondaire. Le transformateur de sortie comporte 2.000 tours au primaire et 4.000 tours au secondaire.

Dans le secondaire du transformateur de sortie, on monte une résistance d'utilisation de 500 ohms. On applique sur le primaire du transformateur d'entrée une tension alternative de 1 volt.

Calculez la tension obtenue aux bornes de la résistance d'utilisation et la puissance absorbée.

SOLUTION. — La tension d'entrée est appliquée sur la grille par l'intermédiaire du transformateur d'entrée. La tension alternative efficace a alors pour valeur (fig. 21) :

$$1 \times \frac{4.000}{2.000} = 2 \text{ volts.}$$

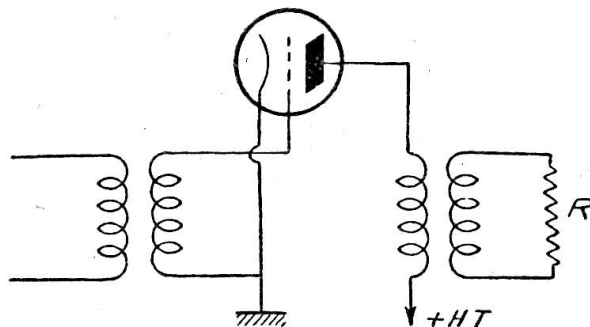


FIG. 21.

Dans le circuit de plaque, puisque le coefficient d'amplification K est de 10, on recueille une tension alternative de :

$$2 \times 10 = 20 \text{ volts.}$$

L'impédance d'entrée du transformateur de sortie, intercalée dans le circuit de plaque, a pour valeur :

$$500 \times \left(\frac{2.000}{1.000} \right)^2 = 500 \times 4 = 2.000 \text{ ohms.}$$

L'intensité i_p du courant alternatif de plaque recueilli dans le circuit de plaque de la lampe a pour expression :

$$i_p = \frac{K v_g}{R + \rho}.$$

Avec les notations habituelles. Remplaçons les lettres par leurs valeurs :

$$i_p = \frac{20}{2.000 + 20.000} = 1 \text{ milliampère environ.}$$

L'intensité efficace dans le circuit d'utilisation relié au secondaire du transformateur de sortie a pour valeur :

$$1 \times \frac{2.000}{4.000} = 0,5 \text{ milliampère.}$$

La tension efficace aux bornes de la résistance d'utilisation est alors :

$$\frac{1}{2} \times 500 = 250 \text{ microvolts.}$$

La puissance absorbée correspondante est de :

$$250 \times 500 = 1,25 \text{ milliwatt.}$$

CHAPITRE XXVII

LA RÉCEPTION PAR CHANGEMENT DE FRÉQUENCE

QUALITÉS DES LAMPES CHANGEUSES DE FRÉQUENCE.

La sensibilité d'une lampe changeuse de fréquence est définie par la *pente de conversion* S_c quotient du courant moyenne fréquence recueilli dans le circuit de plaque par la tension haute fréquence appliquée sur la grille de commande.

Ce rapport, exprimé en milliampères par volt, est donc indiqué par la formule :

$$S_c = \frac{i_m}{v_i}.$$

Le *gain de conversion*, ou amplification effective de la lampe changeuse de fréquence comportant une impédance de plaque Z , a pour expression :

$$G_c = S_c \times Z.$$

Le rapport entre la tension incidente et la tension moyenne fréquence obtenue aux bornes de l'impédance est le *coefficient d'amplification de conversion* K_c , coefficient qui peut atteindre plusieurs centaines.

APPLICATIONS

274. — On désire recevoir une émission sur une longueur d'onde de 3.260 mètres avec un récepteur à changement de fréquence, dont la fréquence moyenne est de 50 kilocycles.

Déterminez les longueurs d'onde sur lesquelles le générateur local doit être réglé. Le coefficient de self-induction du circuit est de 300 millihenrys. Quelles sont les valeurs de capacités permettant d'obtenir le résultat cherché ?

SOLUTION. — La longueur d'onde de l'émission à recevoir étant de 3.200 mètres, la fréquence correspondante de cette émission est de :

$$F_t = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{3.260} = 92.000 \text{ cycles} = 92 \text{ Kilocycles.}$$

Nous voulons obtenir une fréquence moyenne de battement de 50 kilocycles ou 50.000 cycles. La fréquence de l'oscillateur local doit donc être :

$$F_l = F_i + 50 = 92 + 50 = 142 \text{ Kilocycles.}$$

La longueur d'onde correspondante est de :

$$\frac{3 \times 10^8}{142 \times 10^3} = 2.113 \text{ mètres.}$$

La capacité du circuit correspondant à ces données est indiquée par la formule :

$$T = \frac{1}{F_i} = 2\pi\sqrt{CL} = 2\pi\sqrt{C \times \frac{300}{10^6}}.$$

d'où :

$$\frac{1}{142.000} = 2\pi\sqrt{C \times \frac{300}{10^6}}.$$

On en tire :

$$C = 4/1.000 \text{ de microfarad.}$$

Le deuxième réglage de la fréquence locale pourrait être effectué sur une fréquence :

$$F_l = F_i - 50 = 92 - 50 = 42 \text{ Kilocycles.}$$

Ce qui correspondrait à une longueur d'onde de :

$$\frac{3 \times 10^8}{42 \times 10^3} = 7.143 \text{ mètres}$$

Cette longueur d'onde très élevée exigerait une capacité beaucoup trop élevée, et il faudrait alors modifier le bobinage du circuit. D'ailleurs, les données de ce problème indiquent, en général, des fréquences beaucoup plus faibles que celles adoptées dans les appareils actuels.

275. — *On veut recevoir une émission sur 1.000 mètres de longueur d'onde avec un récepteur à changement de fréquence d'ancien modèle, dont la moyenne fréquence est de 125 kilocycles.*

Calculez la fréquence de l'oscillation locale nécessaire, et la longueur d'onde correspondante.

SOLUTION. — La longueur d'onde de l'émission à recevoir étant de 1.000 mètres, la fréquence correspondante de cette émission est de :

$$F_i = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1.000} = 300.000 \text{ cycles} = 300 \text{ kilocycles.}$$

Nous voulons obtenir une fréquence moyenne de battement de 125 kilocycles, ou 125.000 cycles ; la fréquence de l'oscillateur local F_l doit donc être :

$$F_l = F_i + 125 = 300 + 125 = 425 \text{ kilocycles.}$$

La longueur d'onde correspondante est de :

$$\frac{3 \times 10^8}{425 \times 10^3} = 705,80 \text{ mètres.}$$

Il existe un deuxième réglage de la fréquence locale permettant encore, en principe, d'obtenir le battement d'interférence nécessaire, et qui a pour valeur :

$$F'_l = F_i - 125 = 300 - 125 = 175 \text{ kilocycles.}$$

Cette fréquence correspond à une longueur d'onde de :

$$\frac{3 \times 10^8}{175 \times 10^3} = 1.714 \text{ mètres.}$$

On remarquera que ce problème est tout à fait identique au problème précédent N° 274.

276. — *Un récepteur à changement de fréquence fonctionne avec une fréquence intermédiaire de 460 kilocycles, et l'on veut recevoir un signal d'une fréquence de 1.200 kilocycles.*

1° *Calculez la fréquence sur laquelle doit être réglée la fréquence de l'oscillatrice locale.*

2° *Calculez les fréquences-images. Peuvent-elles produire un effet audible gênant ?*

SOLUTION. — 1° En choisissant la fréquence locale plus élevée que la fréquence incidente, ce qui est le cas général, en pratique, la fréquence de l'oscillatrice locale doit avoir pour valeur :

$$F_l = 1.200 + 460 = 1.660 \text{ kilocycles } (\lambda = 180 \text{ mètres}).$$

2° Les deux fréquences que l'on peut recevoir, en principe, pour un même réglage de l'oscillatrice locale, sont dites images l'une de l'autre, et diffèrent du double de la fréquence moyenne choisie, soit ici de :

$$460 \times 2 = 920 \text{ kilocycles.}$$

Ces deux fréquences sont ainsi assez éloignées l'une de l'autre. Si l'une est de 1.200 kilocycles, l'autre est de $1.200 + 920 = 2.120$ kilocycles. Ces deux fréquences images peuvent difficilement produire un effet audible gênant. La première émission correspond à une longueur d'onde de 250 mètres (gamme P. O) et la deuxième à une longueur d'onde de 142 mètres, et il ne peut donc pas apparaître un son audible après détection, puisque la deuxième émission est en dessous de la gamme P. O.

277. — *Un étage moyenne fréquence à transformateur à circuits accordés est équipé avec une lampe pentode de résistance interne $\rho = 500.000$ ohms, de coefficient d'amplification $K = 500$, et de pente $S = 1$ milliampère par volt.*

Le transformateur est accordé sur 600 mètres de longueur d'onde avec des bobinages de 200 microhenrys, d'une résistance ohmique de 10 ohms.

On fait agir sur la grille de la lampe un signal de 50 microvolts. Quelle est la tension recueillie dans le secondaire du transformateur, et appliquée à la lampe suivante ?

SOLUTION. — Pour une lampe pentode, dont la résistance interne est très élevée, et montée avec un transformateur à primaire et secondaire accordés, on démontre que le gain d'amplification G est donné par l'expression :

$$(1) \quad G = \frac{1}{2} SZ,$$

S étant la pente, et Z l'impédance de charge.

Appliquons cette formule au cas actuel, et calculons d'abord l'impédance qui se trouve dans le circuit de plaque de la lampe.

Soit L le coefficient de self-induction du bobinage, ω la pulsation d'accord, R la résistance ohmique .

$$Z = \frac{L}{CR} = \frac{L^2 \omega^2}{R} = \frac{200^2 \times 10^{-12} \times \pi^2 \times 4 \times 10^{10} \times 25}{10}$$

$$Z = \frac{200^2 \times 10^{-12} \times 10^{13}}{10} = 40.000 \text{ ohms.}$$

Nous en déduisons , d'après la première formule (1), la valeur du gain d'amplification :

$$G = \frac{1}{2} \frac{40.000}{1.000} = 20.$$

Lorsqu'on applique sur la grille de la lampe, une tension de 50 microvolts, la tension recueillie dans le secondaire du transformateur a ainsi pour valeur, puisque le gain d'amplification est de 20 :

$$50 \times 20 = 1.000 \text{ microvolts} = 1 \text{ millivolt.}$$

CHAPITRE XXVIII

CONSTRUCTION DES APPAREILS RADIOÉLECTRIQUES

REDRESSEMENT DU COURANT ALTERNATIF.

Dans un redresseur parfait, redressant seulement une des alternances du courant, la tension redressée a pour expression limite la tension moyenne, soit :

$$\frac{E_{\max}}{\pi}, \quad \text{d'après la formule :} \quad E_{\text{moy}} = \frac{2}{\pi} E_{\max}.$$

Si le circuit de filtrage comporte un condensateur, la tension redressée augmente en même temps que la capacité, et en raison inverse de l'intensité du courant utile ; elle varie ainsi, en théorie, entre :

$$\frac{E_m}{\pi} \quad \text{et} \quad E_m, \quad \text{soit} \quad E_{\text{eff}} \sqrt{2}.$$

L'effet régulateur est d'autant meilleur que la capacité est plus grande : celle-ci doit être suffisante pour que la chute de potentiel constatée pendant la décharge n'atteigne que le $\frac{1}{100}$ du potentiel initial.

Dans le cas particulier d'un courant alternatif d'une fréquence de 50 périodes par seconde, la capacité C, en fonction de la tension V du courant et de l'intensité I, est exprimée par la relation :

$$C = \frac{100IT}{V} = \frac{100I}{V \times 100} = \frac{I}{V} \quad \text{T étant la période de l'ondulation.}$$

Si l'intensité est grande, la capacité à utiliser est énorme, et le problème est difficile à résoudre.

Avec un montage complet permettant de redresser les deux alternances, la tension moyenne à vide sans condensateur est de : $\frac{2E_m}{\pi}$, et la tension maximum obtenue en augmentant la capacité n'est pas plus grande.

CARACTÉRISTIQUES DES VALVES DE REDRESSEMENT.

Le rendement d'une valve est exprimé par la relation :

$$\frac{P_u}{P_d + P_u}.$$

Dans laquelle, P_d est la puissance dissipée sur la plaque, et P_u la puissance utile en courant redressé.

Il y a intérêt à ce que la variation de tension dépende le moins possible du débit de la valve, et l'on considère un effet de régulation, ou *facteur de régulation* du redresseur.

Si la tension à vide est V_0 et qu'elle devient V_1 pour une certaine résistance d'utilisation, avec une certaine tension appliquée, la régulation est définie par l'expression :

$$\frac{V_0 - V_1}{V_1}.$$

Cette expression indique la perte relative de tension correspondant à la variation du débit, ou rapport entre la différence de tension et la tension en charge. Cette variation doit être faible et normalement inférieure à 10 %

Dans une valve à gaz, la chute de tension demeure pratiquement constante, et de l'ordre de 15 à 16 volts, *quel que soit le débit.*

La résistance interne étant très faible, on utilise en série une résistance de sécurité, ou un enroulement supplémentaire de filtre, dont la résistance ohmique est indiquée par la relation :

$$R = \frac{V_p - 15}{I_m}.$$

V_p étant la tension plaque appliquée, et I_m l'intensité maximum instantanée.

La *tension inverse maximum* est la valeur de la tension entre la cathode et la plaque dans le sens inverse de la conductibilité, produisant un arc entre les électrodes.

Lorsqu'on ne redresse qu'une *alternance*, la *tension moyenne du courant redressé* a pour valeur :

$$E_r = \frac{E_m}{\pi} = 0,318E_m.$$

Un voltmètre à cadre relié aux bornes du redresseur mesure alors cette valeur E_r .

Lorsqu'on monte aux bornes du redresseur un condensateur de forte capacité, le condensateur se charge à la tension de pointe, et un voltmètre branché à ses bornes permet de mesurer à peu près la tension maximum.

En utilisant les deux alternances, la tension redressée a pour expression à vide :

$$E_r = E_{\text{moy.}} = 0,637E_m.$$

Avec un condensateur, la mesure donne évidemment la tension maximum.

FILTRAGE DU COURANT REDRESSÉ.

On peut distinguer, en général, les circuits-filtres à *condensateur d'entrée* utilisés dans les récepteurs, et les modèles à *bobinage d'entrée* employés dans les amplificateurs classe B ou AB.

Les premiers permettent d'obtenir, en théorie, une tension élevée, mais l'intensité instantanée fournie par la valve augmente avec la capacité. Les cellules à bobines d'entrée permettent une meilleure régulation, mais avec une tension de sortie inférieure, pour une même tension alternative appliquée.

Dans une *cellule à capacité d'entrée* comportant un bobinage en série et deux capacités en parallèle, la bobine présente une impédance $L\omega$, L étant le coefficient de self-induction, et ω la pulsation du courant.

Les condensateurs de capacité C ont, de leur côté, une résistance apparente ayant pour expression $\frac{1}{C\omega}$.

D'une manière très élémentaire, la capacité de filtrage doit présenter une résistance apparente plus faible que la résistance d'utilisation R_u à la sortie du filtre ; on doit donc avoir, en pratique :

$$\frac{1}{C\omega} < R_u \quad \text{On en tire, en pratique : } \frac{1}{C\omega} = \frac{R_u}{10}.$$

Cette expression indique une limite pour la valeur de la capacité C .

En appelant R la résistance d'utilisation du circuit de sortie, les expressions simples indiquant le coefficient de self-induction du bobinage, et la capacité des condensateurs sont données par les formules :

$$L = \frac{2R}{\omega} \quad C = \frac{2}{\omega R}.$$

Dans lesquelles, ω est la pulsation correspondant à la fréquence d'arrêt, à partir de laquelle le filtre fonctionne.

Avec un filtre à bobinage d'entrée, la tension obtenue est plus réduite, et a pour expression, comme il a déjà été expliqué plus haut :

$$\frac{2E_m}{\pi}.$$

TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION.

Le *rapport de transformation à vide* dépend du nombre de tours des enroulements ; il est exprimé par le rapport des nombres de ces tours, soit $\frac{N_1}{N_2}$. Le transformateur fonctionne à *vide*, lorsque le circuit secondaire est ouvert, et fonctionne *en charge* lorsque le circuit secondaire est relié au circuit d'utilisation. La chute de tension est alors plus ou moins forte.

Le *rendement* est le rapport entre la puissance utile totale recueillie au secondaire, et la puissance empruntée au secteur par le primaire. Les pertes provien-

nent de l'effet Joule, ou *pertes dans le cuivre*, et des pertes à vide ou *pertes dans le fer*.

Pour *calculer un transformateur d'alimentation*, on doit connaître les tensions à obtenir dans chaque secondaire, et les intensités de courant. On en déduit la puissance totale nécessaire au secondaire, ce qui permet de déterminer la puissance à obtenir au primaire, en tenant compte du rendement. On en déduira l'intensité du courant au primaire, puisqu'on connaît la tension disponible.

La section du circuit magnétique est calculée par une formule très simple de la forme :

$$S = 1,2 \sqrt{W_p}.$$

Dans laquelle, S est la section en centimètres carrés, et W_p la puissance nécessaire au primaire exprimée en voltampères.

Le *nombre de tours* des enroulements dépend de la tension, et de la fréquence, de la section, et de l'induction dans le fer produisant le champ ; il est calculé par la formule simple :

$$N_2 = \frac{V_2}{10^{-8} \times 4,4 \times F \times S \times B}.$$

Dans laquelle, F est la fréquence du courant alternatif, S la section effective du noyau en centimètres carrés, B l'induction, N_2 le nombre de tours au secondaire, V_2 la tension secondaire à vide. L'induction B exprimée en gauss, est la valeur du flux par centimètre carré égale au produit du champ H par la perméabilité du fer, soit :

$$B = \mu H.$$

CALCUL DES ÉLÉMENTS DE DÉCOUPLAGE.

Le calcul des capacités de découplage doit s'effectuer suivant le principe suivant :

La *résistance apparente*, ou *capacitance*, de la capacité de découplage doit être beaucoup plus faible que la résistance à découpler pour la composante alternative considérée.

En pratique, on choisit une résistance apparente de la capacité 10 fois plus petite que la résistance, soit :

$$\frac{1}{C\omega} < \frac{R}{10}.$$

Avec les notations habituelles.

Dans le cas de la haute fréquence, la pulsation ω doit correspondre à la fréquence la plus basse de la gamme envisagée, soit, en général, de l'ordre de 100 à 120 kilocycles.

Dans le circuit d'une lampe basse fréquence, la fréquence la plus basse à considérer est de l'ordre de 50 périodes-seconde.

PERTES EN HAUTE FRÉQUENCE.

Pour une fréquence très grande, le courant dans les conducteurs est presque uniquement superficiel. La résistance des fils de cuivre en haute fréquence, pour une fréquence donnée, est indiquée par la formule approchée de Mesny :

$$R = r \times 2,35 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}.$$

Dans laquelle, R est la résistance en haute fréquence, r la résistance ohmique, d le diamètre du fil en millimètres, λ la longueur d'onde en kilomètres correspondant à la fréquence donnée.

Pour un condensateur simple, si l'on appelle F le champ électrique dans le diélectrique séparant les deux armatures métalliques, la perte de puissance P par centimètre cube pour une certaine longueur d'onde λ a pour expression :

$$P = \frac{KF^2}{\lambda}.$$

K est une constante qui dépend de la nature du diélectrique du condensateur, F est exprimé en kilovolts par centimètre, P en watts, λ en kilomètres ; la valeur de la constante K pour les principaux isolants est alors indiquée ci-dessous :

Quartz	0,0003
Mica	0,0003
Paraffine.....	0,0006
Verre.....	0,005
Ebonite	0,006
Carton bakéliné.....	0,03

La résistance d'un condensateur à air en haute fréquence est exprimée par la formule :

$$r = K' \frac{L^2}{\lambda^2}.$$

Dans laquelle, r est la résistance en ohms, L le coefficient de self-induction en millihenrys de la résistance équivalente, et λ la longueur d'onde en kilomètres ; K' est une constante qui, pour un très bon condensateur, est de l'ordre de 0,5 à 1.

Il faut considérer, en haute fréquence, également la self-induction, la résistance ohmique, et la *capacité propre des bobinages*, ou *capacité répartie*.

Les bobinages à une seule couche ont une capacité qui dépend uniquement de leur diamètre, et de l'ordre de $0,3 \times d$, en micromicrofarads, d étant le diamètre en centimètres.

CALCUL DES CIRCUITS.

L'impédance Z d'un circuit à la résonance a pour expression $\frac{L}{CR}$.

Le coefficient de recouvrement d'un circuit oscillant est, par définition, le rapport entre la longueur d'onde maximum et la longueur d'onde minimum que l'on peut obtenir en accordant le circuit au moyen du condensateur variable.

Un condensateur variable présente une capacité maximum $C_{\max}$, une capacité minimum $C_{\min}$ résiduelle, correspondant à la position des lames mobiles à l'extérieur des lames fixes.

La longueur d'onde supérieure maximum λ_1 correspond à la capacité totale maximum du circuit $C_{\max}$; elle est indiquée par la formule :

$$\lambda_1 = 1,885 \sqrt{LC_{\max}}.$$

La longueur d'onde limite inférieure correspond, de même, à la capacité totale minima du circuit $C_{\min}$, et elle est exprimée par la formule :

$$\lambda_0 = 1,885 \sqrt{LC_{\min}}.$$

On obtient le coefficient de recouvrement en divisant membre à membre, et l'on obtient :

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}}.$$

Ce coefficient dépend ainsi du rapport des capacités maximum et minimum aux bornes du bobinage.

Le coefficient de self-induction d'un bobinage L , en fonction de la capacité maximum ou minimum, et de la longueur d'onde correspondante à obtenir est donné par la formule :

$$L = \frac{\lambda^2}{1,885^2 C}.$$

La self-induction d'un bobinage à une seule couche à spires jointives est exprimée par la formule de Nagaoka :

$$L (\text{microhenrys}) = \frac{Kl(\pi dn)^2}{1.000}.$$

Dans laquelle, K est un coefficient qui dépend du rapport du diamètre d à la longueur l , et toujours plus petit que 1.

Pour un bobinage en nid d'abeille, une formule approximative très simple permet de calculer directement le nombre de tours N en fonction de la self-induction L , et du diamètre moyen d , suivant l'expression :

$$N = 10 \sqrt{\frac{L}{d}} \quad \text{soit :} \quad L = \frac{N^2 d}{100} (\text{microhenrys}).$$

Pour un bobinage à noyau magnétique, la self-induction est exprimée, en fonction du nombre de spires N , par la formule :

$$N = K \sqrt{L}.$$

Dans laquelle, K est un coefficient qui dépend de la substance magnétique du noyau, et varie entre 100 et 200 pour les modèles habituels.

APPLICATIONS

278. — Une pentode fonctionne avec une tension-plaque de 250 volts, et une tension-écran de 90 volts ; on veut appliquer sur la grille de commande une polarisation de -3 volts. Le courant de plaque est de 6,5 milliampères et le courant d'écran de 2,5 milliampères.

1° Calculez la valeur de la résistance cathodique employée.

2° Quelle résistance faudrait-il adopter, si l'on voulait monter deux lampes en parallèle ?

SOLUTION. — On détermine d'une manière élémentaire la valeur d'une résistance cathodique de polarisation en connaissant la tension négative nécessaire à appliquer sur la grille, et le courant total de cathode (fig. 22).

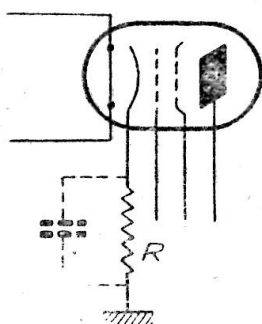


FIG. 22.

Soit E la tension de polarisation en volts. Le courant total de cathode est formé par le courant anodique I_a et le courant d'écran I_e exprimés en milliampères.

La valeur de la résistance cathodique R à employer exprimée en ohms est indiquée alors par la formule classique déduite de la loi d'Ohm :

$$R = \frac{E}{\frac{I_a + I_e}{1.000}} = \frac{E \times 1.000}{I_a + I_e}.$$

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$R = \frac{3 \times 1.000}{6,5 + 2,5} = 333 \text{ ohms.}$$

2° Si l'on voulait monter deux lampes en parallèle, le courant total traversant la résistance cathodique de polarisation unique serait évidemment double, et la valeur de la résistance serait diminuée de moitié ; elle serait donc de :

$$R = \frac{333}{2} = 166,5 \text{ ohms.}$$

279. — Une source d'alimentation haute tension fournit un courant de 18 milliampères sous une tension de 240 volts, et de 10 milliampères sous une tension de 260 volts.

On emploie ce dispositif pour alimenter un récepteur de T. S. F. dont les étages d'amplification haute fréquence et le détecteur exigent un courant de 4 milliampères et la lampe de puissance 10 milliampères sous une tension de 150 volts.

1° On demande la valeur et le montage de la résistance à utiliser pour adapter le dispositif d'alimentation au récepteur. Quelle puissance absorbera cette résistance ?

2° On adapte aux bornes du montage d'alimentation un potentiomètre de 50.000 ohms, pour faire fonctionner une lampe à écran. Comment faut-il modifier la résistance utilisée ?

SOLUTION. — Pour alimenter le récepteur, le courant total nécessaire est de :

$$4 + 10 = 14 \text{ milliampères.}$$

Il faut d'abord déterminer la tension disponible à la sortie du dispositif d'alimentation pour ce courant.

Nous savons que la tension est de 260 volts pour un débit de 10 milliampères, et de 240 volts pour un débit de 18 milliampères. La différence de tension constatée est donc de 20 volts pour une différence de courant de 8 milliampères, soit :

$$\frac{20}{8} = 2,5 \text{ volts par milliampère.}$$

Lorsque le courant augmente ainsi de 10 à 14 milliampères, valeur nécessaire pour l'alimentation du récepteur, la chute de tension est de :

$$2,5 \times 4 = 10 \text{ volts}$$

et la tension s'abaisse à :

$$260 - 10 = 250 \text{ volts.}$$

Il faut donc ramener la tension de cette valeur de 250 volts au niveau utile de 150 volts nécessaire à l'alimentation des lampes du récepteur ; il faut réaliser une chute de tension de :

$$250 - 150 = 100 \text{ volts.}$$

L'intensité du courant traversant le dispositif doit être de 15 milliampères ; la résistance nécessaire pour produire cette chute de tension a donc, d'après la loi d'Ohm, une valeur de :

$$\frac{100}{\frac{15}{1.000}} = 6.666 \text{ ohms.}$$

La puissance dissipée dans cette résistance a pour expression $V \times I$; elle a donc une valeur de :

$$\frac{100 \times 14}{1.000} = 1,4 \text{ watt.}$$

2° Pour déterminer la variation du courant total nécessaire du dispositif d'alimentation, et la modification de la résistance de chute, il faut d'abord calculer le courant passant dans le potentiomètre.

En montant directement ce potentiomètre à la sortie du dispositif d'alimentation, on peut admettre que la tension est ramenée approximativement aux environs de 250 volts.

D'après la formule classique, forme de la loi d'Ohm, l'intensité du courant traversant ce potentiomètre, en fonction de la tension appliquée E , et de sa résistance a pour valeur :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{250}{50.000} = 5 \text{ milliampères.}$$

L'intensité totale d'alimentation devient donc :

$$14 + 5 = 19 \text{ milliampères.}$$

Cette intensité correspond à une tension de :

$$240 - 2,5 = 237,5 \text{ volts.}$$

D'après le résultat trouvé primitivement, au début de cet exposé. La chute de tension à obtenir dans la résistance montée en série n'est plus alors que de :

$$237,5 - 150 = 87,5 \text{ volts.}$$

La résistance correspondante traversée par le courant de 14 milliampères, puisque le récepteur n'a pas varié, a alors pour valeur :

$$\frac{87,5}{\frac{14}{1.000}} = 6.250 \text{ ohms.}$$

230. — *Un circuit-filtre d'alimentation est réalisé avec un bobinage de 20 henrys. Il sert au filtrage du courant complètement redressé provenant d'un secteur 110 volts 50 périodes.*

Ce bobinage étant coupé, on veut le remplacer momentanément par une résistance. Quelle doit être la valeur de cette résistance ?

SOLUTION. — Puisque la fréquence du courant du secteur est de 50 périodes, et qu'on redresse les deux alternances, la composante alternative du courant redressé a une fréquence de 100 périodes. Calculons quelle est la résistance apparente, ou impédance, de ce bobinage employé dans le filtre.

Le coefficient de self-induction étant L , et la pulsation du courant ω , la résistance apparente a pour valeur :

$$R_a = L\omega = 20 \times 2 \times 3,14 \times 100 = 13.560 \text{ ohms.}$$

A condition que l'intensité du courant traversant le filtre soit suffisamment faible, on obtient un effet analogue en remplaçant ce bobinage par une résistance de même valeur ohmique, c'est-à-dire de 13.560 ohms. Ce remplace-

ment introduira, cependant, une résistance de même valeur pour la composante continue, et il faudra tenir compte de ce fait, en ce qui concerne les tensions appliquées sur les électrodes des lampes.

281. — Une pentode haute fréquence est polarisée par une résistance cathodique de 300 ohms. On demande la valeur de la capacité de découplage à adopter en correspondance avec cette résistance.

SOLUTION. — Pour déterminer la valeur de la capacité de découplage, en correspondance avec la résistance employée, on considère la valeur limite nécessaire de cette capacité pour la haute fréquence la plus réduite à envisager, soit de l'ordre de 100 kilocycles. Si ω est la pulsation limite correspondant à cette fréquence, C la capacité limite, et R la valeur de la résistance, on sait qu'on doit avoir alors la relation :

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{R}{10} \quad \text{soit} \quad C = \frac{1}{R\omega} = \frac{10}{R\omega}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$C = \frac{10^7}{300 \times 2 \times 3,14 \times 100.000} = 50/1.000 \text{ de microfarad environ.}$$

Nous obtenons ainsi la valeur de la capacité limite, et, en pratique, cette valeur est généralement dépassée (fig. 23).

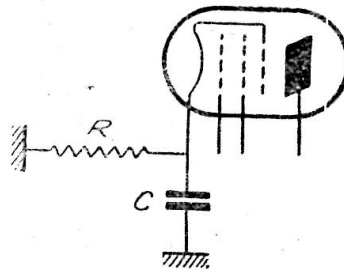


FIG. 23.

282. — Une pentode basse fréquence de puissance est polarisée par une résistance cathodique de 200 ohms. Quelle est la valeur limite de la capacité de découplage à adapter sur cette résistance ?

SOLUTION. — Pour calculer la valeur de la capacité limite à utiliser en basse fréquence, on considère la fréquence musicale de fonctionnement la plus basse soit 50 périodes-secondes, et, pour cette fréquence, la résistance apparente de la capacité doit être 10 fois plus faible que la résistance ohmique de cathode.

Si l'on appelle C la capacité limite, ω la pulsation correspondant à la fré-

quence limite, et R la résistance cathodique, on doit avoir la relation, comme dans le problème 281 :

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{R}{10} \quad \text{Soit} \quad C = \frac{1}{\frac{R\omega}{10}} = \frac{10}{R\omega}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$C = \frac{10^7}{200 \times 2 \times 3,14 \times 50} = 150 \text{ microfarads.}$$

En pratique, cette valeur est trop élevée, et on utilise, au maximum, un condensateur de 50 microfarads.

283. — Un poste « tous courants » comporte 5 lampes et une valve d'alimentation. La tension de chauffage nécessaire pour l'alimentation des cathodes des quatre premières lampes est de 6,3 volts, et celle des deux dernières est de 25 volts. L'intensité du courant de chauffage est de 0,3 ampère, et celle du courant de plaque de 50 milliampères.

Calculez la valeur de la résistance chutrice à adopter sur un secteur 125 volts, et celle de la résistance additionnelle nécessaire pour faire fonctionner l'appareil sur un secteur 220 volts.

SOLUTION. — L'appareil étant du type « tous courants » les filaments chauffants des lampes et de la valve sont montés en série, et la tension du courant de chauffage nécessaire est ainsi, d'après l'énoncé, de :

$$6,3 \times 4 + 25 \times 2 = 25,2 + 50 = 75,2 \text{ volts.}$$

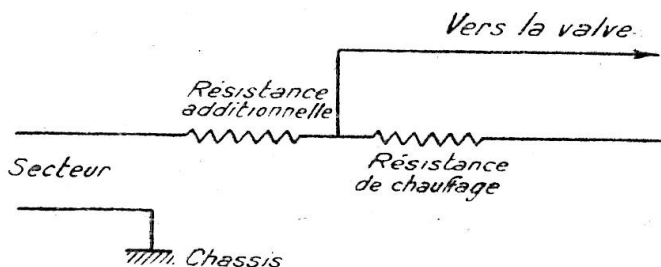


FIG. 24.

La tension du secteur étant de 125 volts, la chute de tension à obtenir est de :

$$125 - 75,2 = 49,8 \text{ volts.}$$

L'intensité du courant de chauffage I devant traverser la résistance employée est de 0,3 ampère. La valeur de la résistance chutrice R qui doit être adoptée en fonction de la chute de tension V , et de l'intensité I , est donc, d'après la loi d'Ohm, de :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{49,8}{0,3} = 166 \text{ ohms.}$$

2° Pour adapter l'appareil sur le secteur 220 volts, il faut tenir compte du fait que la résistance additionnelle doit être traversée par le courant de chauffage habituel des lampes qui est de 0,3 ampère, et aussi par le courant d'alimentation plaque de 50 milliampères ; le courant total traversant cette résistance est donc de (fig. 24) :

$$0,3 + 0,05 = 0,35 \text{ ampère.}$$

La chute de tension à obtenir dans la résistance a pour valeur :

$$220 - 125 = 95 \text{ volts.}$$

On calculera la valeur de cette résistance, comme précédemment, d'après la chute de tension nécessaire et l'intensité du courant total. Il vient :

$$R' = \frac{V'}{I'} = \frac{95}{0,35} = 271 \text{ ohms.}$$

284. — On utilise le bobinage d'excitation d'un haut-parleur électrodynamique, dont la résistance est de 2.000 ohms, pour constituer l'enroulement du circuit filtre d'alimentation d'un récepteur de T. S. F. On mesure la chute de tension aux bornes de cet enroulement ; on trouve une valeur de 125 volts.

Calculez l'intensité du courant d'alimentation du récepteur.

SOLUTION. — Nous connaissons la résistance ohmique du bobinage employé dans le circuit filtre, soit 2.000 ohms, et nous avons mesuré la chute de tension aux

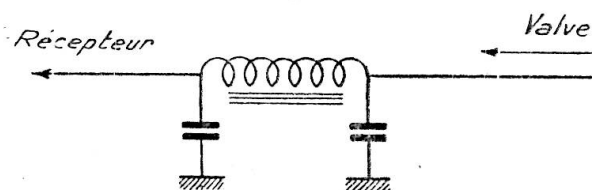


FIG. 25.

bornes de ce bobinage, soit 100 volts. Nous pouvons facilement en déduire l'intensité I du courant d'alimentation traversant le filtre, d'après la formule de la loi d'Ohm (fig. 25) :

$$I = \frac{V}{R}$$

Dans laquelle, V est la chute de tension dans la résistance, et R la valeur de la résistance.

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$I = \frac{125}{2.000} = 0,0625.$$

285. — On monte dans le circuit de plaque d'une lampe haute fréquence une résistance de 10.000 ohms découplée par une capacité de 0,1 microfarad.

D'après les conditions du problème, il est nécessaire, pour que ce montage soit efficace, que la résistance apparente de la capacité pour une fréquence de 1.000 périodes-seconde soit inférieure au cinquième de la valeur de la résistance.

Ce résultat est-il atteint ?

SOLUTION. — La résistance à découpler ayant une valeur de 10.000 ohms, la résistance apparente de la capacité à 1.000 périodes-seconde doit, d'après l'énoncé, avoir une valeur inférieure à 2.000 ohms, c'est-à-dire au cinquième de la résistance.

La résistance apparente R_c de la capacité C , pour une pulsation ω , correspondant à une fréquence F , a toujours pour expression :

$$R_c = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{2\pi FC}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, et en évaluant C en microfarads, il vient :

$$R_c = \frac{10^6}{6,28 \times 0,1 \times 1.000} = \frac{10^4}{6,28} = \frac{10^6}{628} = 1.600 \text{ ohms environ.}$$

La capacité adoptée ayant une résistance apparente inférieure à 2.000 ohms convient donc bien au but recherché, et assure un découplage suffisant de la résistance.

286. — *Une lampe pentode montée dans un récepteur « tous courants » fonctionne avec une tension plaque de 100 volts, et une tension d'écran égale.*

Pour assurer son fonctionnement, on doit appliquer sur sa grille de contrôle une polarisation de — 8 volts. Le courant de plaque est de 35 milliampères, et le courant d'écran de 5 milliampères.

1° Calculez la valeur de la résistance cathodique employée.

2° On veut monter deux lampes de ce type en parallèle ; quelle résistance faudra-t-il employer ?

SOLUTION. — Le problème a déjà été traité précédemment sous une autre forme au N° 278. La valeur de la résistance de cathode à adopter est calculée suivant la polarisation de grille nécessaire, en fonction du courant total qui la traverse.

Soit V la tension de polarisation en volts, qui doit correspondre à la chute de tension dans la résistance. Le courant total est toujours constitué par le courant de plaque I_p et le courant d'écran I_c en milliampères. La valeur de la résistance R à adopter, est alors exprimée par la formule déduite de la loi d'Ohm :

$$R = \frac{V}{\frac{I_p + I_c}{1.000}} = \frac{V \times 1.000}{I_p + I_c} = \frac{8 \times 1.000}{35 + 5} = 200 \text{ ohms.}$$

Lorsqu'on emploie deux lampes identiques en parallèle, le courant total devient évidemment double, et, par conséquent, pour obtenir la même chute

de tension dans la résistance unique, la valeur de cette résistance peut être deux fois plus faible ; elle est donc de :

$$\frac{200}{2} = 100 \text{ ohms.}$$

287. — *Un poste tous courants à 5 lampes, dont une valve, comporte 4 lampes dont les filaments de chauffage sont alimentés sous une tension de 6,3 volts. Le filament de la valve est alimenté sous une tension de 25 volts.*

Dans ces conditions, l'intensité du courant de chauffage absorbé est de 0,6 ampère, et celle du courant d'alimentation plaque de 100 milliampères.

1° On monte l'appareil sur le secteur 110 volts ; quelle est la valeur de la résistance chutrice à adopter ?

2° On veut faire fonctionner l'appareil ainsi monté sur le secteur 220 volts. Calculez la valeur de la résistance additionnelle à utiliser.

SOLUTION. — Le problème a été déjà traité précédemment sous une forme analogue au N° 283. Le montage étant du type « tous courants », les filaments chauffants des lampes et de la valve sont reliés en série, et la tension de chauffage est donc de :

$$6,3 \times 4 + 25 = 25,2 + 25 = 50,2 \text{ volts.}$$

Puisque la tension du secteur est de 110 volts, pour obtenir une tension convenable, il faut réaliser une chute de tension de :

$$110 - 50,2 = 59,8 \text{ volts.}$$

L'intensité du courant de chauffage I passant dans la résistance R est de 0,6 ampère. En fonction de la chute de tension V dans la résistance, la valeur de la résistance à adopter a donc pour expression :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{59,8}{0,6} = 99,7 \text{ ohms.}$$

2° Lorsqu'on veut adapter l'appareil monté avec cette première résistance chutrice de chauffage sur le secteur 220 volts, il faut utiliser une résistance additionnelle. Celle-ci est traversée par le courant de chauffage de 0,6 ampère, et par le courant haute-tension de 100 milliampères, soit au total de (Revoir fig. 24) :

$$0,6 + 0,1 = 0,7 \text{ ampère,}$$

La chute de tension à obtenir dans la résistance est alors de :

$$220 - 110 = 110 \text{ volts.}$$

La valeur R' de la résistance additionnelle, en fonction de la chute de tension V' et de l'intensité totale I' , a pour expression :

$$R' = \frac{V'}{I'} = \frac{110}{0,7} = 157 \text{ ohms.}$$

288. — Un poste alternatif 5 lampes dont une valve, est équipé avec des lampes, dont les filaments sont chauffés sous une tension de 6 volts, et consommant les quatre premières, 0,3 ampère, et la valve 0,5 ampère.

1° Calculez l'intensité du courant de chauffage, et la puissance utile empruntée au secteur pour ce chauffage.

2° On veut modifier cet appareil pour le faire fonctionner sur courant continu 110 volts, en laissant les filaments chauffants en parallèle.

Calculez la puissance dépensée inutilement dans ce cas dans une résistance chute.

SOLUTION. — Les quatre premières lampes du poste exigeant un courant de chauffage de 0,3 ampère, et la valve un courant de chauffage de 0,5 ampère, le courant total nécessaire pour l'alimentation du poste est de :

$$4 \times 0,3 + 0,5 = 1,7 \text{ ampère.}$$

La tension de chauffage pour toutes les lampes montées en parallèle étant de 6 volts, la puissance utile empruntée au secteur est de :

$$6 \times 1,7 = 10,2 \text{ watts.}$$

2° Lorsqu'on modifie le montage de l'appareil pour le faire fonctionner sur un secteur continu, suivant le principe des « tous courants », il faut utiliser une résistance additionnelle, qui ramène la tension du secteur à la tension limite nécessaire pour le chauffage, en produisant une chute de tension convenable.

Si on laisse les filaments des lampes en parallèle, la tension de chauffage nécessaire reste de 6 volts, et l'intensité du courant de 1,7 ampère. La chute de tension nécessaire est alors de :

$$110 - 6 = 104 \text{ volts.}$$

La puissance dépensée dans la résistance est très élevée ; elle est de :

$$104 \times 1,7 = 176,8 \text{ watts.}$$

Pour diminuer cette perte de puissance, il est préférable de monter les lampes avec des filaments en série, en remplaçant la dernière valve par un modèle ayant, par exemple, un courant de chauffage de 0,3 ampère sous une tension de 25 volts, puisqu'il est nécessaire d'utiliser des filaments ayant tous le même courant de chauffage.

L'intensité du courant de chauffage n'est plus, dans ce cas, que de 0,3 ampère, et la chute de tension nécessaire de :

$$110 - (4 \times 6 + 25) = 110 - 49 = 61 \text{ volts.}$$

La perte de puissance a alors pour valeur seulement :

$$61 \times 0,3 = 18,3 \text{ watts.}$$

289. — Un poste tous courants comprend 6 lampes, dont une valve, dont les filaments chauffants sont alimentés, les quatre premiers sous une tension de 6 volts,

et les deux derniers sous une tension de 25 volts. Le courant de chauffage de chaque lampe est de 0,5 ampère.

Calculez :

1° La puissance totale nécessaire pour le chauffage des filaments ;

2° La valeur de la résistance chutrice à adopter ;

3° La puissance perdue dans la résistance.

Que pouvez-vous en conclure, en ce qui concerne l'alimentation des appareils tous courants ?

SOLUTION. — Les filaments chauffants des différentes lampes étant montés en série, les tensions à leurs bornes s'ajoutent, et la tension totale aux bornes d'entrée a pour valeur :

$$4 \times 6 + 25 \times 2 = 24 + 50 = 74 \text{ volts.}$$

L'intensité du courant de chauffage de chaque lampe étant de 0,5 ampère, la puissance d'alimentation empruntée au secteur a pour valeur :

$$74 \times 0,5 = 37 \text{ watts.}$$

2° La tension de chauffage nécessaire pour l'alimentation des lampes est, comme nous l'avons vu plus haut, de 74 volts, la chute de tension que l'on doit obtenir pour faire fonctionner l'appareil sur le secteur 110 volts est donc de :

$$110 - 74 = 36 \text{ volts.}$$

La valeur R de la résistance chutrice à employer, en fonction de la chute de tension V, et du courant total I, a pour expression :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{36}{0,5} = 72 \text{ ohms.}$$

3° La puissance perdue dans la résistance, en fonction de la chute de tension V', et de l'intensité I, a pour valeur :

$$P' = V' \times I = 36 \times 0,5 = 18 \text{ watts.}$$

Cette perte de puissance est relativement faible, grâce au montage des lampes en série, et elle est d'autant plus faible que la chute de tension à obtenir est plus faible. On a donc intérêt à utiliser des lampes dont les filaments sont alimentés sous une tension aussi élevée que possible.

290. — 100 mètres de fil de cuivre de 1 mm. de diamètre ont, en courant continu, une résistance de l'ordre de 2 ohms.

Calculez la résistance de ce fil en haute fréquence pour des oscillations correspondant à une fréquence de 1.000 kilocycles.

SOLUTION. — La résistance d'un fil en haute fréquence, en fonction de la résistance en courant continu R, du diamètre du fil en millimètres d, et de la

longueur d'onde λ en kilomètres, correspondant à la fréquence donnée a pour expression :

$$r = R \times 2,35 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}.$$

En remplaçant ici les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$r = 2 \times 2,35 \frac{1}{\sqrt{0,3}} = 8,7 \text{ ohms.}$$

291. — Une lampe basse fréquence est montée en amplificatrice de tension, avec une résistance cathodique de 3.000 ohms assurant la polarisation.

Calculez la valeur limite de la capacité de découplage.

SOLUTION. — Ce problème a déjà été étudié précédemment sous une autre forme au N° 282. La valeur limite de la capacité de découplage doit être déterminée pour la fréquence la plus basse considérée, soit de 50 périodes-seconde. Pour cette fréquence, la résistance apparente de cette capacité doit être pratiquement inférieure au 1/10 de la valeur de la résistance cathodique. On doit donc avoir encore :

$$C = \frac{10}{R_{\omega}} = \frac{10^7}{3.000 \times 2 \times 3,14 \times 50} = \frac{10^5}{3,14 \times 3.000} = 10 \text{ microfarads.}$$

292. — Pour faire fonctionner une lampe à écran, on polarise l'écran de cette lampe sous une tension de 100 volts à l'aide d'une résistance de 70.000 ohms. Le courant-écran de cette lampe est de 2 milliampères.

Calculez la valeur limite de la capacité de découplage de cette résistance d'écran.

SOLUTION. — D'après l'énoncé, l'écran est alimenté sous une tension de 100 volts et le courant d'écran a une valeur de 2 milliampères. On peut ainsi

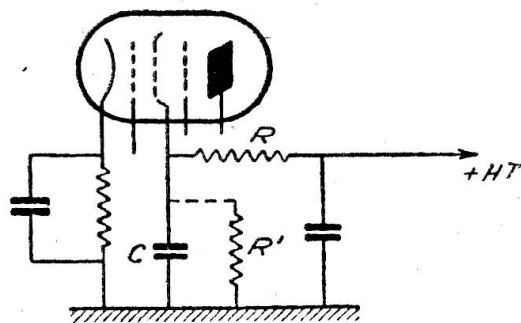


FIG. 26.

considérer une résistance de l'espace écran-cathode R' qui a pour expression (fig. 26) :

$$R' = \frac{100}{\frac{2}{1.000}} = 50.000 \text{ ohms.}$$

Le condensateur de découplage C n'est pas seulement placé en parallèle sur la résistance d'alimentation R , mais aussi sur cette résistance écran-cathode R' , qui peut être considérée comme montée en parallèle avec la première.

L'ensemble des deux résistances en parallèle a une résistance équivalente totale R_t qui a pour valeur :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \quad R_t = \frac{RR'}{R + R'} = \frac{50.000 \times 70.000}{50.000 + 70.000} = 29.166 \text{ ohms.}$$

On calculera la valeur limite de la capacité de découplage par rapport à cette résistance totale, et pour la fréquence la plus faible à considérer, soit, par exemple 100 kilocycles.

Suivant les calculs déjà effectués précédemment, par exemple dans le problème 280, la valeur limite de cette capacité doit être telle que sa résistance apparente soit égale au $1/10$ de la résistance totale ainsi trouvée, pour la fréquence à considérer, et l'on aura donc :

$$\frac{10^6}{C\omega} = \frac{10^6}{2\pi f C} = \frac{R_t}{10} \quad \text{D'où :} \quad \frac{10^6}{2\pi \times 10^5 \times C} = \frac{29.166}{10}.$$

$$C = 0,5/1.000 \text{ de microfarad environ.}$$

Cette valeur est plus petite que celle habituellement utilisée en pratique.

293. — *On monte en parallèle quatre lampes-batteries, dont les filaments exigent chacun un courant de chauffage de 0,05 ampère.*

Pour pouvoir régler le chauffage des filaments, on doit utiliser un rhéostat de 20 ohms réalisé avec du fil de maillechort admettant une densité de 4 ampères par millimètre carré.

Calculez le diamètre du fil à employer pour établir ce rhéostat.

SOLUTION. — Les lampes disposées en parallèle sont alimentées sous la même intensité de chauffage, et absorbent un courant total de :

$$4 \times 0,05 = 0,2 \text{ ampère.}$$

Puisque la densité de courant que peut permettre le fil de maillechort est de 4 ampères par millimètre carré, la section du fil correspondante est de :

$$S = \frac{0,2}{4} \text{ millimètre carré.}$$

Le diamètre approximatif, d , correspondant à cette section S se déduit de l'expression :

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{0,2}{4}.$$

On en déduit :

$$d^2 = \frac{0,2}{\pi} \quad d = \sqrt{0,06} = 0,25 \text{ millimètre.}$$

294. — Une lampe à chauffage indirect absorbe un courant de 0,3 ampère, lorsqu'aux extrémités du filament chauffant on produit une différence de potentiel de 6 volts. Calculez la résistance du filament.

SOLUTION. — La résistance R du filament peut être calculée immédiatement d'après la loi d'Ohm, en connaissant la chute de tension dans le filament V_f et l'intensité du courant qui le traverse I , on a :

$$R = \frac{V}{I}.$$

Et, en remplaçant les lettres par leurs valeurs :

$$R = \frac{6}{0,3} = \frac{60}{3} = 20 \text{ ohms.}$$

295. — Un petit poste de trafic à batteries comporte 5 lampes. Le filament de chacune de ces lampes est alimenté sous une tension de 1,5 volt, et a une résistance de 150 ohms.

Calculez :

1° Le courant dans chaque filament, et la puissance dissipée dans chacun d'eux.

2° La capacité d'une pile pouvant permettre d'alimenter l'appareil pendant 10 jours, à raison de 3 heures de fonctionnement par jour.

SOLUTION. — La résistance totale des 5 filaments disposés en parallèle est évidemment 5 fois plus faible que celle de chaque filament et a donc pour valeur :

$$\frac{150}{5} = 30 \text{ ohms.}$$

Chaque filament absorbe ainsi un courant dont l'intensité I , d'après la loi d'Ohm, a pour expression :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1,5}{30} = 0,05 \text{ ampère.}$$

La puissance dissipée dans chacun de ces filaments, d'une résistance de 30 ohms, a, de même, pour expression :

$$P = RI^2 = EI = 1,5 \times 0,05 = 0,075 \text{ ampère.}$$

2° Les 5 filaments des lampes disposés en parallèle nécessitent, au total, une intensité d'alimentation de :

$$0,05 \times 5 = 0,25 \text{ ampère.}$$

La quantité d'électricité que doit fournir la batterie de piles destinée à alimenter l'appareil pendant 10 jours, à raison de 3 heures de fonctionnement par jour, a pour valeur :

$$0,25 \times 3 \times 10 = 7,5 \text{ ampères-heure.}$$

La batterie de piles doit avoir une capacité suffisante pour assurer efficacement cette alimentation, en fournissant cette quantité d'électricité, dans des conditions de régularité satisfaisantes.

296. — *Pour alimenter un récepteur réduit comportant une seule lampe dont le filament a une résistance de 60 ohms, on dispose de 4 éléments de piles de 1,5 volt en série, d'une résistance interne de 4 ohms. L'intensité du courant d'alimentation du filament doit être de 60 milliampères.*

1° Calculez la valeur de la résistance à utiliser, pour que le courant de chauffage ait l'intensité nécessaire.

2° Indiquez la perte d'énergie qui en résulte, et le rendement du système.

SOLUTION. — Pour amener le courant à une valeur satisfaisante, correspondant à l'intensité nécessaire, et sans risques de détérioration, il faut placer en série une résistance de valeur R . A ce moment, la résistance totale du circuit sera formée par cette résistance additionnelle, la résistance du filament de la lampe, et la résistance intérieure des éléments de la batterie de piles. L'intensité du courant qui traverse ce système aura pour expression :

$$I = \frac{4 \times 1,5}{4 \times 4 + 60 + R}.$$

Il faut, d'après l'énoncé, que cette intensité soit de 60 milliampères, et l'on devra donc avoir l'égalité :

$$\frac{4 \times 1,5}{4 \times 4 + 60 + R} = \frac{60}{1.000}.$$

On en tire :

$$R = 90 \text{ ohms.}$$

En pratique, on emploiera plutôt un rhéostat, dont la résistance peut être réglée entre 0 et 100 ohms, par exemple.

2° Il se produit aux bornes de la résistance de réglage une certaine différence de potentiel, correspondant à la chute de tension, et qui a pour expression :

$$V = RI = 90 \times \frac{60}{1.000} = 5,40 \text{ volts,}$$

La puissance électrique empruntée à la batterie de piles est utilisée efficacement pour assurer l'échauffement du filament avec une intensité de 60 milliampères dans la résistance de 60 ohms de cette lampe. La puissance absorbée correspondante est de :

$$P_1 = 60 \times \left(\frac{60}{1.000} \right)^2 = 0,216 \text{ watt.}$$

Une autre partie de cette puissance est perdue dans la résistance de réglage dont la valeur optima est de 90 ohms. Cette puissance perdue a pour valeur :

$$P_2 = 90 \times \left(\frac{60}{1.000} \right)^2 = 0,324 \text{ watt.}$$

Enfin, une quantité plus minime de puissance électrique n'est pas fournie au circuit extérieur, elle est absorbée dans la batterie de piles elle-même qui présente une certaine résistance intérieure. Cette partie de puissance non utilisée efficacement, et qui constitue ainsi également une perte a , de même, pour expression :

$$P_3 = 16 \times \left(\frac{60}{1.000} \right)^2 = 0,057 \text{ watt.}$$

La puissance totale fournie par la batterie dans le circuit de sortie a ainsi pour valeur :

$$0,216 + 0,324 + 0,057 = 0,597 \text{ watt.}$$

La puissance efficace utilisée dans la lampe étant seulement de 0,21 watt, le rendement du système, c'est-à-dire le rapport de la puissance utile à la puissance totale fournie, a pour valeur :

$$\frac{P_1}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{0,216}{0,597} = 35 \% \text{ environ.}$$

297. — Les plaques de 5 valves, d'une résistance intérieure de 15.000 ohms chacune, sont alimentées par un dispositif d'alimentation comprenant une source de courant redressé fournissant à la sortie une tension composée, comportant une composante continue U_c de valeur maxima 100 volts, et une tension alternative U_a de valeur maxima de 100 volts également, soit au total :

$$U_r = U_c + U_a.$$

La fréquence de la composante alternative est double de celle du courant du secteur à 50 périodes-seconde.

En série avec la source, on dispose un circuit bouchon formant filtre constitué par un bobinage de 10 henrys de résistance négligeable, et d'un condensateur C . Calculez la valeur optima de la capacité du filtre assurant le filtrage.

SOLUTION. — Les valves sont montées en parallèle ; la résistance totale du système, puisque la résistance interne de chaque valve est de 15.000 ohms, a donc pour valeur :

$$\frac{15.000}{5} = 3.000 \text{ ohms.}$$

La capacité optima que l'on peut choisir correspond à la valeur pour laquelle le circuit-bouchon est en résonance sur la fréquence de la composante alternative, c'est-à-dire sur une fréquence de 100 périodes-seconde.

Si l'on appelle L le coefficient de self-induction du circuit, ω la pulsation pour la fréquence de résonance, la capacité C optima a pour expression, d'après la relation de résonance :

$$LC\omega^2 = 1$$

$$C = \frac{1}{L\omega^2}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$C = \frac{1}{10 \times (2\pi \times 100)^2} = \frac{1}{4 \times 10^6} = \frac{1}{4} \text{ de microfarad.}$$

298. — *Reprenons le dispositif d'alimentation précédent, avec les lampes qu'il permet d'alimenter.*

Calculez la valeur du courant total dans les valves, en adoptant la valeur optimale de la capacité de filtrage.

SOLUTION. — D'après l'étude faite au problème précédent N° 297, la résistance totale des valves montées en parallèle est de 3.000 ohms, et la tension continue appliquée est de 100 volts.

L'intensité du courant dans les valves est donc simplement, d'après la loi d'Ohm, de :

$$I_c = \frac{100}{3.000} = \frac{1}{30} \text{ ampère, soit 33 milliampères environ.}$$

299. — *Etudions encore le même montage, mais supprimons la capacité de filtrage.*

Calculez la variation du courant dans les lampes produite par cette suppression.

SOLUTION. — Lorsqu'on supprime la capacité de filtrage, le circuit ne comprend plus qu'un bobinage d'un coefficient de self-induction $L = 10$ henrys, et une résistance de 3.000 ohms formée par les valves en parallèle. Aux bornes du système, on applique une tension continue de 100 volts, et une force électromotrice alternative de 100 volts également.

L'intensité de la composante continue I_c a alors pour expression, comme nous l'avons déjà trouvé :

$$I_c = \frac{100}{3.000} = 33 \text{ milliampères.}$$

Quant à l'intensité de la composante alternative, elle est donnée par la formule :

$$I_a = \frac{100}{\sqrt{R + (10 \times 2\pi \times 100)^2}} = \frac{1}{70} \text{ ampère, soit 14 milliampères environ.}$$

En valeur efficace, cette intensité a pour expression :

$$\frac{14}{\sqrt{2}} = 14 \times 0,7 = 9,8 \text{ milliampères.}$$

L'intensité totale approximative des courants traversant le circuit est donc de :

$$33 + 10 = 43 \text{ milliampères.}$$

CHAPITRE XXIX

LES ACCESSOIRES DES APPAREILS RADIOÉLECTRIQUES HAUT-PARLEURS, PICK-UPS, MICROPHONES

PAVILLON ACOUSTIQUE.

La fréquence limite obtenue en utilisant un pavillon acoustique dépend de la longueur effective de ce pavillon, du diamètre de l'ouverture, et de la loi d'expansion.

La forme exponentielle normale est indiquée par l'expression :

$$S = S_0 e^{Kd}.$$

Dans laquelle, S est la section du pavillon à la distance d à partir de l'embouchure, S_0 la section à l'entrée, et K une constante d'expansion.

La section théorique du pavillon est, d'ailleurs, une courbe d'équation :

$$y = e^{Kx}.$$

La *fréquence acoustique limite* F_0 , pour laquelle on obtient une reproduction uniforme, est déterminée par la longueur l du pavillon, suivant la formule :

$$F_0 = \frac{V}{2\pi l}.$$

Dans laquelle, V est la vitesse de propagation du son, soit 340 mètres à la seconde.

ECRAN ACOUSTIQUE.

L'*écran acoustique*, ou *boffle*, a pour but d'augmenter efficacement la distance séparant au point de vue acoustique les deux faces du cône mobile d'un haut-parleur.

Si l'on appelle L le côté de cet écran, et F la fréquence du son le plus grave à reproduire, on démontre que ce côté L doit avoir pour longueur :

$$L = \frac{340}{2F} \text{ mètres.}$$

On dit également que le diamètre de l'écran doit être égal, au minimum, à la demi-longueur d'onde acoustique de la vibration la plus basse à transmettre.

ADAPTATION ÉLECTRIQUE DU HAUT-PARLEUR.

Nous considérons une lampe de sortie, de résistance intérieure R , et un haut-parleur de résistance r , la liaison étant réalisée à l'aide d'un transformateur de rapport N . Pour que l'adaptation soit faite d'une manière convenable, la résistance du générateur doit être, en principe, égale à celle du moteur, et l'on doit ainsi avoir :

$$R = rN^2 \quad \text{d'où :} \quad N^2 = \frac{R}{r} \quad N = \sqrt{\frac{R}{r}}.$$

En pratique, on considère plutôt l'impédance de charge Z de la lampe, et l'impédance du haut-parleur Z' à 1.000 périodes-seconde. La formule d'adaptation devient ainsi :

$$N = \sqrt{\frac{Z}{Z'}}.$$

On considère souvent plutôt le rapport :

$$N' = \sqrt{\frac{Z'}{Z}}.$$

On trouve ainsi, en tous cas, aisément le rapport du transformateur qui doit être utilisé.

Pour une pentode basse fréquence de puissance, par exemple, l'impédance de charge optimum, comme nous l'avons vu, est exprimée par le quotient de la tension appliquée sur la plaque au courant continu circulant dans le circuit soit :

$$Z = \frac{V}{I}.$$

APPLICATIONS

300. — *Pour utiliser un microphone, nous voulons établir un amplificateur donnant une puissance de 100 décibels.*

1° *Calculez le gain en tension qu'il faudra obtenir.*

2° *On applique à l'entrée de cet amplificateur une tension alternative d'1 millivolt. Quelle tension obtient-on à la sortie ?*

SOLUTION. — La formule classique élémentaire indiquant le gain évalué en décibels, lorsqu'on connaît une certaine tension de sortie E , par rapport à une tension initiale d'entrée E_0 s'écrit sous la forme :

$$n \text{ (décibels)} = 20 \log \frac{E}{E_0}.$$

Cette formule peut s'écrire inversement :

$$\frac{n \text{ (décibels)}}{20} = \log \frac{E}{E_0} \quad \log \frac{E}{E_0} = \frac{n \text{ (décibels)}}{20}.$$

D'après l'énoncé, il s'agit de construire un amplificateur donnant un gain de 100 décibels. En remplaçant n par sa valeur dans la formule précédente, celle-ci devient :

$$\log \frac{E}{E_0} = \frac{100}{20} = 5.$$

5 étant le logarithme de 100.000, on en tire finalement :

$$\frac{E}{E_0} = 100.000.$$

Ainsi, le gain en tension, ou gain en volts, de cet amplificateur, doit être de 100.000, mais cette indication ne suffit pas pour définir l'appareil, et il faudrait encore connaître la tension nécessaire à la sortie, ce qui n'est pas indiqué sur l'énoncé, et ce qui nous permettrait de connaître la tension à l'entrée, et par conséquent, le niveau nécessaire sur la grille d'entrée.

2° Lorsque nous faisons agir à l'entrée d'un tel amplificateur une tension de l'ordre d'un millivolt, puisque le gain en tension est de 100.000, nous obtenons théoriquement à la sortie une tension de l'ordre de :

$$100.000 \times \frac{1}{1.000} = 100 \text{ volts.}$$

Ainsi, toutes les caractéristiques du système sont alors définies.

301. — *Pour alimenter un ensemble de haut-parleurs, il faut obtenir une puissance de 18 watts modulés. Nous disposons d'un préamplificateur pouvant fournir une amplification de + 18 décibels. Quelles seront les caractéristiques de l'étage de sortie ?*

SOLUTION. — La puissance obtenue correspond, par rapport au niveau standard de 6 milliwatts adopté normalement, à un niveau de sortie en décibels toujours indiqué par la formule classique :

$$n = 10 \log \frac{18}{0,006} = 10 \log 3.000,$$

Ce qui s'écrit encore :

$$n = 10 \times 3,47 = 35 \text{ décibels environ.}$$

D'après l'énoncé, nous avons un préamplificateur pouvant fournir + 18 décibels, il reste ainsi à obtenir un gain de :

$$35 - 18 = 17 \text{ décibels.}$$

Cette donnée nous permet de déterminer les caractéristiques de l'étage de sortie.

302. — *Un microphone produit une tension de 1 millivolt pour une pression sonore de 10 baryes. Évaluez le niveau de sensibilité de ce microphone en décibels.*

SOLUTION. — Un microphone produisant une tension de 1 millivolt pour une pression sonore de 10 baryes produit 0,1 millivolt à un niveau de 1 barye, le niveau de sensibilité correspondant varie ainsi de 20 décibels.

Pour une pression sonore de 1 barye, une tension de 1 millivolt correspond à un niveau de sensibilité en décibels de :

$$n \text{ (décibels)} = 20 \log \frac{1}{1.000} = -60.$$

Le niveau correspondant sera donc finalement de — 80 décibels, au lieu de — 60 décibels.

303. — *On fait agir à l'entrée d'un amplificateur basse fréquence de puissance une tension alternative de 5 volts. La résistance de grille de la première lampe est de 500.000 ohms.*

Le haut-parleur relié à la sortie de cet amplificateur comporte une bobine mobile d'une impédance de 2 ohms, et la tension efficace mesurée aux bornes de cette bobine est de 4 volts.

Calculez le gain en tension, et le gain en puissance produit par l'amplificateur.

SOLUTION. — La tension alternative appliquée à l'entrée de l'amplificateur étant de 5 volts, et la tension efficace mesurée à la sortie étant de 4 volts, le gain en tension est donc de :

$$\frac{4}{5} = 0,8.$$

Ce rapport étant inférieur à 1, il n'y a pas augmentation de tension, mais affaiblissement.

La puissance modulée, en fonction de la tension appliquée V , et de l'impédance Z , a pour expression :

$$\frac{V^2}{Z}.$$

A l'entrée, la puissance fournie est de :

$$\frac{5^2}{500.000} = 5 \times 10^{-5} \text{ watts.}$$

La puissance recueillie à la sortie est de même de :

$$\frac{4^2}{2} = 8 \text{ watts.}$$

Le gain en puissance, rapport entre la puissance à l'entrée et la puissance à la sortie, a pour expression :

$$\frac{8}{5 \times 10^{-5}} = 160.000.$$

304. — Une pentode de puissance, alimentée sous une tension anodique de 250 volts présente un courant anodique de 25 milliampères.

Cette lampe doit actionner un haut-parleur dont la bobine mobile a une impédance de 5 ohms, pour une fréquence de 1.000 périodes-seconde.

Quel est le rapport du transformateur de sortie à adopter ?

SOLUTION. — L'impédance de charge optimum d'une pentode de puissance Z est exprimée par le rapport de la tension anodique V_p à l'intensité correspondante du courant I_p :

$$Z = \frac{V_p}{I_p}.$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$Z = \frac{250}{0,025} = 10.000 \text{ ohms.}$$

Le rapport de transformateur de liaison à adopter N est donné par la relation :

$$N = \sqrt{\frac{Z}{z}}.$$

Dans laquelle, z est l'impédance de la bobine mobile.

En remplaçant les lettres par leurs valeurs, nous obtenons :

$$N = \sqrt{\frac{10.000}{5}} = \sqrt{2.000} = 45 \text{ environ.}$$

305. — Un microphone a un niveau de — 50 décibels. Il est relié à un préamplificateur produisant un gain d'amplification de 30 décibels. Un dispositif de mixage intermédiaire produit un affaiblissement de 9 décibels. Un amplificateur de puissance détermine un gain d'amplification de 80 décibels, et le transformateur du haut parleur une perte de 1 décibel.

Quelle est l'amplification totale réalisée depuis le microphone jusqu'au haut-parleur ? Calculez le niveau obtenu à l'entrée du haut-parleur.

SOLUTION. — Pour trouver le gain à la sortie du système, il faut additionner algébriquement les gains et les pertes d'amplification dans les différentes

parties de cette installation électro-acoustique ; en effectuant cette opération, on trouve (fig. 27) :

$$30 - 9 + 80 - 1 = 100 \text{ décibels.}$$

Le gain d'amplification est ainsi de 100 décibels, et le rapport des puissances à l'entrée et à la sortie est facile à déterminer.

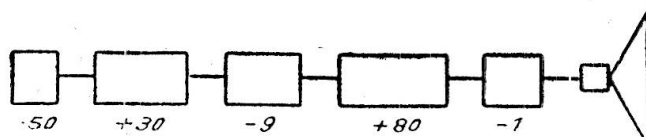


FIG. 27.

Le rapport de tensions correspondant au niveau de 100 décibels est, par définition, de :

$$n = 20 \log \frac{E}{E_0} \quad \log \frac{E}{E_0} = \frac{n}{20} = 5 \quad \frac{E}{E_0} = 100.000.$$

2° Le microphone, d'après l'énoncé, a un niveau de — 50 décibels ; si l'amplification est de 100 décibels, le niveau de sortie sera de :

$$100 - 50 = 50 \text{ décibels.}$$

306. — Une lampe de sortie produit une puissance modulée de 15 watts, et le transformateur de liaison ne transmet au haut-parleur que 12 watts. Quelle est la perte en décibels ?

SOLUTION. — Le rapport des puissances transmises au haut-parleur par le transformateur est de :

$$\frac{P}{P_0} = \frac{12}{15} = 0,8.$$

Pour trouver l'affaiblissement correspondant en décibels, nous pouvons appliquer la formule classique :

$$n \text{ (décibels)} = 10 \log \frac{P}{P_0} = 10 \log 0,8 = 0,969 \text{ décibels.}$$

307. — La tension de sortie d'un pick-up pour une certaine fréquence musicale s'abaisse de 1 volt à 0,15 volt. Quelle est la perte d'amplification correspondante en décibels ?

SOLUTION. — Pour déterminer la perte d'amplification en décibels, il faut considérer le rapport des tensions indiqué en utilisant la formule classique :

$$n \text{ (décibels)} = 20 \log \frac{E}{E_0}.$$

Dans laquelle, E et E₀ sont les tensions à comparer.

Remplaçons les lettres par leurs valeurs, il vient :

$$n = 20 \log \frac{1}{0,15} = 20 \log 6,66 = 20 \times 0,824 = 16,48 \text{ décibels.}$$

308. — *Un microphone a une sensibilité de — 50 décibels, et l'on veut obtenir dans une salle un niveau de + 70 décibels. Quel gain le système amplificateur devra-t-il produire, si l'on intercale dans le montage un dispositif atténuateur du bruit de fond produisant un affaiblissement de 2 décibels ?*

SOLUTION. — Le microphone considéré a une sensibilité de — 50 décibels, et le circuit intermédiaire utilisé produit un affaiblissement de — 2 décibels. L'amplificateur employé doit ainsi produire un gain de :

$$70 + 50 + 2 = 122 \text{ décibels.}$$

Puisqu'on veut obtenir un niveau final de 70 décibels.

CHAPITRE XXX

LES COMPLEMENTS DU RÉCEPTEUR DE T. S. F.

RÉGULATEUR DE TONALITÉ.

Le *régulateur de tonalité* classique comporte une capacité fixe de 1/100 de microfarad en série avec une résistance variable d'une centaine de mille ohms. La fréquence limite, à laquelle peut laisser passage le système, est déterminée par le produit de la valeur de la résistance par celle de la capacité.

Pour cette fréquence, la résistance ohmique est égale à la résistance apparente de la capacité, et l'on a :

$$R = \frac{1}{2\pi FC} \quad \text{D'où :} \quad F = \frac{1}{2\pi RC}.$$

F étant la fréquence limite, R la résistance, C la capacité.

ALIGNEMENT DES CIRCUITS.

Pour obtenir *l'alignement* des circuits dans un appareil super-hétérodyne, on utilise deux capacités ajustables de faible valeur, en série ou en parallèle sur le condensateur variable d'accord ; la première, le *padding*, est montée en série, et la deuxième, le *trimmer*, est montée en parallèle.

Considérons les capacités respectives du condensateur variable, du trimmer et du padding C_v , C_{tr} et C_p , la capacité effective totale du circuit C_t est exprimée par la relation :

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_v + C_{tr}} + \frac{1}{C_p}.$$

La variation de cette capacité est très différente, suivant qu'on agit sur le trimmer ou sur le padding.

On démontre que le *padding* a une action d'autant plus sensible *que la longueur d'onde progresse*, et que l'action du *trimmer* se fait surtout sentir *au début de la variation des capacités*.

RÉGLAGE PAR BANDES ÉTALÉES.

La fréquence d'accord d'un circuit dépend du coefficient de self-induction L des bobinages, et de la capacité C des condensateurs. La *période de résonance* T est exprimée par la formule de Thomson :

$$T = 2\pi \sqrt{LC}.$$

La *fréquence de résonance* F est également indiquée par la relation :

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}.$$

Le *coefficient de recouvrement*, déjà défini précédemment, dépend des capacités d'accord dont on dispose en haut et en bas de la gamme des longueurs d'onde envisagées.

Soit λ_1 la longueur d'onde correspondant à la capacité maximum $C_{\max}$ et λ_0 la longueur d'onde correspondant également à la capacité minimum $C_{\min}$, le coefficient de recouvrement a pour expression :

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}}.$$

Pour un condensateur standard, le coefficient de recouvrement est un peu inférieur à 3.

Le *dispositif à bandes étalées* consiste à considérer les bandes utiles d'émission sur ondes courtes, et à leur réserver une échelle de repère de longueur ou de surface égale à celle qui est destinée aux autres gammes de réception P. O. et G. O.

CONTRE-RÉACTION BASSE FRÉQUENCE.

La *contre-réaction basse fréquence* consiste à utiliser une partie du courant recueilli à la sortie de la lampe de puissance, pour produire un effet compensateur s'opposant à la distorsion.

Considérons un amplificateur quelconque, et soit e la tension appliquée à l'entrée, E la tension de sortie, α une fraction de la tension de sortie E ; α est le *taux de réaction*. Si G est le gain en l'absence de réaction, le gain obtenu avec le contre-réaction G' est exprimé par la formule :

$$G' = \frac{G}{1 + \alpha G}.$$

Il est plus petit que 1, et il y a ainsi affaiblissement, et non amplification supplémentaire.

APPLICATIONS

309. — *Un récepteur à changement de fréquence est accordé par un condensateur variable de 445 micromicrofarads, avec trimmer de 15 micromicrofarads.*

La longueur d'onde inférieure obtenue sur la gamme P. O. est de 200 mètres. Quelle est la longueur d'onde maxima réalisée sur cette gamme ?

SOLUTION. — Pour déterminer les limites de la gamme d'accord couverte avec le transformateur indiqué, il faut calculer d'abord le coefficient de recouvrement, indiqué, par définition, par l'expression :

$$\sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}}$$

Il dépend donc du rapport entre la capacité maximum et la capacité minimum de la capacité effective.

L'énoncé nous indique la capacité maximum du condensateur variable correspondant à la capacité obtenue, lorsque toutes les lames mobiles sont à l'intérieur des lames fixes, ainsi que la capacité du condensateur ajustable d'alignement *trimmer* monté en parallèle.

Il faut cependant faire également entrer dans la ligne de compte la capacité résiduelle du condensateur correspondant à la capacité subsistant lorsque les lames mobiles sont à l'extérieur des lames fixes, ainsi que les capacités parasites du circuit. On peut évaluer la capacité résiduelle à 15 micromicrofarads, et les capacités parasites à 20 micromicrofarads.

La capacité minimum, dans ces conditions, est formée de la capacité résiduelle du condensateur variable, de la capacité du trimmer, et des capacités parasites, soit, au total :

$$15 + 15 + 20 = 50 \text{ micromicrofarads.}$$

La capacité maximum comprend, de son côté, la capacité maximum du condensateur variable, la capacité du trimmer, et les capacités parasites, soit, au total :

$$445 + 15 + 20 = 480 \text{ micromicrofarads.}$$

Dans ces conditions, le coefficient de recouvrement, d'après l'expression donnée plus haut, a pour valeur :

$$\sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}} = \sqrt{\frac{480}{50}} = 3,1.$$

L'énoncé nous indique la longueur d'onde inférieure obtenue sur la gamme P. O. avec la capacité minimum. Puisque le coefficient de recouvrement est de l'ordre de 3, la longueur d'onde maximum que l'on pourra atteindre sur la limite supérieure sera de l'ordre de :

$$200 \times 3 = 600 \text{ mètres.}$$

Et avec le condensateur variable, sans modifier le bobinage, il sera donc possible de couvrir la gamme de 200 à 600 mètres environ.

310. — *On fait agir la tension antifading sur les lampes régulatrices d'un récepteur à l'aide d'une résistance R découplée par un condensateur C.*

La constante de temps déterminant la rapidité d'action du système doit être de l'ordre de 0,1 seconde.

Calculez les valeurs de capacité et de résistance à adopter.

SOLUTION. — La constante de temps en secondes du système constitué par le condensateur C et la résistance R disposés dans le circuit antifading a pour expression :

$$T = C \times R.$$

C étant évaluée en microfarads, et R en ohms.

L'énoncé n'est donc pas absolument explicite, et il faut d'abord évaluer la valeur de la résistance, par exemple. Supposons une résistance de 500.000 ohms, on devra avoir :

$$0,1 = 500.000 \times C.$$

d'où :

$$C = \frac{0,1}{500.000} = 0,2 \text{ microfarad.}$$

Pour une résistance de 1 mégohm, on aurait de même :

$$C = \frac{0,1}{1.000.000} = 0,1 \text{ microfarad.}$$

TABLE DES MATIERES

PRÉFACE DU TOME III.....	5
CHAPITRE XX. — LA LAMPE DE T. S. F.	7
Formulaire-Mémento.....	7
Applications-Problèmes 207 à 210	10
CHAPITRE XXI. — LA LAMPE TRIODE	13
Formulaire-Mémento.....	13
Applications-Problèmes 211 à 219	17
CHAPITRE XXII. — LES DIFFÉRENTS TYPES DE LAMPES DE T. S. F. ..	24
Formulaire-Mémento.....	24
Applications-Problèmes 220 à 224	25
CHAPITRES XXIII ET XXIV. — LES TRANSFORMATIONS DES LAMPES DE T. S. F. — LA LAMPE DÉTECTRICE ET OSCILLATRICE	29
Formulaire-Mémento.....	29
Applications-Problèmes 225 à 239	32
CHAPITRE XXV. — LA LAMPE AMPLIFICATRICE	42
Formulaire-Mémento.....	42
Applications-Problèmes 240 à 263	46
CHAPITRE XXVI. — L'AMPLIFICATION BASSE FRÉQUENCE	65
Formulaire-Mémento.....	65
Applications-Problèmes 264 à 273	68
CHAPITRE XXVII. — LA RÉCEPTION PAR CHANGEMENT DE FRÉQUENCE..	75
Formulaire-Mémento.....	75
Applications-Problèmes 274 à 277	75
CHAPITRE XXVIII. — CONSTRUCTION DES APPAREILS RADIOÉLECTRIQUES	79
Formulaire-Mémento.....	79
Applications-Problèmes 278 à 299	85
CHAPITRE XXIX. — LES ACCESSOIRES DES APPAREILS RADIOÉLECTRIQUES.	
HAUT-PARLEURS, PICK-UPS, MICROPHONES.....	101
Formulaire-Mémento.....	101
Applications-Problèmes 300 à 308	102
CHAPITRE XXX. — LES COMPLÉMENTS DU RÉCEPTEUR DE T. S. F.	108
Formulaire-Mémento.....	108
Applications-Problèmes 309 à 310	110

Imprimé par R. BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 21-3-1947.

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 1947.

N^o d'édition : 50 N^o d'impression : 499.

EXTRAIT DU CATALOGUE DES ÉDITIONS CHIRON

RADIOÉLECTRICITÉ

Abadie. -- Les mesures en radioélectricité	80 »
Baize (ing. en chef des P.T.T.). — La loi de protection contre les parasites.	30 »
— Guide de l'électricien pour l'élimination des parasites industriels....	30 »
Boitard. — Dictionnaire technique de la radio anglais-français avec table des unités, jauges, fils, etc.....	120 »
Boursin. — Radio Guide. Comment installer et régler un poste de T.S.F.	27 »
Cbaumat et Lefrand. — Electrotechnique générale préparatoire à la T.S.F..	48 »
Chehère. — Comment construire soi-même un redresseur de courant, nouvelle édition.....	27 »
Chrétien (L.) — L'art de la vérification des récepteurs et des mesures pratiques en T.S.F., édition 1945	135 »
— L'art du Dépannage et de la Mise au point des Postes de T.S.F. 35 ^e édition corrigée. Edition 1946.....	210 »
— *Théorie et Pratique de la Radioélectricité :	
Tome I. — Les Bases de la Radioélectricité (vol. de 362 p.).....	200 »
Tome II. — Théorie de la Radioélectricité (408 pages)	220 »
Tome III. — Pratique de la Radioélectricité (500 pages)	270 »
Tome IV. — Compléments modernes (200 pages).....	250 »
— La T.S.F. sans mathématiques.	
— Traité de Physique électronique (1 vol. broché de 368 p.)	450 »
— Ce qu'il faut savoir de la contre-réaction (nouvelle édition).	
David. — Les parasites en T.S.F.....	48 »
Gérard. — Avant d'acheter un poste de T.S.F.....	30 »
Giniaux. — Le Réglage automatique des Récepteurs.....	48 »
— Cours pour la formation technique des Radios militaires et civils. 1 vol. broché de 500 pages format 130 x 230, édition 1946.....	300 »
— Les postes à galène. Le premier pas du sans-filiste (en réimpression).	
— La technique de l'alignement (nouvelle édition).	
— Comment recevoir les ondes courtes : choix du matériel et construction des bobinages.	
Guinchan. — Trigonométrie (étude élémentaire des propriétés cinétiques des vibrations), à l'usage des étudiants radioélectriciens.....	165 »
— Algèbre de l'enseignement technique :	
Premier livre. — Le calcul algébrique et problèmes du premier degré	135 »
Second livre. — Équations du second degré, fonctions et dérivées.	
P. Hémardinquer. — La T.S.F. en 30 leçons.	
Tome I. — Electrotechnique et radiotechnique générale.....	180 »
Tome II. — Principes essentiels de la radio.....	180 »
Tome III. — Principes et fonctionnement des appareils radio-électriques.....	360 »
— Problèmes de Radioélectricité accompagnés de leurs solutions, 3 tomes correspondant à ceux de la T.S.F. en 30 leçons. Chaque tome	120 »
Laroche. — L'alphabet morse en 10 minutes.....	15 »
Puckle O. S. — Bases de temps (traduit de l'anglais par M. Rolland. Ing.), en préparation.	
P.-M. Vieillard. — L'émission des ondes amorties.....	45 »
D ^r V. K. Zworykin. — L'optique électronique. Les multiplicateurs d'électrons.....	48 »

Éditions Étienne CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6^e)