

15

vosre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électriciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 7 - 13 juin 1965 - le numéro 1,60 F.

vosre Carrière

revue hebdomadaire

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



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

Directrice: Mme Etienne Chiron.

Secrétaire de rédaction: J. Lavergne

ABONNEMENTS

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

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

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

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

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

PUBLICITE

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



Le Numéro précédent a été tiré à 30 643 exemplaires.

DISTRIBUTION

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

COPYRIGHT

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

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

Sommaire

★ Courrier des lecteurs	page 2
★ Chronique des métiers de la Radio	» 3
★ La lampe à deux électrodes - Les diodes et leurs utilisations	» 5
★ Les alimentations	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Symboles - Abréviations - Formules	» 27
★ Symboles schématiques	» 27
★ Questions sur les 43 ^{ème} et 44 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Dimensions des tôles pour impédances usuelles	» 28
★ Abaque pour le calcul de la section nette d'un circuit magnétique	» 29
★ Abaque pour le calcul du nombre d'ampères/tour et de l'entrefer	» 30
★ Valeurs des puissances de 10	» 31
★ Facteurs mathématiques usuels	» 31
★ Signification symbolique des lettres de l'alphabet grec	» 32
★ Table de conversion des unités de pression et correspondance avec les unités anglaises	» 32
★ Vols expérimentaux électroniques vers la lune	» 33

Courrier des lecteurs

Nous avons choisi pour « **Votre Carrière** » ce mode de diffusion, car il permet à chacun, chaque semaine, de trouver son fascicule; le cours « radio », comme ceux qui suivront (télévision, haute-fidélité, etc...) avec recyclage périodique, est ainsi facilement accessible au plus grand nombre.

CEPENDANT, seuls les quotidiens peuvent vendre chez les marchands de journaux sans risquer un grand nombre d'invendus. Car les « prises » du dépositaire, chaque jour, peuvent suivre l'importance de la demande de la clientèle.

Le périodique hebdomadaire, comme « **Votre Carrière** », peut triompher de la difficulté qu'il y a pour être présent dans le plus grand nombre possible de points de vente. Il suffit:

1°) que le lecteur habitué RECLAME chaque semaine « **Votre Carrière** » au même dépositaire;

2°) qu'il sache INSISTER courtoisement auprès du DEPOSITAIRE pour que celui-ci fasse venir des Messageries « **Votre Carrière** », s'il n'en a plus ou s'il n'en a pas reçu. Le service de « **Votre Carrière** » chez ce dépositaire continuera, cette fois, selon les besoins réels.

3) que les lecteurs au numéro de « **Votre Carrière** » fassent autour d'eux, dans leur milieu (scolaire ou de travail) une propagande suffisante pour que la « demande » chez le dépositaire de journaux corresponde au service assuré, et se développe.

Ainsi notre formule « journal », audacieuse, se maintiendra aisément.

Ainsi notre « très peu de publicité, et bien choisie... » sera maintenu.

Ainsi tous les dépositaires de journaux apprécieront « **Votre Carrière** » pour sa vente sûre et régulière; et ils aideront notre oeuvre originale de formation professionnelle de lecteurs **libres**.

G.G.

L'ARTISAN DEPANNEUR EN RADIO ET EN TELEVISION

(voir Numéro précédent)

par Y. LEPUZ

— Et à l'armée, avez-vous « fait » de la Radio ?

— Justement, oui. Là encore, ce fut une nouvelle somme d'expériences. Versé dans les transmissions de la 1ère armée, à l'arrivée des Américains, je découvris les mystères de l'émission, le « Walkie-Talkie » et dans les émetteurs-récepteurs du plus petit au plus important, les alimentations stabilisées, les détecteurs de mines, les appareils de mesure perfectionnés, etc... en passant par les bandes visuelles pour entraîner à la lecture au son télégraphique. J'étais émerveillé par tout ce matériel flambant neuf, après celui, bien pauvre, qui avait permis mes modestes prouesses. Aussi m'y suis-je intéressé avec avidité — résultat doublement positif. Le temps a passé vite pour le soldat technicien et je suis revenu enrichi en... technique d'autant plus que je me suis astreint, par discipline personnelle, par goût, il faut bien le dire, à toujours chercher et à ne pas lâcher sans avoir compris.

— Vous êtes donc revenu en France, en 46 je crois, que s'est-il passé alors ?

— Parallèlement à mes travaux pratiques et... empiriques dirons-nous, je suivis des cours par correspondance. Vous savez qu'à cette époque, pour un provincial, il y avait très peu de choix : 2 ou 3 écoles tout au plus. Mais, après mes années d'expérience, le profit que j'en tirai fut grand. J'obtins mon diplôme sans encombre. Il ne m'est jamais arrivé comme à certains camarades par ailleurs plus instruits, de trouver à la fin d'un calcul une capacité grille-cathode de plusieurs microfarads (10^{-6} Farad) pour une lampe de réception, au lieu de quelques picofarads (10^{-12} Farad) soit une erreur de 10^6 (1 000 000 fois trop grand) qui ne les effrayait pas !

— C'est ainsi que, diplôme en poche, vous avez choisi l'artisanat ?

— Oui; il existe, dans nos métiers, une certaine hiérarchie. Le câbleur professionnel exécute toujours les mêmes opérations sur le même appareil, d'après un modèle. Bien entendu il est indispensable qu'il sache très bien souder... ce qui ne vient pas seul, et demande du goût et du soin. Et, un jour, il lui est permis de chercher à comprendre les circuits qu'il câble... L'aligneur vérificateur met au point les appareils sortant d'une chaîne de montage. En général, il se spécialise dans un type de poste et doit se réadapter à chaque nouveau type d'appareil. Puis, le dépanneur radio-électricien, qui s'il n'y prend pas garde devient expert pour la marque d'appareils qu'il connaît à fond, mais ne connaît guère que celle-là, ayant négligé le « contact » avec les autres montages.

Enfin le dépanneur radio-électricien vraiment universel qui dépanne n'importe quel appareil de n'importe quelle marque, car il travaille par analyse et déduction, servi aussi, comme le précédent, par sa mémoire.

— Mais oui, pourquoi avez-vous choisi le dépannage artisanal plutôt qu'un poste de technicien en usine par exemple ?

— Pour plusieurs raisons: l'amour de la « liberté » (parfois illusoire), cette chère indépendance des professions « libérales »... Etre son maître... expression à rapprocher de celles-ci: « le client est roi »; « le fisc est mon patron, etc... L'homme dit libre est aussi un assujéti.

— Le plaisir du contact humain, enrichissement moral, contact humain que l'on entretient avec ses clients, qui deviennent parfois des amis.

— le gain matériel plus important qu'en usine si l'on sait travailler vite et bien (trouver vite, exécuter net et rapidement, contrôler là où il faut)

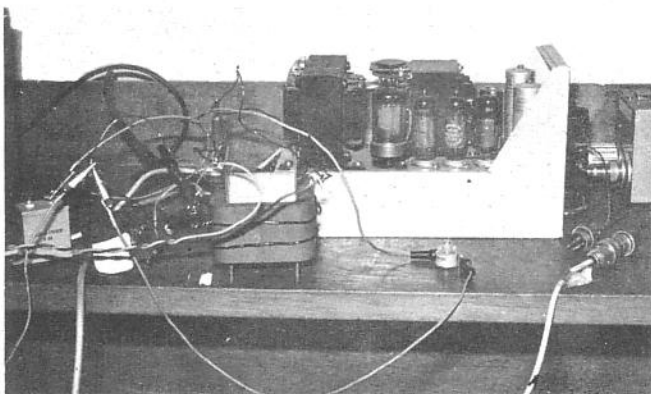
— et puis... je n'aurais pas aimé accomplir chaque jour le même travail de routine.

— mais le dépannage n'est-ce pas à la longue toujours changer un électrolytique (condensateur) une lampe (tube électronique) un potenti (potentiomètre dit contrôle de volume sonore, souvent en panne par crachements).

— bien entendu, il y a des gestes identiques, des pannes classiques parce que fréquentes, mais en plus heureusement, il y a le dépistage de toutes les autres pannes, pannes intermittentes, sifflements, glissements de fréquence, etc... Il faut non seulement du « flair », beaucoup de patience et de ténacité, mais aussi l'esprit de décision après une réflexion bien menée. C'est alors que les connaissances accumulées sont utiles. Notre métier demande un examen, précis, complet, rationnel, donc ordonné logiquement; regardez autour de vous — voltmètres, contrôleurs, ponts de mesure, oscillographe, générateurs HF et BF voisinant avec les fers à souder, pinces, tournevis et autres premiers outils.

— ces appareils me semblent rutilants ?

— évidemment, je ne pouvais plus travailler avec mon vieil oscilloscope fabrication maison ! Voici des appareils modernes, précis, bien étalonnés, qui imposent à la clientèle d'accord, mais qui, surtout méritent ma confiance dans leurs indications; ils me permettent un travail précis, minutieux et qui mène au



Montage expérimental pour comparaison entre deux chaînes d'amplification d'un enregistrement haute fidélité sur magnétophone professionnel.

but. Savoir où l'on pose ses pieds... dans des circuits malades, c'est avancer sûrement vers la solution.

— En somme, comme le médecin, vous établissez un diagnostic ?

— Exactement, la comparaison est flatteuse sans doute, mais juste. D'ailleurs, comme lui, j'ai un fichier clients qui, bien tenu, rend de grands services; il soulage la mémoire, économise le temps quand le même appareil revient des mois ou des années plus tard ou quand un autre poste présente les mêmes symptômes.

— Le diagnostic terminé, vous opérez ?

— Oui, et là, l'expérience pratique est fort utile. Il faut souvent du doigté; pour refaire un bobinage décollé, réparer un haut-parleur qui déforme le son parce qu'il est lui-même... déformé (humidité, chaleur, courant trop intense dans la bobine mobile, décentrement par vibrations excessives dues à une surcharge, etc...) ou changer un câble de cadran d'un modèle ancien ou très compliqué (1) etc...

Quand on a de vieux clients fidèles, et pas très riches, on est heureux de pouvoir prolonger la vie de leur cher poste même s'il n'a de valeur qu'à leurs yeux.

— Vous avez du personnel ?

— Oui, un ouvrier et un apprenti. Voilà encore une façon efficace d'apprendre le métier: un contrat d'apprentissage sous le contrôle de la Chambre des Métiers du département. Un garçon curieux, observateur, comprend très vite ce qu'il apprend théoriquement lorsque la pratique lui est offerte chaque jour graduellement et qu'un bon patron lui fournit conseils, explications et surveillance ses études; quand ils sont formés, je les garde comme dépanneurs, ou bien ils vont dans une école se spécialiser.

— Vérifiez-vous leur travail ?

— Oui, aucun appareil qui m'est confié n'est remonté sans que je l'aie moi-même réglé et, si possible, amélioré. C'est indispensable car, ne l'oubliez pas, je suis artisan et, tout comme pour un commerçant,

(1) Certaines grandes marques avaient imaginé des combinaisons mécaniques complexes avec renvois des câbles en tous sens pour que seuls leurs agents ayant en mains le dessin et l'ordre de passage des câbles de cadrans démultiplicateurs puissent réussir à dépanner le récepteur.

mon capital, c'est avant tout la satisfaction d'une clientèle fidèle et croissante, par renommée.

— Avez-vous des clients peu ordinaires ?

— Oui, quelquefois. Tenez, par exemple, je me souviens d'un soir, en 1949 je crois. Vers 23 h, le patron d'un chalutier vint d'un port, situé à plus de 30 km d'ici. Il avait en vain cherché un dépanneur capable de lui remettre en état un radar sans lequel ses hommes et lui ne pouvaient poursuivre leur pêche. A cette époque, il n'existait pas encore de service spécialisé dans tous les ports et j'étais le seul dans la région à pouvoir le sortir de là. On lui avait proposé d'expédier son appareil à Paris avec espoir de retour « peut-être sous huitaine ! » Le pauvre homme se lamentait, quand on lui fournit mon adresse. Je travaillai toute la nuit sur un problème difficile parce que nouveau. Mais au petit matin il repartit, radar on ordre de marche, soulagé, confiant, etc...

— Je comprends cela !

— Un autre exemple, pris au hasard, de travail peu ordinaire... Un été, j'ai escorté avec un poste émetteur-récepteur, sur un petit caboteur, des nageurs qui tentaient la traversée du « Channel » (2). Je vous assure que cela valait le spectacle: le départ de nuit, du Cap Gris Nez, le voyage mouvementé, en mer pendant plus de trente heures, les prouesses de ces hommes — quels souvenirs pour l'officier-radio improvisé ! Mais, passons, la presse relate quotidiennement de telles performances et revenons au travail habituel. Voici une activité très différente du dépanneur, elle le distrait d'ailleurs. Il lui faut tenir un fichier « stock », un fichier « prix », renouveler en temps voulu le matériel, établir les prix de revient, les factures, recevoir les représentants et les clients. Je vous assure que ce n'est pas monotone.

— En effet, mais je voudrais, sans vous froisser, vous demander comment vous avez suivi l'évolution actuelle si rapide au cours de ces vingt dernières années: ne vous sentez-vous jamais dépassé ? La Radio, puis la Télévision; les tubes, puis les transistors, etc...

— La Télévision ? J'y suis venu. Et très tôt ! Car dans ce métier, il faut non seulement être prêt à l'heure, mais être même en avance. C'est ainsi qu'en 1947, la curiosité m'y amena, mais aussi le désir de la performance à réaliser. Les grosses firmes démarraient à peine leur production de téléviseurs en petites séries. La Télévision des débuts fut pour moi une distraction, bien encombrante du reste, en place et en temps.

J'y travaillais le soir, tard dans la nuit, le dimanche, les jours fériés. Je n'étais pas seul à risquer. J'avais un ami (professeur d'anglais !) qui était « mordu », nous échangeons nos idées, nos châssis, nous partageons échecs, progrès, réussites, et elles furent spectaculaires, sans jeu de mots !

— Résultat ?

— De grosses mises de fonds, des sacrifices, des réparations incroyables tel ce tube de quinze mille francs (à l'époque...) dont le culot boiteux fut momentanément

LA LAMPE A DEUX ELECTRODES - LES DIODES et leurs UTILISATIONS

Nous voici, finalement, parvenus à l'étude de la valve thermoïonique. Cela signifie que, après un examen approfondi de son fonctionnement, nous pourrions nous intéresser, en toute connaissance de cause, à la presque totalité des appareils électroniques: en fait, bien peu d'entre eux n'en utilisent pas.

Ce que nous venons de dire concerne également les appareils à transistors, car ceux-ci remplacent très souvent les lampes, remplissant les mêmes fonctions qu'elles, dans des circuits analogues.

Nous pouvons dire, en toute logique, que l'étude des lampes constitue la base fondamentale de l'étude des transistors, tant en ce qui concerne la théorie que leurs applications pratiques. La lampe est, de ce fait, un des composants de base des appareils électroniques. On peut affirmer, sans se tromper, que les énormes progrès accomplis dans notre technique, en un nombre d'années relativement peu élevé, sont dûs à l'invention, aux applications et aux perfectionnements successifs de la lampe thermoïonique.

Cet élément extrêmement important de l'appareillage électronique, dans ses innombrables formes actuelles, est le fruit de recherches, de découvertes et d'inventions d'un grand nombre de savants et de techniciens. Pour analyser les développements successifs depuis l'origine, c'est-à-dire à partir de la découverte des phénomènes de base jusqu'aux perfectionnements les plus récents, il nous faudrait entreprendre une longue étude qui déborderait largement du cadre que nous nous sommes tracés. Pour résumer, et en nous plaçant sur le plan pratique, on peut affirmer que la radio-technique moderne trouve son origine à la fin du siècle dernier, quand Thomas A. Edison, en 1883, fit ses premières expériences célèbres sur la lampe à filament incandescent.

DEVELOPPEMENT DE LA LAMPE A DEUX ELECTRODES

La lampe à filament incandescent d'Edison peut être considérée, dans un certain sens, comme le « prototype » ou « l'ancêtre » de la lampe électronique moderne. Edison s'aperçut que, avec le temps, un dépôt noir se formait sur la face intérieure de l'ampoule de verre de la lampe à incandescence. Au cours de ses recherches entreprises pour expliquer ce phénomène, il fut amené à placer, à l'intérieur de la lampe, un deuxième conducteur relié à une petite plaque métallique placée face au filament, construisant ainsi la première

diode. Ayant relié cette plaque au pôle positif de la pile de chauffage du filament, il remarqua qu'un galvanomètre, placé en série dans cette liaison, indiquait le passage d'un courant à travers l'espace vide situé entre le filament et la plaque (voir figure 1). Normalement, ce dispositif forme un circuit ouvert, puisqu'il n'y a aucun contact direct entre les deux éléments contenus dans l'ampoule. D'après les connaissances que l'on avait, à l'époque, sur le fonctionnement des circuits électriques, ce passage du courant qui se produisait entre deux points isolés (dans une ampoule vide d'air), était un phénomène parfaitement incompréhensible. Edison ne put pas trouver une explication satisfaisante pour ce phénomène qui pourtant reste connu sous le nom de « Effet Edison ».

Plus tard, en 1899, une explication en fut donnée par un savant anglais Sir J. Thomson. Il proposa, à cette occasion, une théorie d'après laquelle des particules négatives d'électricité, appelées électrons, étaient émises par le filament de la lampe d'Edison, lorsque que ce filament était porté à l'incandescence par le passage d'un courant électrique. En outre, ces électrons, à cause de leur charge négative, étaient attirés par la plaque portée à un potentiel positif. En conséquence, tant que le filament était maintenu à une certaine température, un passage d'électron se faisait entre lui et la plaque. Ce mouvement d'électrons produisait un véritable courant électrique qui constituait, en quelque sorte, un « pont de communication » entre les deux électrodes. Celui-ci réunissait donc le filament à la plaque, à travers le vide, fermant ainsi le circuit.

La découverte de Thomson fut connue sous le nom de Théorie Electronique. Comme nous l'avons vu dans la 4ème Leçon, d'après cette théorie, l'atome d'une substance quelconque est considéré comme constitué par des particules infiniment petites, ou encore par des charges singulières formées de particules négatives, ou électrons, tournant sur des orbites autour d'un noyau central, lui-même constitué par des particules positives appelées protons. La cohésion de l'ensemble étant maintenue par la force d'attraction. Dans certaines conditions, comme par exemple sous l'effet d'une forte température, certains des électrons contenus dans des éléments déterminés peuvent être libérés. Cette théorie — extrêmement importante — a été le point de départ de nombreuses recherches et a permis de faire de grands progrès dans le développement de la lampe électronique

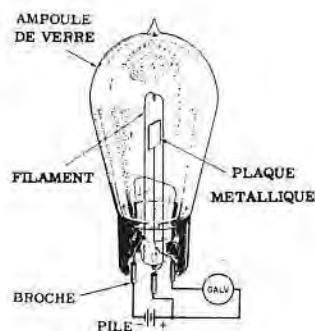


Fig. 1 - Le passage du courant entre un filament incandescent et une plaque métallique est le phénomène découvert par Edison.

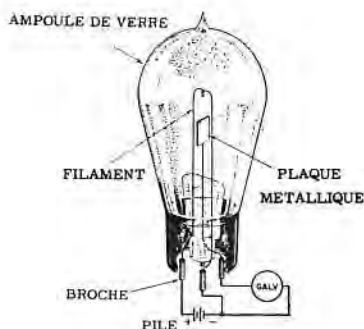


Fig. 2 - Fleming découvrit que, en reliant la plaque métallique au pôle négatif de la pile le courant cessait de passer.

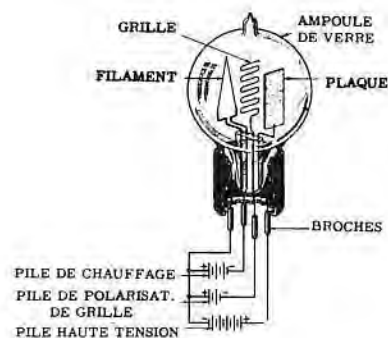


Fig. 3 - En plaçant une troisième électrode, appelée « grille », sur le parcours des électrons, L. de Forest inventa la triode.

Partant des connaissances ainsi acquises, d'autres savants poursuivirent les recherches. Parmi les étapes successives, une des plus importantes fut l'oeuvre du savant anglais J.A. Fleming qui étudia et réalisa pratiquement la première lampe électronique véritable. Fleming remarqua que, dans la lampe réalisée par Edison, lorsque la plaque était reliée au pôle négatif de la pile, comme le montre la **figure 2** — au lieu de l'être au pôle positif — l'intensité du courant tombait à zéro, le courant cessait de passer. Ce phénomène est à la base de la découverte du fonctionnement de ce dispositif comme élément redresseur; en effet, grâce à cette propriété, la lampe à deux électrodes d'Edison pouvait être employée pour convertir un courant continu. Fleming baptisa du nom de « valve » sa version modifiée de la lampe à deux électrodes d'Edison et ce nom est resté d'usage courant de nos jours.

Nous remarquerons, incidemment, que trop souvent on emploie le terme « tube » au lieu du terme « valve » ce qui est impropre et peut conduire à des équivoques, étant donné que — en électronique — le mot « tube » désigne plus particulièrement un autre organe que nous étudierons en son temps.

C'est ainsi que Fleming construisit un dispositif détecteur donnant de meilleurs résultats que le détecteur à cristal, assez peu sensible, utilisé par Guglielmo Marconi dans son récepteur. En effet, le détecteur à cristal avait été développé parallèlement à la lampe, par de nombreux expérimentateurs (les travaux de Branly étant à la base de ces découvertes) et c'est ainsi que, à la suite des expériences faites par de nombreux prédécesseurs, Marconi réalisa en 1901 l'historique transmission du signal correspondant à la lettre S de l'alphabet Morse (3 points) à travers l'Océan Atlantique.

Avec l'avènement de la valve de Fleming les deux branches principales des recherches se trouvèrent réunies et de cette époque date l'origine du développement de la technique Radio-électrique.

La valve de Fleming comportait, en tout, deux électrodes: un **filament** dont le rôle était d'émettre des électrons lorsqu'il était porté à l'incandescence et une

plaque qui attirait ces électrons lorsqu'elle était portée à un potentiel positif. Cette valve fut, pendant quelques années, le seul dispositif électronique employé et il semblait que le progrès des communications par la télégraphie sans fil avait atteint une limite qui ne pouvait être dépassée, compte tenu des méthodes et des moyens disponibles pour transmettre et recevoir les signaux Radio.

Les émetteurs les plus puissants, construits jusqu'alors, permettaient de transmettre des signaux pouvant être reçus à des milliers de kilomètres, mais la réception était encore précaire et incertaine. La portée et la qualité des communications radio-électriques ne pouvaient être augmentées que par un dispositif qui permettrait d'amplifier les très faibles signaux reçus.

C'est la lampe à trois électrodes inventée par Lee De Forest, en 1907, qui permit la réalisation de ce dispositif amplificateur. Plus tard, encore, les perfectionnements ultérieurs apportés à ce type de lampe, rendront possible la réception de signaux des millions de fois plus faibles, beaucoup trop faibles pour pouvoir être reçus sans une amplification préalable.

De Forest, en plaçant une troisième électrode, en forme de spirale, dans l'espace situé entre le filament et la plaque de la valve de Fleming, inventa la lampe amplificatrice (**figure 3**). Il appela cette troisième électrode: **grille de commande**.

Cette grille de commande permettait de réaliser un dispositif amplificateur par le fait qu'un courant plaque relativement important pouvait être commandé par de faibles variations de la tension de polarisation de cette grille, sans qu'il soit nécessaire de dissiper une puissance importante dans le circuit de commande.

De Forest appela « **audio** » sa lampe à trois électrodes; par la suite elle fut débaptisée et on lui substitua le nom de « **triode** », qu'elle porte encore de nos jours (et qui signifie trois électrodes). Cette lampe constituait un progrès important sur la valve à deux électrodes, appelée **diode**.

La lampe électronique est donc formée d'une ampoule de verre, dans laquelle on fait le vide, et conte-

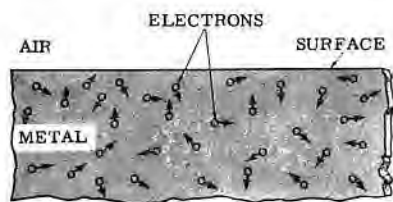


Fig. 4 A - Les électrons, bien que doués d'un mouvement propre, ne peuvent s'éloigner de la surface du métal auquel ils appartiennent, car leur vitesse est insuffisante pour vaincre la force d'attraction du noyau.

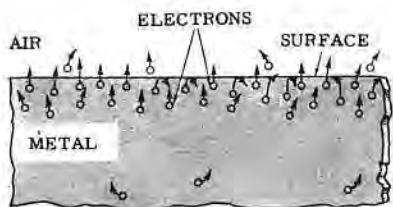


Fig. 4 B - Si l'on augmente la température du métal, les électrons peuvent atteindre une vitesse suffisante pour que — par la force centrifuge — s'éloignant de leurs noyaux, ils puissent quitter la surface du métal: c'est l'« émission thermoionique ».

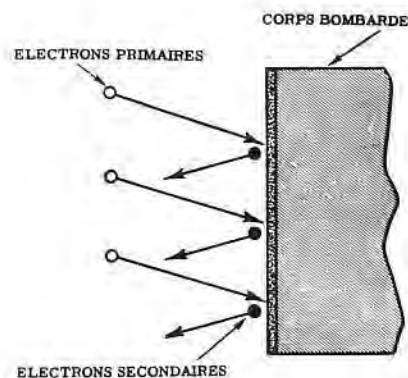


Fig 5 - Exemple d'émission « secondaire » provoquée par un bombardement électronique. Les électrons primaires déterminent l'extraction des électrons secondaires.

nant les diverses électrodes: filament, grille, plaque. Quand des tensions déterminées sont appliquées à ces électrodes, un courant d'une certaine intensité passe à travers l'espace filament-plaque. Grâce à la facilité avec laquelle on peut contrôler ce courant, la lampe peut remplir les fonctions suivantes: amplifier un signal haute fréquence, mélanger des signaux de fréquences différentes; redresser un courant alternatif pour le transformer en courant continu pulsé; détecter les signaux: amplifier les signaux basse fréquence; produire des signaux de fréquences diverses.

THEORIE DE L'EMISSION ELECTRONIQUE

Nous savons déjà que les métaux peuvent conduire l'électricité parce que certains de leurs électrons ne sont pas rigidement attachés aux atomes dont ils font partie, mais, au contraire, peuvent se déplacer dans le conducteur sous forme « d'électrons libres », et provoquer la naissance d'un courant dès que le conducteur est soumis à une différence de potentiel.

Ces électrons sont, en outre, doués d'un mouvement propre dont la vitesse augmente avec la température du conducteur: à la température normale, les électrons ne peuvent quitter la surface du métal auquel ils appartiennent, car leur vitesse est insuffisante pour vaincre, par la force centrifuge, la force d'attraction exercée sur eux par le noyau de l'atome. Par contre, à partir d'une certaine température les électrons atteignent une vitesse telle qu'elle leur permet de vaincre cette force d'attraction et de se dégager du conducteur dont ils font partie (figure 4).

L'énergie nécessaire pour produire ce phénomène est généralement fournie sous forme de chaleur: la quantité nécessaire pour libérer les électrons dépend de la nature du métal employé.

L'émission d'électrons par une substance portée à une certaine température prend le nom d'**émission thermoionique**. Le corps à partir duquel les électrons se détachent est appelé **émetteur** ou **cathode**. Il convient d'ajouter que la quantité d'électrons libérés de la surface de la cathode croît avec l'augmentation de

la température et avec la diminution de la pression atmosphérique régnant autour de la cathode. C'est ainsi que si celle-ci est placée dans une enveloppe hermétiquement close, dans laquelle le vide a été fait, elle devient une source d'électrons lorsqu'on la porte à une température élevée.

L'émission thermoionique ou thermo-électrique est parfois appelée « émission primaire » pour la distinguer d'un autre type d'émission d'électrons dite « émission secondaire ».

La première est une émission directe d'électrons produits par une cathode chauffée placée dans le vide, tandis que la seconde a lieu lorsqu'une surface est bombardée par des électrons provenant d'une émission primaire (figure 5). Quand, par exemple, un courant d'électrons frappe à grande vitesse une surface métallique, il cède aux électrons de cette surface une quantité d'énergie suffisante pour que ceux-ci puissent se libérer de la barrière de potentiel et, bien que sur la figure on ait indiqué un seul électron libéré pour chaque électron primaire incident, en réalité leur nombre peut être plus élevé selon le type de métal: c'est le phénomène utilisé pour la production des Rayons X employés en médecine et dans l'industrie.

La lumière, elle-même, peut produire une émission électronique, car étant une radiation électromagnétique, elle est également une forme d'énergie. Ce phénomène a été brièvement mentionné dans notre 14ème leçon et, étant donné qu'il sort, pour le moment, du cadre de notre sujet, nous indiquerons simplement qu'il existe certaines substances, dites « photosensibles » qui émettent des électrons lorsqu'elles sont frappées par des rayons lumineux. Comme cela se produit avec la température, pour l'émission thermoionique, la quantité d'électrons émis par une substance photosensible est appelée « émission photo-électrique », elle sert de base à de nombreux dispositifs couramment utilisés comme, par exemple: le lecteur de la piste sonore des films, les appareils d'alarme, les contacteurs électromécaniques, les dispositifs pour l'ouverture et la fermeture des portes, la Télévision, etc...

Il existe encore un autre type d'émission électroni-

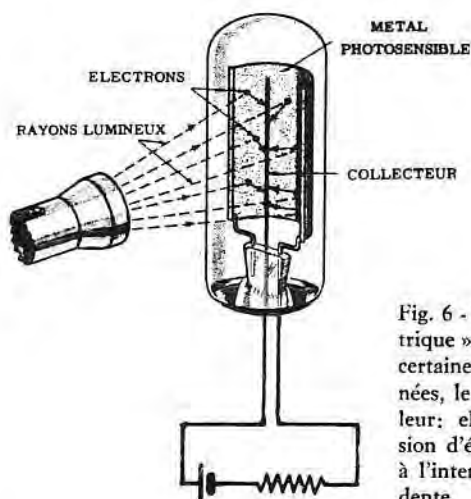


Fig. 6 - Phénomène « photoélectrique ». La lumière produit sur certaines substances déterminées, le même effet que la chaleur: elle provoque une émission d'électrons proportionnelle à l'intensité de la lumière incidente.

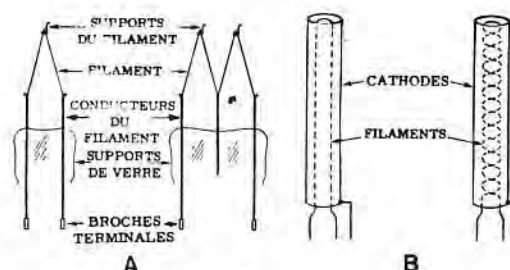


Fig. 7 - La cathode, c'est-à-dire l'élément qui, étant chauffé, émet des électrons peut être constituée, comme en A, par un filament (chauffage direct) ou bien — comme en B — par un petit tube recouvert d'oxydes, chauffé indirectement par un filament qui, dans ce cas, n'a plus aucune fonction électronique directe (chauffage indirect).

que, l'émission à cathode froide, produite par la force d'attraction exercée par une forte tension électrique, c'est-à-dire une différence de potentiel élevée, entre deux corps métalliques. Mais, étant donné que cette émission ne peut se produire que sous des tensions très fortes, elle n'est utilisée que pour des buts bien déterminés, que nous n'avons pas à étudier ici, comme, par exemple, la métallisation sous le vide de substances non-conductrices.

Types de cathodes

Il y a peu de substances susceptibles d'être portées, sans fondre, à la température nécessaire pour obtenir une émission électronique utilisable; parmi elles on trouve: le tungstène, le thorium, l'oxyde de baryum et d'autres oxydes similaires que l'on dépose, à cet effet, sur une surface métallique. Ce sont ces substances qui sont employées couramment pour la fabrication des cathodes des lampes thermoïoniques.

Le tungstène est un émetteur d'électrons très robuste et de longue durée, mais il faut lui fournir une grande quantité d'énergie pour qu'il atteigne la température élevée nécessaire pour une bonne émission électronique. Pour cette raison, les cathodes en tungstène sont uniquement employées dans les lampes d'émission de grande puissance. Le filament de tungstène thorié est formé par un support en tungstène recouvert d'une mince couche de thorium dont l'épaisseur est « monomoléculaire », c'est-à-dire égale à celle d'une seule molécule; il possède l'avantage de fournir une émission électronique abondante sous une température inférieure à celle nécessaire au tungstène pur. Les filaments (ou cathodes) de ce type sont employés pour la construction de lampes fonctionnant sous des tensions plaque comprises entre 500 et 5 000 volts.

Enfin, les cathodes recouvertes d'oxydes sont constituées par un mince support métallique (généralement en nickel) recouvert d'un mélange d'oxydes de baryum et de strontium, déposé en une couche monomoléculaire; elles ont un bon rendement et une longue durée de fonctionnement et sont, pour ces raisons,

employées pour la construction de la plus grande partie des lampes de réception.

Chauffage de la cathode

Les cathodes peuvent être à chauffage **direct** ou **indirect**. Dans le premier cas, elle est constituée par le filament lui-même comme le montre la section A de la figure 7. Le chauffage est produit par le passage du courant d'alimentation du filament qui est porté à l'incandescence comme celui d'une lampe d'éclairage ordinaire. Dans ce cas, le filament lui-même est l'électrode émettrice d'électrons. Le second type est constitué par un petit tube métallique (généralement en nickel) recouvert d'une couche d'oxyde à fort pouvoir émissif, isolé du filament proprement dit qui passe en son centre. Le chauffage de la cathode est provoqué par l'incandescence du filament (figure 7 B).

L'émission électronique augmente avec la température; toutefois, si l'intensité du courant de chauffage est trop forte, le filament fond et se coupe. L'intensité du courant, de même que la tension de chauffage sont indiquées par le constructeur des lampes et, pour une utilisation correcte, ces valeurs doivent toujours être respectées. En outre, puisque la température du filament augmente lorsque l'intensité du courant le parcourant devient plus forte, l'émission électronique augmente jusqu'à une valeur maximum qui ne peut être dépassée; on atteint ainsi le « courant critique », lequel à son tour, détermine la « température critique ».

Toutes les lampes sont désignées suivant un code spécial comportant des lettres et des chiffres. C'est ainsi que dans les appellations américaines, le premier chiffre indique la tension de chauffage du filament. Dans les lampes de fabrication européenne, cette tension est indiquée par une lettre. Par exemple, la lampe 6L6 (américaine) a une tension de chauffage de 6 volts environ (exactement 6,3 volts) et la lampe EF42 (européenne) a également une tension de chauffage de 6,3 volts, désignée par la lettre E qui est la première lettre de code de toute une série de lampes chauffées sous une tension de 6,3 V.

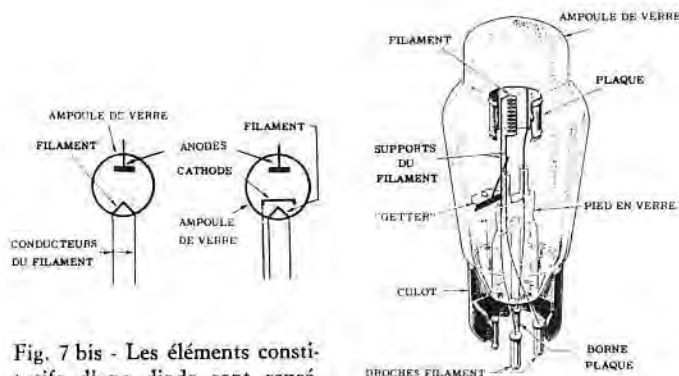


Fig. 7 bis - Les éléments constitutifs d'une diode sont représentés symboliquement comme l'indique la figure, sur les schémas des appareils électroniques. A gauche, diode à chauffage direct; à droite, diode à chauffage indirect.

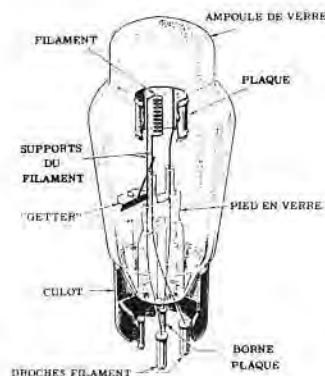


Fig. 8 - Structure complète d'une lampe diode. Le « getter » sert à absorber les résidus gazeux.

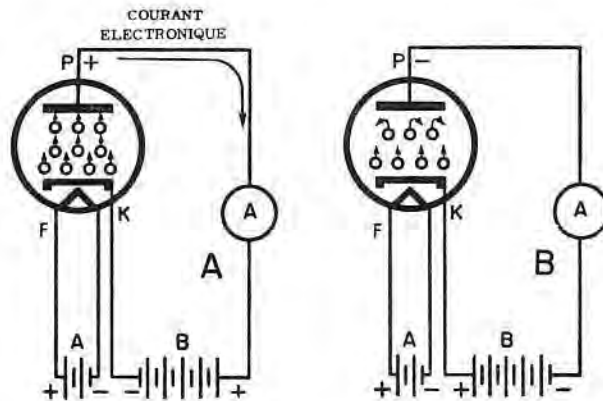


Fig. 9 - Une diode n'est conductrice, entre cathode et plaque, que lorsque cette dernière est positive par rapport à la cathode; dans le cas contraire, le circuit est ouvert.

Tension maximum de pointe entre filament et cathode

Une des principales différences existant entre les lampes à chauffage indirect et celles à chauffage direct est que, dans les premières, les fluctuations éventuelles du courant de chauffage ne produisent aucune variation du courant électronique. Cela est dû au fait que la masse de la cathode, une fois portée à l'incandescence par le filament, a une inertie suffisante pour conserver sa puissance émissive même si le chauffage est interrompu pendant un bref instant. Cette inertie n'existe pas lorsque la lampe est du type à chauffage direct; dans ce cas, tout comme dans une lampe d'éclairage, le filament est porté à l'incandescence dès que la tension de chauffage est appliquée, il s'éteint de même dès que cette tension est interrompue.

Par contre, alors que la lampe à chauffage direct peut fonctionner dès que la tension de chauffage est appliquée à son filament, la lampe à chauffage indirect, toujours à cause de l'inertie de la cathode, exige un certain temps (30 secondes environ) pour atteindre sa température de fonctionnement. C'est la raison pour laquelle les récepteurs de radio d'usage courant, à l'exception de ceux alimentés par piles ou des modèles récents à transistors, ne fonctionnent que quelques secondes après avoir été — comme on dit — « allumés ».

Nous dirons, enfin, que l'emploi de lampes amplificatrices à chauffage indirect est obligatoire dans le cas où l'alimentation des filaments se fait en courant alternatif. En effet, avec les lampes à chauffage direct, le filament serait soumis à une tension alternative et l'émission électronique suivrait les variations du courant, ce qui se traduirait par un ronflement à la fréquence du courant du secteur (50 périodes, en général).

Il est important de noter que, dans le cas d'utilisation de lampes à chauffage indirect, il faut éviter que la cathode soit portée à un potentiel trop élevé par rapport au filament (en raison de la faible distance existant entre ces deux éléments) et l'on doit toujours respecter les indications données par le constructeur.

Ce potentiel varie suivant le type de lampe et il représente la tension maximum pouvant exister, même pendant un court instant, entre les deux électrodes, sans que se produise un arc. Comme nous l'avons dit, cette tension est indiquée dans les notices énonçant les caractéristiques des lampes; en règle générale, elle n'excède pas 90 volts pour les lampes classiques employées en réception.

La plaque

Les électrons libérés par la cathode gravitent autour de celle-ci, à l'intérieur de la lampe. Si dans l'ampoule se trouve placée une plaque métallique portée à un potentiel positif, par rapport à la cathode, les électrons, sont attirés par elle.

Dans une lampe électronique, la plaque, également appelée « anode », est constituée par un cylindre métallique (de nickel, molybdène, tungstène, cuivre, fer ou tantale) ou de graphite, entourant la cathode à une certaine distance de celle-ci (voir figure 8).

LA DIODE

Le type le plus simple de lampe thermoionique est la diode, appelée ainsi parce qu'elle comporte deux électrodes: un émetteur ou cathode et une plaque.

Ce type de lampe, comme tous ceux dont nous nous occuperons par la suite, peut être à chauffage direct ou indirect. Dans les deux cas, d'ailleurs, leur fonctionnement est le même. La figure 8 représente une diode vue en coupe et donne les symboles schématisés des deux types, celui à chauffage direct et celui à chauffage indirect.

Fonctionnement

Quand la plaque d'une diode est reliée au pôle positif d'une pile et la cathode au pôle négatif, la première est portée à un potentiel positif par rapport à la seconde. Etant donné que les électrons émis par la cathode sont des particules négatives, ils sont attirés par la plaque, comme le montre la figure 9 - A.

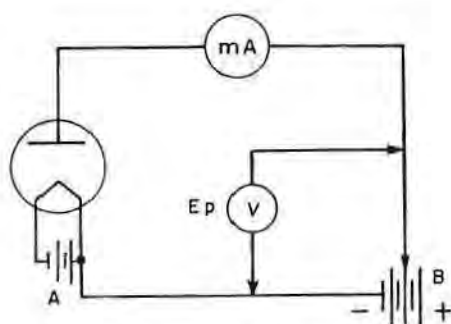


Fig. 10 A - En relevant les indications fournies par le voltmètre « V » et le milliampermètre « mA » — pour diverses positions de la prise sur la pile « B » — on peut tracer la courbe caractéristique de la diode. (courbe 1 de la figure 11).

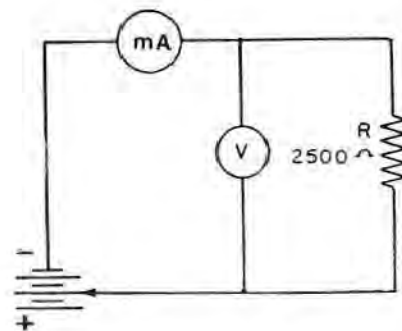


Fig. 10 B — La même opération peut être faite en remplaçant la diode par une résistance R. On obtient la courbe (2) de la figure 11.

Ces électrons vont donc de la cathode vers la plaque, à l'intérieur de l'ampoule, et, en traversant la pile, retournent à la cathode. Ce flux d'électrons donne naissance à un courant, appelé courant plaque ou **courant anodique**, qui peut être mesuré par un milliampermètre « A » placé dans le circuit plaque.

Si l'on intervertit les pôles de la pile, la plaque devient négative par rapport à la cathode, comme le montre la **figure 9-B**. Dans ce cas, la plaque n'exerce plus aucune attraction sur les électrons, mais bien au contraire les repousse vers la cathode: le courant cesse donc de passer. De ce qui précède on peut en déduire **que la diode est conductrice quand sa plaque est positive par rapport à sa cathode et non conductrice dans le cas contraire**. Ceci permet de l'employer pour deux fonctions importantes: le redressement et la détection.

Nous nous occuperons, en premier lieu, de son utilisation en tant que redresseuse de courant, tandis que la fonction détectrice, à laquelle nous avons déjà fait allusion dans une leçon précédente (détecteur à cristal), sera examinée en détail par la suite.

Courbes caractéristiques

Une courbe caractéristique est un graphique représentant le comportement d'un dispositif déterminé. Dans notre cas, cette courbe représente les variations du courant anodique en fonction de la tension appliquée aux électrodes et inversement. Les symboles adoptés sont respectivement: I_p pour le courant plaque et E_p pour la tension plaque; on peut donc dire que la courbe caractéristique d'une diode est une courbe E_p-I_p . Le courant plaque n'est autre chose que l'intensité du courant traversant la diode. La tension plaque est la différence de potentiel existant entre la plaque et la cathode.

La courbe caractéristique d'une diode est relevée en appliquant une tension variable à sa plaque, comme indiqué sur la **figure 10-A**. Dans celle-ci, le voltmètre « V » mesure la tension plaque aux divers branchements effectués sur la pile. Le milliampermètre « mA » mesure l'intensité du courant correspondant aux diffé-

rentes tensions. Quand le voltmètre indique « zéro », le courant anodique est également nul. Quand la tension plaque augmente, au fur et à mesure que la prise sur la batterie est déplacée du « — » vers le « + », le courant anodique augmente également.

La **figure 10-B** représente un circuit servant à tracer la courbe I-E d'une simple résistance.

Les valeurs de E_p et de I_p de la diode pour diverses prises de tension sur la pile sont portées sur le graphique de la **figure 11** (courbe 1). Les valeurs de E et de I relevées en appliquant ces mêmes tensions à une résistance de 2500 ohms, sont indiquées sur ce graphique (courbe 2). On voit que, à l'exception des coudes aux deux extrémités, la courbe de la diode est une ligne droite. Cela signifie que, à chaque augmentation de la tension plaque, un plus grand nombre d'électrons est attiré par elle. Quand E_p atteint 175 volts, la courbe commence à s'infléchir et elle devient sensiblement horizontale pour une tension plaque de 200 volts. A partir de ce point, I_p n'augmente plus quand on augmente E_p , à moins que l'on augmente la température de la cathode, pour accroître l'émission électronique. Ceci n'est pas à conseiller car la vie de la lampe s'en trouverait abrégée.

Deux termes sont fréquemment employés pour caractériser une courbe: **linéaire** et **non linéaire**. La signification du premier est clairement illustré sur la **figure 12-A**. Par exemple, si on applique une tension continue aux bornes d'une résistance, la relation existant entre la tension (première grandeur) et le courant (deuxième grandeur) est, nous le savons déjà, représentée par une ligne droite inclinée. Si une des deux grandeurs varie la seconde varie d'une manière directement proportionnelle: cette relation est dite « **linéaire** » dans toute la gamme des variations possibles.

Dans un tel cas, le terme « courbe » est impropre car la représentation graphique du phénomène n'est pas une courbe, mais une ligne droite. En ce qui concerne les caractéristiques des lampes, on peut dire que la courbe représentative de la relation tension-courant n'est pas toujours linéaire sur toute sa longueur, comme nous venons de le voir pour la diode.

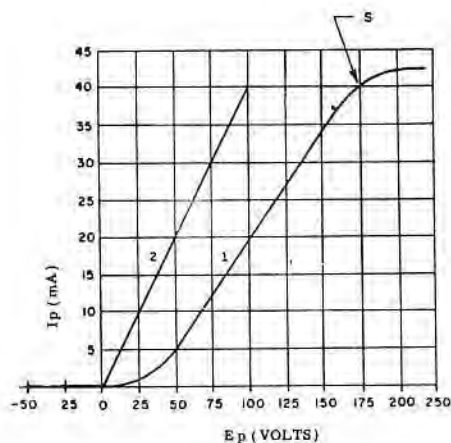


Fig. 11 - Courbes des fonctions « E_p , I_p » pour une diode (1) et une résistance (2).

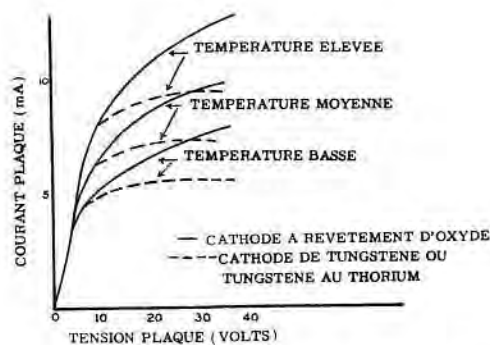


Fig. 11 bis — Relations entre la tension et le courant de plaque pour une diode thermoionique, pour des valeurs différentes de température et pour cathode de nature physique différente.

La figure 12-B montre un type de courbe que l'on rencontre communément dans l'étude des caractéristiques d'une lampe électronique. Cette courbe, en partant de son origine, en bas à gauche, est « non-linéaire » sur une partie de son tracé correspondant aux faibles valeurs de tension et de courant. Elle devient, ensuite, « linéaire » sur une certaine longueur puis redevient non linéaire. Il est extrêmement important que le lecteur apprenne à distinguer les parties linéaires et non-linéaires d'une courbe caractéristique, car nous y ferons de fréquentes allusions, par la suite, lorsque nous traiterons de la détection et de l'amplification.

Le défaut de linéarité au début de la courbe est dû à la **charge spatiale** des électrons libres errants autour de la cathode. Dès que la tension anodique positive atteint une valeur suffisante pour attirer tous les électrons, ce phénomène disparaît et la courbe devient rectiligne.

Comme nous l'avons précédemment indiqué, l'augmentation du potentiel de la plaque provoque une augmentation du courant anodique jusqu'à un point dit de **saturation**, marqué S sur la courbe de la figure 11. Passé ce point (c'est-à-dire au-delà de cette tension anodique), nous avons dit qu'une augmentation de la tension plaque ne produit plus aucune augmentation du courant, car la cathode ne peut pas émettre un plus grand nombre d'électrons. A partir de ce point, la partie supérieure de la courbe reprend une allure non-linéaire, comme celle du début.

Ce phénomène ne peut se produire avec une simple résistance, car les électrons qui la parcourent proviennent directement de la source d'alimentation; l'unique condition imposée est que l'intensité du courant ne dépasse pas la valeur maximum pouvant être tolérée par la résistance, intensité qui est fonction de sa puissance de dissipation en watts. Par contre, dans une lampe, étant donné que le passage du courant n'est rendu possible que grâce à l'émission d'électrons par la cathode, l'intensité maximum du courant est fonction des possibilités d'émission de la cathode elle-même, possibilités évidemment limitées.

La courbe caractéristique d'une lampe a une très grande importance; elle montre exactement comment

fonctionne une diode dans un circuit déterminé. Dans la partie rectiligne de la courbe, la diode se comporte comme une résistance ordinaire, ainsi qu'on peut le voir en comparant sa courbe caractéristique (1) avec celle d'une résistance (2), sur la figure 11. En d'autres termes, dans ces limites, la diode fonctionne comme une résistance qui permet le passage d'un courant proportionnel à la tension appliquée. La seule différence entre la diode et une résistance réside dans le fait que dans la diode le courant ne peut passer que dans un seul sens et que sa résistance propre n'est constante que dans les limites de fonctionnement indiquées par la partie linéaire de la courbe caractéristique.

Courbes multiples ou « familles de courbes »

D'une manière générale, le fabricant de lampes électroniques donne, pour chaque type de lampe, un certain nombre de courbes dont le but est de montrer les relations existant entre deux mêmes grandeurs dans des conditions différentes de fonctionnement. Un groupe de courbes figurées toutes sur le même graphique, constitue une **famille de courbes**, dont la figure 13 donne un exemple. On y a représenté différentes courbes du courant plaque (courant anodique) en fonction de la tension plaque, pour trois températures différentes de la cathode. Pour une valeur déterminée de la tension plaque, le courant anodique atteint son intensité maximum sur la courbe A, qui est celle tracée à la température maximum de la cathode. La courbe B montre la variation du courant plaque pour une température à peine suffisante pour produire une émission électronique appréciable.

Les courbes caractéristiques, ou familles de courbes, publiées par les constructeurs de lampes concernent, en général, l'intensité du courant passant dans la lampe. La plus courante est celle donnant la valeur de cette intensité en fonction de la tension positive appliquée à la plaque de la lampe. Il existe, toutefois, d'autres types de courbes, simples ou complexes, dont nous nous occuperons au fur et à mesure que nous progresserons dans l'étude des lampes.

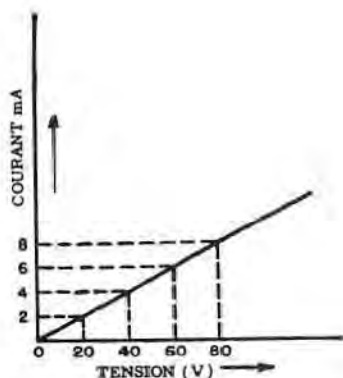


Fig. 12 A - « Courbe » à caractéristique « linéaire ». Si l'on fait varier une des grandeurs, l'autre varie d'une manière directement proportionnelle. Le terme « courbe » est évidemment impropre, dans ce cas.

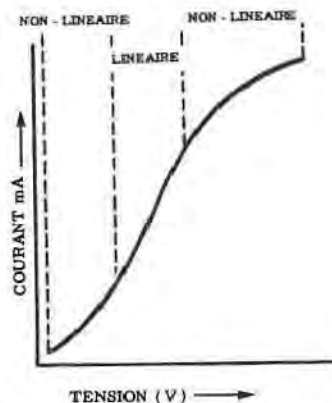


Fig. 12 B - Courbe à variation linéaire et non-linéaire: elle est caractéristique d'une diode. La non-linéarité de la partie inférieure est due à la « charge spatiale », celle de la partie supérieure à la « saturation ».

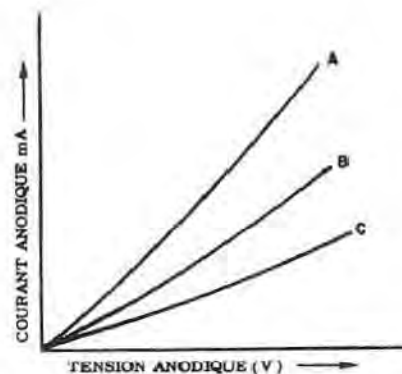


Fig. 13 - Plusieurs courbes sur un même graphique donnent une « famille de courbes ». Dans ce cas, A, B et C sont les courbes $E_p - I_p$ relevées à diverses températures de la cathode de la même lampe.

La résistance interne

La résistance propre d'une diode (appelée résistance interne) peut être calculée par la loi d'Ohm, au moyen de la formule: $R = E : I$ dans laquelle R est la résistance interne en ohms, E la tension anodique en volts et I le courant anodique en ampères.

En chaque point de la courbe caractéristique, il existe un courant d'intensité I_p , correspondant à une tension plaque déterminée, E_p . En conséquence, la résistance interne R_p est donnée, en chaque point de la courbe, par la relation: $R_p = E_p : I_p$.

La résistance de plaque (ou résistance interne) de la plupart des lampes diodes est d'environ 500 ohms, quand la diode est conductrice, c'est-à-dire quand sa plaque est positive par rapport à sa cathode. Par contre, quand la tension plaque est inférieure à celle de la cathode, la diode ne conduit plus et le courant I_p est nul. Dans ce cas, la résistance de plaque est infinie. Il est intéressant de noter qu'une diode fonctionne à la manière d'un interrupteur: ouvert quand la plaque est positive et fermé quand la plaque est négative. C'est ainsi que, si la polarité de sa tension anodique s'inverse rapidement, la diode fonctionne comme un interrupteur qui s'ouvre et se ferme à la même fréquence que celle de la tension plaque.

La diode en redresseur d'une alternance

La diode est principalement employée au redressement du courant alternatif, pour le convertir en courant continu. Ceci est rendu possible par le fait que, comme nous l'avons vu plus haut, la diode ne permet le passage du courant que dans un seul sens. C'est ainsi que, si l'on applique un potentiel alternatif à sa plaque, le courant ne passera que pendant l'alternance durant laquelle la plaque est positive par rapport à la cathode.

La figure 14 donne le schéma de montage d'une diode employée au redressement d'une alternance. Le primaire du transformateur est relié au réseau de distribution de l'énergie électrique. Des deux secondaires, celui à basse tension fournit l'énergie nécessaire au

chauffage du filament, tandis que l'autre, à haute tension, délivre la tension à redresser. La charge (ou circuit d'utilisation) est reliée, d'une part, à une extrémité du secondaire à haute tension et, d'autre part, au filament (ou cathode) de la diode.

L'autre extrémité du secondaire haute tension est directement reliée à la plaque. La haute tension (produite par le transformateur dont le secondaire comporte plus de tours que le primaire) rend la plaque successivement positive et négative selon l'alternance de la tension. Lorsque le secteur alternatif est branché aux bornes du primaire du transformateur, les deux extrémités de l'enroulement à haute tension deviennent successivement négatives et positives (par rapport au filament) pendant chaque cycle de la tension alternative. Etant donné que la diode ne permet le passage du courant que pendant l'alternance rendant sa plaque positive par rapport au filament, il s'ensuit que le courant ne passe que pendant la moitié de chaque cycle. Donc, si la tension appliquée à la plaque est de la forme indiquée sur la figure 14-B (courant sinusoïdal), le courant redressé, passant dans la charge, a l'allure représentée sur la figure 14-C (courant de sortie).

La courbe caractéristique d'une diode montre pour quelle raison le redressement se produit. La figure 15 reproduit la courbe $E_p - I_p$ d'une diode, une tension alternative d'entrée (sinusoïdale) et le courant continu (pulsé) de sortie.

Au commencement du cycle, la plaque de la diode est au potentiel zéro. Dès que la tension alternative commence sa phase ascendante (alternance positive), la plaque prend successivement les valeurs positives de A à B et C, y compris toutes les valeurs intermédiaires non représentées pour la clarté du dessin. Il s'ensuit le passage d'un courant qui prend les valeurs correspondantes A', B' et C'. Puis, pendant l'alternance CDE, la plaque devient négative; de ce fait aucun courant ne passe dans la charge et la tension de sortie est nulle. En conséquence, on recueille à la sortie du redresseur une série d'impulsions de courant, séparées par des intervalles égaux où le courant est nul.

Pour niveler ces impulsions, de façon à éliminer les

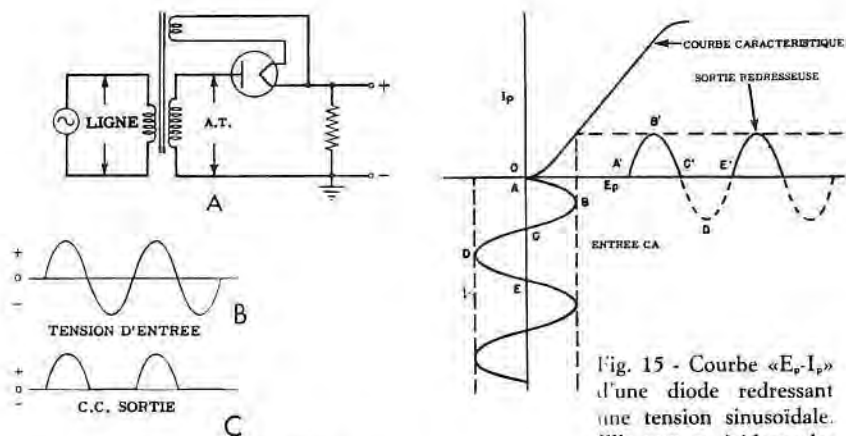


Fig. 14 - Montage d'une diode en redresseur demi-onde et forme de la tension à la plaque (en B) et à la sortie (en C).

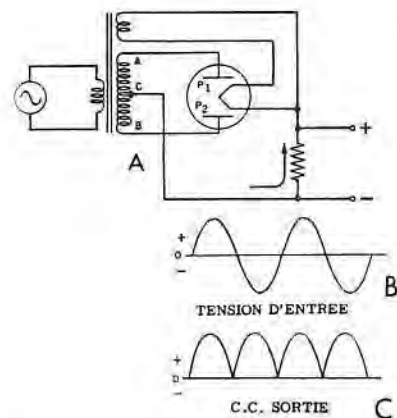


Fig. 16 - Double diode montée en redresseur des deux alternances et formes des tensions, à la plaque (en B) et à la sortie (en C).

intervalles et les différences d'amplitude. on utilise un filtre approprié, placé à la sortie du redresseur avant la charge, et constitué, généralement, d'un ensemble de condensateurs, d'impédances ou de résistances. Toutefois, en raison de la suppression totale d'une alternance, la tension redressée par une seule diode ne peut être filtrée aussi efficacement que celle fournie par un redressement des deux alternances (deux diodes).

La diode en redresseur des deux alternances

Le redressement des deux alternances d'un cycle de courant alternatif se fait au moyen de deux diodes. Ces dernières peuvent d'ailleurs être réunies dans une même lampe appelée « double diode »; chaque diode permettant le passage du courant pendant une alternance, conformément au schéma de la figure 16.

Les filaments ou cathodes des deux diodes sont reliés entre eux et très souvent, comme dans la figure précitée, ils ne forment qu'un seul et unique filament commun aux deux diodes. Les deux extrémités de l'enroulement à haute tension du transformateur sont reliées aux deux plaques. La prise médiane du secondaire est reliée à une extrémité de la charge (ou circuit d'utilisation), l'autre extrémité étant branchée au filament (ou cathode) des deux diodes.

Le courant alternatif du réseau passant dans le primaire du transformateur, induit une tension alternative dans son secondaire. Les deux plaques sont portées successivement à un potentiel positif par rapport à la cathode. En fait, tandis que l'une est positive, l'autre est négative.

Suivons, maintenant, le circuit en partant de chaque plaque, en traversant chacun des demi-enroulements secondaires correspondants et la charge, pour aboutir à la cathode. Supposons que, pendant la première alternance, l'extrémité supérieure A soit positive par rapport à l'extrémité B. Puisque la prise médiane C est entre les deux, son potentiel sera négatif par rapport à A et positif par rapport à B. Ainsi, étant donné que la prise médiane est reliée au filament à travers la charge, à l'instant considéré par nous, P1 est positive

par rapport au filament.

Les électrons émis seront attirés par P1, parcourront l'enroulement haute tension jusqu'au point C, après quoi ils se dirigeront vers le filament à travers la charge, dans la direction indiquée par la flèche.

Pendant l'alternance suivante, par contre, c'est P2 qui est positive par rapport au filament: elle attire donc les électrons qui passent par le demi-secondaire correspondant jusqu'au point C et se dirigent vers le filament à travers la charge, toujours dans le sens indiqué par la flèche.

Nous voyons donc clairement que le courant passant dans la charge circule toujours dans le même sens pendant les deux alternances successives. Une tension d'entrée telle que celle représentée sur la figure 14-B donne, dans la charge, un courant dont la forme est celle de la figure 14-C. Il est intéressant de noter que la fréquence des pulsations du courant continu ainsi obtenu est le double de la fréquence de la tension alternative d'entrée. Cela signifie que si la tension alternative du réseau a une fréquence de 50 Hz, le courant redressé aura une fréquence de pulsation de 100 Hz. Ceci explique pourquoi le montage peut être utilisé dans d'autres cas que celui envisagé ici (redressement du courant alternatif); il peut également servir à doubler la fréquence d'un courant.

Ce système de redressement est employé dans la plupart des circuits d'alimentation des appareils électroniques, car il offre l'avantage de permettre un meilleur filtrage, en raison du fait qu'il n'y a pas d'intervalles pendant lesquels la tension est complètement nulle. Il convient, toutefois, de se rappeler que, dans ce cas, étant donné que les deux moitiés du secondaire haute tension ne travaillent pas simultanément, la différence de potentiel entre ses deux extrémités doit être environ le double de la tension que l'on désire obtenir à la sortie du redresseur. En contre-partie, puisque le courant ne passe que dans un demi-secondaire, pendant chaque alternance, la puissance absorbée par le transformateur est la même que celle qu'absorberait un circuit de redressement à une seule alternance.

Leçon n° 44

LES ALIMENTATIONS

Dans la leçon précédente, nous venons de voir que pour fonctionner, une lampe doit être alimentée sous des tensions déterminées. C'est ainsi qu'une lampe électronique exige une source de basse tension pour chauffer son filament et une source de tension plus élevée pour porter sa plaque au potentiel suffisant. Avec les appareils à lampes se pose donc le problème de pourvoir à leur alimentation et, pour cela, on peut avoir recours à diverses sources en choisissant, selon le cas, celles convenant le mieux à un appareil déterminé.

L'ensemble de pièces ou composants auxquels est confié le soin de fournir les tensions nécessaires s'appelle une **alimentation**. Nous aurons donc, selon les besoins, des alimentations composées de générateurs rotatifs (pour installations portatives de fortes puissances), de batteries d'accumulateurs, de piles et, enfin, de redresseurs et filtres destinés à fournir les tensions nécessaires à partir du réseau de distribution électrique. C'est de ce dernier type d'alimentation dont nous nous occuperons dans cette leçon, car il est de très loin le plus répandu et, comme tel, fait partie intégrante de la plupart des appareils électroniques.

Etant donné qu'à l'exception de la tension d'alimentation des filaments qui peut être alternative, les circuits d'alimentation doivent fournir des tensions continues (nous verrons pourquoi lorsque nous étudierons le fonctionnement des lampes), un des rôles principaux de l'alimentation consiste à redresser le courant alternatif du secteur. A cet effet, on utilise une lampe (parfois, également, un redresseur à oxyde ou semi-conducteur) et l'on peut dire qu'il faut une lampe pour alimenter une autre lampe. Cette lampe nécessaire est une diode (simple ou double, à chauffage direct ou indirect) et nous avons vu, dans la leçon précédente, comment on utilise le phénomène du redressement dans cette application. Nous pouvons conclure en précisant qu'une alimentation est composée d'un certain nombre de composants, parmi lesquels on trouve toujours: un transformateur, un système redresseur, un dispositif de filtrage et un répartiteur de tensions. Si nous voulons schématiser une alimentation, dans ses divers éléments, elle se présentera comme l'indique la **figure 1**.

COMPOSANTS D'UNE ALIMENTATION

On emploie un transformateur en raison du fait que, par son intermédiaire, il est possible d'augmenter

ou de réduire une tension à la valeur désirée. Etant donné que la tension du réseau d'électricité a une valeur fixe (110 ou 220 volts, il est presque toujours nécessaire de l'élever pour obtenir la valeur requise pour la tension anodique et de la réduire pour disposer, en même temps, de plusieurs tensions, sous des intensités différentes; on utilisera donc un transformateur comportant plusieurs secondaires.

Dans la leçon consacrée aux transformateurs d'alimentation, nous avons vu en détail la théorie et la construction pratique de ces éléments. Rappelons, encore une fois, que dans la majorité des cas un transformateur d'alimentation comporte plusieurs secondaires; ceci doit rester présent à l'esprit au cours de l'étude qui suit. En effet, lorsque dans un schéma partiel, destiné à illustrer l'étude d'un circuit particulier, figurera un transformateur ne comportant qu'un seul secondaire, ce sera uniquement parce que les explications données dans le texte porteront sur son rôle précis: les autres secondaires, même s'ils ne sont pas dessinés (dans un but de simplification évidente du schéma), sont toujours présents sur le même transformateur et servent au chauffage du filament de la valve redresseuse ainsi qu'à ceux des autres lampes dont l'alimentation fournit la tension anodique.

Le redresseur, comme son nom l'indique, a pour fonction de redresser le courant alternatif. Le courant redressé n'étant pas parfaitement continu, il convient de le filtrer, ainsi que nous l'avons indiqué précédemment. Pour le redressement, divers dispositifs peuvent être employés, nous citerons: la valve électronique ou diode, le redresseur à oxyde, le redresseur à semi-conducteurs, le redresseur électrolytique et le redresseur mécanique (ou vibreur). La grande majorité des alimentations utilisées en Electronique emploient des lampes diodes, des redresseurs à oxydes ou à semi-conducteurs.

Les redresseurs à lampes diodes (ou valves redresseuses) sont de deux types: 1°) à vide poussé ou, 2°) à gaz. En principe, on peut dire que les valves à vide sont employées au redressement des tensions élevées, tandis que les valves à gaz sont utilisées lorsque de fortes intensités sont nécessaires.

Rappelons simplement ce que nous avons dit, dans la leçon précédente, sur le redressement d'une ou de deux alternances du courant et, pour résumer, donnons encore (**figure 2**) le schéma de principe d'un redresseur à une alternance et (**figure 3**) de celui à



Fig. 1 - Les éléments constitutifs d'une alimentation sont presque toujours: un transformateur de liaison au réseau électrique, un redresseur (à valve ou à oxyde), un filtre du courant redressé (à entrée capacitive ou inductive) et un ensemble de résistances (diviseur de tension) placé en parallèle sur la sortie pour permettre le choix de différentes tensions.

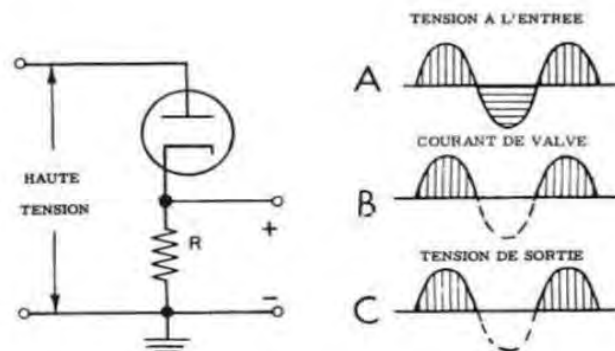


Fig. 2 - Redressement d'une alternance et représentation de la tension d'entrée, du courant et de la tension de sortie.

deux alternances, puis nous passons immédiatement — pour le comparer aux précédents — au schéma de la figure 4 qui représente un redresseur dit « en pont », dont nous allons examiner les caractéristiques.

REDRESSEUR EN PONT

Le circuit comporte quatre éléments redresseurs. La tension d'entrée est appliquée à deux points diagonalement opposés du circuit, tandis que la sortie est prélevée aux deux autres points.

Pendant une alternance, l'extrémité supérieure du secondaire du transformateur est positive par rapport à l'extrémité inférieure. Cette tension se trouve être appliquée aux bornes du circuit constitué par: V_1 , la résistance de charge R et V_3 qui sont en série; la plaque des deux valves (V_1 et V_3) est positive par rapport à leur cathode respective. En conséquence, les valves V_1 et V_3 sont conductrices pour le courant; celui-ci, par suite, passe de l'extrémité inférieure du secondaire à travers V_3 et retourne au secondaire (point haut) en suivant le trajet indiqué par les flèches en traits pleins. Ce courant, traversant la résistance de charge produit une impulsion de tension positive à la sortie, à l'extrémité supérieure de la résistance R .

Au cours de l'alternance suivante, l'extrémité inférieure du secondaire du transformateur est positive par rapport à l'extrémité supérieure. Les valves V_1 et V_3 ne sont plus conductrices. Le courant passe à travers V_4 , dans la résistance R , à travers V_2 et retourne au secondaire du transformateur, en suivant le trajet indiqué par les flèches en traits discontinus sur la figure 4.

Nous pouvons constater que le courant passant dans la résistance de charge R circule toujours dans le même sens, pendant les deux alternances. Ce courant détermine aux bornes de R une tension dont la polarité est constante, positive à l'extrémité supérieure de la résistance. Ceci démontre bien que le redresseur en pont, décrit ci-dessus, opère le redressement des deux alternances.

Une autre caractéristique importante du redresseur en pont, est dans sa propriété de fournir une tension redressée presque double de celle que donne un redresseur classique à deux alternances. Ceci est dû au fait que toute la tension du secondaire est appliquée au circuit redresseur, tandis que dans le cas du redresseur classique (de la figure 3), les deux moitiés du secondaire travaillent alternativement. En conséquence, pour obtenir une tension redressée de 1 000 volts, par exemple, avec un redresseur en pont, il suffit que le transformateur délivre une tension légèrement supérieure, tandis que pour obtenir la même tension redressée avec un redresseur classique, le secondaire du transformateur d'alimentation doit fournir une tension un peu supérieure à 2 000 volts.

Dans un redresseur en pont, les valves doivent supporter une tension inverse de pointe inférieure à celle présente dans le redresseur à deux alternances décrit plus haut. La **tension inverse de pointe** est la tension négative aux bornes des redresseurs pendant l'alternance durant laquelle ils ne sont pas conducteurs; si elle est trop élevée, elle peut endommager le redresseur par rupture d'isolement.

Si deux circuits — un redresseur en pont et un redresseur classique à deux alternances, sont construits pour délivrer la même tension redressée, les éléments du deuxième devront être prévus pour supporter une tension inverse de valeur double de celle pouvant être acceptée par les éléments du premier. Par exemple, si nous désirons obtenir une tension redressée de 1 000 volts, les diodes du redresseur à deux alternances seront soumises à une tension négative de près de 1 000 volts lorsqu'elles ne sont pas conductrices. Par contre, dans le redresseur en pont, elles n'auront à supporter, dans le même cas, qu'une tension de 500 volts, puisque les deux diodes de chaque branche sont montées en série.

Toutefois le montage redresseur en pont n'est pas d'usage courant dans les réalisations utilisant des valves électroniques car, dans ce cas, il est nécessaire d'employer un enroulement secondaire séparé pour l'a-

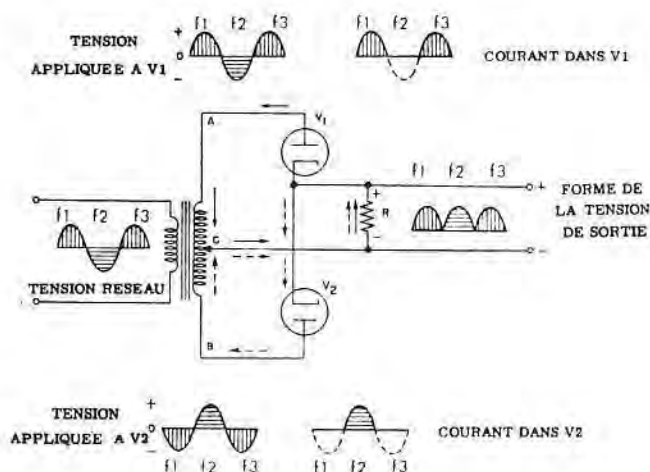


Fig. 3 - Redressement des deux alternances et formes des tensions et des courants.

limentation de chaque filament des diodes. Si l'on utilise des valves de redressement à chauffage indirect le problème est le même car, comme nous l'avons vu plus haut, on ne peut appliquer une forte différence de potentiel entre le filament et la cathode.

Dans le circuit de la figure 4, les cathodes de V_2 et V_3 sont au même potentiel. Toutefois le potentiel de la cathode de V_1 est différent de celui des cathodes de V_2 et de V_3 , de même que la cathode de V_4 est à un potentiel différent de celle des autres valves. En conséquence, il est nécessaire de disposer de trois sources de tension différentes pour l'alimentation de ces filaments. Ces sources doivent être parfaitement isolées entre elles et par rapport à la masse, en raison des fortes différences de potentiel continu présentes en divers points du circuit.

Il est bien évident que cet inconvénient n'existe pas lorsqu'on utilise des redresseurs à oxyde. Ces derniers n'ont pas de filaments à chauffer, donc pas de secondaires spéciaux au transformateur et c'est la raison pour laquelle ils sont presque exclusivement employés dans les redresseurs en pont.

REDRESSEUR A OXYDE DE CUIVRE

Si on place en contact deux surfaces métalliques différentes avant une faible épaisseur, les électrons peuvent passer, de l'une à l'autre, plus facilement dans un sens que dans le sens opposé. Les deux combinaisons de métaux les plus communément employées dans ce but sont : l'oxyde de cuivre en contact avec le cuivre pur et le sélénium en contact avec du fer ou de l'aluminium.

Ces éléments redresseurs sont représentés sur les schémas par le symbole de la figure 5, déjà connu de nos lecteurs. Pour une interprétation correcte, il convient de signaler que le symbole qui fut créé avant que fût adoptée la théorie électronique relative au sens du courant, a la pointe de sa flèche dirigée dans le sens de conduction qui avait été convenu par la théorie précédente, que nous pouvons appeler théorie électrique. C'est pourquoi il faut tenir présent à l'esprit que

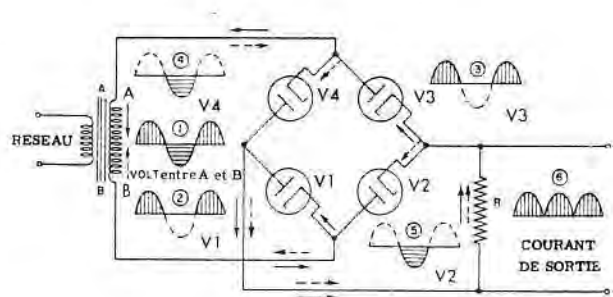


Fig. 4 - Montage redresseur en pont. Les éléments redresseurs fonctionnent deux à deux. Pendant une alternance le parcours suivi par le courant est: $V_1 - R - V_3$ (flèches en traits continus); pendant l'autre alternance on a $V_4 - R - V_2$ (flèches en traits discontinus). Les formes d'onde en divers points sont numérotées dans l'ordre.

le sens de conduction du redresseur, dans nos schémas, est opposé à celui indiqué par le symbole.

Nous avons vu qu'une diode redresse le courant pour la raison que les électrons passent plus facilement de la cathode vers la plaque que de la plaque vers la cathode. Un redresseur à oxyde de cuivre fonctionne d'une manière analogue: les électrons passent plus facilement du cuivre vers l'oxyde de cuivre que dans le sens opposé. De même, dans un redresseur au sélénium, les électrons passent du fer ou de l'aluminium vers le sélénium beaucoup plus librement que dans le sens contraire.

La figure 6 donne le schéma d'un circuit dans lequel un élément redresseur métallique est employé au redressement d'une seule alternance. Dans ce cas, le redresseur à oxyde se comporte exactement de la même manière qu'une lampe diode. Les électrons passent librement de l'électrode en cuivre à celle dont la surface est recouverte d'oxyde de cuivre, lorsque cette dernière est rendue positive par rapport à la première.

Lors de l'alternance positive de la tension d'entrée, le redresseur laisse passer le courant dans la direction indiquée par la flèche. Pendant l'alternance négative, l'électrode de cuivre est positive par rapport à l'oxyde et, dans ces conditions, on a seulement le passage d'un très faible courant.

La tension de sortie (tension redressée), n'est pas parfaitement continue, précisément à cause du faible courant passant pendant l'alternance négative.

En raison de sa très faible épaisseur, la couche d'oxyde de cuivre ne peut supporter une tension très élevée; c'est pourquoi lorsqu'on désire obtenir des tensions redressées d'assez forte valeur, on monte en série plusieurs éléments formés de couches alternées de cuivre et d'oxyde de cuivre. Ces éléments sont séparés entre eux par des rondelles d'un métal malléable, du plomb par exemple, pour assurer une distribution uniforme de la pression de contact entre les diverses couches. Cette pression est obtenue par serrage d'un boulon sur un axe traversant tous les éléments en leur centre et isolé.

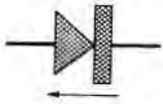


Fig. 5 - Symbole d'un redresseur à oxyde. On notera l'indication du sens de conduction selon la théorie électronique.

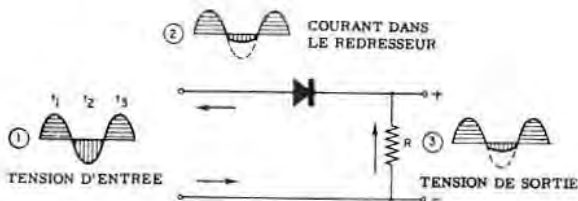


Fig. 6 - Montage redresseur d'une alternance avec élément redresseur à oxyde. Ce circuit est évidemment plus simple que le circuit à valve correspondant. Les tensions et les courants sont numérotés dans l'ordre de succession.

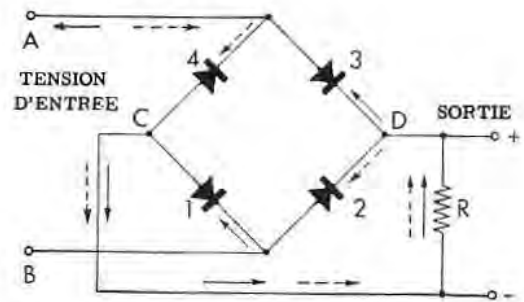


Fig. 7 - Schéma d'un redresseur en pont avec éléments redresseurs à oxyde. Pendant la première alternance les éléments 1 et 3 sont conducteurs, pendant l'autre alternance ce sont les éléments 2 et 4. Les flèches en traits pleins indiquent le premier parcours, celles en traits discontinus, le second. On remarquera que le courant passe toujours dans le même sens dans la résistance de charge.

Etant donné que les éléments redresseurs à l'oxyde de cuivre ne peuvent supporter des tensions inverses élevées, leur utilisation est presque toujours limitée aux circuits redressant une seule alternance.

Dans le cas de montages en pont on peut adopter aussi bien les éléments à l'oxyde de cuivre que ceux au sélénium, car la tension inverse aux bornes de chacun des éléments du pont est toujours relativement peu élevée.

La figure 7 donne le schéma d'un redresseur en pont utilisant des éléments cuivre-oxyde de cuivre ou au sélénium. Lorsque le point A est positif par rapport à B, les éléments 1 et 3 laissent passer le courant, comme l'indique la flèche en traits pleins. A l'alternance suivante quand B devient positif par rapport à A, la conduction — c'est-à-dire le passage du courant — se fait à travers les éléments 2 et 4, comme le montre les flèches en pointillés. On remarquera que le courant passant dans la résistance de charge R est de même sens pendant les deux alternances.

Les deux types de redresseurs métalliques décrits ci-dessus peuvent fournir des courants de forte intensité car la surface des électrodes en contact peut être aussi grande que cela est nécessaire (proportionnelle à l'intensité du courant à redresser). En outre, pour faciliter le refroidissement des redresseurs, la chaleur produite à l'intérieur des éléments par le passage du courant est dissipée par les ailettes de refroidissement convenablement réparties entre les groupes en contact.

La résistance d'un redresseur au sélénium, dans le sens de conduction, est inférieure à celle d'un redresseur à oxyde de cuivre. Pour cette raison, le premier type a un rendement supérieur au second et, à dimensions égales, permet le redressement d'un courant de plus forte intensité.

Les redresseurs métalliques sont employés depuis longtemps pour l'alimentation de moteurs, de relais, pour la recharge des batteries d'accumulateurs, pour les circuits de polarisation. Ils tendent de plus en plus dans la technique moderne à remplacer les valves redresseuses à vide pour l'alimentation des appareils de Radio, des amplificateurs et des téléviseurs, car ils

permettent une importante simplification des circuits ainsi qu'une économie de prix, de poids et d'encombrement.

REDRESSEURS AU SILICIUM

A la suite de la mise au point des éléments semi-conducteurs, également dans le secteur des alimentations, les redresseurs au Silicium (figure 8 et 8 bis) ont remplacé de nombreux types de redresseurs conventionnels, dans les nouveaux appareillages comme dans ceux préexistants à leur découverte. Ils présentent, en effet, de nombreux avantages sur les redresseurs conventionnels, même si leur emploi est soumis à des conditions différentes de celles relatives à l'emploi de tout autre type de redresseur; nous reparlerons plus en détail des redresseurs au silicium, dans les leçons à venir.

DOUBLEURS DE TENSION

Les doubleurs de tension sont des dispositifs d'alimentation pouvant fournir une tension redressée égale au double, environ, de la tension alternative qui leur est appliquée. Ceci est rendu possible par l'emploi de deux condensateurs de forte capacité, se chargeant chacun pendant une alternance de la tension; ils sont montés, dans le circuit, de telle manière que les tensions présentes à leurs bornes s'ajoutent.

La figure 9 donne le schéma d'un redresseur doubleur de tension. Quand le point A du secondaire du transformateur est positif par rapport au point B, la plaque de V1 est positive par rapport à sa cathode. Les électrons se déplacent dans le sens des flèches en traits pleins c'est-à-dire de la cathode à la plaque de V1, à travers le transformateur et ensuite, dans la résistance de charge R1. L'électrode supérieure du condensateur C1 est donc rendue positive par rapport à son autre électrode et la différence de potentiel aux bornes de C1 est égale à la tension de crête du courant alternatif d'alimentation.

Lors de l'alternance suivante, par contre, V1 n'est plus conductrice et C1 se décharge dans la résistance

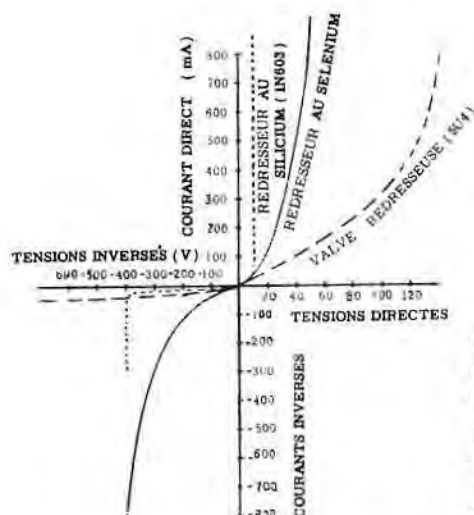


Fig. 8 - Caractéristiques typiques d'un redresseur au Silicium comparé à celles d'une cellule au sélénium, type traditionnel.

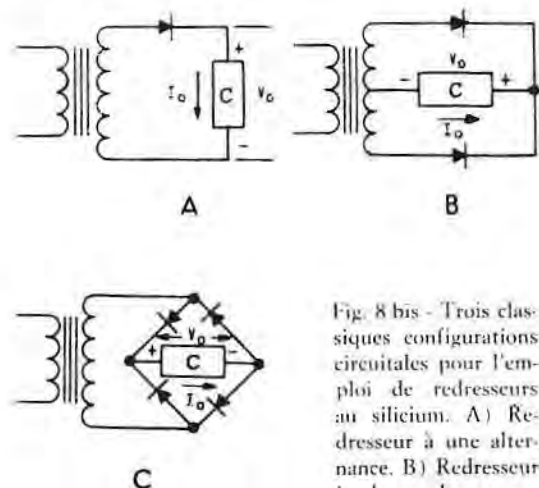


Fig. 8 bis - Trois classiques configurations circuitales pour l'emploi de redresseurs au silicium. A) Redresseur à une alternance. B) Redresseur à deux alternances. C) Redresseur selon le montage dit à pont.

R1. En même temps que C1 se décharge, C2 se charge sous l'effet du courant qui passe dans V2. Le sens du courant d'électrons, pendant cette alternance, est indiqué par les flèches en pointillés. C2 se charge, alors, sous une tension égale à celle de C1. La tension redressée est prélevée entre le point 0 et la masse; elle est donc égale à la somme des tensions présentes aux bornes des deux condensateurs, c'est-à-dire à peu près au double de la tension alternative, délivrée aux points A et B, par le secondaire du transformateur.

Les résistances R1 et R2 sont de valeur ohmique suffisamment élevée pour que la charge des condensateurs persiste même en l'absence de la tension fournie par le transformateur. Ces résistances sont placées dans le circuit par mesure de précaution, pour éviter le claquage des condensateurs, comme nous l'avons déjà expliqué en son temps (voir page 246). En effet, lorsque deux condensateurs chimiques sont montés en série, ce qui est le cas ici, on doit mettre en parallèle, sur chacun d'eux, des résistances dont le rôle est d'égaliser les tensions à leurs bornes, de telle sorte que la tension de travail de chaque condensateur soit la même.

Le courant est fourni à la charge par C1 et C2 qui sont en série. L'intensité du courant redressé par le doubleur de tension se trouve donc être assez limitée; en effet, si la charge absorbe une trop forte intensité, les condensateurs ne peuvent rester chargés pendant le temps nécessaire et il en résulte une instabilité de la tension redressée.

Si les condensateurs C1 et C2 sont de forte capacité, on doit protéger les valves redresseuses contre un courant de crête excessif en plaçant des résistances limitantes de faible valeur ohmique dans les conducteurs de cathode de V1 et de plaque de V2.

CIRCUITS DE FILTRAGE

La tension recueillie à la sortie d'un montage redresseur, quel qu'en soit le type, est un courant continu ondulé. Il est formé d'impulsions de tensions ayant toutes la même polarité. La tension de sortie oscille autour d'une valeur moyenne quand ces impulsions d'énergie sont appliquées à la charge. C'est pourquoi, dans la

grande majorité des cas, il est nécessaire de « niveller » la tension redressée pour lui donner des caractéristiques identiques à celle d'un courant continu, avant de l'appliquer au circuit d'utilisation. A cet effet, on emploie des circuits de filtrage constitués par des combinaisons de condensateurs, d'inductances et de résistances. Dans la figure 10, les parties hachurées (A et B) représentent les variations d'amplitude de la tension de sortie d'un redresseur des deux alternances. L'ondulation est la partie de la courbe située au-dessus et au-dessous de la valeur moyenne de la tension. La fréquence des ondulations provenant du redressement des deux alternances est double de la fréquence du courant d'alimentation (généralement le réseau électrique à 50 Hz), tandis qu'elle est égale dans le cas du redressement d'une seule alternance. C'est ainsi que, pour un secteur électrique à 50 Hz, la fréquence de l'ondulation sera de 100 Hz ou 50 Hz selon le montage employé.

Filtre à condensateur

Les ondulations du courant redressé sont dues au fait que ce courant est fourni à la charge sous forme d'impulsion; elle peuvent être atténuées si une partie de l'énergie est emmagasinée dans un condensateur et est utilisée pendant le temps où le courant redressé est nul, c'est-à-dire entre deux impulsions successives. La figure 11 montre le schéma d'un filtre capacitif: la tension de sortie d'un redresseur est appliqué simultanément au condensateur C et à la charge R. Le condensateur C se charge à la tension de pointe du redresseur, dès les premiers cycles du fonctionnement; cette charge représente une certaine quantité d'énergie emmagasinée. Quand la tension de sortie du redresseur diminue, la tension présente aux bornes du condensateur ne peut suivre immédiatement, en raison du fait que le redresseur ne permet pas le passage du courant dans le sens inverse. En conséquence, l'énergie emmagasinée dans le condensateur tend à passer dans la charge en un temps qui est proportionnel à la capacité de C et à la résistance de R. En d'autres termes, la tension aux bornes du condensateur diminue lentement si le courant passant dans la charge est faible

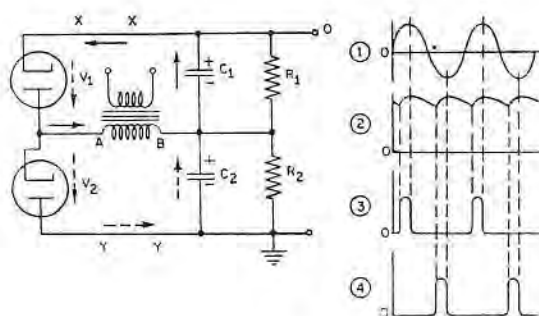


Fig. 9 - Montage doubleur de tension: tension d'entrée (1); tension de sortie (2); courant dans V_1 (3); courant dans V_2 (4).

Fig. 11 - Filtre à condensateur. « C » emmagasine de l'énergie qu'il restitue entre les impulsions.

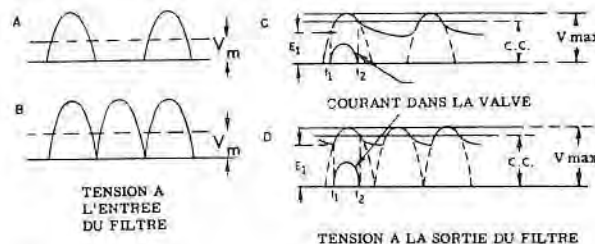
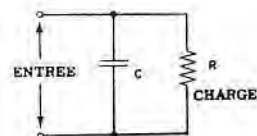


Fig. 12 - Tension de crête et tension moyenne à l'entrée du filtre (A = une alternance, C = deux alternances) et à la sortie (B et D).

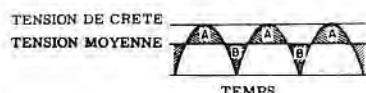


Fig. 10 - Variations d'amplitude (A et B) de la tension redressée.

et si la capacité est élevée.

La tension présente aux bornes du condensateur C ne descend pas à zéro car, comme nous l'avons vu, la capacité se charge pendant la phase active, en absorbant une partie de l'énergie issue du redresseur, et se décharge pendant la phase passive. Toutefois, si le courant absorbé par le circuit d'utilisation est de faible valeur, la tension moyenne diminue; c'est la raison pour laquelle le filtre à simple condensateur ne peut être employé lorsqu'on doit avoir un courant redressé de forte intensité. La figure 12 montre, en A et B, la forme des tensions de pointe et des tensions moyennes disponibles à la sortie des redresseurs à une et deux alternances. Les tensions moyennes obtenues à la sortie d'un filtre à condensateur sont représentées en C et D.

Filtre à résistance et capacité

Pour certaines applications, on utilise souvent un circuit de filtrage composé de résistances et de capacités, comme celui illustré par la figure 13.

Un tel circuit offre une faible impédance (de l'ordre de 500 ohms) à la fréquence des ondulations tandis que la résistance a une impédance élevée (50 kilohms, environ). La plus grande partie de la composante alternative sera déviée vers la masse, à travers le condensateur C , et seulement 1% de cette composante subsistera aux bornes du condensateur. La tension continue, au contraire, passera à travers ce filtre, puisque le condensateur C présente une impédance infinie (ou presque) pour le continu, tandis que R est toujours égale à 50 000 ohms. Toutefois, l'intensité du courant devra être très faible pour éviter qu'une chute de tension importante ne se produise dans la résistance. Pour cette raison, les circuits de filtrage RC (à résistance et capacité) ne sont employés que pour alimenter des circuits n'absorbant qu'une faible intensité de courant. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Filtre à inductance

Une inductance branchée en série à la sortie d'un redresseur contribue à éviter les rapides variations de

courant. L'action de « nivellement » qui en résulte est due à l'inductance dont la réactance s'oppose aux variations d'intensité.

Les courbes en traits discontinus de la figure 14 représentent la forme du courant dans la charge quand celle-ci est alimentée, respectivement, par un redresseur à une ou deux alternances, sans aucun filtrage. Quand on ajoute une inductance de valeur convenable en série avec la charge, le courant prend la forme indiquée par les courbes en traits continus. Cette modification de la forme d'onde se produit en raison du fait que l'inductance s'oppose aux variations rapides du courant. Si l'inductance est d'une valeur suffisamment grande, le courant devient presque constant.

L'inductance s'oppose à ce que le courant dans la charge atteigne la valeur qu'il aurait en son absence; il en résulte que la tension de sortie ne peut jamais atteindre la valeur de crête de la tension d'entrée et, un redresseur suivi d'un filtre à inductance ne peut délivrer une tension filtrée aussi élevée que celle disponible avec un filtre capacitif. Malgré cela, le filtre inductif permet de disposer d'une intensité notable, dans la charge, sans chute considérable de la tension de sortie.

Filtre à inductance et capacité

Les filtres composés seulement de condensateurs ou d'une inductance sont généralement insuffisants pour filtrer convenablement les tensions redressées destinées à alimenter les circuits électroniques. Il est possible d'obtenir de bien meilleurs résultats en combinant ces deux éléments comme le montre la figure 15, représentant un filtre à inductance-capacité. Ce type particulier de circuit de filtrage est dit à « condensateur d'entrée » car, cela est évident, la tension redressée est tout d'abord appliquée aux bornes d'un condensateur.

La tension fournie par un redresseur peut être considérée comme étant un courant continu auquel se superpose une composante alternative. Le rôle du filtre, nous le savons, consiste à éliminer cette composante alternative. Pour comprendre le fonctionnement du cir-

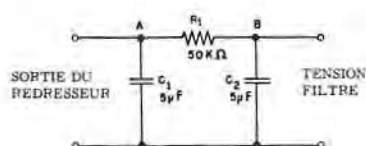


Fig. 13 - Filtre à résistance et capacités. L'ondulation trouve une impédance plus faible à travers C que dans R, elle est réduite à 1% de sa valeur initiale. Le courant continu passe dans R, mais une forte chute de tension se produit pour des intensités élevées.

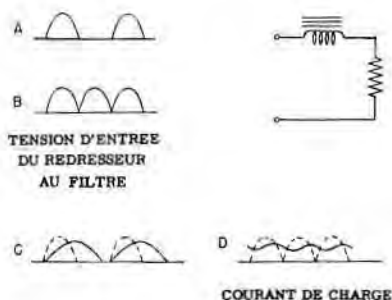


Fig. 14 - En A, forme du courant redressé sans filtrage (redressement d'une alternance); en B la même dans le cas du redressement des deux alternances. C et D montre l'effet produit par la mise en série d'une inductance de valeur convenable (courbes en traits pleins).

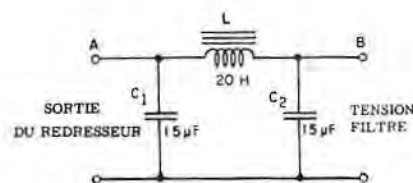


Fig. 15 - On obtient un filtrage plus efficace en utilisant un filtre à inductance-capacités. Le montage représenté ici est dit « à entrée capacitive », parce que son premier élément est un condensateur.

cuit de la figure 15, voyons, avant tout, les impédances des divers composants.

C1 a une impédance infinie pour le courant continu, tandis qu'il présente une impédance très faible à la composante alternative: la plus grande partie de celle-ci est donc déviée vers la masse par C1. L'inductance L1 présente une forte impédance à la composante alternative résiduelle; la très faible tension alternative pouvant encore subsister à la sortie de l'inductance est dérivée à la masse par C2. On obtient ainsi une tension de sortie pratiquement continue avec un taux d'ondulation très faible.

Le filtre à « inductance d'entrée », dont le schéma est donné figure 16, diffère du précédent puisque la tension est appliquée d'abord à l'inductance. Celle-ci s'oppose à ce que C3 se charge à la valeur de crête de la tension redressée; c'est pourquoi ce circuit donne une tension filtrée moins élevée que celle du filtre à entrée sur condensateur. Par contre, la tension de sortie de ce filtre est moins influencée par les variations de charge, elle est plus stable.

Les valeurs des composants d'une cellule de filtrage dépendent de la fréquence de la tension redressée car, nous savons que la réactance capacitive diminue quand la fréquence augmente, tandis que la réactance inductive augmente. C'est ainsi que si la fréquence de la tension alternative du réseau de distribution électrique était supérieure à 50 Hz, l'inductance et les condensateurs du circuit de filtrage pourraient être de plus faibles valeurs. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

DIVISEUR DE TENSION

On trouve presque toujours à la sortie d'une alimentation une résistance dont le rôle consiste à décharger les condensateurs du filtre dès que la tension est coupée. C'est là une précaution fort utile permettant d'éviter des accidents, ou, tout au moins, des secousses désagréables. Cette résistance est généralement choisie d'une valeur suffisamment élevée pour qu'elle n'absorbe qu'une faible intensité de courant.

Dans le cas où cette résistance forme une charge

fixe pour la cellule de filtrage, dans le but d'améliorer la stabilité de la tension, elle prend le nom de « résistance de charge ». Dans ce cas, sa valeur doit être calculée pour qu'une intensité égale au 1/10ème de l'intensité totale du courant pouvant être fourni par l'alimentation passe dans cette résistance dont la puissance en watts devra être suffisante pour que la dissipation de cette énergie ne produise pas une chaleur excessive. Aussi bien la résistance de fermeture du circuit que la résistance de charge peuvent être pourvues de prises intermédiaires pour fournir des tensions inférieures à la tension maximum disponible. Une résistance comportant ces prises, ou l'ensemble de résistances équivalent est appelée « diviseur de tension ».

Le schéma de la figure 17 montre un ensemble de trois résistances d'égales valeurs reliées en série, formant un diviseur de tension. Si l'on ne prélève aucun courant aux intermédiaires, la tension totale se divise en trois parts égales selon la section A de la figure 16, où nous voyons que chaque résistance a une d.d.p. de 100 volts à ses bornes. Par contre, si nous prélevons un courant aux prises intermédiaires, les tensions ne seront plus égales et seront fonction des intensités des courants délivrés par ces prises. Pour obtenir des tensions intermédiaires suffisamment stables, la somme des intensités des courants prélevés aux différentes prises ne doit représenter qu'une fraction relativement faible de l'intensité totale passant dans le diviseur de tension.

Dans la majorité des montages électroniques, il est d'usage courant de relier à la terre un pôle de l'alimentation. La terre est tellement vaste que son potentiel peut être considéré comme à peu près constant; ce potentiel est donc pris comme potentiel de référence pour la mesure des tensions. Si aucun point de l'alimentation n'est relié à la masse, il est possible d'effectuer un tel branchement en un point quelconque sans perturber le fonctionnement de l'ensemble. On remarquera que dans la figure 17-A, c'est le point D qui est à la masse, ou à la terre. Dans la section B de la même figure, c'est, par contre le point C qui est à la masse, par conséquent les prises au-dessus de ce point sont à

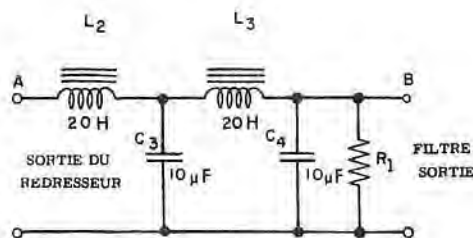


Fig. 16 - Filtre à inductances et capacités dit à « entrée inductive ». La tension filtrée est plus faible que celle fournie par le filtre de la figure 14; par contre, les variations dues à la charge sont moins importantes.

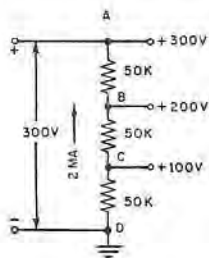


Fig. 17A - Si les résistances composant un diviseur de tension sont toutes de valeurs égales, la tension totale est divisée en parts égales (en l'absence de débit).

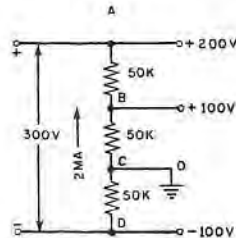


Fig. 17B - Si le point C est mis à la masse, le point D devient négatif par rapport à celle de D et les points A et B restent positifs.

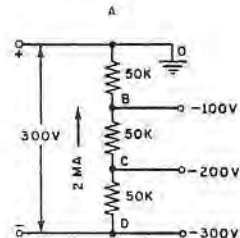


Fig. 17C - Enfin, en mettant à la masse le point A (pôle positif), toutes les tensions du diviseur sont négatives par rapport à la masse.

un potentiel positif, tandis que le point D est à un potentiel négatif (-100 volts). Dans la section C, enfin,

le point A est à la masse et, par suite, toutes les prises du diviseur de tension sont à un potentiel négatif.

CONSTRUCTION DES IMPEDANCES DE FILTRES

Notre exposé concernant le filtrage des tensions redressées a mis en évidence le rôle important joué par les inductances à noyau magnétique, appelées impédances. Elles sont couramment employées dans tout le domaine des fréquences basses (jusqu'à 20 000 Hz et plus), et leur circuit magnétique varie de forme et de composition suivant la fréquence d'utilisation. Dans la présente étude, nous nous occuperons uniquement des types utilisés dans les alimentations et qui, en conséquence, sont prévus pour fonctionner à la fréquence du réseau de distribution électrique.

La technique de la construction des impédances (ou bobines de filtre) est pratiquement la même que celle des transformateurs, c'est pourquoi — comme nous l'avons déjà fait pour les transformateurs — nous distinguerons celles destinées au filtrage des tensions redressées, de celles devant être utilisées en Basse Fréquence (fréquences acoustiques).

Les caractéristiques du circuit dans lequel l'impédance doit être utilisée nous fixent les données principales, à savoir: l'intensité du courant devant passer dans le bobinage, la résistance ohmique maximum permise, la valeur de l'inductance, etc... Connaissant ces caractéristiques, nous pouvons résumer ci-dessous, les différents facteurs devant être pris en considération dans notre projet de construction:

- 1) Valeur de la self-induction nécessaire
- 2) Intensité du courant passant dans l'enroulement
- 3) Dimensions des tôles
- 4) Section du circuit magnétique
- 5) Section du fil de cuivre
- 6) Nombre des tours de l'enroulement.

Mis gratuitement en ligne par Alain et André.
Exemple de calcul

Supposons que nous devions réaliser une inductance ayant les caractéristiques suivantes:

Inductance = 35 henrys

Intensité du courant continu = 0,06 ampère.

Le lecteur se rappellera comment ont été mises en évidence les difficultés relatives au choix du type de tôles et de leurs dimensions, dans le cas de la construction des transformateurs. Ces difficultés se rencontrent également au cours de l'étude des inductances et c'est pourquoi, pour faciliter sa tâche, nous avons groupé en un tableau (Tableau 56) les caractéristiques des circuits magnétiques à employer pour la construction d'impédances de valeurs diverses. Ces indications se révéleront fort utiles, même dans le cas où l'inductance désirée ne coïncide pas exactement avec un des modèles de la liste. Cette table donne, outre les dimensions des tôles, la section effective du circuit magnétique (section brute), formé d'un assemblage de tôles bien serrées, et tient compte de la différence, déjà vue, entre la section nette et la section brute.

On remarquera que les circuits magnétiques utilisés pour la construction des impédances sont **toujours** réalisés avec des tôles du type N. 1, c'est-à-dire comportant une partie en « E » et une en « I », pour les raisons que nous verrons bientôt.

La leçon ne serait pas complète si nous n'indiquions pas comment calculer, dans tous les cas, la section du circuit magnétique nécessaire (sans utiliser le tableau 56). Ce calcul est relativement facile: il suffit de multiplier la valeur de self-induction par l'intensité du courant passant dans l'impédance (dans notre cas: $35 \times 0,06 = 2,1$) et de reporter ce produit (2,1 dans notre cas) sur l'axe horizontal de l'abaque 57. A partir de ce point, nous tracerons une verticale qui coupera la ligne oblique et l'horizontale passant par ce point d'intersection nous donnera, sur l'échelle de gauche, la valeur cherchée, c'est-à-dire la section nette du circuit magnétique en cm^2 (dans notre exemple:

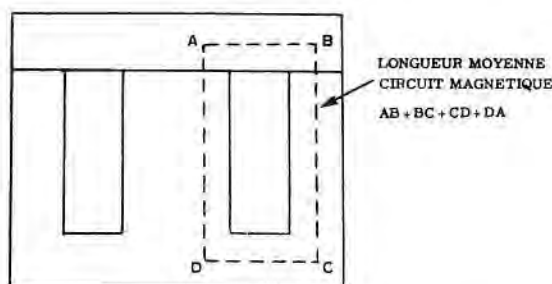


Fig. 18 - La longueur moyenne du circuit magnétique est représentée par la ligne en traits discontinus. On peut la calculer en additionnant la hauteur de la fenêtre, le petit côté de la tôle en « I » et la largeur de la jambe centrale, puis en multipliant cette somme par deux.

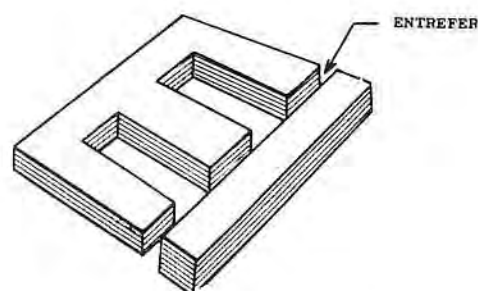


Fig. 19 - Dans les impédances, le circuit magnétique doit être formé sans alterner les tôles en « E » et celles en « I », contrairement à ce que l'on fait pour les transformateurs. Le circuit magnétique est donc constitué de deux parties distinctes séparées par un entrefer.

10,4 cm²). Pour obtenir la section brute, celle réellement formée par l'assemblage des tôles, il nous suffira de majorer de 10% cette valeur. L'abaque est prévu pour l'utilisation de tôles de 0,35 mm d'épaisseur.

Poursuivons notre exemple: la section brute sera donc égale à $10,4 + 1,04 = 11,44$ cm², valeur correspondant à celle du tableau 56, que l'on peut calculer en multipliant la largeur de la jambe centrale des tôles préconisées (63 × 76), qui est égale à 25 mm, par l'épaisseur indiquée (45 mm), ce qui donne 11,25 mm² (en bonne approximation avec la valeur trouvée au moyen de l'abaque). Précisons que la largeur de la jambe centrale des tôles est donnée dans le tableau 53, publié dans la 39ème Leçon.

Il convient, maintenant, de déterminer la longueur du circuit magnétique (figure 18) que nous désignerons en cm = 15,4 cm. En multipliant cette dernière valeur par la section nette, on obtient le volume du fer ($15,4 \times 10,4 = 160$ cm³, en arrondissant).

Nous sommes ainsi en possession des éléments nous permettant de calculer le nombre d'ampères/tour, ($LI^2 : V$) soit $(35 \times 0,06)^2 : 160 = 0,00078$. Reportons ce nombre sur la colonne de gauche de l'abaque 58 et, à partir de ce point, traçons une ligne horizontale qui vient couper la ligne oblique du graphique; de ce point d'intersection traçons une perpendiculaire qui nous donnera, sur l'échelle horizontale, dans le bas du graphique, le nombre d'ampères/tour par cm, soit 13,5. Le nombre totale d'ampères/tour s'obtiendra en multipliant le nombre d'ampères/tour par centimètre, par la longueur du circuit magnétique, soit $13,5 \times 15,4 = 207,9$. Nous trouverons le nombre de tours nécessaires à notre réalisation en divisant le nombre total d'ampères/tour par l'intensité du courant, soit $207,9 : 0,06 = 3465$ tours. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

Pour éviter la saturation du circuit magnétique des impédances dans lesquelles passe un courant continu (cas général des bobines de filtrage), il faut prévoir une légère interruption du circuit. C'est ainsi que les tôles ne devront pas être enfilées alternativement dans un sens puis dans l'autre, comme nous l'avons vu dans le cas des transformateurs. Au contraire, on les dispo-

sera en paquet comme indiqué sur la figure 19, de telle sorte qu'il sera possible de séparer légèrement l'ensemble des tôles en « E » de celui des tôles en « I ». Comme nous le savons déjà, cet espace est appelé « entrefer » et nous devons en calculer l'épaisseur.

Revenons à l'abaque 58; le point d'intersection, sur la ligne oblique, que nous avons obtenu lors de notre recherche du nombre d'ampères/tour, est situé entre les nombres 0,0017 et 0,0018 portés sur cette ligne. En multipliant ce nombre (0,00175) par la longueur du circuit magnétique, nous obtiendrons l'épaisseur de l'entrefer: soit $0,00175 \times 15,4 = 0,027$ cm environ. Nous pourrions intercaler entre les deux parties du circuit magnétique une feuille de papier de cette épaisseur.

Calculons, maintenant, en nous servant du tableau 54 (page 311), la section du fil nécessaire à l'enroulement. Si l'impédance doit fonctionner continuellement pendant plusieurs heures, on se basera sur une densité de courant de 2 ampères par mm²; dans le cas d'un fonctionnement moins long, on pourra adopter 2,5 ampères par mm², le critère étant le même que celui indiqué pour les transformateurs. Dans le premier cas, nous chercherons sur la colonne 2 A, l'intensité de courant la plus voisine de celle prise pour exemple (0,06 A) et nous trouverons 0,063 qui correspond — sur la première colonne, à gauche — à un fil de cuivre de 0,20 mm de diamètre. Dans le second cas, on trouvera 0,066, correspondant à un fil de 0,18 mm.

Toutes les données nécessaires sont actuellement en notre possession et notre impédance devra comporter 3465 tours de fil de cuivre de 0,20 (ou 0,18) mm de diamètre, sur un circuit magnétique de 63 × 76 mm, avec un entrefer de 0,027 cm.

Le tableau 54 permet de contrôler, à l'avance, si l'enroulement prévu pourra être logé dans la fenêtre des tôles. Ce tableau nous indique que dans 1 cm² sont contenus 1400 tours de fil de 0,20 mm de diamètre. Nos 3465 tours occuperont donc un espace égal à $3465 : 1400 = 2,4$ cm². Les tôles prévues ayant une fenêtre de $3,8 \times 1,3 = 4,94$ cm², celle-ci sera largement suffisante pour contenir nos 2,4 cm² de fil, toutes les épaisseurs de papier isolant entre couches, la carcasse etc.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

Atr	=	Ampères/tour
E_a	=	Tension anodique
E_p	=	Tension plaque
I_a	=	Courant anodique
I_p	=	Courant plaque
l cm	=	Longueur du circuit magnétique
K	=	Cathode
P	=	Plaque (anode)
R_a	=	Résistance anodique
R_p	=	Résistance de plaque
S	=	Saturation
V	=	Volume
V_p	=	Volts (tension) sur la plaque

FORMULES

$$R_p = E_p : I_p$$

Dans une impédance de filtre :

$$Atr = L I^2 : V$$

$$\text{Nombre de tours} = \text{Facteur Atr} : I$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES

	=	Filament d'une lampe
	=	Cathode d'une lampe
	=	Cathode à chauffage indirect
		Mis gratuitement en ligne par Alain et André.
	=	Plaque d'une lampe
	=	Diode simple à chauffage direct
	=	Diode simple à chauffage indirect
	=	Double diode à chauffage direct
	=	Double diode à chauffage indirect

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 43 et 44

N. 1 — Qu'entend-on par « émission thermoïonique » ?

N. 2 — Quel est le phénomène physique qui produit cette émission ?

N. 3 — Quel est le rôle du filament dans une lampe à chauffage direct ? Quel est, par contre, son rôle dans une lampe à chauffage indirect ?

N. 4 — Pour quelle raison ne peut-on appliquer une différence de potentiel élevée entre filament et cathode ?

N. 5 — Qu'entend-on par « charge spatiale » ?

N. 6 — Parmi les lampes thermoïoniques, combien de types de « diodes » existe-t-il ?

N. 7 — Pour quelle raison peut-on employer une diode pour redresser un courant alternatif ?

N. 8 — Quelle est la différence essentielle entre un courant redressé fourni par le redressement d'une seule alternance et celui obtenu par le redressement des deux alternances ?

N. 9 — Que se produit-il si le filament d'une lampe est chauffé sous une tension inférieure à celle nécessaire à son fonctionnement normal ? Qu'arrive-t-il, par contre, si cette tension est plus élevée ?

N. 10 — Pour quelle raison, dans un redresseur en pont, préfère-t-on employer des redresseurs métalliques ?

N. 11 — Dans le cas du redressement des deux alternances en opposition de phase, quel rapport existe-t-il entre la tension alternative et la tension redressée ?

N. 12 — Pour quelle raison le redressement des deux alternances est-il préférable à celui d'une seule ?

N. 13 — Comment peut-on rendre « continu » une tension ou un courant redressé ?

N. 14 — Comment un condensateur de filtre se comporte-t-il vis-à-vis de la tension de sortie d'une alimentation ?

N. 15 — Pour quelle raison met-on parfois en parallèle sur les condensateurs du filtre des résistances de valeurs élevées ?

N. 16 — Quel est le rôle d'une impédance de filtre ?

N. 17 — Qu'arrive-t-il si la charge d'une alimentation vient à manquer en cours de fonctionnement ?

N. 18 — Comment peut-on obtenir, à partir d'une alimentation, des tensions continues de différentes valeurs ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 331

- N. 1 — Toutes les fréquences, comprises entre le minimum et le maximum, qui peuvent être reçues avec un récepteur ayant une bobine d'une inductance donnée et un condensateur variable de capacité déterminée.
- N. 2 — Que l'antenne soit — autant que possible — accordée sur la fréquence que l'on désire recevoir. En pratique, toutefois, étant donné les difficultés notables dues à la diversité des fréquences des émetteurs à recevoir, on préfère augmenter le nombre des étages amplificateurs Haute Fréquence.
- N. 3 — C'est la longueur nécessaire pour obtenir l'accord. Elle peut être effective (en mètres) ou purement « électrique », c'est-à-dire obtenue artificiellement par la mise en série d'une self ou d'une capacité pour augmenter la longueur effective de l'antenne.
- N. 4 — C'est le transformateur accordé d'entrée, lequel est généralement un transformateur « élévateur » de tension.
- N. 5 — Quand il comporte plusieurs circuits oscillants dont l'accord est obtenu par un condensateur variable à plusieurs sections (une par étage amplificateur).
- N. 6 — Une augmentation de la sensibilité, spécialement en ce qui concerne les signaux faibles.
- N. 7 — C'est un circuit accordé servant à éliminer (à rejeter) les signaux indésirables. Il est constitué par une inductance et une capacité. Il peut être monté en série ou en parallèle.
- N. 8 — C'est une inductance de grande dimension; elle constitue la première bobine d'accord à l'entrée du récepteur et possède un effet directif marqué.
- N. 9 — Le condensateur d'accord est complètement ouvert, c'est-à-dire avec son rotor entièrement sorti du stator, de telle sorte que la capacité soit minimum.
- N. 10 — Il y en a trois: à variation linéaire de capacité, à variation linéaire de longueur d'onde et à variation linéaire de fréquence.
- N. 11 — A ajuster la variation de la capacité de chaque section du condensateur de telle sorte qu'elles soient identiques pour toutes les sections. Permet de réaliser une commande unique correcte.
- N. 12 — C'est le passage d'une gamme de fréquence à une autre. Elle se fait en changeant la ou les bobines accordées, soit manuellement, soit au moyen d'un contacteur. Elle peut également se faire en mettant en série ou en parallèle sur le condensateur variable une capacité supplémentaire de valeur déterminée.
- N. 13 — C'est l'ensemble formé par les diverses bobines et le contacteur.
- N. 14 — Sur la présence d'un courant « lacunaire » forme par le déplacement des « lacunes » produites par le mouvement des électrons sous l'effet du courant électrique de sens opposé.
- N. 15 — Il y en a trois: l'émetteur, la base, le collecteur.
- N. 16 — Quand le second étage amplifie les signaux déjà amplifiés par l'étage précédent.
- N. 17 — Il sert à adapter l'impédance du haut-parleur à celle du transistor, pour obtenir le meilleur rendement acoustique. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.
- N. 18 — Sur la fréquence du signal que l'on veut éliminer.

Le tableau 56 se révélera très utile à l'occasion du calcul d'une impédance de filtre avant des caractéristiques courantes, comme celles énoncées dans cette liste. Il concerne plus particulièrement les impédances (ou bobines de filtre) les plus utilisées dans les circuits d'alimentation des appareils du commerce.

En outre, alors même que l'on devra calculer une impédance de valeur différente de celles portées dans ce tableau, les indications qu'il donne pourront servir de base de référence, car il couvre un domaine très étendu, allant de 4,5 à 35 henrys et de 20 à 250 mA.

Le tableau 57 est un abaque, extrêmement utile pour calculer la section nette du circuit magnétique d'une impédance de filtre, lorsqu'on a la valeur de l'inductance et l'intensité du courant.

Le produit de ces deux valeurs est porté sur l'échelle horizontale (inductance et intensité) et de ce point on trace une perpendiculaire qui vient couper la ligne oblique du graphique. De ce point d'intersection on trace une ligne horizontale vers la gauche et l'on peut, ainsi, lire sur l'échelle verticale la section nette (en cm^2) nécessaire. Pour calculer la section brute il suffira d'augmenter de 10% la valeur trouvée, si l'on utilise des tôles de 0,35 mm d'épaisseur et de 15% pour des tôles de 0,50 mm d'épaisseur. Précisons que pour la construction de bobines de filtre, il est recommandé d'employer des tôles de 0,35 mm d'épaisseur.

L'exemple donné sur l'abaque se rapporte au calcul de l'impédance de filtre de la leçon précédente (44ème).

Le tableau 58 est également un abaque servant au calcul d'une impédance de filtre et il complète celui du tableau 57. Il permet de calculer le nombre d'ampères/tour lorsqu'on connaît l'inductance, l'intensité du courant et le volume du circuit magnétique. Il donne, en outre, l'épaisseur de l'entrefer nécessaire pour interrompre le circuit magnétique afin d'éviter sa saturation.

Le volume du circuit magnétique est obtenu en multipliant sa section par sa longueur, de la façon indiquée dans la 44ème leçon (figure 18). La longueur du circuit magnétique est, pratiquement, égale au pé-

**TABEAU 56 - DIMENSIONS des TOLES
POUR IMPEDANCES USUELLES**

CARACTERISTIQUES de L'IMPEDANCE	DIMENSIONS des TOLES en mm A × B	EPAISSEUR du PAQUET de TOLES
4,5 henrys — 80 mA cc	47 × 57	23 mm
5,0 henrys — 110 mA cc	55 × 66	25 mm
5,0 henrys — 200 mA cc	70 × 100	28 mm
7,0 henrys — 250 mA cc	79 × 94	31 mm
10,0 henrys — 110 mA cc	63 × 76	32 mm
18,0 henrys — 100 mA cc	63 × 76	42 mm
20,0 henrys — 200 mA cc	120 × 100	41 mm
30,0 henrys — 20 mA cc	47 × 57	30 mm
35,0 henrys — 60 mA cc	63 × 76	45 mm

TABLEAU 57 - ABAQUE POUR LE CALCUL DE LA SECTION NETTE D'UN CIRCUIT MAGNETIQUE

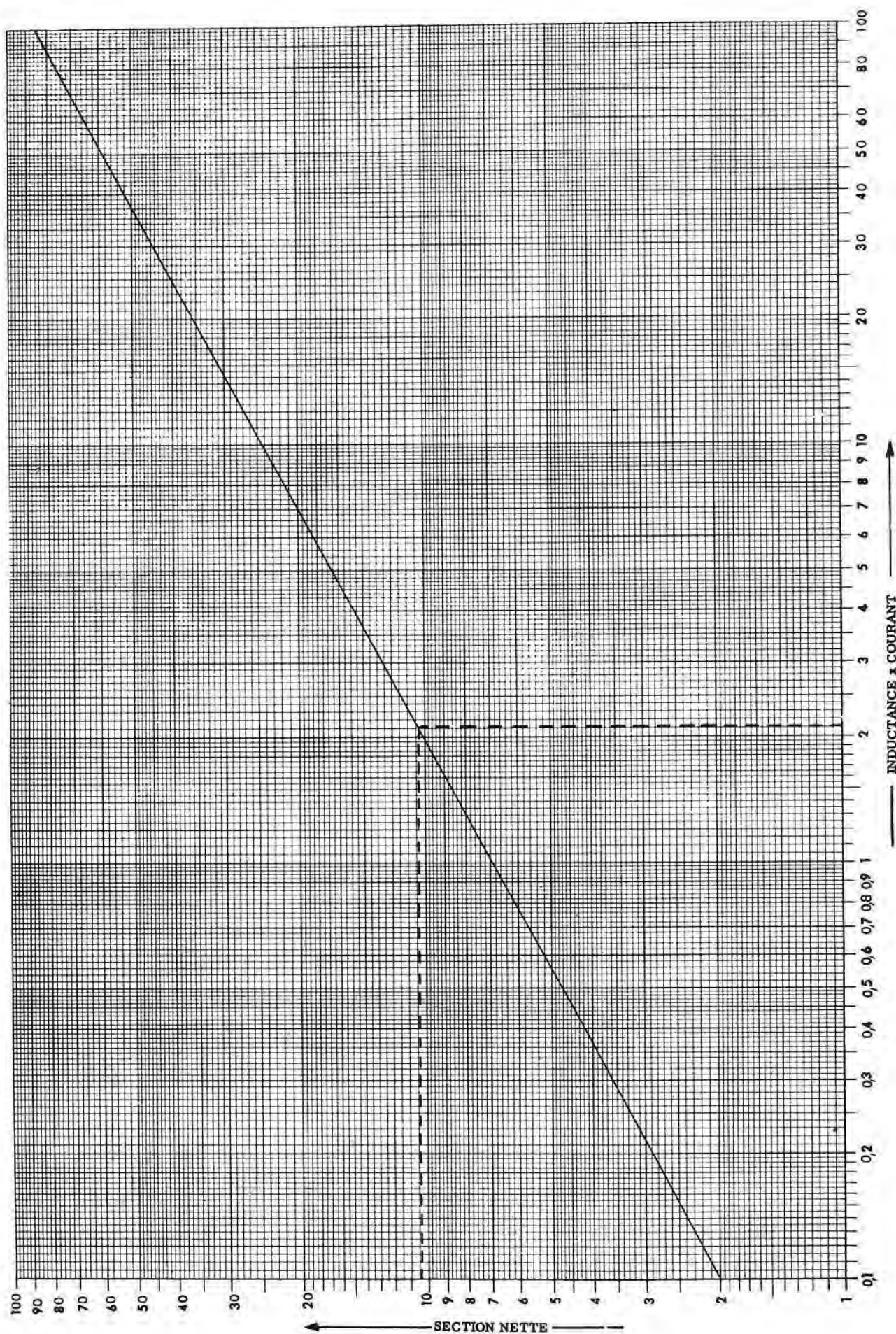
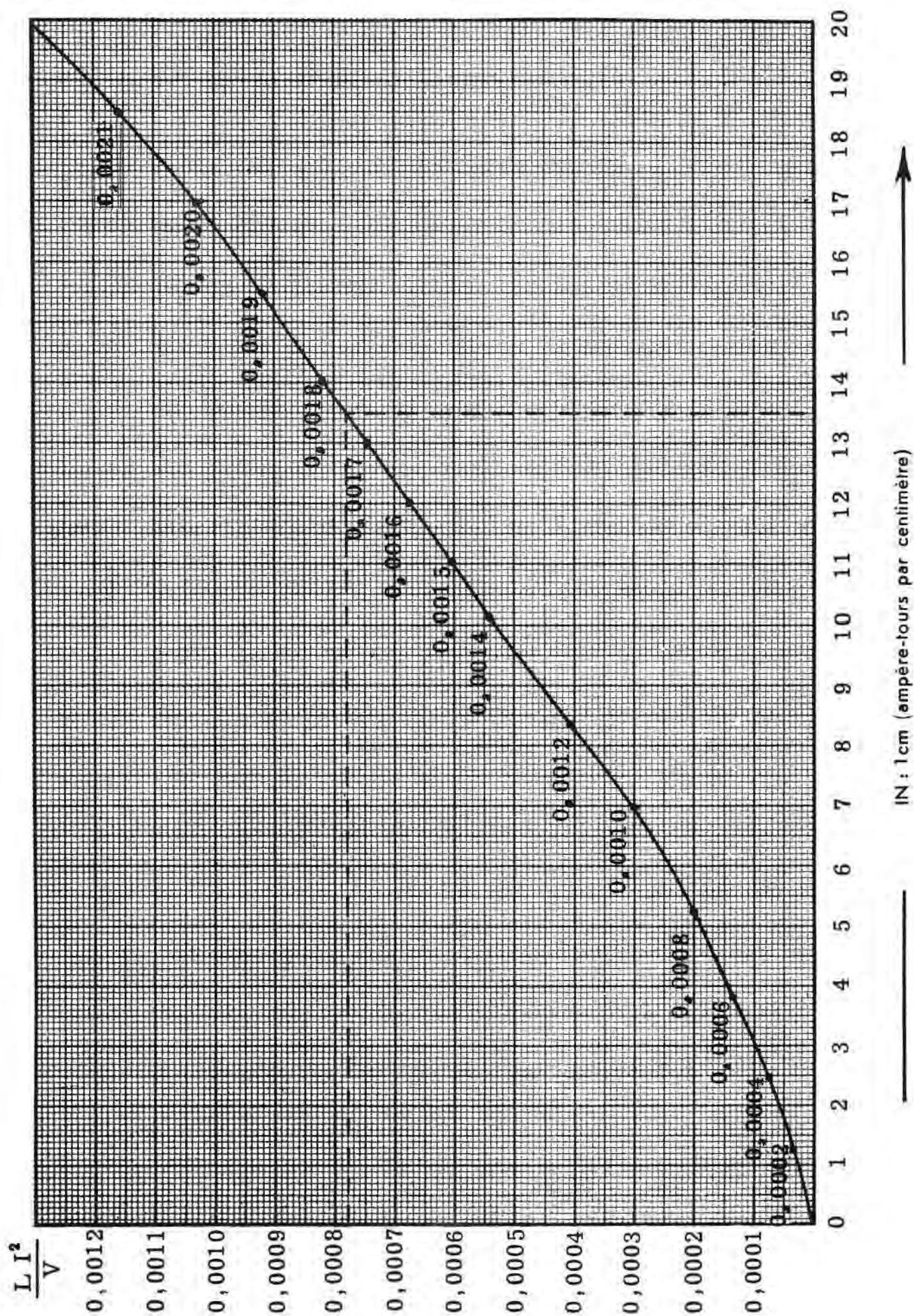


TABLEAU 58 - ABAQUE POUR LE CALCUL DU NOMBRE D'AMPERE-TOURS ET DE L'ENTREFER



rimètre d'un rectangle dont les angles correspondent aux points d'intersections des axes des branches des tôles (figure 18). A ce sujet, il faut remarquer que la jambe centrale a une largeur double de celle des autres, c'est pourquoi l'axe central de référence sera tracé au quart de sa largeur totale. L'exemple donné se rapporte également au calcul de la leçon précédente. L'épaisseur de l'entrefer se calcule en multipliant le nombre lu sur la courbe par la longueur moyenne du circuit magnétique

Le tableau 59 donne les valeurs numériques des puissances de 10 (négatives ou positives) les plus souvent utilisées. Il peut être utile dans de nombreux cas, pour transformer, par exemple, en milliampères une intensité exprimée en ampères, ainsi que pour les calculs faisant l'objet de notre exposé sur les logarithmes. Tout Radiotechnicien doit être capable de convertir, immédiatement, ces puissances de 10 en leurs valeurs numériques.

Le tableau 60 donne la liste et les valeurs numériques des facteurs mathématiques les plus courants. Lors de la résolution des équations comportant une constante mathématique il suffira de se reporter à ce tableau pour trouver rapidement la valeur numérique correspondante, qu'on portera, ensuite, dans l'équation.

C'est ainsi que, par exemple, si le facteur $\log \pi$ figure dans une formule, nous pourrions immédiatement le remplacer par sa valeur numérique 0,4971, sans qu'il y ait besoin de la calculer à l'aide d'une table de logarithmes.

Le tableau 61 donne la liste des lettres majuscules et minuscules de l'alphabet grec, ainsi que la signification qui leur est symboliquement attribuée dans les formules et les calculs.

Certaines de ces grandeurs sont déjà connues de nos lecteurs, d'autres seront rencontrées par la suite. Dans tous les cas ce tableau sera très utile, soit pour se remémorer quelques symboles oubliés, soit pour apprendre la signification de ceux encore inconnus.

Le tableau 62 fait suite à ceux des séries précédemment publiées car, non seulement il donne la correspondance entre les diverses unités de pression, mais il permet la conversion des unités anglaises et américaines.

C'est ainsi que dans les textes traitant des lampes électroniques, on cite parfois le degré du « vide » régnant à l'intérieur de l'ampoule: généralement 10^{-6} mm de mercure soit environ 10^{-9} atm. Le tableau permet facilement de passer d'une unité à l'autre. Il sera également très utile lorsque, au cours de l'étude sur les microphones, nous parlerons de leur sensibilité qui s'exprime en « microbar par cm^2 ».

TABLEAU 59 — VALEURS DES PUISSANCES DE 10

PUISSANCE	VALEUR	PUISSANCE	VALEUR
10^{-6}	0,000001	10^1	10
10^{-5}	0,00001	10^2	100
10^{-4}	0,0001	10^3	1 000
10^{-3}	0,001	10^4	10 000
10^{-2}	0,01	10^5	100 000
10^{-1}	0,1	10^6	1 000 000
10^0	1	10^7	10 000 000

TABLEAU 60 - FACTEURS MATHÉMATIQUES USUELS

Facteur	Valeur numérique	Facteur	Valeur numérique	Facteur	Valeur numérique	Facteur	Valeur numérique	Facteur	Valeur numérique
$\sqrt{2}$	= 1,4142	e^2	= 7,3891	π	= 3,1416	$\frac{1}{2\pi}$	= 0,1592	$\sqrt{2} \pi$	= 4,4427
$\frac{1}{\sqrt{2}}$	= 0,7071	$\frac{1}{e^2}$	= 0,1353	$\frac{1}{4}$	= 0,25	$\frac{1}{2\pi}$	= 0,1592	$\sqrt{2\pi}$	= 2,5066
$\sqrt{3}$	= 1,7321	$\log e$	= 0,4343	2π	= 6,2832	$(\frac{1}{2\pi})^2$	= 0,0253	$\frac{\sqrt{\pi}}{2}$	= 0,8862
$\frac{1}{\sqrt{3}}$	= 0,5773	g	= 9,81	3π	= 9,4247	$\frac{1}{2\pi}$	= 0,1592	$\sqrt{\frac{\pi}{2}}$	= 1,2533
$\sqrt{10}$	= 3,1623	$\frac{1}{g}$	= 0,1019	4π	= 12,5664	$\frac{1}{\sqrt{\pi}}$	= 0,5642	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$	= 2,2214
$\frac{1}{\sqrt{10}}$	= 0,3162	$\sqrt{g}$	= 3,1321	$2\pi \times 50$	= 314,16	$\frac{1}{\pi^2}$	= 0,1013	$\log \pi$	= 0,4971
$\log_e 10$	= 2,3026	g^2	= 96,2361	π^2	= 9,8696	$\frac{1}{\pi^2}$	= 0,0323	$\log \frac{\pi}{2}$	= 0,1961
e	= 2,7182	π	= 3,14159	$4\pi^2$	= 39,4784	$\frac{1}{\pi}$	= 0,3183	$\log \sqrt{\pi}$	= 0,2486
$\frac{1}{e}$	= 0,3679	$\frac{\pi}{2}$	= 1,5708	$(2\pi)^2$	= 39,4784	$\frac{2}{\pi}$	= 0,6366	$\log \pi^2$	= 0,9943
		$\frac{\pi}{3}$	= 1,0472	π^3	= 31,0063	$\sqrt{\pi}$	= 1,7725		
				$\frac{\pi^3}{4}$	= 7,751				
				$\frac{1}{\pi}$	= 0,3183				

TABLEAU 61 - SIGNIFICATION SYMBOLIQUE DES LETTRES DE L'ALPHABET GREC

Nom	Majuscule	Minuscule	Signification
alfa	A	α	Angle, coefficient, surface, facteur d'absorption, constante d'atténuation.
bêta	B	β	Coefficient, constante de phase, angle.
gamma	Γ	γ	Quantité spécifique, angle, conductivité électrique, gravité, constante complexe de propagation (M).
delta	Δ	δ	Variation d'une grandeur (en plus ou en moins), densité, angle, déterminant (M), densité de courant permittivité (M).
epsilon	E	ϵ	Base des logarithmes naturels ou népériens (2,7182), constante diélectrique, permittivité, intensité électrique, coordonnée, coefficient.
zêta	Z	ζ	Coordonnée, coefficient.
éta	H	η	Impédance intrinsèque, rendement, densité de charge de surface, hystérésis, coordonnées.
thêta	Θ	θ	Angle de déphasage, constante de temps, réluctance, angle, température.
iota	I	ι	Vecteur (grandeur vectorielle).
kappa	K	κ	Susceptance, coefficient de couplage (M), coefficient, constante.
lambda	Λ	λ	Longueur d'onde, perméance (M), constante d'atténuation.
mu	M	μ	Préfixe « micro » (= 1/1 000 000), perméabilité, coefficient d'amplification.
nu	N	ν	Réluctance spécifique, fréquence.
ksi	Ξ	ξ	Coordonnée horizontale.
omicron	O	$\omicron$	—
pi	Π	π	Rapport entre la longueur de la circonférence et le diamètre d'un cercle, (3,1416), angle, constante.
rho	P	ρ	Résistivité, densité de charge de volume, coordonnée.
sigma	Σ	σ	Densité de charge de surface, constante de propagation, coefficient de dispersion de la conductivité électrique, signe de « somme » (M).
tau	T	τ	Constante de temps, déphasage, facteur de transmission, densité.
phi	Φ	ϕ	Flux magnétique (intensité), angle, potentiel scalaire (M), facteur de puissance.
khi	X	χ	Susceptance électrique, angle.
psi	Ψ	ψ	Flux diélectrique, différence de phase, coordonnée, angle.
oméga	Ω	ω	Vitesse angulaire, résistance, impédance et réactance en ohms (M), angle solide (M).
upsilon	Y	υ	—
			La lettre (M) indique les cas où la lettre est utilisée en majuscule.

TABLEAU 62 - TABLE de CONVERSION des UNITES de PRESSION et CORRESPONDANCE avec les UNITES ANGLAISES

UNITES	atm.	kg/cm ²	mm d'eau	mm de Hg à 0°	bars	millibars	microbars	livres/pouce ²	livres/pied ²
Atmosphère . . .	1	1,033	10.332	760	1,013	1.013	1,013x10 ³	14,7	2.116
mm de Hg à 0° . .	1,3x10 ⁻³	1,36x10 ⁻³	13,6	1	1,33x10 ³	1.333	1.333	1,93x10 ⁻³	2,735
bars	0,987	1,02	10.197	750,1	1	10 ³	10 ⁶	14,5	2.088
millibars	9,87x10 ⁻⁴	1,02x10 ⁻³	10,2	0,75	10 ⁻³	1	10 ³	1,45x10 ⁻³	2,089
microbars	9,87x10 ⁻⁷	1,02x10 ⁻⁶	1,1x10 ⁻³	7,54x10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	1,45x10 ⁻⁶	2,1x10 ⁻³
livres/pouce ² . . .	6,8x10 ⁻³	7,03x10 ⁻³	713,3	51,7	6,9x10 ⁻³	68,94	68.940	1	144
livres/pied ²	4,73x10 ⁻⁴	4,8x10 ⁻⁴	4,883	0,336	4,8x10 ⁻⁴	0,48	478,8	7x10 ⁻³	1

Notre REVUE DE TECHNIQUE RADIO

vous apportera
chaque année:

52 leçons et exposés théoriques

52 leçons de technique appliquée

52 leçons de réalisations pratiques, de schémas et de références

52 exercices de révision, avec réponses aux questions posées

Un Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique, etc...

soit un total de plus de 1 872 pages de texte, figures ou tableaux, dans lesquelles seront traités, entre autres sujets:

Les transistors, les organes les plus récents, les plus révolutionnaires parmi les réalisations de l'Electronique. L'emploi des transistors s'étend rapidement: de très nombreux récepteurs et amplificateurs du commerce en sont dotés et leur nombre est, indubitablement, destiné à aller croissant car, de plus en plus, les transistors remplaceront les lampes thermioniques. Il est, en conséquence, nécessaire que le radiotechnicien les connaisse, sache les utiliser, se rende compte pourquoi et comment ils diffèrent d'une lampe, soit tenu au courant des divers types et de leurs caractéristiques. Nous décrirons de nombreux montages de récepteurs, d'émetteurs et de dispositifs électroniques à réaliser avec des transistors.

Une autre technique en pleine évolution est celle dite: **Haute Fidélité**. Les exigences, en ce qui concerne la fidélité de la reproduction sonore, sont devenues nettement plus grandes. Le matériel employé dans la partie Basse Fréquence des nombreux récepteurs, dans les amplificateurs ou reproducteurs de toutes sortes, est allé constamment en se perfectionnant: il en est résulté de nouvelles techniques, de nouveaux circuits ou procédés qu'il faut connaître. Nous citerons, en particulier, l'enregistrement magnétique qui a vu le développement rapide des magnétophones, auquel fait pendant, dans la bataille entre le ruban et le disque, le microsillon. Récemment, tous deux ont encore affiné leur technique avec la **reproduction stéréophonique**.

Ces derniers temps, ont fait apparition des récepteurs et amplificateurs construits selon la technique des **circuits imprimés**. Ce sont des plaquettes en matière isolante sur lesquelles les connexions nécessaires à la liaison entre les divers éléments sont imprimées, sous la forme de conducteurs obtenus suivant certains procédés de la technique de l'imprimerie. Il est évident que ces circuits — adoptés parfois seulement pour une partie de l'appareil — permettent une réduction importante du prix de revient si le matériel est construit en grande série. On conçoit donc que le technicien doive, d'ores et déjà, savoir quels sont les points délicats et comment il doit se comporter au regard de ces nouvelles méthodes de construction. Notre Revue, le moment venu, étudiera ce procédé et illustrera ses moindres détails.

Une des activités les plus attrayantes dans le domaine de la Radio est celle de l'**Emission d'Amateur**. Tout le monde peut obtenir une autorisation d'émission en passant un examen facile sur les sujets et les matières exposées en détail dans notre Revue, mais nous ne nous limiterons pas simplement à la préparation à cet examen: nous donnerons des descriptions d'émetteurs, de récepteurs faciles à construire; nous ferons connaître les règlements qui régissent cette activité, les caractéristiques du matériel spécial, les préfixes, abréviations, etc... Rappelons que le Trafic c'est-à-dire les communications à distance entre les Amateurs du monde entier, est la forme la plus suggestive et la plus passionnante de l'activité dans le domaine de la Radio; c'est une activité qui conduit, le plus souvent, à la formation des techniciens les plus capables, comme le démontre amplement l'expérience. C'est, de ce fait, un passe-temps de la plus haute valeur instructive qui, dans le même temps, favorise les liens d'amitié entre les Amateurs de tous les continents.

Une forme particulière de cette activité est la **télécommande des modèles réduits**. Cette branche compte également de nombreux passionnés, et le sujet ne sera pas négligé, ni pour celui qui pratique déjà cette technique, ni pour celui qui désire s'y initier.

Les instruments et **appareils de mesure** sont, c'est évident, d'une importance capitale. Sans eux, on peut dire que toute activité et toute notion sont vaines et incomplètes dans notre domaine: l'ingénieur et l'amateur, le dépanneur et l'installateur et même le commerçant averti ont tous besoin d'effectuer des contrôles d'efficacité, des mesures de rendement, des vérifications, des recherches de pannes, des étalonnages, mises au point, etc... toutes opérations qui se font au moyen d'appareils de mesure. Il existe naturellement, pour chaque opération, des instruments particuliers et nous en donnerons les détails de construction, la technique à employer, ainsi que leur utilisation dans des cas généraux ou particuliers. Nous traiterons, ainsi, des méthodes de **mise au point** et de la **recherche des pannes**.

C'est un fait connu que les laboratoires de recherches appliquées les plus avancés et les plus fameux du monde sont ceux des Etats-Unis. De ce pays arrivent les découvertes les plus sensationnelles dans le domaine de la radio, de même que les applications, les schémas qui font suite à ces découvertes lorsqu'elles passent dans le domaine de l'exploitation et du développement industriel. Et, bien qu'il soit de la plus grande utilité, pour un technicien, de connaître la langue anglaise et de pouvoir suivre le progrès directement dans les revues américaines, celui qui ne connaît pas cette langue pourra tout de même interpréter suffisamment les schémas et les indications importantes s'il a la possibilité de consulter un **dictionnaire technique Anglais - Français**. C'est ainsi que nous publierons, dans chaque fascicule, quatre pages de vocabulaire et termes techniques avec leurs traductions, et nous sommes certains que cela se révélera utile même à ceux qui connaissent la langue.

IMPRIMERIE PAR G.T.C. - MILAN - DEPOT LEGAL EDEITEUR N. 34 - 2^{ème} TRIM. 1965



Les anciens
Numéros
sont vendus
au même prix
de couverture: 1 F. 60



Les anciens
Numéros
sont vendus
au même prix
de couverture: 1 F. 60



DEMANDEZ LES NUMEROS QUI VOUS MANQUENT AUX EDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE - PARIS 6^e

IMPORTANT : si les prochains numéros vous intéressent, avisez dès à présent votre fournisseur.