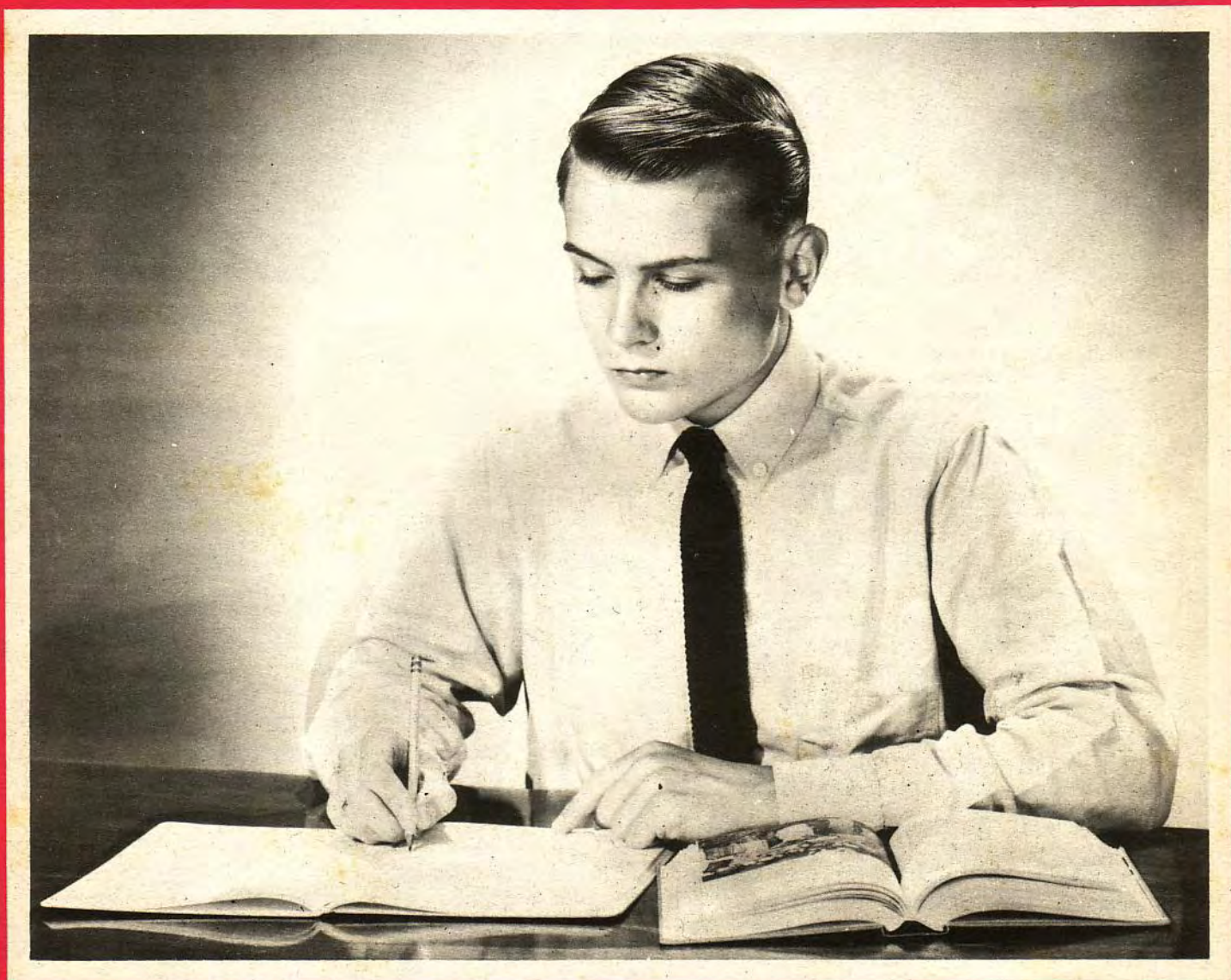


17

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens

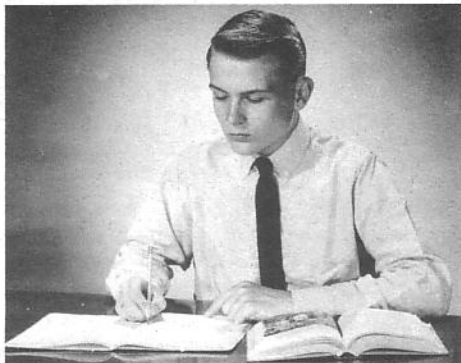


hebdomadaire pour la formation professionnelle - 21 - 27 juin 1965 - le numéro 1,60 F.

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 mois (26 numéros) = 38 F. -
Etranger - 1 an = 90 F. - Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire la somme de 1.20 F par numéro.

Adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris - C.C.P. 53-35.

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire (1.60 F).

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

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

Adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris.

PUBLICITE

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

Cette Revue sera contrôlée par l' O. I. D. Le Numéro précédent a été tiré à 30 618 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

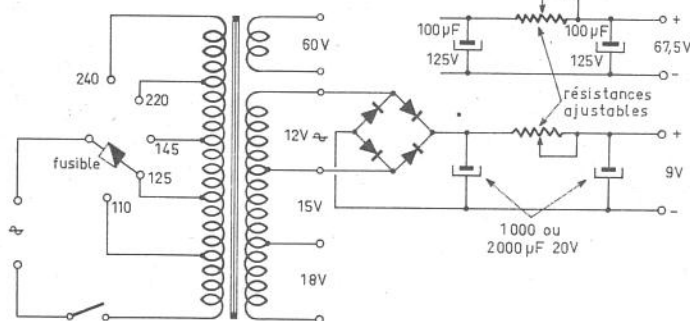
★ Courrier technique	page 2
★ Chronique des métiers de la Radio	» 3
★ Les lampes: tétrodes et pentodes	» 5
★ Stabilisateurs de tension	» 14
★ Dictionnaire Anglais - Français d'Electronique	» 17
★ Symboles - Abréviations - Formules	» 27
★ Symboles schématiques	» 27
★ Questions sur les 49 ^{eme} et 50 ^{eme} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Construction d'une alimentation stabilisée	» 28
★ Schéma électrique de l'alimentation stabilisée IP 32	» 30
★ Salon International des Composants Electroniques	» 34

Courrier technique

M. MICHEL D. St. Geniez d'Olt - Aveyron -
et **M. PIERRE G.** St. Martin la Plaine.

Vouz pouvez parfaitement faire fonctionner vos appareils à piles ou à basse tension par l'intermédiaire d'une alimentation séparée.

voulues. Une résistance de filtrage (résistance bobinée avec collier curseur de 1 000 Ω) ajoutera la tension, l'appareil étant branché, car n'oubliez pas que vous avez en sortie du filtre une tension un peu plus faible que la tension alter-



Le schéma que nous vous donnons est facile à construire et les éléments se trouvent couramment dans le commerce.

Choisissez un transformateur ayant un débit suffisant (100 ou 150 mA) et des sorties au secondaire échelonnées vous permettant d'obtenir les tensions

native de crête, soit par exemple 12 V x 1,41 = 17 V et avec la chute de tension dans le redresseur environ 14 volts.

Pour obtenir 67 V 5, prévoyez seulement 50 ou 60 volts au secondaire et des condensateurs isolés 100 μ F à 125 volts.

M. GERARD F. Chamalières Puy de Dôme, aimerait avoir des renseignements sur la construction des antenne YAGI:

Vous trouverez ci-dessous le schéma d'une antenne Yagi, la plus connue des antennes dites à éléments parasites.

De gauche à droite, en regardant vers l'émetteur nous trouvons:

1°) Un réflecteur de longueur un peu supérieure à $\lambda/2$.

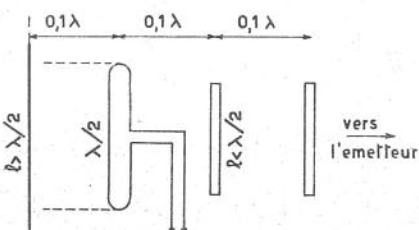
2°) L'antenne, proprement dite (un « folded dipole ») dont la bande passante est relativement large.

3°) Deux directeurs de longueur un peu inférieure à $\lambda/2$.

Le gain sera d'autant plus élevé que l'angle d'ouverture du diagramme sera

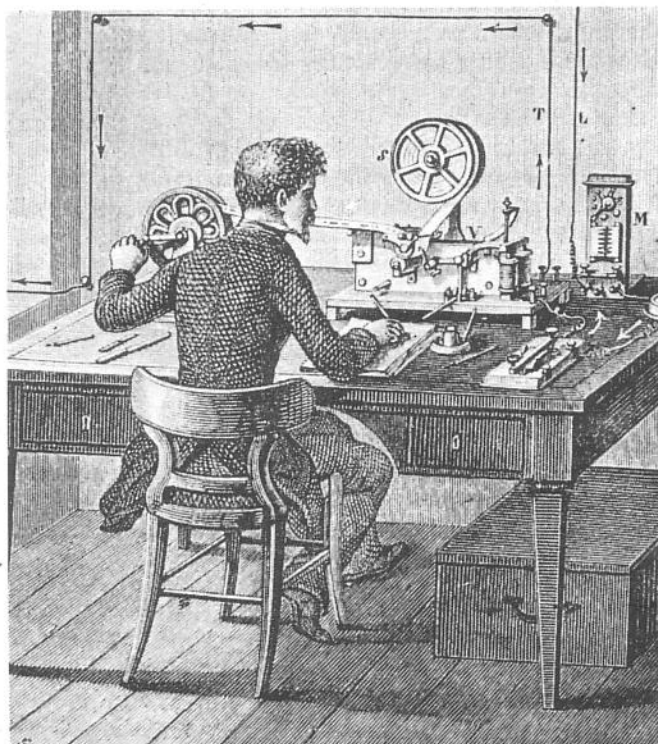
faible, donc que le nombre de directeurs sera élevé.

Selon le réémetteur dont vous dépendez dans votre localité, la polarisation peut être horizontale (le plus généralement) ou verticale.



L'impédance caractéristique d'une telle antenne est de 300 ohms.

L'UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS



Débuts de la coopération; à gauche, l'opérateur allemand envoyant un message et à droite, l'opérateur français qui le reçoit. Tous deux utilisent un équipement Morse.

Cela se passait il y a 100 ans, le 17 mai 1865, dans le Salon de l'Horloge, au Ministère français des Affaires Etrangères, quai d'Orsay à Paris. En apposant leur signature et le « cachet de leurs armes » au bas de la première convention télégraphique internationale, vingt plénipotentiaires donnaient naissance à l'Union télégraphique internationale, devenue, depuis, l'Union internationale des télécommunications (UIT), la plus ancienne des organisations internationales, aujourd'hui institution spécialisée de l'Organisation des Nations Unies, au même titre que l'UNESCO ou l'Organisation Mondiale de la Santé.

C'est pour marquer cet événement que s'est déroulée, le 17 mai à Paris, une cérémonie commémorative organisée par l'administration française des PTT et à laquelle ont été invités à s'associer, outre les hauts fonctionnaires et le Conseil d'administration de l'UIT, tous les pays signataires de la convention de 1865, c'est-à-dire aujourd'hui l'Allemagne Fédérale, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Grèce, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la Suède, la Suisse, la Turquie et l'URSS.

L'« année du centenaire » sera également marquée par d'autres manifestations et, notamment, par la réunion du 14 septembre au 12 novembre à Montreux (Suisse), de la conférence des plénipotentiaires, qui est l'organe suprême de l'UIT.

LE « BUREAU DE TELEGRAPHE » DE STRASBOURG

Pour comprendre toute l'importance de la convention du 17 mai 1865, il faut se reporter quelque 120 ou 125 ans en arrière, vers les années 1840. La scène représente un « bureau de télégraphe », utilisé en commun, à Strasbourg, à la frontière de la France et du Grand-duché de Bade. Un fonctionnaire français reçoit un télégramme parvenu de Paris à la vitesse de la lumière. Il transcrit soigneusement le message à la main et le passe à travers une table à son collègue allemand, lequel le traduit en allemand et l'envoie à destination, par télégraphe: la dépêche met plus de temps à franchir la frontière qu'il n'en faut pour l'acheminer électriquement à des centaines de kilomètres. Et encore n'y a-t-il là qu'une seule frontière à franchir...

On imagine sans peine, dès lors, l'énorme confusion qu'aurait entraînée l'expédition du télégramme à destination lointaine, à travers les frontières de plusieurs pays, si une rigoureuse réglementation, établie par voie de coopération internationale, n'était venue simplifier les choses.

Le premier traité visant à raccorder les réseaux télégraphiques de deux Etats fut conclu le 3 octobre 1849, entre la Prusse et l'Autriche. Il attribuait la priorité aux télégrammes d'Etat, puis à ceux des Chemins de fer et enfin aux correspondances privées, cha-

cun des gouvernements se réservait de suspendre le service télégraphique dans son propre pays; la taxe payable par l'expéditeur était la somme des montants perçus dans les deux pays. C'était là un commencement de réglementation des télécommunications, dont ce document historique énonçait l'objet essentiel: déterminer les priorités et fixer les taxes.

DU QUAI D'ORSAY A ATLANTIC CITY

C'est dans le même esprit et pour les mêmes raisons que l'empereur Napoléon III décida en 1864 de convier les principaux pays européens à participer l'année suivante à la conférence de Paris. La petite histoire raconte que la délégation turque dut faire à cheval une partie du trajet. Quant au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, il n'avait pas été invité car, contrairement à la pratique suivie par les autres Etats, ses services télégraphiques relevaient encore du secteur privé.

La convention signée le 17 mai 1865 créait, comme nous l'avons vu, l'Union télégraphique internationale et soumettait le réseau télégraphique international européen à des règles communes. Des tarifs uniformes étaient convenus (sauf, bien entendu, pour les régions les plus lointaines de la Russie et de la Turquie) et les comptes internationaux entre les différentes administrations étaient réglés en francs (français) or.

La conférence de Paris fut suivie d'une deuxième conférence qui se réunit à Vienne en 1868 et qui prit une décision dont l'importance n'est pas moins grande dans l'histoire des organisations internationales. En effet, elle décida de doter l'Union d'un siège et d'un secrétariat. Ce « Bureau de l'Union » fut installé à Berne et demeura sous le contrôle du gouvernement suisse jusqu'en 1947. La première organisation internationale ne comptait au début que trois fonctionnaires, tous de nationalité suisse. Malgré la modestie de ces débuts, le principe était posé que toute organisation intergouvernementale doit avoir un siège et un personnel bien à elle.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, l'Union progressa délibérément, organisant des conférences toujours plus importantes dans les capitales romantiques d'une Europe aujourd'hui disparue (Rome en 1872, Saint-Petersbourg en 1875, Londres en 1879, Berlin en 1885, etc.). Elle revisa et remit en chantier le texte du règlement télégraphique international, interdit sévèrement les télégrammes contraires à l'ordre public ou aux bonnes moeurs et déploya la plus grande énergie pour résoudre les problèmes juridiques et financiers; elle étudia, entre autres choses, la question de savoir si l'usage généralisé de codes particuliers n'imposait pas des conditions de travail trop rudes aux télégraphistes. En 1885, elle entreprit l'élaboration d'une législation internationale pour le téléphone, inventé en 1876 par Graham Bell. Elle se développa ensuite régulièrement.

Quelques années avant la fin du siècle, en 1895 et 1896, les premières transmissions sans fil, couronnant des dizaines d'années de recherches et d'expériences,

marquaient les premiers pas de la grande révolution de l'histoire des télécommunications: l'invention de la radio, l'une des plus grandes conquêtes de la science.

LE DRAME DU « TITANIC »

Considérée tout d'abord uniquement comme une forme très évoluée de la télégraphie, la « radio » s'est développée plus rapidement encore que l'invention-mère; pour la première fois, les navires en mer purent demeurer en liaison avec le monde grâce aux télécommunications. Très vite, il devint évident qu'il fallait élaborer des règlements internationaux en ce domaine. Un des problèmes les plus importants qui existaient à l'époque fut illustré de façon éclatante en 1902. Cette année-là, voguant sur l'Atlantique de retour d'un voyage officiel aux Etats-Unis, le prince Henri de Prusse voulut adresser un message de remerciements au président Théodore Roosevelt. La transmission du message fut refusée, car l'équipement radio-électrique du navire à bord duquel se trouvait le prince n'était ni du même type, ni de la même nationalité que celui de la station côtière de destination. C'est en partie en raison de cet incident que le gouvernement allemand convoqua en 1903 à Berlin une conférence préliminaire des radio-communications. Cette conférence prépara les travaux de la conférence des radio-communications de Berlin de 1906 où fut rédigé le premier règlement international des radio-communications. Selon ce règlement, les stations de navire et les stations côtières étaient tenues d'accepter les messages qu'elles pouvaient recevoir les unes des autres. La conférence adopta également le signal de détresse « SOS ».

Mais le problème de la création d'un service de radio-communications efficace en mer était loin d'être résolu pour autant, comme on le vit en 1912 avec le drame du « Titanic »; malgré ses efforts désespérés, l'opérateur du « Titanic » ne put entrer en contact avec celui d'un navire qui, relativement proche, aurait pu procéder à des opérations de sauvetage; le contact ne put être établi pour la simple raison que l'opérateur du second navire n'était plus de service pour le restant de la nuit. Néanmoins, on avait commencé à s'occuper du problème.

La première guerre mondiale stimula les progrès des radiocommunications et, aux environs de 1920, un nouveau service fit son apparition: la radiodiffusion. Un problème, inconnu dans le passé, se posa alors: comment partager les fréquences radio-électriques utilisées pour les émissions, de manière à éviter que les stations ne se brouillent mutuellement. L'emploi toujours plus important qui est fait des radiocommunications donne à ce problème un caractère permanent et aujourd'hui même, alors que plus de quarante ans se sont écoulés et que de nombreuses conférences internationales se sont réunies, la responsabilité du spectre radio-électrique sur le plan international demeure l'une des tâches les plus lourdes et les plus importantes de l'UIT.

(suite page 33)

LES LAMPES: TETRODES ET PENTODES

Bien que la triode soit un élément extrêmement important dans le domaine de la radiotechnique, son utilisation dans les systèmes amplificateurs se trouve être quelque peu limitée. La raison principale de cette limitation est, comme nous l'avons déjà vu, la capacité existant entre ses électrodes et, particulièrement, la capacité grille-plaque. Lorsque la fréquence des signaux à amplifier est élevée, la capacité grille-plaque constitue une voie facile pour le transfert d'une certaine quantité d'énergie du circuit plaque (circuit de sortie) au circuit grille (circuit d'entrée) et l'effet est d'autant plus marqué que la fréquence est plus haute. Cette **réaction** du circuit de sortie sur le circuit d'entrée à travers la lampe elle-même, est encore plus grande quand la triode est pourvue de circuits résonnants, dans sa grille et sa plaque, accordés sur la même fréquence ou sur des fréquences voisines. C'est pourquoi on utilise rarement la triode comme amplificatrice H.F., à moins de recourir à un système approprié de neutrodynage dont l'effet est d'annuler cette réaction du circuit de sortie sur celui d'entrée.

Le neutrodynage, toutefois, n'est pas une solution parfaitement satisfaisante. En effet, plus la fréquence est élevée, plus la mise au point du neutrodynage devient difficile. En outre, il est parfois impossible de neutrodynner sur toute l'étendue de la bande à recevoir. Par dessus tout, le neutrodynage est, en définitive, une solution d'une application difficile, souvent fastidieuse, donnant des réglages critiques. Il est encore employé dans certains montages, mais, d'une manière générale, son utilisation s'est trouvée très réduite du fait du développement de nouveaux tubes électroniques qui, ayant une capacité grille-plaque extrêmement faible, ne provoquent aucune réaction du circuit de sortie sur celui d'entrée, ce qui rend inutile le neutrodynage.

Ajoutons à ce qui précède que la triode ne remplit pas toutes les conditions nécessaires à la réalisation des amplificateurs exigés par les récepteurs, les émetteurs et autres appareils électroniques modernes. Les rapports physiques existant entre les électrodes d'une triode sont tels qu'ils limitent rapidement l'amplification pratiquement utilisable, qui se trouve être assez éloignée de celle qu'il serait possible d'atteindre théoriquement. Cette limitation a, pendant longtemps, constitué un obstacle au développement des télécommunications qui, cela est bien évident, dépendent des possibilités d'amplification des signaux faibles ou lointains.

Ce problème a été pratiquement résolu par le développement de deux autres types de tubes électroniques, dérivés tous deux de la triode, mais présentant des caractéristiques très différentes qui en font d'excellents tubes amplificateurs. L'un d'eux est la **tétrode**, ou tube électronique à quatre électrodes, qui comporte un émetteur d'électrons, deux grilles et une plaque, l'autre est la **pentode** qui compte cinq électrodes: un émetteur d'électrons, trois grilles et une plaque.

LA TETRODE

La lampe à quatre électrodes, nous venons de le voir, est constituée par toutes les électrodes de la triode (qui remplissent, en principe les mêmes fonctions) et possède, en plus, une quatrième électrode sous la forme d'une deuxième grille, à laquelle on donne le nom de **grille écran**. La lampe à quatre électrodes est appelée **tétrode**, ou encore, **lampe à grille écran**.

La structure interne d'une tétrode (**figure 1**) diffère peu de celle d'une triode. En **A**, la grille écran de la tétrode est de forme rectangulaire et la plaque est profilée en forme d'ailettes pour assurer une bonne dissipation de la chaleur. En **B**, on remarque que la grille écran est formée de deux parties distinctes, la première constituée par une véritable grille, de forme ovale, est placée entre la grille et la plaque (elle forme la grille-écran proprement dite), tandis que la deuxième, qui est un cylindre métallique perforé, englobe toutes les électrodes du tube, plaque comprise, et forme un blindage ayant pour effet de soustraire la lampe à toutes les influences extérieures. La forme de la grille peut varier; dans la plupart des cas on adopte la forme hélicoïdale. Le fonctionnement des électrodes, toutefois reste sensiblement le même, quelle que soit la structure de la grille.

Bien que le type de lampe, construit sous la forme représentée par la **figure 2**, se rencontre de plus en plus rarement, il nous faut le mentionner ici, car le technicien pourra le trouver encore utilisé dans certains appareils anciens, et de toute façon, il est représentatif d'une époque révolue ce qui permet de mieux se rendre compte de l'évolution poursuivie dans ce domaine. La figure nous montre que les connexions du tube aux autres composants du circuit se fait, d'une part au moyen de broches disposées sur le culot du tube, d'autre part au moyen d'une « corne » placée sur le sommet de l'ampoule de verre. Les lampes de ce type sont dites à « deux sorties » (double-ended, en

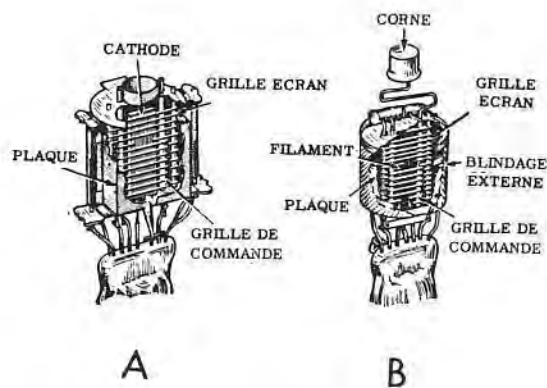


Fig. 1 - En A, structure interne d'une tétrode; on remarquera, entre autre, l'élément supplémentaire, par rapport à une triode, la grille-écran de forme rectangulaire. En B, un autre type de tétrode avec blindage extérieur relié à la grille-écran.

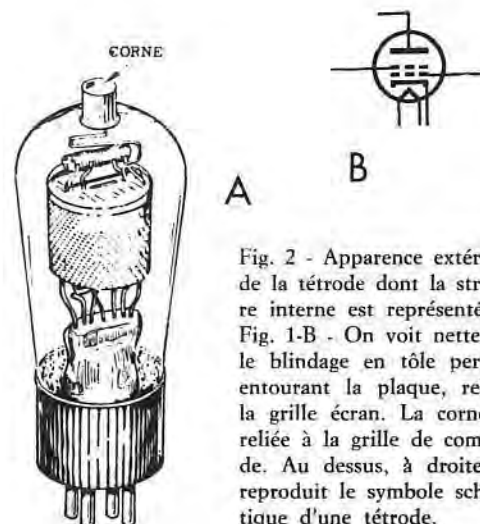


Fig. 2 - Apparence extérieure de la tétrode dont la structure interne est représentée en Fig. 1-B - On voit nettement le blindage en tôle perforée entourant la plaque, relié à la grille écran. La corne est reliée à la grille de commande. Au dessus, à droite, est reproduit le symbole schématique d'une tétrode.

anglais). tandis que si toutes les électrodes sont sorties sur les broches de l'embase, on dit qu'elles sont à « simple sortie » (single-ended). Dans beaucoup de tétrodes — en partie périmées — prévues pour être utilisées dans les récepteurs et amplificateurs de faible puissance, la corne supérieure est reliée à la grille de commande. Dans les lampes plus puissantes (pour émetteurs), la corne est reliée à la plaque. C'est pour réduire la capacité inter-électrodes (grille-plaque ou grille-cathode), ou pour mieux isoler la plaque des autres électrodes (lorsque de fortes tensions sont en jeu) que l'on a prévu cette corne sur le sommet de l'ampoule.

Les grilles que l'on désigne dans les textes sous les noms de « grille de commande » et « grille-écran », sont très souvent désignées sur les schémas par les symboles **G1** et **G2**. Le chiffre le plus faible désigne la grille la plus proche de la cathode, donc **G1** = grille de commande; tandis que **G2** = grille-écran (dans le cas de la tétrode qui ne possède que deux grilles). On notera également que, très souvent dans les textes, la grille-écran est appelée simplement **écran**, ceci dans le cas où ce terme ne peut prêter à confusion.

La figure 3 donne le schéma d'alimentation d'une tétrode. On remarquera que la différence principale, schématique, entre une triode et une tétrode est constituée par le circuit d'écran avec sa propre source d'alimentation. Dans les montages usuels, l'écran est porté à un potentiel positif (par rapport à la cathode) légèrement inférieur à celui de la plaque. Etant portée à un potentiel positif, la grille-écran attire les électrons émis par la cathode; une partie de ceux-ci poursuivent leur parcours vers la plaque, étant donné la structure de l'écran en forme de grille, tandis qu'un petit nombre est absorbé par l'écran. C'est ainsi que la grille-écran accélère les électrons se dirigeant vers la plaque, tandis que les électrons absorbés donnent naissance à un courant de grille-écran. On comprend, alors, que la tension appliquée sur la plaque doit être plus élevée que celle d'écran, car elle se trouve plus éloignée de la cathode et c'est elle qui doit recueillir le maximum d'électrons (si l'on veut que le tube remplisse

son rôle d'amplificateur), tandis que le courant d'écran n'a, en règle générale, aucune utilisation pratique.

Le rôle principal de la grille-écran reste donc celui de réduire la capacité grille-plaque qui, comme nous l'avons vu, introduit une réaction indésirable du circuit de sortie sur celui d'entrée. C'est ainsi qu'alors qu'une triode a une capacité grille-plaque de l'ordre de 2 pF, celle d'une tétrode est de 0,01 pF, ou moins. La grille écran agit à la manière d'un écran électrostatique placé entre la grille de commande et la plaque du tube. Si en outre, la grille-écran comporte un blindage en tôle perforée placée extérieurement à la plaque (comme dans les figures 1-B et 2-A), elle isole la plaque de la lampe de toutes les influences extérieures.

Nous avons vu, plus haut, que la grille-écran renforçait l'action de la plaque en attirant un plus grand nombre d'électrons issus de la cathode; elle produit également un autre effet, qui est de rendre le courant plaque pratiquement indépendant de la tension plaque. La raison en est la suivante: l'écran, porté à un potentiel positif relativement élevé, étant placé entre la grille de commande et la plaque, son action sur l'extraction des électrons de la cathode est prépondérante et, par suite, les variations de la tension plaque n'ont qu'un très faible effet sur la charge spatiale. On pourrait dire, pour mieux comprendre cette particularité, que le champ d'action de la tension plaque ne dépasse pas l'écran. Cela ne veut pas dire que la valeur de la tension plaque n'ait aucune importance: cette tension sert toujours à attirer les électrons sur la plaque et le circuit plaque est toujours le circuit de sortie où l'on recueille le signal amplifié par le tube. Toutefois, la force d'attraction provoquant le mouvement des électrons au delà de la grille de commande est fournie par la tension d'écran, plutôt que par celle de plaque.

En ce qui concerne le courant alternatif (fréquence du signal), la grille-écran est mise à la masse (c'est-à-dire au pôle négatif de l'alimentation) au moyen d'un condensateur qui doit présenter une faible réactance à la fréquence du signal d'entrée. De cette façon les

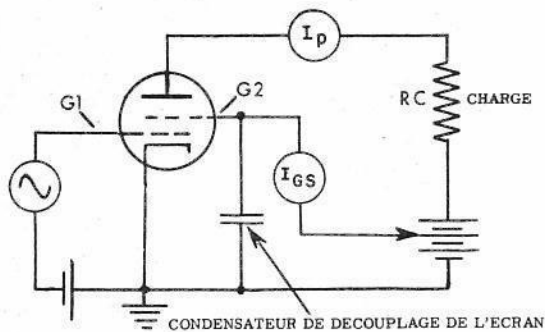


Fig. 3 - Le schéma inhérent au fonctionnement d'une tétrode est caractérisé, par rapport au schéma d'une triode, par la nécessité d'alimentation de la grille-écran à laquelle on applique une tension positive normalement prélevée à une source anodique moyennant un diviseur approprié.

variations du courant grille (produites par le signal) sont court-circuitées à la masse par ce condensateur et l'écran est maintenu à un potentiel continu de valeur fixe. De même les éventuelles variations de la tension plaque qui pourraient être produites par un couplage capacitif avec l'écran sont dérivées à la masse. Le signal en courant alternatif présent sur la plaque ne peut, ainsi s'opposer à l'action de la grille (par réaction) ou influencer en aucune façon le courant plaque, ce qui réduit, effectivement, la capacité grille-plaque.

Courbes caractéristiques

Grâce à la présence de la grille-écran, une variation de la tension plaque produit un effet minime sur le courant anodique. Toutefois, la grille de commande conserve sa possibilité de contrôler le courant plaque. La figure 4 représente une famille de courbes caractéristiques de plaque d'une tétrode. La courbe en traits discontinus représente le courant de grille-écran, lorsque la polarisation négative de la première grille, ou grille de commande, est de -3 volts.

Quand la tension de la plaque est inférieure à celle de l'écran, la courbe a une pente négative. Ceci est dû à une **émission secondaire** en provenance de la plaque. Quand la tension d'écran est fixe, la vitesse des électrons qui frappent l'anode augmente avec l'augmentation de la tension plaque. Si les électrons frappent la plaque avec une vitesse suffisante, certains d'entre eux rebondissent, dans l'espace entre la plaque et l'écran, en direction de ce dernier et, si l'écran est à un potentiel plus élevé que la plaque, ces électrons secondaires sont attirés par l'écran. Etant donné que leur mouvement se fait en sens inverse du courant anodique normal, celui-ci subit une diminution d'intensité. Sur la figure 4, on peut voir que le courant d'écran augmente lorsque le courant plaque diminue, ce qui est conséquence de ce que nous venons d'exposer. Le courant anodique diminue jusqu'à ce que la tension plaque s'approche de celle d'écran. Ensuite, toute augmentation de la tension plaque provoque un second rebondissement des

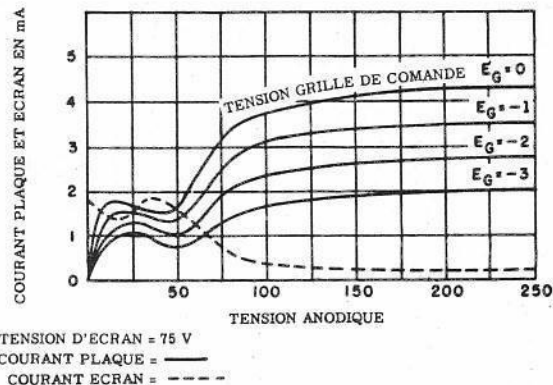


Fig. 4 - Courbes caractéristiques de plaque d'une tétrode. On remarquera la pente négative, due à l'émission secondaire, pour des tensions d'écran supérieures à celle de plaque. La tension d'écran est de 75 volts.

électrons secondaires, vers la plaque qui les attire à elle, et produit une augmentation de courant anodique.

Dans la partie de la courbe où, toute augmentation de la tension plaque provoque une diminution correspondante du courant anodique, on dit que la pentode présente une **résistance négative**; il s'agit là, en effet, d'un phénomène inverse de celui qui se produit avec la tension appliquée à ses bornes.

Dans les montages amplificateurs à tétrode, la plaque doit toujours être alimentée sous une tension assez élevée, pour éviter que le tube travaille dans la partie de sa caractéristique présentant une résistance négative. En effet, dans ce dernier cas, le signal de sortie subirait de sévères distorsions et le tube pourrait même entrer en oscillations.

Avantages et inconvénients des tétrodes

Parmi les avantages que présente la tétrode sur la triode, nous mentionnerons, tout d'abord son coefficient d'amplification beaucoup plus grand. C'est ainsi que, si les triodes ont des valeurs de « mu », comprises entre 5 et 50, les tétrodes ont un coefficient d'amplification allant de 150 à 600, suivant les types.

Ceci bien que la conductance mutuelle ne soit pas plus élevée que celle des triodes; la raison de ce fait nous est fournie par l'équation suivante:

$$g_m = \frac{\mu}{R_p}$$

dans laquelle, g_m est la conductance mutuelle, μ le coefficient d'amplification et R_p la résistance de plaque.

La résistance de plaque, R_p , en dénominateur de la fraction, augmente plus rapidement, dans une tétrode, que le facteur mu, au numérateur. C'est pourquoi, le rapport μ/R_p diminue également, ce qui entraîne la diminution de g_m . En général, la conductance mutuelle, g_m , d'une tétrode est comprise entre 1 000 et 4 500 μmho , ce qui donne une pente, S, de 1 à 4,5 mA/V.

Par contre, les inconvénients présentés par la tétrode sont nombreux. Comme nous l'avons déjà dit, seule une petite partie de la courbe caractéristique de pla-

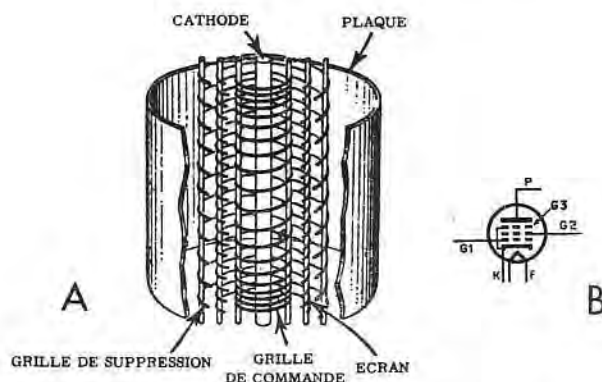


Fig. 5 - Disposition des électrodes à l'intérieur d'une pentode. Par rapport à la tétrode illustrée précédemment elle possède, en plus, la grille de suppression, appelée quelquefois simplement supprimeur, qui est rapprochée de la plaque. En B, symbole schématisé d'une pentode.

que est pratiquement utilisable. Les effets de l'émission secondaire ne sont négligeables que dans la partie de la courbe où la tension plaque est supérieure à celle d'écran. En raison des effets de la charge de plaque sur la tension anodique, lorsqu'une tension alternative (signal) est appliquée sur la grille de commande, il est indispensable d'alimenter le tube sous une tension anodique élevée. C'est seulement dans ces conditions que l'on peut obtenir une excursion suffisante de la tension plaque, sans que sa valeur la plus faible descende au dessous de la tension d'écran. La nécessité d'employer une tension anodique élevée présente des inconvénients tels que les tétrodes ne sont pratiquement plus utilisées dans les récepteurs de Radio; par contre elles sont encore employées comme tubes de puissance dans les émetteurs.

En conclusion, nous voyons que le principal avantage du tube tétrode réside dans la réduction des capacités entre les électrodes et, par suite, du taux de réaction interne; ce qui a permis d'employer ce tube dans des montages amplificateurs à gains élevés. Mais il convient de préciser, dès à présent, que les montages amplificateurs modernes font appel à un troisième type de tube électronique, qui peut être considéré comme un perfectionnement de la tétrode: c'est la **pentode**, que nous allons étudier maintenant.

LA PENTODE

La pentode est, essentiellement, une tétrode à laquelle on a ajouté une troisième grille, exactement entre la grille-écran et la plaque. Cette troisième grille est appelée **grille de suppression**. La figure 5 représente la structure interne d'une pentode montrant la disposition des électrodes (A), ainsi que son symbole schématisé (B). L'action de la grille de suppression se manifeste essentiellement vis-à-vis de l'émission secondaire — le défaut principal des tétrodes — qu'elle permet de supprimer ou, dont elle permet d'annuler les effets. Nous verrons plus loin dans quelles conditions.

La nouvelle grille (voir figure 6), est normalement

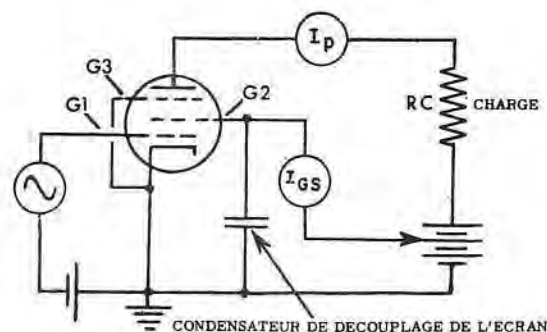


Fig. 6 - La grille de suppression, reliée à la cathode, est portée à un potentiel négatif par rapport à la plaque. Dans de telles conditions les électrons secondaires sont repoussés par la grille de suppression et renvoyés sur la plaque, annulant ainsi les effets et les inconvénients de l'émission secondaire.

reliée à la cathode par une connexion qui peut être soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de l'ampoule. Dans ce dernier cas, cela est évident, la grille de suppression est reliée à une broche de l'embase; la troisième grille étant ainsi accessible, toutes les combinaisons sont possibles et la pentode peut, en cas de besoin, être montée en triode (en reliant la grille-écran et la grille de suppression à la plaque); on peut également réaliser des circuits spéciaux dans lesquels la troisième grille est utilisée à d'autres fins que celle pour laquelle elle est prévue.

En reliant la grille de suppression à la cathode elle se trouve être portée au même potentiel que celle-ci; dans ces conditions, la grille de suppression n'absorbe aucun courant et il n'est pas nécessaire de prévoir une alimentation pour la porter à une tension déterminée. Elle peut être considérée comme étant au potentiel zéro, au potentiel de la masse.

Examinons encore la figure 6. En cours de fonctionnement, les électrons émis par la cathode sont accélérés en direction de la plaque, par la grille G2 portée à un potentiel positif. Ces électrons rapides passent facilement à travers les mailles de la grille de suppression G3. Lorsqu'ils atteignent la plaque, leur vitesse est telle qu'une émission secondaire se produit (tout comme dans une tétrode).

Mais ces électrons secondaires, relativement lents, ne peuvent atteindre la grille-écran, ils en sont empêchés par la grille de suppression, en effet celle-ci, portée au même potentiel que la cathode, est négative par rapport à la plaque; les électrons secondaires (particules négatives) émis par la plaque sont « freinés » par la troisième grille (appelée parfois, également, « grille de freinage »), ils sont repoussés et renvoyés sur la plaque. C'est ainsi que l'on évite le courant inverse entre plaque et grille-écran, même si la tension de l'écran dépasse, par moment, la tension de la plaque. Les coudes de la caractéristique qui étaient si gênants dans le cas de la tétrode se trouvent être « supprimés » par l'action de la grille de suppression.

Cette troisième grille a également un autre effet bénéfique; elle réduit encore la capacité grille-plaque. C'est ainsi que les pentodes ont une capacité grille de

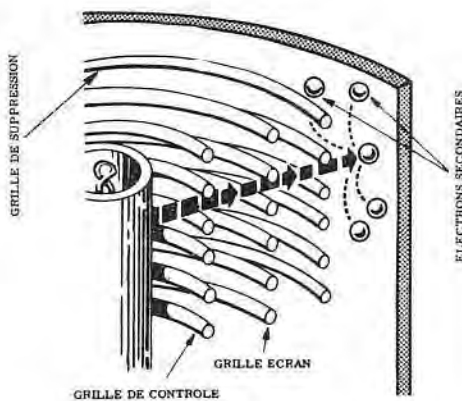


Fig. 6 bis - Comportement des électrodes d'une pentode en présence des électrons secondaires produits par la surface de plaque. La disposition de la grille de suppression et la polarisation négative qui lui est attribuée (égale à celle de la cathode) empêchent les électrons secondaires de retourner sur la grille-écran influençant ainsi le fonctionnement.

commande plaque plus faible que celle des tétrodes, ce qui élimine tout risque de réaction entre les circuits d'entrée et de sortie. Ceci est également une des raisons pour lesquelles la pentode est si largement employée dans les montages amplificateurs.

Courbes caractéristiques

La figure 7 reproduit les courbes caractéristiques d'une pentode classique, la 6SJ7. Le coefficient d'amplification est supérieur à celui d'une triode, il est de l'ordre de celui des tétrodes. De même la résistance de plaque est très élevée (plus grande que dans le cas d'une tétrode); par exemple, la résistance dynamique de plaque d'une pentode typique, comme la 6SJ7, s'élève à 700 000 ohms, la résistance statique est légèrement inférieure à cette valeur.

Pour l'amplification de puissance, c'est-à-dire lorsqu'il est nécessaire d'employer une lampe permettant le passage d'un courant de forte intensité, l'emploi de tubes à faible résistance interne est préférable; c'est pourquoi, dans un tel cas, la triode peut être supérieure à une pentode, par contre, lorsqu'on désire obtenir principalement une forte amplification, la pentode est nettement préférable en raison de sa résistance interne élevée.

Dans le graphique de la figure 7, on voit que la tension d'alimentation anodique, E_b , varie de 0 à 400 volts (axe horizontal). Etant donné que les courbes sont relevées sans charge anodique, on a $E_b = E_p$. La tension d'écran E_{G2} , est maintenue constante à 100 volts. La grille de suppression, $G3$, est au potentiel zéro, tandis que la polarisation de la grille de commande $G1$, varie de zéro à -5 volts, par bonds de 1 volt. La tension du filament, E_f , est de 6,3 volts.

Ce graphique nous révèle un certain nombre de particularités importantes. Avant tout, les coudes caractéristiques de la tétrode (voir figure 4) ont disparu, car dans une pentode, une augmentation de la tension plaque ne peut provoquer en aucun cas une diminution correspondante du courant anodique; cela signifie que la pentode ne présente jamais une résistance négative.

Il existe, néanmoins, une zone critique, au début de

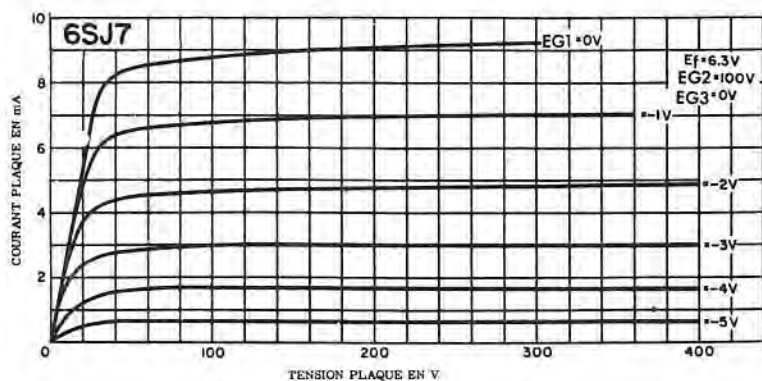


Fig. 7 - Courbes caractéristiques d'une pentode: on notera l'absence des coudes (pente négative) que l'on trouvait au début des courbes de tétrodes. On notera qu'à des augmentations égales de la tension de $G1$, ne correspondent pas des variations égales du courant anodique.

la courbe, dans laquelle une faible variation de la tension anodique provoque une variation importante du courant. Fort heureusement cette partie ascendante est très limitée et le coude supérieur de la caractéristique est atteint beaucoup plus rapidement que dans une tétrode.

Tout comme dans une tétrode, le courant anodique est relativement indépendant de la tension plaque et la partie utilisable de la caractéristique est celle qui est sensiblement horizontale, à droite du coude.

La figure 7 nous révèle, également, une particularité significative. Les diverses courbes ne sont pas équidistantes entre elles (dans leurs parties horizontales). A chaque tension de polarisation (tension sur la grille $G1$), correspond une courbe de la tension plaque mais, bien que la polarisation varie régulièrement de 1 volt à chaque fois, les courants plaque ne varient pas d'une quantité constante (voir les distances inégales entre les différentes courbes). Examinons en détail ce phénomène qui revêt une grande importance.

Nous référant toujours à la figure 7, portons dans un tableau les diverses tensions et intensités, ainsi que leurs variations relatives; la tension anodique est fixe et égale à 300 volts, l'écran est également porté à un potentiel fixe de 100 volts et la grille de suppression, reliée à la cathode, est au potentiel zéro.

Tens. plaque en volts (E_b)	Tension de la Grille de commande (E_{G1})	Cour. anod. en mA (I_a)	Variations du courant anodique
300	0	9,3 mA	
300	-1	7,0	$9,3 - 7,0 = 2,3$ mA
300	-2	4,8	$7,0 - 4,8 = 2,2$ mA
300	-3	3,0	$4,8 - 3,0 = 1,8$ mA
300	-4	1,6	$3,0 - 1,6 = 1,4$ mA
300	-5	0,6	$1,6 - 0,6 = 1,0$ mA

Les résultats, ainsi obtenus montrent la relation non linéaire entre le courant anodique et les variations de la tension de grille et, en conséquence, laissent prévoir une source de distorsions. On peut donc affirmer, après cet examen, qu'une pentode montée en amplificatrice provoque une distorsion du signal plus importante qu'une

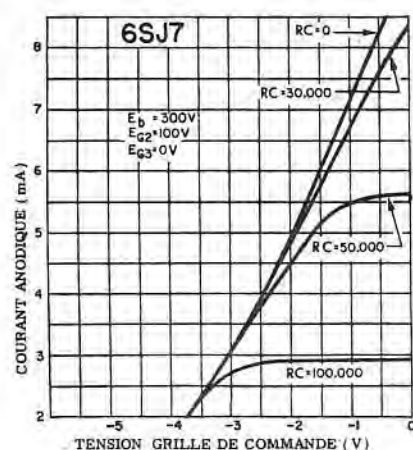


Fig. 8 - Courbes caractéristiques dynamiques d'une pentode. Contrairement à ce qui se produit dans le cas des triodes, la meilleure linéarité est obtenue pour des charges de faible valeur.

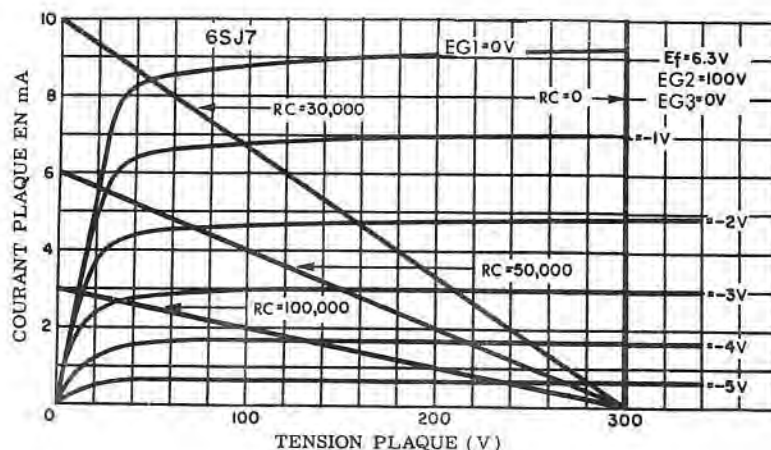


Fig. 9 - Ici sont représentés les réseaux correspondant d'une pentode. Plus forte est la charge, moins bonne est la linéarité.

triode. Toutefois, en choisissant convenablement les conditions de travail du tube, cette distorsion peut être maintenue dans des limites acceptables. Les avantages que l'on retire de l'emploi de pentodes dans certains étages des appareils électroniques, compensent largement les inconvénients d'une distorsion accrue et, c'est pour cette raison que ce type de tube électronique est si fréquemment utilisé.

Constantes des pentodes

Le coefficient d'amplification d'une pentode est très élevé; il atteint couramment 1 500 à 2 000 et certains types récents dépassent 5 000. Il est donc 100 fois plus grand que le coefficient d'amplification d'une triode et trois ou quatre fois supérieur à celui d'une tétrode. La raison de ce pouvoir d'amplification très élevé peut être expliquée graphiquement en calculant les valeurs de μ à partir des familles de courbes du courant anodique de la figure 7.

De même, la résistance de plaque d'une pentode est très grande; c'est ainsi, par exemple, que la résistance interne de la pentode 6SJ7 est de l'ordre de 1 mégohm, c'est-à-dire qu'elle est 100 fois plus grande que la résistance interne d'une triode. Cette valeur élevée de la résistance interne, aussi bien des tétrodes que des pentodes, permet leur utilisation dans des montages différents de ceux prévus pour les triodes. On notera, en particulier, que plus la polarisation de grille est élevée, plus grande est la résistance de plaque de la pentode, comme on peut le voir en examinant les courbes caractéristiques.

Certains types de pentodes, appelés **pentodes de puissance**, sont conçus de telle sorte que leur résistance intérieure soit moins grande que celle des pentodes de type courant; mais, même dans ces types, R_p est plusieurs fois plus grande que la résistance interne des triodes prévues pour le même usage.

La conductance mutuelle, ou la pente, des pentodes de puissance est, toutefois, du même ordre que celle des triodes destinées aux mêmes applications. D'une manière générale, malgré leur coefficient d'amplifica-

tion élevé, les pentodes ont une conductance mutuelle comparable à celle des triodes et des tétrodes. Ceci est dû à la valeur très élevée de leur résistance interne et c'est également pour cette raison que le rapport entre la variation du courant anodique et la tension de la grille de commande reste très faible.

Caractéristiques dynamiques des pentodes

La figure 8 illustre le comportement dynamique d'une pentode type 6SJ7, alimentée sous une tension plaque E_b de 300 volts, avec $E_{g2} = 100$ volts, $E_{g3} = 0$ volts. Les droites de charge sont tracées pour $R_c = 0$ ohms, 30 000 ohms, 50 000 ohms et 100 000 ohms.

Au cours de l'étude du fonctionnement dynamique d'une triode, nous avons indiqué qu'il était nécessaire d'utiliser la lampe dans la partie rectiligne de sa courbe caractéristique; il s'agit là d'une condition essentielle pour obtenir une amplification sans distorsion. Nous avons également constaté que, plus la résistance de charge R_c est élevée, plus grande est la fidélité avec laquelle le courant anodique suit les variations de la tension de la grille de commande. La figure 8 montre que dans le cas d'une pentode, les choses se passent exactement de la manière opposée.

En effet plus R_c est de valeur élevée, moins les courbes sont rectilignes. Il est évident que celle qui correspond à $R_c = 30\,000$ ohms apparaît comme étant pratiquement la plus satisfaisante, mais elle n'est pas linéaire sur toute sa longueur. En augmentant la valeur de R_c , la non-linéarité augmente rapidement.

Les raisons de cette non-linéarité sont parfaitement compréhensibles lorsqu'on étudie la figure 9, qui représente une famille de courbes caractéristiques sur laquelle sont tracées les droites de charge correspondantes aux diverses valeurs de R_c . Ces droites de charges peuvent être dessinées très simplement, sur les courbes caractéristiques tension plaque, en joignant deux points situés, l'un sur l'axe vertical (courant anodique) et l'autre sur l'axe horizontal (tension anodique).

Le point situé sur l'axe vertical est déterminé de la manière suivante. La loi d'Ohm nous apprend que $I_b =$

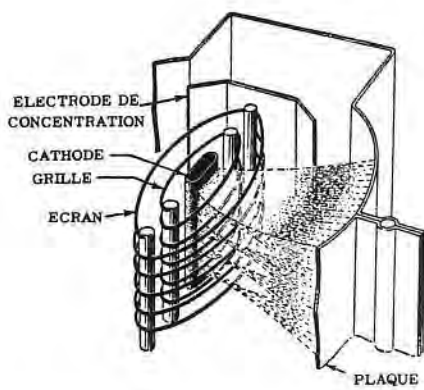


Fig. 10 - Détails de construction d'un tube à faisceau électronique. On remarque la concentration du flux électronique obtenu par les électrodes spéciales.

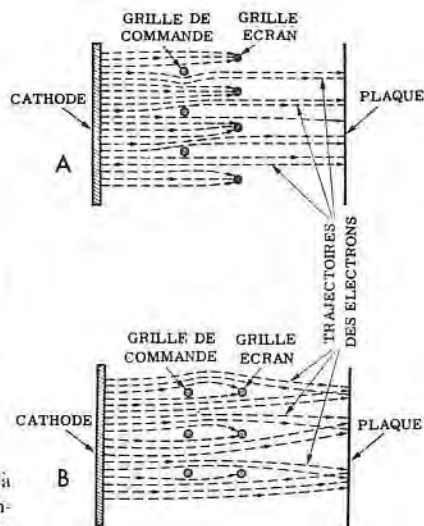


Fig. 11 - La disposition différente des grilles de commande et des écrans dans une tétrode (A) et dans une tube à faisceau électronique entraîne une répartition différente des courants plaque et écran.

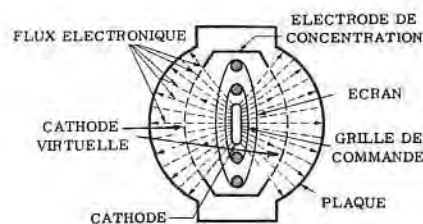


Fig. 12 - Tube à faisceau électronique, coupe vue du sommet de l'ampoule.

$E_b : R_c$, c'est-à-dire que l'intensité du courant anodique qui traverse R_c est égale au quotient de la tension à ses bornes par sa valeur ohmique. En conséquence, on peut, connaissant E_b et R_c , trouver sur l'axe vertical le point de départ de la droite de charge. Exemple: soit $E_b = 300$ volts et $R_c = 30\,000$ ohms; $I_b = 300 : 30\,000 = 0,010$ A = 10 mA, qui est le point de départ de la droite de charge $R_c = 30\,000 \Omega$, sur l'axe verticale.

Sur l'axe horizontal, le point de départ est le même pour toutes les droites de charge, quelle que soit la valeur de la résistance de charge R_c ; il est déterminé par la tension anodique, E_b , appliquée au tube (300 volts, dans notre cas).

Les droites de charge de la figure 9 coupent les courbes du courant plaque près du coude; il résulte un changement très faible de l'intensité lorsque l'on réduit la tension de polarisation de la grille de commande.

En réduisant la tension d'écran, E_{g2} , à un septième ou un dixième de la tension d'alimentation de la plaque, la pente de la courbe du courant plaque pour les faibles valeurs de la tension anodique devient très forte. Par exemple, avec une tension d'écran de 100 volts ($E_{g2} = 100$ V) et une tension sur la grille de commande $E_{g1} = 0$ V, le coude de la courbe du courant anodique est atteint pour une tension plaque de l'ordre de 40 volts (voir figure 9). Si l'on réduit la tension d'écran à 40 volts, le même point peut être atteint pour une tension plaque de 16 volts seulement. Ces mêmes résultats peuvent être obtenus pour toutes valeurs de la tension de polarisation de la grille de commande. Naturellement, la réduction de la tension d'écran entraîne une réduction du courant anodique, mais cela n'a qu'une importance secondaire au regard de l'amélioration des caractéristiques, ainsi obtenue, et des avantages que l'on peut en retirer.

LAMPES À FAISCEAU ELECTRONIQUE

Le tube à faisceau électronique réunit les avantages de la tétrode et de la pentode. Cette lampe se prête particulièrement bien à tous les emplois où une amplification de puissance est nécessaire: étages de sortie

des récepteurs et des amplificateurs, ainsi que certains étages des émetteurs.

Les performances exceptionnelles de ce type de tube ont pu être obtenues grâce à un système de concentration des électrons formant le courant plaque, en faisceau de charges mobiles. Dans les lampes courantes, les électrons du courant plaque se dirigent bien dans une direction déterminée, mais ils ne sont pas formés en faisceaux.

L'apparence extérieure de ce tube est semblable à celle des tétrodes et pentodes ordinaires; on note seulement une légère augmentation des dimensions, ce qui est parfaitement normal, étant donné que ces tubes à faisceaux, comme nous l'avons dit plus haut, sont spécialement destinés à fournir une puissance supérieure à celle que peuvent délivrer les autres lampes.

Les détails de construction d'un tube électronique à faisceau dirigé sont représentés sur la figure 10. Ce dessin ne peut, toutefois, faire apparaître une particularité extrêmement importante: la grille de commande et la grille-écran sont parfaitement alignées, leurs conducteurs sont dans le même plan. En d'autres termes, les électrons issus de la cathode qui se dirigent vers la plaque rencontrent, sur la même ligne, les deux obstacles formés par les deux grilles. Pour mieux illustrer cette particularité importante, reportons-nous à la figure 11. En A nous voyons comment les conducteurs constituant la grille de commande et la grille-écran d'une tétrode classique, agissent sur le flux électronique. Dans ce cas, les fils de la grille-écran sont intercalés dans les espaces laissés vides par les fils de la grille de commande; en conséquence, les électrons qui passent à travers la grille de commande sont partiellement déviés et une certaine quantité d'entre eux sont captés par la grille-écran. Ceci produit un courant d'écran qui limite l'intensité du courant anodique.

En B les résultats sont différents: du fait de l'alignement des mailles des deux grilles, l'écran intercepte moins d'électrons. En conséquence, le courant d'écran est plus faible dans une lampe à faisceau électronique que dans les pentodes et tétrodes ordinaires. Un plus grand nombre d'électrons atteignent la plaque, d'où un

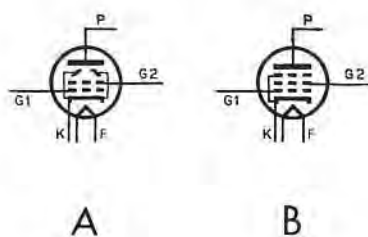


Fig. 13 - Symboles schématiques d'une tube électronique, à électrodes de concentration (A) ou à grille de suppression (B). Le symbole en B est analogue à celui d'une pentode commune.

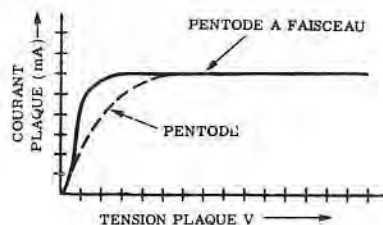


Fig. 14 - Caractéristiques comparées d'une pentode et d'un tube à faisceau électronique. Dans ce dernier, le courant plaque est beaucoup plus indépendant de la valeur de la tension plaque, d'où possibilité d'excursion plus étendue du potentiel de la grille de commande et plus faible distorsion.

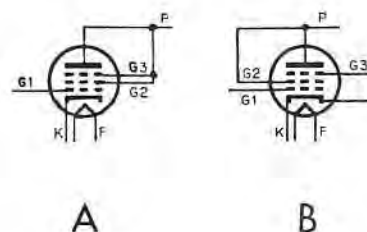


Fig. 15 - Les pentodes peuvent, également, être montées en triodes: en A, en reliant la grille-écran et la grille de suppression à la plaque; en B, en reliant seulement l'écran à la plaque, tandis que la grille de suppression est reliée à la cathode.

courant anodique plus important.

Tous ces effets, qui sont une conséquence du type de construction illustré sur la figure 11-B, ont pour résultat de donner un tube électronique dans lequel la plaque et la grille de commande sont isolées, du point de vue électronique, l'une par rapport à l'autre; le courant plaque est élevé, la résistance interne relativement faible et une puissance modulée importante peut être obtenue avec peu de distorsions. Les électrodes de concentration du faisceau électronique (figure 10) agissent sur les électrons, après que ceux-ci ont traversé la grille-écran, et les concentrent en un étroit faisceau dirigé sur la plaque. Ces électrodes de concentration sont reliées à la cathode, à l'intérieur de l'ampoule, et sont donc au même potentiel que celle-ci.

En raison du fait que les électrodes des concentration sont au potentiel de la cathode, un effet équivalent à une charge spatiale se développe entre l'écran et la plaque. Cet effet produit le même résultat qu'une électrode imaginaire (ligne en traits discontinus reliant les bords des électrodes de concentration, sur la figure 12) qui serait située entre la plaque et l'écran: elle a reçu le nom de **cathode virtuelle**. Cette charge d'espace repousse les électrons secondaires émis par la plaque et les empêche d'atteindre l'écran. La figure 12 représente la coupe d'un tube à faisceau électronique vue du sommet de l'ampoule.

Dans certaines lampes, l'effet de cathode virtuelle est obtenu en employant une troisième grille, au lieu des électrodes de concentration du faisceau. Les résultats sont identiques dans ces deux versions. Pour distinguer les deux types de construction, on a adopté deux symboles schématiques distincts (figure 13). Le dessin reproduit en A représente une lampe de puissance avec électrodes de concentration, tandis que celui en B symbolise la seconde version, dans laquelle une grille remplace les électrodes de concentration. Comme on le remarquera, il n'y a aucune différence entre le symbole de la figure 13-B et celui représentant une pentode ordinaire (figure 5-B).

La figure 14 permet de se livrer à une utile com-

paraison entre les caractéristiques courant anodique-tension anodique d'une pentode ordinaire et d'un tube à faisceaux dirigés. On notera l'augmentation rapide du courant anodique dans la lampe à faisceau électronique (courbe en trait continu), en comparaison de l'augmentation beaucoup plus lente dans le cas d'une pentode ordinaire (ligne en traits discontinus), qui est une caractéristique importante en ce qui concerne la puissance utilisable et la distorsion. En effet, la courbe en trait plein (tétrode à faisceaux dirigés), montre que la zone à l'intérieur de laquelle le courant plaque dépend étroitement de la tension plaque est beaucoup plus limitée que celle de la courbe en traits discontinus (pentode ordinaire); le courant plaque devient indépendant de la tension plaque, même pour des tensions très faibles.

Cette caractéristique est extrêmement importante car elle confère au tube de puissance à faisceaux dirigés la possibilité de délivrer les puissances élevées sous des tensions anodiques plus faibles que celles qui seraient nécessaires pour une pentode ordinaire. En outre, la lampe à faisceaux produit moins de distorsions qu'une pentode classique, car elle permet une plus grande excursion du potentiel alternatif de grille et des variations plus importantes du courant anodique.

PENTODES UTILISEES EN TRIODES

Divers types de pentodes sont étudiés et construits en vue de leur utilisation éventuelle en triodes; dans ce cas, des indications spéciales sont mentionnées sur les notices d'utilisation de ces tubes. D'une manière générale, la pentode, lorsqu'elle est employée en triode, perd ses caractéristiques propres; elle acquiert, alors, les caractéristiques générales des triodes, telles que nous les avons étudiées dans la 46ème Leçon.

Le montage en triode peut être réalisé de diverses manières. La figure 15 (A et B) montre les deux plus courantes. Comme on le voit, en A la grille-écran et la grille de suppression sont reliées à la plaque; en B, la grille de suppression est reliée à la cathode tandis que l'écran est relié à la plaque.

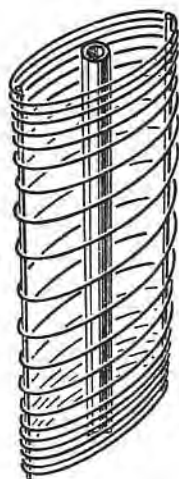
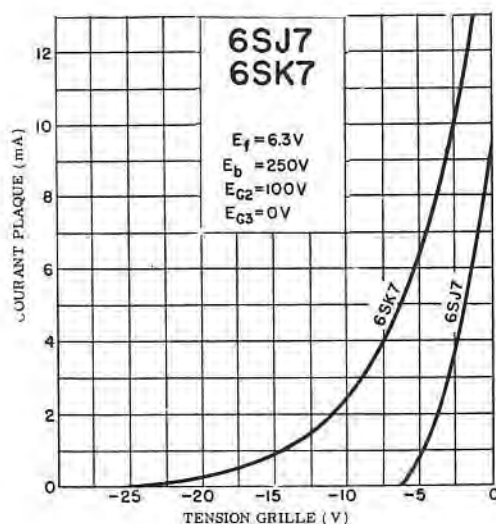


Fig. 16 - Détail de construction de la grille de commande d'une lampe à pente variable. Les spires sont écartées au centre et resserrées aux extrémités.

Fig. 17 - Comparaison entre les caractéristiques d'une pentode à pente fixe (6SJ7) et celles d'une pentode à pente variable (6SK7). Cette dernière admet une tension de grille plus élevée et sa pente varie moins rapidement.



LAMPES à PENTE VARIABLE

Nous avons vu, que la pente (ou conductance mutuelle) d'une lampe et, le coefficient d'amplification qui lui est intimement lié, est fonction de la géométrie interne du tube, c'est-à-dire de la forme, de la structure et de la position mécanique des électrodes. Bien que dans certaines conditions d'emploi, de légères différences puissent être relevées, on peut pratiquement considérer comme constants la pente et le coefficient d'amplification d'une lampe donnée. Pour cette raison, pour chaque type de lampe, on indique une seule valeur de ces caractéristiques que l'on présume constantes.

Le coefficient d'amplification d'une lampe exprime la relation entre le point d'annulation du courant plaque et la tension négative de grille, lorsque la tension plaque reste fixe. En d'autres termes, quand le signal d'entrée, e_g , est rendu suffisamment négatif, le courant plaque, i_p , tombe à zéro et la tension d'alimentation plaque, E_b , est égale à e_p .

Les lampes à coefficient d'amplification élevé, comme les tétrodes et les pentodes, atteignent le point de suppression du courant plaque pour des tensions négatives de grille très faibles. Par contre, les lampes à faible coefficient d'amplification (ou pente), nécessitent des tensions négatives de grille plus élevées pour atteindre ce même point.

Les relations ci-dessous, existant entre le courant anodique et la tension de polarisation de la grille de commande, et, par voie de conséquence, le coefficient d'amplification, μ , et la pente, S , sont déterminées par le type de construction du tube électronique lui-même. Tout ceci est dû au fait que l'espacement entre les spires du fil constituant la grille est uniforme tout au long de celle-ci et que, par suite, en appliquant une tension sur la grille de commande, on obtient le même effet, sur les électrons du courant plaque, tout au long du conducteur constituant la grille.

Une lampe à pente fixe, particulièrement dans le cas de pentodes ou tétrodes ayant un coefficient d'amplification élevé, pose certains problèmes d'utilisation. C'est ainsi que, dans les récepteurs de radio, on se

trouve très souvent en présence de signaux de forte amplitude que l'on doit pouvoir amplifier et reproduire avec un minimum de distorsions. On fait alors appel à un type spécial de tube électronique, tétrode ou pentode, appelé **lampe à pente variable**, qui diffère des autres types par la structure spéciale de la grille de commande. En effet, dans ce type de lampe, les conducteurs constituant la grille ne sont pas espacés uniformément; les spires sont plus resserrées aux deux extrémités et plus espacées au centre (figure 16). Cette forme spéciale de la grille de commande permet de construire des tubes électroniques n'ayant pas une pente constante; elle varie en fonction de la valeur de la tension de polarisation, de la manière suivante.

Pour de faibles valeurs de la tension de polarisation, la grille de commande fonctionne de la manière habituelle. Mais, lorsque la tension négative de polarisation augmente, l'effet de contrôle des spires serrées, aux deux extrémités, devient prépondérant et le flux électronique s'annule dans ces deux zones. De même, la partie centrale de la grille limite également le flux des électrons, en raison de la polarisation accrue, mais, les spires étant plus espacées, un certain courant continue à passer vers l'écran et la plaque. La réduction du courant électronique se fait donc graduellement. Naturellement, si cela est nécessaire, on peut arriver à une tension négative de polarisation d'une valeur suffisante pour annuler complètement le courant anodique; toutefois, la tension négative nécessaire pour arriver à ce résultat doit être de trois à quatre fois supérieure à celle que l'on devrait appliquer à une lampe à pente fixe fonctionnant dans les mêmes conditions.

La courbe caractéristique, courant plaque — tension grille de commande, d'une lampe à pente variable, type 6SK7, est reproduite sur la figure 17, en même temps que la courbe correspondante d'une pentode à pente fixe, type 6SJ7, donnée à titre de comparaison.

Les tétrodes et pentodes à pente variable sont couramment utilisées dans les récepteurs de Radio et elles permettent de contrôler et de stabiliser le niveau des signaux en faisant varier la polarisation de leur grille de commande.

Leçon n° 50

STABILISATEURS DE TENSION

Un stabilisateur de tension est un dispositif qui maintient à une valeur constante la tension fournie par une alimentation, malgré les variations éventuelles de la tension du secteur ou de la charge. Les stabilisateurs, ou régulateurs, électroniques sont généralement utilisés à la sortie d'un redresseur de courant et font partie du circuit d'alimentation proprement dit.

Le stabilisateur par lui-même se comporte comme une résistance variable en série avec la charge et forme avec celle-ci, un diviseur de tension. La première branche de ce diviseur (formée par le stabilisateur) peut varier de manière à maintenir constante la d.d.p. aux bornes de la seconde (la charge). La **figure 1** en donne le schéma de principe: la résistance variable R et la charge constitue le diviseur de tension relié à la sortie du filtre du redresseur. Le courant absorbé par la charge provoque une chute de tension aux bornes de R . Si la tension de sortie, en provenance du filtre, augmente — en raison, soit de l'augmentation de la tension du secteur, soit de l'augmentation de la résistance de charge — la valeur de R doit également augmenter, ce qui entraîne une plus forte chute de tension à ses bornes, pour maintenir constante la tension appliquée à la charge. Réciproquement, R doit diminuer de valeur — pour les mêmes raisons — si la tension ou la charge viennent à diminuer.

En d'autres termes, si la tension mesurée par le voltmètre V augmente de valeur, R doit également devenir plus forte et vice-versa. C'est ce phénomène qui se produit automatiquement dans les systèmes stabilisateurs de tension. On voit donc que ces dispositifs sont essentiellement des répartiteurs de tension, comportant une partie fixe et une partie variable, cette résistance variable pouvant être réalisée de diverses manières, comme nous le verrons par la suite.

Régulateurs de courants Fer-Hydrogène

Un des régulateurs, parmi les plus simples, est constitué par un filament de Fer, enfermé dans une ampoule remplie d'Hydrogène et d'Hélium, c'est le régulateur Fer-Hydrogène.

Le montage de principe est illustré **figure 2**. La résistance du filament de fer dépend de la température à laquelle il est porté, donc de l'intensité du courant: c'est ainsi que si le courant augmente d'intensité, la température du filament devient plus élevée et sa résistance devient plus grande. C'est cette variation

de résistance, en fonction de l'intensité, qui permet de maintenir constante la tension aux bornes de la charge. Quand la tension de sortie du redresseur augmente, l'intensité du courant passant dans le circuit augmente également, ce qui a pour effet d'élever la température du filament et, par suite, sa résistance, d'où une chute de tension plus grande à ses bornes. Si la tension d'alimentation devient plus faible, le phénomène inverse se produit. Il en résulte que la tension aux bornes de la charge est maintenue à une valeur constante.

Il convient de noter que ce type de régulateur n'agit pas en cas de variations de la charge elle-même. En effet, si la résistance de charge diminue, tandis que la tension d'alimentation reste la même, le courant passant dans le tube Fer-Hydrogène augmente d'intensité, le filament devient plus résistant et la chute de tension à ses bornes augmente: dans ce cas, la tension appliquée à la charge diminue, au lieu de rester constante.

Bien que ce type de régulateur ait été utilisé parfois comme stabilisateur de tension, il est plus généralement employé en série dans le circuit de chauffage des filaments des lampes électroniques, dans le but de maintenir à une valeur constante **l'intensité du courant**, malgré les variations possibles de la tension d'alimentation.

Stabilisateur par tube à gaz

Les tubes à gaz, dont certains types sont appelés tubes au néon, possèdent la propriété d'offrir une résistance infinie au courant (circuit ouvert), tant que la tension appliquée aux électrodes n'atteint pas la valeur critique, dite tension d'ionisation du gaz contenu dans l'ampoule. Dès que cette tension est atteinte, le courant passe à travers le tube, avec une intensité d'autant plus grande que l'ionisation est plus forte.

L'ionisation étant proportionnelle à la tension appliquée, il est évident qu'à toute augmentation de celle-ci correspond une augmentation de l'intensité du courant qui le traverse.

La **figure 3-A** donne le schéma de principe d'un stabilisateur de tension à tube à gaz. Quand la tension appliquée aux électrodes est suffisante pour provoquer l'ionisation du gaz, le tube absorbe un courant d'intensité variable proportionnelle aux variations de tension. Quand le courant est important, l'ionisation est grande et la résistance interne du tube stabilisateur

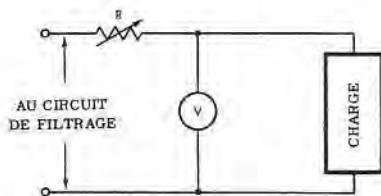


Fig. 1 - La résistance R et la charge forment un diviseur de tension; en faisant varier R , on peut faire en sorte que toutes variations, en plus ou en moins, de la tension de la source soient compensées: la tension indiquée par le voltmètre V est, alors, constante.

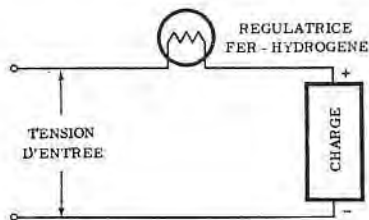


Fig. 2 - La résistance R est remplacée par une régulatrice Fer-Hydrogène dont la résistance est fonction de l'intensité du courant qui la traverse et qui s'oppose donc à toutes les variations de la tension d'entrée.

est faible. Réciproquement, une diminution du courant entraîne une augmentation de la résistance interne du tube. Le stabilisateur à gaz se comporte donc comme la résistance variable R de la figure 1; la chute de tension IR à ses bornes reste pratiquement constante pour toutes les valeurs de tension permises, c'est-à-dire depuis la tension minimum d'ionisation, jusqu'à la tension maximum de fonctionnement du tube.

On voit, sur le schéma de la figure 3-A, que le courant total du circuit (aussi bien celui absorbé par la charge, que celui passant dans le tube) traverse la résistance R ; si la tension d'alimentation diminue de valeur, la tension aux bornes du tube stabilisateur diminue également entraînant une diminution de l'ionisation d'où augmentation de sa résistance interne et, en conséquence, diminution de l'intensité du courant absorbé par le tube. Le courant total passant dans R diminue d'intensité, la chute de tension dans cette résistance devient moins grande, tandis que celle aux bornes du tube garde une valeur constante. On peut facilement en déduire que, grâce à la compensation fournie par le tube stabilisateur, la tension de sortie reste constante malgré les variations possibles soit de la charge, soit de la tension de l'alimentation.

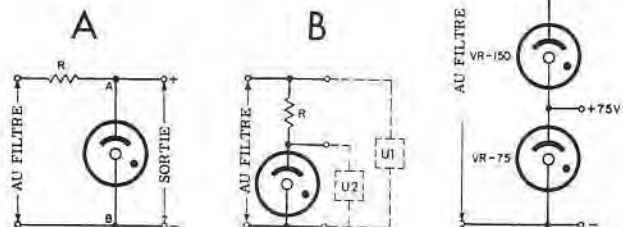
Les tubes à gaz des types VR75, VR105, VR150, etc... contiennent des gaz différents et fonctionnent sous des tensions variées; les lettres VR («voltage regulator») précisent la fonction de la lampe qui, consiste à «réguler» (à stabiliser) la tension, tandis que le nombre placé à la suite donne la tension de service maximum à ne pas dépasser.

Dans la figure 3-B, U_1 représente la tension de sortie du redresseur, non stabilisée, et U_2 une tension (plus faible) stabilisée par le tube. La figure 3-C schématise un montage comportant trois tubes au néon montés en série, permettant d'obtenir des tensions stabilisées de valeurs différentes.

Stabilisateur à tube électroniques

Un tube électronique, une triode par exemple, peut être considéré comme une résistance variable. Quand il laisse passer le courant, sa résistance peut être

Fig. 3 - Utilisation de tubes à gaz. En A, tension stabilisée par le tube à gaz, dans lequel passe un courant dont l'intensité est fonction de la tension à ses bornes. En B, tension stabilisée et tension non-stabilisée. En C, deux tensions stabilisées.



exprimée par le rapport entre la tension, ou d.d.p., entre cathode et plaque et le courant anodique: ce courant a une intensité proportionnelle à la résistance interne du tube. Pour toute tension anodique donnée, la résistance interne dépend du courant anodique, lequel dépend, à son tour, de la tension appliquée à la troisième électrode, c'est-à-dire à la grille de commande, dont le rôle consiste à contrôler le courant électronique passant à travers ses mailles.

La résistance variable R de la figure 1 peut être remplacée par le tube électronique de la figure 4. Dans ce cas, la valeur de la résistance effective de V_1 dépend de la polarisation de sa grille. Quand la tension de sortie est appliquée à la charge, la cathode de la lampe est positive par rapport à la masse, la différence de potentiel étant égale à E_1 , et la grille est polarisée au moyen de la résistance variable R_2 de telle sorte que le courant ait l'intensité désirée. Ce réglage permet donc de maintenir la tension appliquée à la charge à une valeur déterminée. Etant donné que la cathode du tube est portée à un potentiel positif, la grille doit recevoir un potentiel légèrement inférieur; dans ces conditions, la grille, étant négative par rapport à la cathode, peut contrôler l'émission électronique en repoussant une partie plus ou moins importante des électrons émis par la cathode.

Si la tension d'entrée fournie par l'alimentation augmente, la tension de la cathode tend également à augmenter, tandis que la tension de polarisation fournie par une pile demeure constante. Il s'ensuit une augmentation de la polarisation de la grille par rapport à la cathode: le courant diminue et la résistance interne du tube augmente, provoquant une chute de tension plus forte entre cathode et plaque, et la tension de sortie reste constante.

Si le montage est correctement réalisé, la compensation est telle qu'elle annule ou, tout au moins, rend négligeable, les éventuelles variations de la tension d'entrée ou de la résistance de charge. En fait, si cette dernière vient à diminuer de valeur, entraînant une augmentation de l'intensité du courant absorbé, la tension de sortie tend également à diminuer.

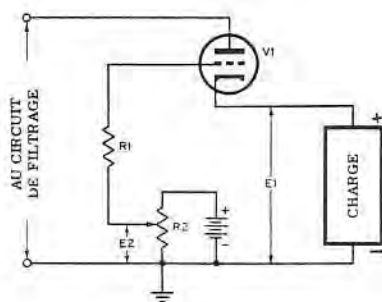


Fig. 4 - La résistance R de la figure 1 peut être remplacée par une lampe dont la résistance plaque-cathode dépend de la tension de polarisation de grille.

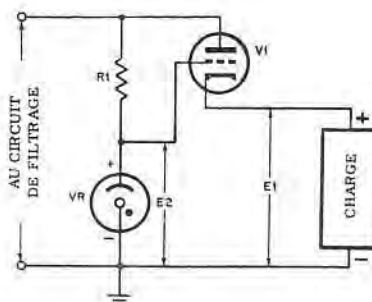


Fig. 5 - Pour maintenir le potentiel de grille à une valeur constante, tout en supprimant la pile de la figure précédente on peut employer un tube à gaz.

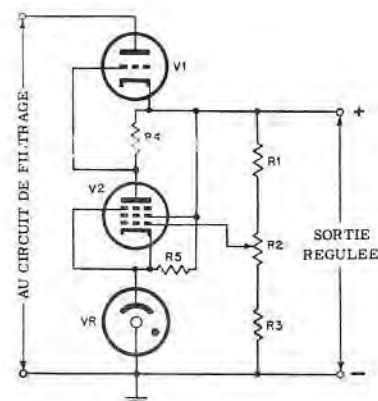


Fig. 6 - Dispositif de stabilisation perfectionné.

Cela produit une diminution de la tension de cathode, ce qui a pour effet de réduire la polarisation de grille: la résistance interne devient plus faible et la tension de sortie augmente, compensant ainsi la réduction de la tension initiale.

La résistance R_1 limite le courant grille quand la haute tension d'entrée vient à être interrompue; dans ce cas, en effet, la grille, polarisée par la pile, devient positive par rapport à la cathode et tous les électrons émis par cette dernière sont attirés par la grille (la plaque n'étant plus alimentée) ce qui aurait pour effet, en cas de non limitation du courant, de détériorer le tube. La pile peut être remplacée par un tube à gaz (tube au néon, par exemple) suivant le schéma de la figure 5, qui a pour effet de maintenir la grille de commande à un potentiel constant. Le fonctionnement est le même que celui du montage précédent (figure 4), la tension de grille étant maintenue à une valeur constante, égale à la chute de tension aux bornes de VR.

Stabilisateur de tension perfectionné

Le montage de la figure 6 constitue un perfectionnement des circuits déjà étudiés. Il permet d'obtenir une stabilisation presque parfaite, grâce à la forte amplification fournie par la pentode V_2 , laquelle augmente la sensibilité de l'ensemble pour les faibles variations de tension. La tension stabilisée est ainsi pratiquement indépendante des variations de la tension d'entrée et de la résistance de charge.

La tension de sortie est recueillie aux bornes de l'ensemble série formé par les résistances R_1 , R_2 et R_3 . Celles-ci forment une partie d'un diviseur de tension dont l'autre partie est constituée par la résistance interne (entre anode et cathode) de V_1 , à travers laquelle passe tout le courant. Tous les autres éléments du montage ont pour fonction de contrôler la résistance interne de V_1 afin de maintenir constante la tension de sortie.

La tension présente sur la cathode de V_1 est appliquée à la plaque de la pentode V_2 à travers R_4 . La cathode de V_2 est maintenue à un potentiel po-

sitif constant par le tube au néon VR. L'intensité du courant passant dans R_4 , et la chute de tension à ses bornes, sont déterminées par la valeur de la polarisation de la grille de commande de V_2 . Cette tension est obtenue au moyen du diviseur R_1 , R_2 , R_3 et sa valeur convenable peut être ajustée au moyen du potentiomètre R_2 . Ce dernier est réglé de telle sorte que la polarisation appliquée à la grille de V_2 permette le passage, à travers la lampe, de l'intensité de courant requise. R_4 est relié entre la grille et la cathode de V_1 ; le courant qui y passe développe une chute de tension constituant la polarisation de V_1 . En conséquence, la position du curseur de R_2 commande l'intensité du courant passant dans cette lampe et agit sur sa résistance interne pour régler la tension de sortie à la valeur désirée.

Si la tension appliquée à la charge tend à augmenter — à la suite, soit d'une augmentation de la tension d'entrée, soit d'une augmentation de la résistance de charge —, la polarisation de la grille de V_2 diminue. Dans ce cas — en effet — la tension aux bornes de R_2 devient plus positive alors que le potentiel de la cathode de V_2 reste pratiquement constant grâce à l'action du tube stabilisateur VR. Dans ces conditions, V_2 laisse passer un courant de plus forte intensité qui, traversant R_4 détermine, à ses bornes, une chute de tension plus importante. Or c'est cette chute de tension (aux bornes de R_4), qui, nous l'avons vu, constitue la polarisation de V_1 ; il en résulte que ce tube, plus fortement polarisé, voit son courant anodique diminuer, sa résistance interne augmenter; la chute de tension entre plaque et cathode augmente. La tension appliquée à la charge reste constante.

Le phénomène inverse se produit, évidemment, en cas de diminution de la tension d'entrée ou de la résistance de la charge.

La plaque de la lampe au néon (VR) est reliée au pôle positif de la sortie régulée à travers R_5 . Cette liaison est nécessaire pour obtenir l'ionisation du tube dès que la tension est appliquée à l'entrée du stabilisateur. R_5 fixe la tension d'amorçage du tube VR, et, de plus, limite l'intensité du courant qui le traverse.

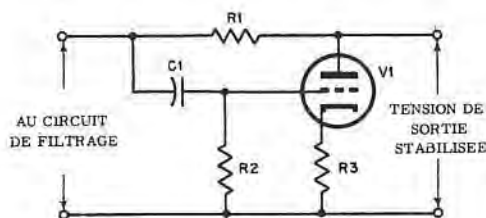


Fig. 7 - Schéma de principe d'un régulateur électronique. La triode, en parallèle sur la sortie, dissipe un courant dont l'intensité est fonction de la polarisation de sa grille; celle-ci est soumise aux fluctuations rapides de la tension d'entrée et la lampe en compense les effets.

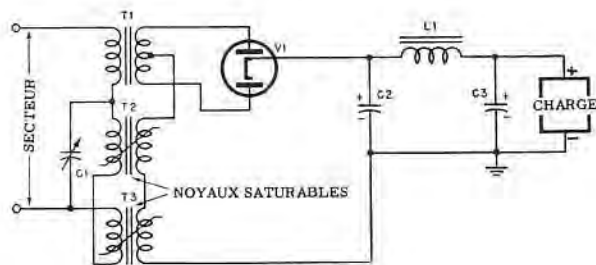


Fig. 8 - Régulation de la tension au moyen des transformateurs (T_2 et T_3) à fer saturé. Ils agissent sur la tension appliquée au primaire du transformateur T_1 qui est le transformateur d'alimentation normal.

Etant donné que la totalité du courant absorbé par la charge doit passer dans V_1 , ce tube doit pouvoir tolérer une intensité anodique élevée. Il peut arriver d'ailleurs que, dans certains cas, une seule lampe soit insuffisante; on doit alors monter deux ou plusieurs tubes semblables en parallèle.

REGULATEURS DE TENSION

Malgré l'analogie entre les deux dispositifs, le régulateur de tension remplit une fonction légèrement différente de celle dévolue au stabilisateur de tension. En fait, le régulateur ne contrôle pas la tension de sortie, mais il supprime la composante alternative ou les fluctuations qui peuvent se superposer à la tension continue délivrée par l'alimentation.

Le schéma de la **figure 7** montre le montage de principe d'un régulateur à lampe. Le courant total provenant du filtre passe dans la résistance R_1 . Le tube électronique est branché en parallèle sur la sortie et absorbe un courant dont l'intensité dépend de la valeur de R_1 . La chute de tension aux bornes de cette résistance fournit la polarisation de la grille de commande et fixe — en conséquence — le point de fonctionnement du tube. Toute composante alternative présente aux bornes du circuit passe — nous le savons — par le chemin présentant la plus faible impédance, constitué dans ce cas par C_1 , et la lampe n'est pas influencée par elle. Par contre, les variations rapides et les transitoires atteignent la grille de V_1 et agissent de telle sorte que ce tube débite un courant plus fort. Celui-ci augmente la chute de tension aux bornes de la résistance R_1 ce qui neutralise la surtension provoquée par la fluctuation qui se superpose au courant continu. Dans un tel cas, la tension de sortie garde une valeur relativement constante.

Un processus analogue — mais en sens inverse — se produit lorsque la polarité de la tension transitoire est négative. La chute de tension aux bornes de R_1 diminue alors, et la tension de sortie reste constante.

Régulateurs à fer saturé

Quand un courant parcourant une inductance ou un transformateur augmente d'intensité, l'intensité du

champ magnétique augmente également, jusqu'à un point critique qu'il ne peut dépasser en raison de la perméabilité limitée du noyau. A ce point, se produit la « saturation » du noyau et le champ magnétique garde une intensité constante. Une augmentation ultérieure de l'intensité du courant traversant l'enroulement à un effet minime, le noyau étant saturé, et l'impédance de la bobine faible. Ce phénomène de saturation, que nous avons étudié en son temps, peut être mis à profit pour réaliser un régulateur de tension.

La **figure 8** représente un des circuits, parmi les plus simples, permettant d'obtenir une tension régulée au moyen d'un transformateur à fer saturé. Le transformateur d'alimentation est désigné par T_1 ; les transformateurs T_2 et T_3 sont, par contre, les transformateurs régulateurs à fer saturé. Aux bornes des primaires de T_2 et de T_3 est branchée une capacité variable C_1 , qui forme un circuit accordé. Ce circuit accordé est branché en série avec le primaire du transformateur d'alimentation T_1 , et l'ensemble se trouve être relié au réseau alternatif. De ce fait, seule une partie de la tension du réseau est appliquée aux bornes de T_1 , tandis que l'autre partie se présente sous forme d'une chute de tension aux bornes du circuit accordé. Les primaires de T_2 et de T_3 sont reliés entre eux de telle sorte que les tensions étant reliées en série dans le sens convenable, la tension « somme » est nulle. Ceci a pour but d'éviter l'introduction dans le transformateur d'alimentation des variations de courant alternatif. Le secondaire de T_1 comporte une prise médiane (pour le redressement des deux alternances) qui est reliée aux secondaires de T_2 et de T_3 .

Ce circuit permet d'éviter toute diminution de la tension continue de sortie qui pourrait survenir par suite d'une augmentation du débit dans la charge. En effet, les secondaires de T_2 et de T_3 étant reliés en série avec la charge, toute augmentation du débit dans celle-ci correspond à une augmentation de l'intensité du courant passant dans les secondaires eux-mêmes. Cette surintensité amène les noyaux des transformateurs au point de saturation, ce qui a pour effet de diminuer la réactance inductive des primaires. Etant

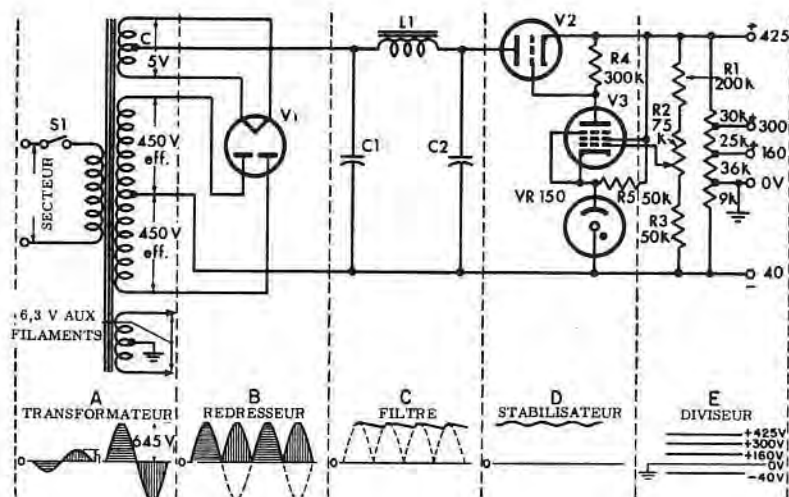


Fig. 9 - Alimentation complète avec tensions de sortie réglées et stabilisées. Le circuit stabilisateur est identique à celui de la figure 6. Dans le bas de la figure sont représentées les formes d'ondes des tensions dans les diverses sections. Une alimentation de ce type, mais plus complète, est décrite dans une prochaine leçon.

donné que la réactance inductive est directement proportionnelle à l'inductance, la self-induction du circuit accordé diminue et sa fréquence de résonance devient plus élevée. Cette augmentation a pour résultat pratique de diminuer l'impédance du circuit accordé. Il s'ensuit que la chute de tension aux bornes du circuit accordé devient moins forte et qu'une tension plus grande est appliquée au primaire de T_1 . L'alimentation fournit donc une tension plus élevée qui compense la chute de tension provoquée par l'augmentation du débit dans la charge. En faisant varier la tension au primaire du transformateur T_1 , et, du même coup, la tension continue redressée; c'est ainsi que la tension de sortie peut être ajustée à la valeur désirée en faisant C_1 variable.

REGULATION PAR AUTO-TRANSFORMATEUR

En disposant un auto-transformateur à l'entrée d'une alimentation, on a la possibilité de régler la tension appliquée à une valeur inférieure ou supérieure, selon les besoins. Naturellement, pour pouvoir compenser même de légères variations, l'autotransformateur doit être conçu pour pouvoir être manoeuvré commodément par l'opérateur (en effet, le fonctionnement n'est pas automatique, mais manuel).

Des dispositifs de ce genre se trouvent couramment dans le commerce (même pour des puissances supérieures au kilowatt) et nous citerons particulièrement les modèles à variation continue du type « Variac ». Ceux-ci comportent un curseur, solidaire d'un volant de commande, qui, en frottant sur les spires du transformateur, permet une variation continue de la tension, depuis zéro jusqu'au maximum prévu pour le type déterminé.

Une variante, plus économique, du système cité ci-dessus, est constituée par un autotransformateur comportant de nombreuses prises intermédiaires; le fonctionnement est identique, mais la variation n'est pas continue, elle se fait par bonds. Chaque prise est reliée à un plot d'un contacteur, et un curseur solidaire du bouton de commande permet de choisir la prise désirée.

Si la tension alternative, appliquée au primaire du transformateur d'alimentation de l'appareil qui doit être alimenté sous une tension constante, vient à diminuer ou à augmenter, (ce que l'on constate au moyen d'un voltmètre branché sur le primaire), l'autotransformateur peut être réglé pour augmenter, ou diminuer, cette tension et la ramener à la valeur requise.

On trouve également certains modèles spéciaux dans lesquels les communications nécessaires se font automatiquement au moyen de dispositifs électro-mécaniques (relais) qui, étant, convenablement calibrés, effectuent les communications nécessaires sans aucune intervention de la part de l'opérateur.

ALIMENTATION STABILISEE

La figure 9 illustre le circuit d'une alimentation fournissant une tension anodique (et diverses tensions intermédiaires) régulée et stabilisée. Elle comprend un redresseur à deux alternances, un filtre, un circuit électronique de stabilisation et un diviseur de tension. Cet ensemble est classique et, s'il est nécessaire de prévoir un filtrage plus poussé, il est possible d'ajouter d'autres cellules de filtrage après C_2 . Les valeurs des composants du filtre peuvent différer de celles indiquées sur le schéma sans altérer en aucune façon le fonctionnement du circuit.

Revenons à la figure 9: nous voyons que le primaire du transformateur est alimenté à la tension du réseau électrique. Ce transformateur comporte trois secondaires, dont deux à basse tension (pour le chauffage du filament de la valve redresseuse et pour le chauffage des filaments des autres tubes électroniques incorporés à l'appareil à alimenter) et un à haute tension. Ce dernier fournit une tension de 1200 volts (crête) correspondant à une tension efficace de 900 volts. La prise médiane divise la haute tension en deux parties, de 450 volts efficaces chacune. Cette prise médiane constitue le pôle négatif de la tension redressée par la valve V_1 . Le pôle positif, par contre, est la prise médiane de l'enroulement de chauffage de V_1 . Celle-ci agit de telle sorte que le courant passant dans

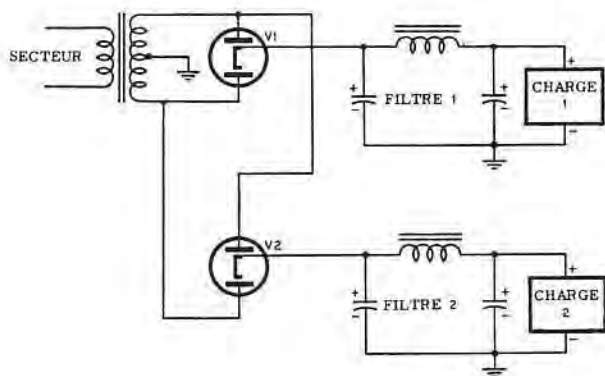


Fig. 10 - Deux alimentations séparées peuvent être réalisées avec un seul transformateur.

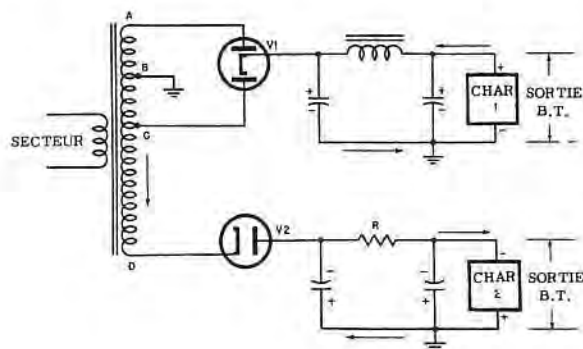


Fig. 11 - Autre montage d'alimentations séparées avec transformateur commun.

les deux sections de la double diode se divise en parts égales entre les deux moitiés du filament.

Le fonctionnement est le suivant: lorsque l'interrupteur S_1 est fermé, la tension du réseau est appliquée au primaire du transformateur (voir la forme d'onde représentée en A), au secondaire haute tension, on recueille une tension alternative plus élevée (amplitude plus grande). Cette tension est appliquée aux plaques de la valve redresseuse et nous ne nous étendrons pas sur le fonctionnement de celle-ci que nous avons longuement étudié dans les chapitres précédents et que nos lecteurs connaissent bien. A la sortie de cet étage (c'est-à-dire aux bornes de C_1), nous trouvons une tension continue redressée (ondulée) comme illustré en B. Cette tension est appliquée à un filtre, constitué par C_1 , L_1 , et C_2 , qui transforme la tension redressée en une tension continue légèrement ondulée (courbe C). La charge et la décharge des condensateurs a pour effet — nous le savons — de niveler la tension et le rôle de L_1 a été expliqué plus haut. Le circuit stabilisateur de tension a pour effet de maintenir à une valeur constante, malgré les variations de la tension du secteur ou de l'intensité du courant absorbé par la charge, la tension de sortie. La triode V_2 est en série avec le circuit de sortie; la résistance R_4 , la pentode V_3 et le tube au néon VR150 sont reliés en série entre eux; VR a pour effet de maintenir la cathode de V_3 à un potentiel constant par rapport à la masse. La position du curseur du potentiomètre R_2 fixe la polarisation de V_2 et, par suite, sa résistance interne.

Ce circuit stabilisateur a pour effet de maintenir une tension constante, de valeur déterminée, aux bornes du diviseur de tension.

En effet, lorsque la charge absorbe une intensité plus forte, la tension fournie par l'alimentation tend à diminuer. De ce fait, la polarisation négative de la grille de commande de V_3 augmente et, en conséquence, l'intensité de son courant anodique diminue. Cette diminution du courant passant dans R_4 réduit à son tour la polarisation de la grille de V_2 et — en définitive

— entraîne une diminution de sa résistance interne. La chute de tension aux bornes de ce tube devient moins grande et la tension de sortie augmente.

Si le circuit est convenablement calculé, la diminution de la chute de tension dans V_2 est suffisante pour compenser la réduction de la tension de sortie et la tension disponible aux bornes de la charge demeure constante. Une action identique, mais en sens contraire, se produit lorsque la tension augmente. La forme d'onde du courant traversant le stabilisateur est représentée en D.

Le diviseur de tension, constitué par les résistances branchées aux bornes de sortie de l'alimentation, remplit trois fonctions. Tout d'abord, il constitue un dispositif de sécurité dont le rôle est de décharger les condensateurs lorsque le courant d'alimentation est coupé. Il fonctionne également comme résistance de charge ayant pour effet de protéger les composants de l'alimentation en l'absence de charge proprement dite, et contribue de ce fait à la régulation de la tension de sortie. Enfin, en tant que diviseur de tension, il permet de disposer à ses diverses prises de tensions de différentes valeurs. Le diviseur de tension peut être relié à la masse, par son extrémité inférieure ou en tout autre point de sa chaîne; dans ce dernier cas, on pourra disposer d'une ou de plusieurs tensions négatives par rapport à la masse. Comme le montre la figure 9, trois tensions positives (160, 300 et 425 volts) et une tension négative (—40 volts) sont fournies par cette alimentation stabilisée.

Alimentations combinées

Plusieurs alimentations, fonctionnant à partir d'un transformateur unique mais indépendantes les unes des autres, peuvent être réunies en un même ensemble. Des alimentations de ce genre sont employées dans certains cas où, pour satisfaire à des impératifs techniques, des sources indépendantes de tensions sont nécessaires. Les tensions de sortie peuvent être de même polarité, ou de polarités opposées. Les tensions four-

Fig. 12 - Trois alimentations séparées réunies dans un même ensemble. L'une fournit 4 500 volts, une autre 300 volts et la dernière 270 volts régulés.

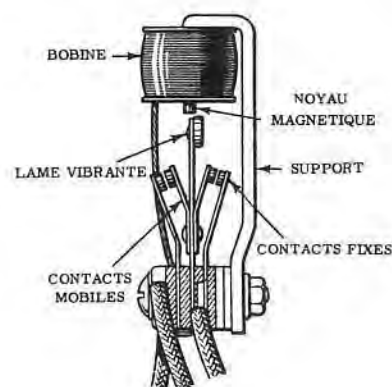
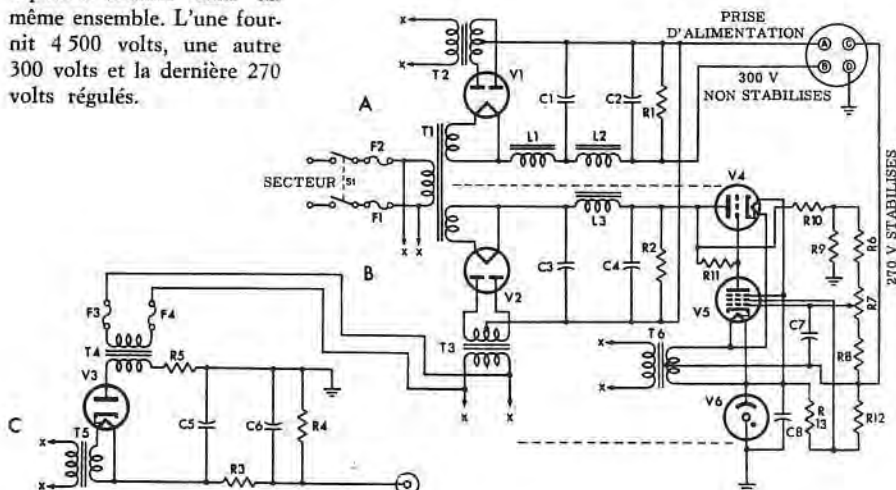


Fig. 13 - Vibreur électro-magnétique; constitution et détail des divers éléments.

nies peuvent être égales ou différentes entre elles. A l'exception du transformateur d'alimentation, il est évidemment nécessaire de prévoir des éléments distincts pour les circuits de redressement et de filtrage. Il est enfin, possible d'employer un transformateur standard, toutefois ce dernier devra être susceptible de satisfaire aux exigences des différents circuits d'utilisation.

Généralement dans ce cas, le transformateur comporte soit des enroulements séparés (pour le chauffage des filaments des valves), soit des prises sur le secondaire haute tension, suivant les besoins.

La figure 10 donne le schéma d'une combinaison de deux alimentations séparées, à partir d'un même transformateur. La prise médiane du secondaire haute tension permet le redressement des deux alternances. Les tensions redressées, recueillies sur les cathodes des deux valves, sont transmises à des circuits de filtrage distincts, de caractéristiques différentes (si besoin est). Ces deux tensions sont de même polarité (positive) par rapport à la masse et sont sensiblement égales entre-elles. Les deux valves ayant leurs plaques branchées en parallèle ont un fonctionnement identique.

Un second exemple, parmi les combinaisons possibles, est fourni par la **figure 11**. Dans ce montage, V_1 fournit à la charge «1» une tension positive, par rapport à la masse qui est constituée par la prise médiane (point B) de l'enroulement AC du transformateur. L'autre section, de cette double alimentation, fournit à la charge «2» une Haute Tension négative par rapport à la masse. Le secondaire du transformateur d'alimentation comporte un seul enroulement à prises multiples. La prise B est commune aux deux circuits et est reliée à la masse. Elle constitue le pôle négatif pour la tension la plus faible et le pôle positif pour la tension la plus élevée. A et C — toujours sur le même enroulement — sont reliées aux plaques de la valve redresseuse V_1 et fournissent les deux tensions de phases opposées nécessaires au redressement des deux alternances.

La partie du secondaire, comportant les trois prises A, B et C, fonctionne à la manière du secondaire

d'un transformateur classique, à prise médiane, que nous avons rencontré dans les redresseurs habituels.

Si nous considérons, maintenant, l'autre section du transformateur, nous remarquons qu'il existe une tension entre les points B et D. L'amplitude de cette tension est fonction du rapport entre les spires du primaire et celles du secondaire. Cet enroulement fournit une tension plus élevée à la valve V_2 , qui est absolument indépendante de celle fournie à V_1 . Le fait que le point B soit commun, et négatif pour la tension la plus basse, n'a aucun effet sur la polarité de la tension fournie par l'autre section. En fait, le point B étant relié à la masse peut avoir n'importe quelle polarité.

La partie de l'enroulement compris entre B et D fournit à la valve V_2 la tension à redresser et celle-ci, étant monoplaque, ne redresse qu'une seule alternance du courant alternatif. La cellule de filtrage, formée par la résistance R et les deux condensateurs, dont les pôles positifs sont reliés à la masse, nivelle la tension destinée à la charge « 2 ».

C'est ainsi que les deux alimentations fonctionnent indépendamment l'une de l'autre et permettent de disposer de deux tensions de valeurs et de polarités différentes. Les tensions, nous le savons, dépendent du rapport des spires primaires et secondaires; la polarité, par contre, dépend uniquement du montage employé. En effet, si, par exemple, la valve V_2 était inversée, c'est-à-dire si sa plaque était reliée au point D et sa cathode au premier condensateur de la cellule filtre, la polarité de la tension appliquée à la charge « 2 » serait renversée; en d'autres termes, le point B serait également négatif pour la tension la plus élevée. Il conviendrait, alors, d'inverser également le sens de branchement des condensateurs du filtre.

Utilisation des alimentations combinées

La possibilité qui nous est donnée de combiner plusieurs circuits d'alimentation, permet de réaliser divers types d'alimentations plus ou moins complexes.

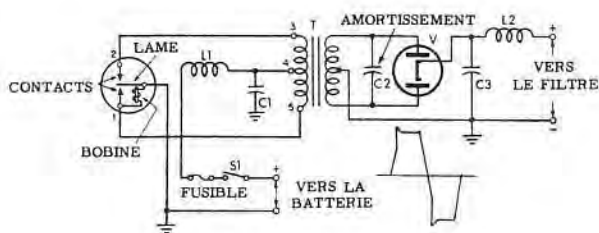


Fig. 14 - Alimentation utilisant un vibreur qui transforme le courant continu d'une batterie à basse tension en un courant alternatif dont la tension est élevée au moyen du transformateur T et redressée par la valve V. On obtient, à la sortie, une haute tension continue.

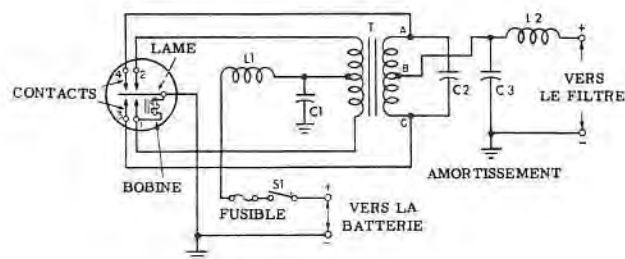


Fig. 15 - On peut obtenir les mêmes résultats (que ceux de la figure précédente) au moyen du montage ci-dessus. Comme on le voit, la valve a été remplacée par une paire de contacts (3 et 4) ajoutés au vibreur.

La figure 12 donne, justement, le schéma d'une alimentation permettant de faire fonctionner trois circuits sous des tensions différentes. Les tensions fournies (toutes positives par rapport à la masse) sont, respectivement: 300 volts non-régulés, 270 volts régulés et 4 500 volts non-régulés. Les deux tensions, 300 et 270 volts, fournissent les tensions de plaque et d'écran à tous les étages amplificateurs de l'appareil à alimenter.

La tension d'alimentation à appliquer à un étage amplificateur donné, dépend de la nature de cet étage et de sa fonction. Si sa tension doit être maintenue à une valeur constante, on utilisera la tension de 270 volts; dans le cas contraire on disposera de la tension de 300 volts. La haute tension de 4 500 volts pourra être employée (par exemple) pour l'alimentation d'un tube à rayons cathodiques.

En fermant l'interrupteur S1, la tension du réseau est appliquée au primaire du transformateur. Les fusibles de 5 ampères, F1 et F2, sont placés en série avec l'enroulement primaire de T1 et protègent le circuit d'alimentation. D'autres fusibles, prévus pour une intensité de 0.5 ampère, F3 et F4, protègent le primaire de T4.

La tension positive de 300 volts, non-régulée, est fournie par la section A du circuit de la figure 12, comprenant un redresseur classique à deux alternances et une double cellule de filtrage du type LC. La tension de chauffage de la valve V1 est obtenue à partir d'un secondaire de T1. La tension de sortie après le filtre formé par L1, C1, L2 et C2, est continue et ne comporte qu'une très faible ondulation. Pour décharger complètement les condensateurs, lorsque le courant du secteur est coupé, une résistance R1 est placée en parallèle sur les bornes de sortie. Cette tension de 300 volts est disponible aux broches A et B de la prise d'alimentation.

La tension stabilisée, d'une valeur de 270 volts, est fournie par la section B du circuit. La première partie de ce dernier est également constituée par un redresseur classique, des deux alternances, suivi d'un filtre en « π » formé par C3, L3 et C4. La tension de chauffage du filament de la valve V2 est obtenue à

partir d'un autre secondaire (distinct du premier de T1).

La seconde partie de cette section comprend les trois tubes électroniques V4, V5 et V6 constituant le stabilisateur de tension. Si la tension de sortie (disponible sur la broche C de la prise d'alimentation) tend à diminuer, la tension de polarisation de V5 devient plus négative, ce tube débite moins et sa tension plaque augmente (par suite d'une chute de tension plus faible dans la résistance R11). La grille de V4 devient donc moins négative la résistance interne du tube diminue, son débit augmente, et la chute de tension à ses bornes, c'est-à-dire entre plaque et cathode, devient moins importante. Cela a pour effet de compenser la diminution initiale de la tension.

Comme nous l'avons vu en étudiant les divers circuits, au début de cette leçon, si la tension de sortie tend à augmenter, le processus est le même, mais les phénomènes décrits se produisent en sens opposé. C'est ainsi que l'augmentation de la chute de tension entre la cathode et la plaque de V4 a pour résultat de maintenir la tension de sortie à une valeur constante.

La cathode de V5 doit être portée à un potentiel fixe, de telle sorte que seules les variations de la tension de sa grille de commande produisent une augmentation, ou une diminution, de son courant anodique. Cette tension de cathode est maintenue à une valeur constante par le tube au néon V6.

Le condensateur C5 présente une faible impédance aux rapides fluctuations de la tension de sortie et empêche qu'elles n'atteignent la cathode de V5. R7 est une résistance variable permettant de régler la tension de sortie à 270 volts, dans les conditions normales de charge. La résistance R10 compense en partie, les variations de la tension du réseau électrique en transmettant une fraction de ces variations, présentes à la sortie du filtre, à la grille de V5.

C7 a pour fonction de rendre le tube V5 sensible aux fluctuations rapides de la tension redressée, en renvoyant celles-ci sur sa grille de commande.

Enfin, la section C du circuit, comportant la re-

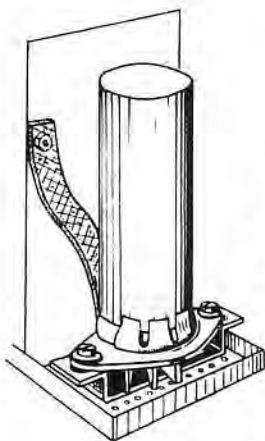


Fig. 15 bis - Les vibreurs quel qu'en soit le type, sont habituellement enfermés dans une enveloppe métallique revêtue intérieurement de caoutchouc pour amortir les vibrations. Comme illustré dans la figure, il est muni d'une broche pour le branchement sur un support, comme pour les valves.

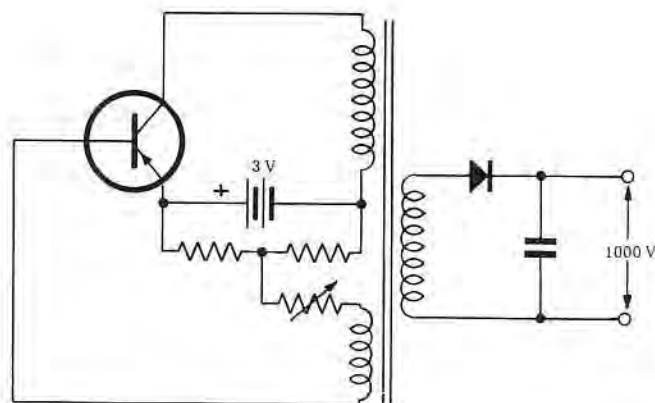


Fig. 16 - Schéma électrique de principe du convertisseur statique c.c./c.a. équipé d'un seul transistor. Ce type de circuit est généralement réservé aux faibles puissances et fonctionne essentiellement comme un générateur à ondes rectangulaires appliquées au transformateur.

dresseuse demi-onde V_A et le filtre C_A , R_A , C_A , fournit une tension de 4500 volts, non-réglée, disponible sur une prise spéciale. R_A a pour fonction d'assurer la décharge des condensateurs quand le dispositif est arrêté et R_A limite l'intensité du courant passant dans la valve lors de la mise en route de l'ensemble.

Alimentations à vibreurs

Un vibreur est un dispositif électro-mécanique dont la fonction est de convertir un courant continu en courant pulsé, dont la tension peut être élevée au moyen d'un transformateur. Il est ainsi possible d'obtenir, à partir d'une batterie d'accumulateurs une tension notablement plus élevée, nécessaire à l'alimentation des plaques et des écrans des tubes électroniques employés dans les appareils portatifs ou mobiles.

Un vibreur est essentiellement constitué par une bobine enroulée sur un noyau magnétique et par un équipement mobile qui se déplace rapidement sous l'effet du champ magnétique produit par la bobine elle-même. La figure 13 en montre un type courant. On peut y voir la lame vibrante qui, attirée par le noyau de l'électro-aimant, ferme le contact de gauche en ouvrant dans le même temps le contact de droite. Cela a pour effet de couper le courant d'excitation de la bobine et, de ce fait la lame vibrante n'étant plus attirée, retourne dans sa position initiale. Le courant d'excitation se trouve alors rétabli et le cycle se répète.

Les vibreurs peuvent être de deux types: le premier est dit « asynchrone » et fonctionne simplement à la manière d'un interrupteur, en interrompant le courant à une fréquence déterminée par les caractéristiques de la lame vibrante. Dans ce cas, les ouvertures et les fermetures successives d'une des paires de contacts produisent un courant pulsé à partir de la tension continue fournie par la batterie. La tension de ce courant pulsé peut être élevée par un transformateur approprié et, ensuite, redressée par un circuit classique, comme le montre le schéma de la figure 4. Le second type est dit « synchrone » parce qu'il

est équipé d'une seconde paire de contacts au moyen desquels on redresse directement le courant pulsé, suivant le schéma de la figure 15.

Les vibreurs, quel qu'en soit le type, sont enfermés dans un boîtier revêtu intérieurement de caoutchouc pour atténuer les vibrations et le bruit. Ce boîtier comporte un socle à broches permettant de placer le vibreur dans un support, tout comme une lampe, ce qui facilite son remplacement éventuel en cas de panne.

Dans le circuit de la figure 14, on notera qu'un courant pulsé, produit par le vibreur, passe dans le primaire du transformateur T. Aux bornes du secondaire on recueille une tension alternative, dont la forme d'onde est illustrée sous le schéma, laquelle est ensuite redressée par la valve V et filtrée par C3. L2 et, généralement par un autre circuit de filtrage du type habituel.

Dans le montage de la figure 15, la paire de contacts 1 et 2 a la même fonction que celle de l'exemple précédent. En outre, la paire de contacts 3 et 4, (vibrant en synchronisme avec l'autre), sert au redressement du courant pulsé. C'est ainsi que la tension aux bornes du secondaire de T n'est pas prélevée en entier, mais au contraire alternativement entre la prise médiane B et une des deux extrémités A et C. Il s'ensuit que la prise médiane constitue le pôle positif du courant redressé, tandis que le pôle négatif est la masse, ce qui rend inutile tout redressement par valve.

Dans les deux cas, le condensateur C2 a pour fonction de supprimer les transitoires produites par les étincelles au moment de l'ouverture des contacts, et d'éviter ainsi la production de parasites dans les appareils alimentés. De toute évidence, les vibreurs sont uniquement utilisés pour produire la haute tension nécessaire à l'alimentation des plaques et des écrans des tubes électroniques, la tension de chauffage des filaments de ces tubes étant fournie directement par la batterie d'accumulateurs. Un exemple typique d'utilisation des vibreurs nous est donné dans les appareils récepteurs de Radio installés sur les automobiles ou sur tous les autres mobiles pourvus d'une source d'alimentation en courant continu à basse tension (accumulateurs).

SYMBOLES - ABREVIATIONS

G_1	=	Première grille ou grille de commande
G_2	=	Deuxième grille ou grille-écran ou, plus simplement, « écran »
G_3	=	Troisième grille, ou grille de suppression ou « suppressor »
G_c	=	Grille de commande
G_e	=	Grille-écran
E_{g1}	=	Tension de la grille de commande
E_{g2}	=	Tension de grille-écran
E_{g3}	=	Tension de la grille de suppression
I_{g1}	=	Courant de la grille commande
I_{g2}	=	Courant de la grille-écran
I_{g3}	=	Courant de la grille de suppression
E_f	=	Tension filament
I_k	=	Courant cathodique
I_f	=	Courant du filament
R_k	=	Résistance cathodique

FORMULES

$$I_k = I_p + I_{g2}$$

$$R_k = E_b : (I_p + g_2)$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES

	=	Tétrode à chauffage direct
	=	Tétrode à chauffage indirect
	=	Pentode à chauffage direct
	=	Pentode à chauffage indirect, avec G_3 accessible
	=	Pentode à chauffage indirect, avec G_3 reliée intérieurement à la cathode
	=	Pentode à faisceaux dirigés
	=	Lampe régulatrice à Fer-Hydrogène
	=	Tube au néon
	=	Tube au néon

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 49 et 50

N. 1 — Quel est le rôle de la grille-écran dans une tétrode ou une pentode ?

N. 2 — Quel est le rôle de la troisième grille d'une pentode ? Comment l'appelle-t-on ?

N. 3 — A quoi l'intensité du courant cathodique dans les pentodes ou les tétrodes est-elle égale ?

N. 4 — Pour quelles raisons une pentode peut-elle procurer une plus forte amplification qu'une triode ?

N. 4 — Pour quelle raison l'allure de la courbe caractéristique statique d'une lampe est-elle différente de celle de la courbe dynamique ?

N. 6 — Pour quelle raison doit-on employer un condensateur de découplage pour la tension d'écran ?

N. 7 — Qu'entend-on par zone à résistance négative, dans la courbe caractéristique d'une tétrode ?

N. 8 — Quel est, normalement, le potentiel de la grille de suppression par rapport à la cathode ?

N. 9 — Qu'entend-on par émission secondaire ? Comment peut-on la supprimer ?

N. 10 — Comparez : la résistance de plaque, le coefficient d'amplification et la conductance mutuelle (ou pente) d'une tétrode et d'une triode.

N. 11 — Quels sont les avantages apportés par une pentode à faisceau électronique ?

N. 12 — Quelle est la caractéristique d'un tube électronique à pente variable ?

N. 13 — Pourquoi un tube Fer-Hydrogène peut-il servir de régulateur de courant ?

N. 14 — Que se passe-t-il dans un tube au néon lorsqu'on augmente la tension appliquée à ses électrodes ?

N. 15 — Comment peut-on stabiliser une tension de 300 volts au moyen de tubes au néon dont la tension d'utilisation est de 150 volts seulement ?

N. 16 — Quel est le phénomène produit par le passage d'un courant entre les électrodes d'un tube au néon ?

N. 17 — Dans une alimentation à tension de sortie réglable, comment peut-on assurer la stabilisation ?

N. 18 — Quelle est la différence entre un vibreur synchrone et un vibreur asynchrone ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 379

N. 1 — Elle contrôle l'intensité du flux des électrons entre la cathode et la plaque, lequel diminue lorsqu'on augmente le potentiel négatif de la grille.

N. 2 — La tension de blocage ou d'interdiction.

N. 3 — Non. Au-delà d'une certaine valeur, l'intensité est limitée par le fait que la cathode ne peut émettre davantage d'électrons.

N. 4 — C'est le rapport entre les variations de la tension plaque et les variations de la tension de la grille de commande.

N. 5 — Pour faire en sorte que les deux alternances du signal, positive et négative, soient uniformément amplifiées.

N. 6 — Dans ces conditions on a :

$$E_p = 90 \text{ volts}$$

$$I_p = 2,7 \text{ milliampères}$$

$$\Delta E_p = 30 \text{ volts}$$

$$\mu = 15$$

On en déduit que le coefficient d'amplification reste le même que celui indiqué dans le texte.

N. 7 — La conductance mutuelle, ou transconductance, est le rapport entre les variations du courant anodique et les variations de la tension de la grille qui les provoque, la tension plaque étant maintenue à une valeur constante. Elle est représentée par le symbole « g_m ».

N. 8 — Parce qu'une augmentation de la tension de grille dans le sens négatif provoque une augmentation de la tension de plaque dans le sens positif. En fait, le courant anodique diminue d'intensité et il en est de même pour la chute de tension dans la résistance de charge. Le phénomène inverse se produit si la grille devient moins négative.

N. 9 — De trois façons: par pile, par une résistance en série dans le pôle négatif de la tension anodique.

N. 10 — En divisant la tension de polarisation nécessaire par l'intensité du courant anodique.

N. 11 — En reliant à la masse la prise médiane d'une résistance placée en parallèle sur le filament.

N. 12 — Deux: le contrôle de l'émission électronique et la mesure de la conductance mutuelle.

N. 13 — En branchant et en débranchant une résistance placée en série dans le circuit de grille. Si le vide n'est pas parfait, la présence de la résistance dans ce circuit provoque une augmentation du courant anodique.

N. 14 — Parce que certains courts-circuits ne se produisent que lorsque la lampe a atteint sa température normale de fonctionnement.

N. 15 — Parce que sa cathode ou l'enduit émissif déposé sur le filament peut être épuisé.

N. 16 — Oui: en mesurant la chute de tension aux bornes de la résistance de plaque ou de la résistance de cathode. L'application de la loi d'Ohm donne l'intensité du courant anodique.

CONSTRUCTION D'UNE ALIMENTATION STABILISEE — Kit Heath IP - 32

Dans un laboratoire où l'on a souvent l'occasion d'effectuer des mesures et des essais variés, une alimentation stabilisée fournissant des tensions réglables est extrêmement utile. Elle permet, en effet, d'expérimenter toute sortes de montages sans qu'il soit nécessaire de prévoir, chaque fois, une alimentation spéciale. En outre, spécialement dans la phase expérimentale, une alimentation stabilisée, dont les tensions peuvent être réglées dans des plages étendues, permet d'étudier dans tous ses détails le fonctionnement d'un circuit — même lorsque ceux-ci ne nécessitent pas une alimentation parfaitement régulée.

C'est dans ce but que nous présentons à nos lecteurs l'alimentation type IP-32. Elle se trouve dans le commerce sous la forme d'un ensemble prêt à câbler, ou « kit ». Les considérations concernant les avantages présentés par ce mode de construction, restent valables dans le cas présent.

L'alimentation IP-32 fournit les tensions variables et stabilisées nécessaires à l'alimentation des plaques et des écrans des tubes électroniques, à la polarisation des grilles de commande et délivre également la tension de chauffage des filaments; elle est utile, non seulement dans un laboratoire d'études, mais également dans le plus modeste atelier de réparations.

Cet appareil permet au technicien d'essayer et de perfectionner les circuits, indépendamment des sources d'alimentation qui leur sont propres. Les tensions et les courants sont contrôlés en permanence par deux galvanomètres placés sur le panneau avant: ceci facilite le contrôle de la puissance dissipée par l'appareil alimenté et permet à l'utilisateur, de déterminer avec précision les caractéristiques d'alimentation de tout ou d'une partie d'un circuit.

Toutes les sorties sont isolées du châssis, ce qui permet d'utiliser le pôle positif soit comme point « chaud », soit comme masse. Les filaments sont alimentés par une tension délivrée par un transformateur distinct de celui fournissant la haute tension; c'est ainsi qu'il est possible de couper temporairement toutes les tensions élevées, tout en laissant les filaments allumés. Cette possibilité est intéressante, car elle fait gagner un temps précieux pendant les essais, au technicien qui n'est plus obligé d'attendre que les filaments aient atteint à nouveau leur température de fonctionnement, chaque fois qu'il doit couper la tension d'alimentation pour intervenir dans les circuits.

La tension de polarisation peut être réglée à la valeur désirée au moyen d'un potentiomètre, tandis que sa valeur exacte est lue sur un voltmètre, que l'on peut commuter d'ailleurs, soit pour mesurer la haute tension, soit la tension de polarisation. L'appareil est entièrement protégé contre tous risques de dommages dans le cas où la tension de polarisation viendrait à être accidentellement court-circuitée. Des fusibles sont également prévus pour protéger l'alimentation.

Les caractéristiques du montage sont telles que l'intensité du courant délivré par cette alimentation peut varier dans de très larges limites (de 0 à 100 mA,

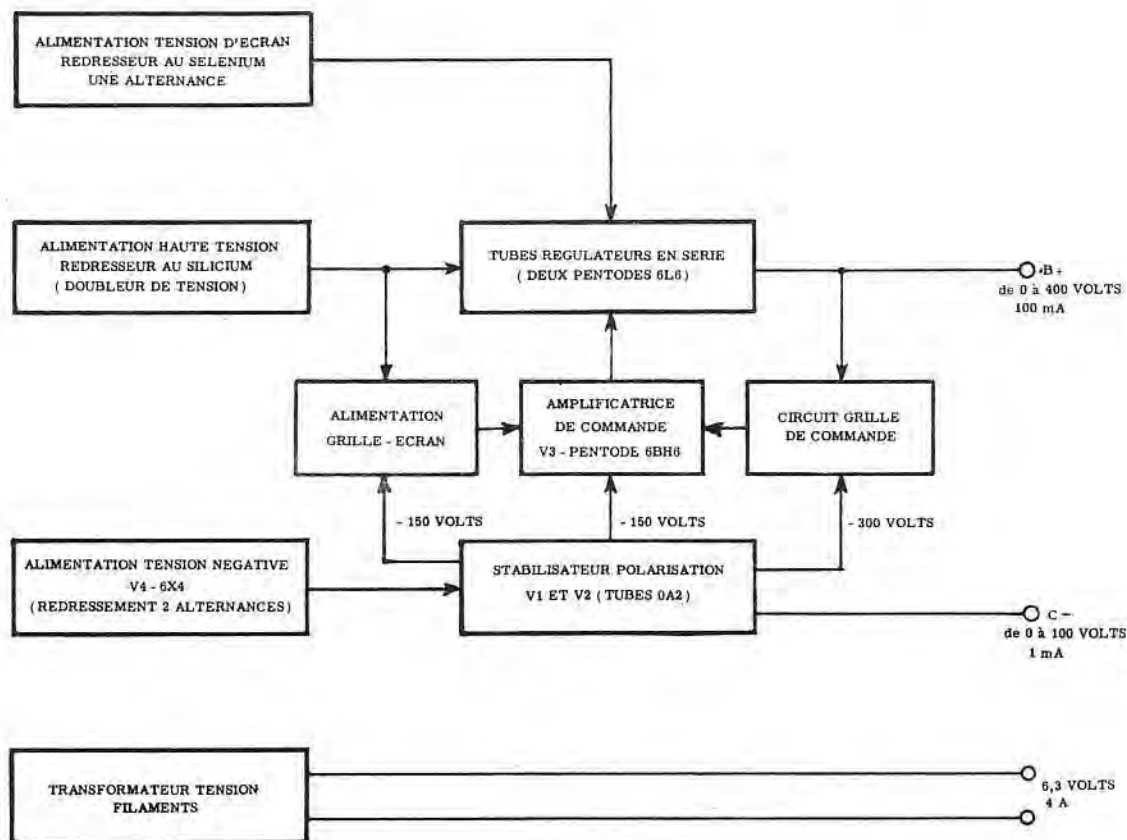


Schéma synoptique montrant les fonctions des diverses sections et leurs rapports réciproques.

selon la charge), tandis que la tension reste constante à la valeur fixée par l'opérateur.

La haute tension est fournie par un doubleur de tension, avec redressement des deux alternances, équipé de diodes au Silicium. Cette tension est appliquée aux plaques de deux lampes 6L6 branchées en parallèle, et leurs cathodes sont reliées à la borne de sortie à travers un milliampèremètre. Les 6L6 sont utilisées en pentodes car, dans ce montage une pentode donne de meilleurs résultats qu'une triode. Les grilles écrans sont alimentées au moyen d'une alimentation séparée; celle-ci comporte un redresseur demi-onde, équipé de deux diodes au Sélénium, suivies d'une double cellule de filtrage. Deux résistances de 100 ohms (prévues pour éliminer les courants parasites) relie chaque grille-écran à cette tension. Le pôle négatif de cette alimentation est connecté aux cathodes des 6L6; de cette façon, la tension d'écran peut être considérée comme étant relativement constante.

Grâce à ce montage particulier, la combinaison en parallèle des deux tubes 6L6 se comporte comme une résistance variable, dont la valeur est commandée — comme nous l'avons vu dans la leçon précédente — par les variations de la tension appliquée sur leur grille de commande.

Le signal appliqué à ces grilles provient d'une lampe de contrôle spéciale, 6BH6, qui fonctionne en amplificatrice à courant continu. La grille de cette lampe est alimentée par un diviseur de tension placé entre les bornes de sortie de l'alimentation. La plaque de ce tube est reliée aux grilles des 6L6 à travers deux résistances de 1 000 ohms. De cette façon, toutes les variations de tension provoquées soit par un change-

ment de la valeur de la charge, soit par une variation de la tension du secteur, ou par les deux à la fois, sont immédiatement amplifiées et renvoyées, avec une polarité inversée, aux grilles des 6L6 qui — par construction — sont montées en parallèle et mise en série dans la sortie positive de l'alimentation. Ces variations produisent un changement de la valeur de la résistance interne des lampes qui, agissant dans le sens opposé aux fluctuations de la tension de sortie, maintiennent ainsi cette tension à la valeur fixée par l'opérateur.

La tension d'écran de la lampe amplificatrice de commande (6BH6) est également obtenue à partir d'un diviseur de tension branché entre la haute tension et la source de tension régulée de —150 volts. L'amplitude de la haute tension varie en sens inverse des variations du courant de sortie; ces variations sont renvoyées sur la grille-écran par l'intermédiaire du diviseur de tension.

L'impédance de sortie de l'alimentation peut être rendue positive ou négative suivant les valeurs du diviseur de tension. Celles adoptées dans cet appareil ont été choisies de telle sorte que l'impédance de sortie soit pratiquement égale à zéro.

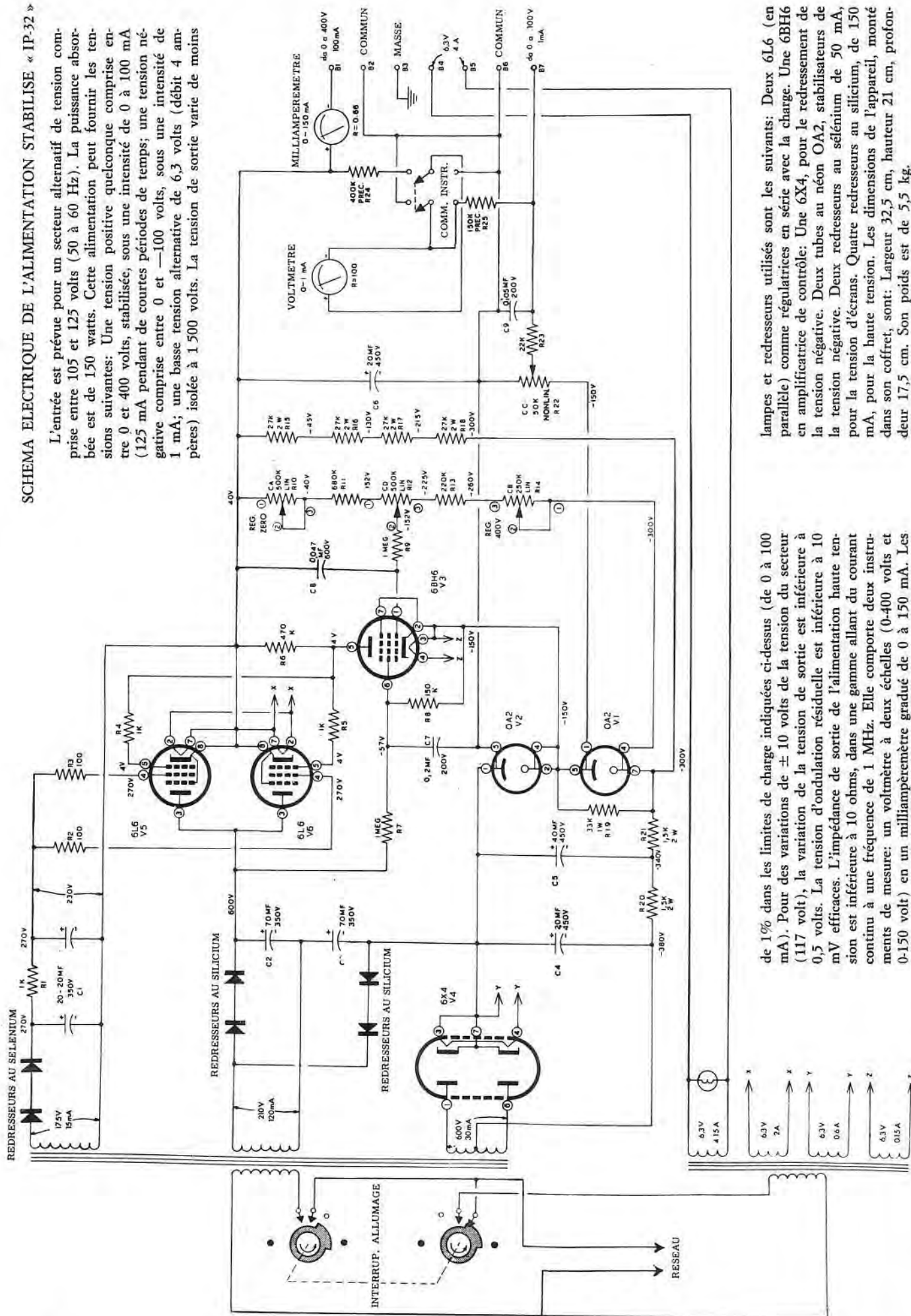
La tension négative (tension de polarisation) est obtenue au moyen d'une redresseuse deux alternance, du type 6X4, suivie d'un filtre à résistances-capacités. A la sortie de ce filtre sont branchés deux tubes stabilisateurs au néon, du tube OA2, reliés en série entre eux. On obtient ainsi deux tensions stabilisées: —150 et —300 volts. Ces deux tensions sont utilisées comme valeurs de référence pour la lampe de contrôle 6BH6 et pour le diviseur de tension.

SCHEMA ELECTRIQUE DE L'ALIMENTATION STABILISE « IP-32 »

L'entrée est prévue pour un secteur alternatif de tension comprise entre 105 et 125 volts (50 à 60 Hz). La puissance absorbée est de 150 watts. Cette alimentation peut fournir les tensions suivantes: Une tension positive quelconque comprise entre 0 et 400 volts, stabilisée, sous une intensité de 0 à 100 mA (125 mA pendant de courtes périodes de temps; une tension négative comprise entre 0 et -100 volts, sous une intensité de 1 mA; une basse tension alternative de 6,3 volts (débit 4 ampères) isolée à 1 500 volts. La tension de sortie varie de moins

lampes et redresseurs utilisés sont les suivants: Deux 6L6 (en parallèle) comme régulatrices en série avec la charge. Une 6BH6 en amplificatrice de contrôle: Une 6X4, pour le redressement de la tension négative. Deux tubes au néon OA2, stabilisateurs de la tension négative. Deux redresseurs au sélénium de 50 mA, pour la tension d'écrans. Quatre redresseurs au silicium, de 150 mA, pour la haute tension. Les dimensions de l'appareil, monté dans son coffret, sont: Largeur 32,5 cm, hauteur 21 cm, profondeur 17,5 cm. Son poids est de 5,5 kg.

de 1% dans les limites de charge indiquées ci-dessus (de 0 à 100 mA). Pour des variations de ± 10 volts de la tension du secteur (117 volt), la variation de la tension de sortie est inférieure à 0,5 volts. La tension d'ondulation résiduelle est inférieure à 10 mV efficaces. L'impédance de sortie de l'alimentation haute tension est inférieure à 10 ohms, dans une gamme allant du courant continu à une fréquence de 1 MHz. Elle comporte deux instruments de mesure: un voltmètre à deux échelles (0-400 volts et 0-150 volt) en un milliampèremètre gradué de 0 à 150 mA. Les

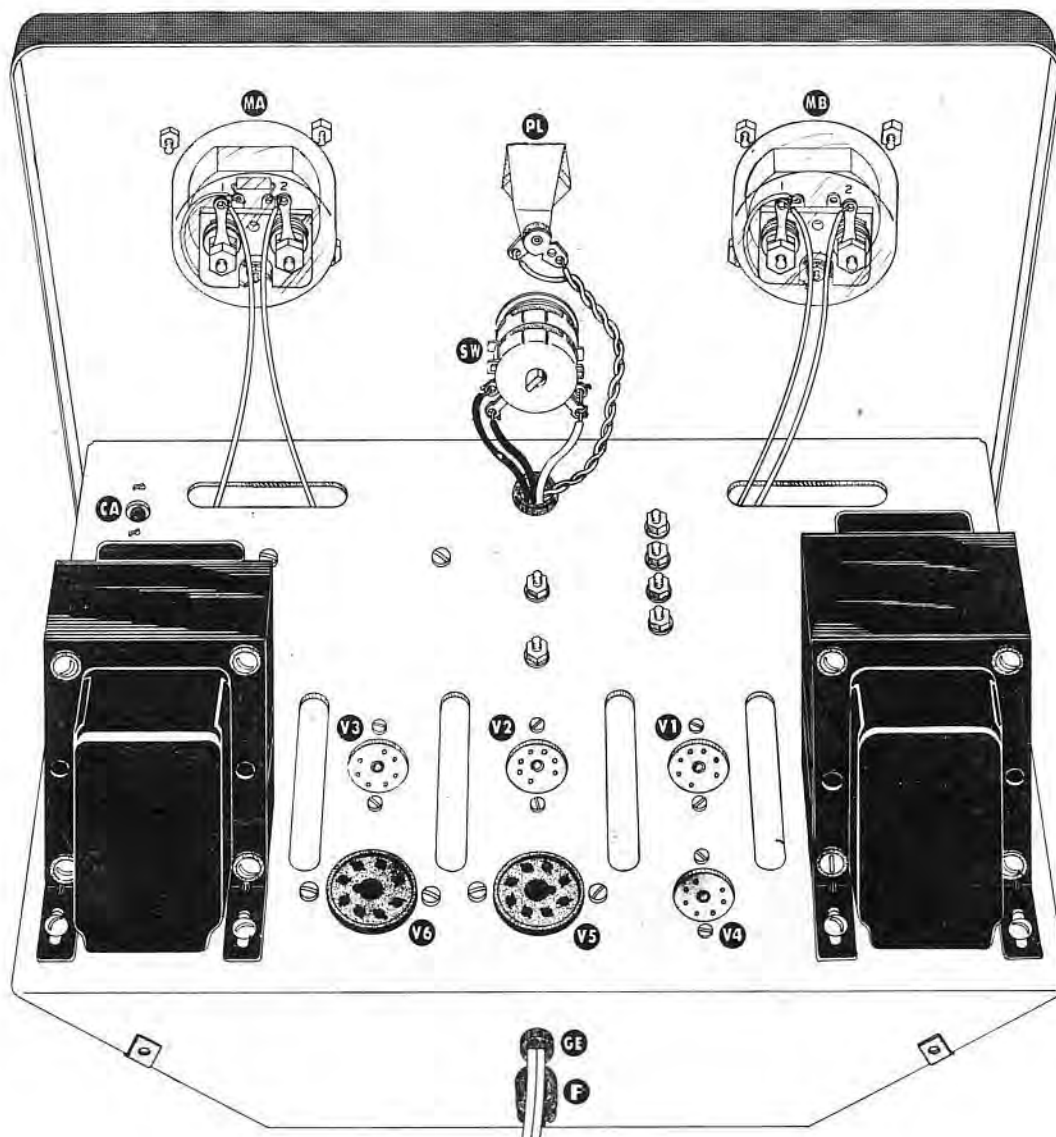


Une résistance « tampon », formée de 4 résistances de 27 k Ω en série, est branchée entre le pôle positif haute tension et le point —300 V. De cette façon, le courant passant dans les régulatrices 6L6 est maintenu constant par rapport à toutes les tensions de sortie.

Le potentiomètre de 50 kilohms branché aux bornes de la source de tension —150 volts permet d'obtenir une tension de polarisation réglable, laquelle est disponible sur une borne de sortie spéciale, à travers

une résistance limiteuse de courant d'une valeur de 22 000 ohms. Cette résistance a pour but de protéger l'appareil dans le cas où les bornes de sortie viendraient à être accidentellement court-circuitées.

La tension de chauffage des filaments des tubes est fournie par un transformateur séparé, lequel procure également une tension de 6,3 V (intensité de 4 ampères) destinée à alimenter les filaments de l'appareil devant être relié à cette alimentation.



Vue du châssis et de l'arrière du panneau avant: « MA » est le milliampèremètre 0-150 mA; « MB » est le voltmètre. « CA » est l'axe de réglage du potentiomètre portant la même désignation sur le schéma. « PL » est la lampe témoin, tandis que « SW » est le commutateur à trois positions (Arrêt - Attente - Haute tension). Le transformateur de gauche est le transformateur filaments, tandis que celui de droite est le transformateur haute tension. « GE » est le cordon secteur et « F » un fusible en série dans un des fils du secteur.

MISE AU POINT ET VERIFICATION

Une fois l'alimentation entièrement câblée, on procède aux essais et à sa mise au point en suivant les indications ci-dessous. L'interrupteur du secteur doit être dans la position « off » (arrêt).

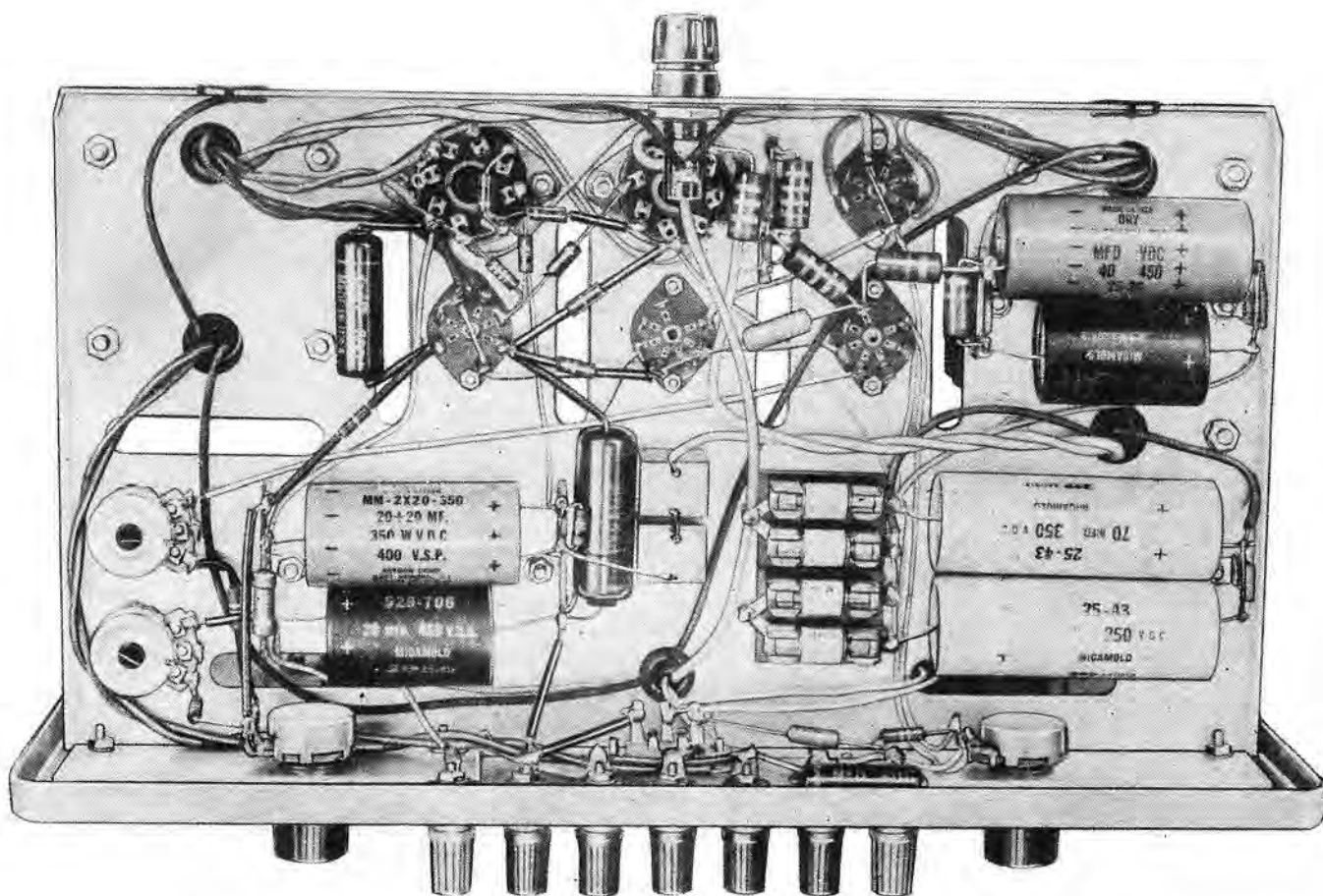
Placer le bouton de commande de la polarisation C—output (sortie) et celui marqué B+—output (sortie

haute tension) à zéro (tournés à fond dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre).

Tourner à fond vers la droite le potentiomètre marqué « zéro set ».

Mettre à zéro (sens inverse des aiguilles d'une montre), le potentiomètre « 400 volts set ».

Placer le commutateur de l'instrument de mesure SL sur la position « B+—output ».



Avant d'avoir fait toutes ces opérations, aucune charge ne devra être branchée à la sortie. Brancher le cordon secteur à une prise de courant, par l'intermédiaire d'un autotransformateur si la tension du secteur est supérieure à 120 volts.

Mettre l'interrupteur de chauffage des filaments dans la position «standby» (attente) et attendre quelques minutes pour permettre aux lampes d'atteindre la température de fonctionnement. Vérifier que les filaments des 6X4, 6HB6 et des 6L6, sont bien allumés.

Placer alors l'interrupteur sur la position «on» (marche). Si tout est normal, le milliampèremètre (dont la fonction est d'indiquer le courant absorbé par la charge) demeurera au zéro, tandis que le voltmètre indiquera une tension comprise entre 0 et 100 volts.

Agir sur le bouton marqué «zero set» (mise à zéro) dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, jusqu'à ce que ce voltmètre revienne au zéro.

Tourner à fond vers la droite le bouton marqué «B+output».

Ajuster le contrôle «400 volts set», en le tournant vers la droite, pour obtenir une déviation du voltmètre jusqu'à la graduation 400 volts.

Tourner le bouton «B+output» à fond vers la gauche.

Etant donné que les deux commandes «zero set» et «400 volts set» réagissent l'une sur l'autre, il convient de retoucher alternativement ces deux réglages 8 ou 4 fois.

Ceci termine la mise au point de l'appareil qui peut être, alors, enfermé dans le coffret.

Pour une utilisation normale, il convient de relier la borne commune B2 à la borne de masse B3.

Vérification de la haute tension. — Brancher une charge entre les bornes «common» («commun» et «B+output» sortie haute tension). Tourner la commande «B+output» vers la droite jusqu'à obtenir la tension désirée. Vérifier sur les galvanomètres l'intensité du courant débité et la tension (sur l'échelle 400 volts). Prendre garde de ne pas dépasser les valeurs maximales indiquées par le constructeur. En particulier, l'intensité du courant absorbé par la charge ne doit pas être supérieure à 100 mA (trait rouge sur le milliampèremètre).

Vérification de la tension de polarisation — Brancher une charge convenable entre les bornes «common» et «C-output». Placer la contacteur du voltmètre sur la position «C-output». Tourner le bouton «C-output» vers la droite jusqu'à ce que la tension désirée soit lue sur le voltmètre (sur l'échelle 150 volts).

Kit disponible à l'adresse suivante:

Tranchant - Electronique,

11, rue Georges Boisseau - Clichy (Seine)

— LES FOURNISSEURS DE VOTRE MATERIEL —

ELECTRONIQUE MONTAGE

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

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

Spécialités Ch. PAUL - 2B, rue Raymond Lefebvre
MONTREUIL (Seine) Tél. : 287-54-16

CIBOT RADIO

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

TOUT L'OUTILLAGE
POUR L'ÉLECTRONIQUE

Catalogue complet de pièces détachées : 5 F

Catalogue de Kit

Ensemble de pièces détachées

Du poste à galène au téléviseur

EXPÉDITION A LETTRE LUE PARIS-PROVINCE

RADIO-BEAUGRENELLE

6, RUE BEAUGRENELLE - PARIS 15*
Tél. : 828.58.30

TOUTE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO
LAMPES-TRANSISTORS-TÉLÉVISION
EXPÉDITION PROVINCE
Envoi du tarif contre 3 timbres-lettre

MIEUX QU'UN CATALOGUE !

Tous ceux qui s'intéressent à la radio se doivent de posséder
le **MEMENTO ACER**
VÉRITABLE DIGEST DE L'ÉLECTRONIQUE
TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES
TOUTE UNE GAMME DE MONTAGE EN KIT
Envoi contre 6F pour frais
ACER 42bis, rue de Chabrol - PARIS 10*



80 PAGES contre 2.50 en timbres pour frais d'envoi
● HIFI (amplis - HP - tuners FM - enceintes
acoustiques) ● Grand choix de pièces
détachées ● Appareils de mesures ●
Outillage ● Appareils électriques ● De
nombreuses réalisations ● Sur place : un
choix énorme à des prix "champion".

Comptoirs CHAMPIONNET

14, RUE CHAMPIONNET - PARIS 18*
Tél. ORN. 52-08 - C.C.P. 12.358.30 Paris
Métro : Porte de Clignancourt et Simplon

RETEXKIT

CONSTRUISEZ-LE VOUS-MÊME
KIT POUR RADIO-AMATEURS
KIT D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Demandez notre catalogue
sans engagement de votre part

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

MAGNETIC-FRANCE

SPÉCIALISTE DU "KIT"
PIÈCES DÉTACHÉES POUR :

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

● Lampes

● Transistors

SERVICES ET CONSEILS TECHNIQUES

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

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Radio-Télévision • Industrie • Télécommande
Châssis Haute Fidélité • Amplis • Tuners FM
GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSFO" DETAIL

RADIO-VOLTAIRE

GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIOFFICINE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11* ROQ. 98-64
S.C. 1000 171 1245 - Bureaux : 155, Avenue Ledru-Rollin - Paris-11* - C.F. 34008-71 PARIS

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation
Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Electrophones - Hi-Fi - Enceintes acoustiques - Émetteurs
récepteurs - Interphones, etc...
Toutes expéditions en province. Catalogue de nos prix sur
simple demande - 19, rue de l'Ancienne Comédie
PARIS 6* Tél. : DAN 63-05

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

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

Magasins pilotes :

3, RUE LA BOËTIE - PARIS-8*

9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5*

COGEREL

Départements :

VENTE PAR CORRESPONDANCE

COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :

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

(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

RÉALISEZ VOS
POSTES A TRANSISTORS
LAMPOMETRE
SIGNAL TRACER



CONTROLEUR
UNIVERSEL



Economie
Sécurité
Réussite
assurée

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

Documentation CA - contre 1,20 F en timbres

TECHNIQUE SERVICE

fermé le lundi
Métro
Charonne

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

CENTRAL-RADIO

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

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

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

LE GRAND SPECIALISTE

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

- Ouvrages pour débutants -

Envoi du catalogue général contre 3 F

PERLOR-RADIO

16, R. Hérol, Paris (1*) - Tél. CEN. 65-50

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

MONTAGES FACILES

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

Documentation complète c. 4,50 TP

Soc. **RECTA**

37, Av. LEDRU-ROLLIN - PARIS-12*

NORD RADIO

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

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

139, RUE LA FAYETTE, PARIS-10*

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

TOUS LES MAGNÉTOPHONES
(GRUNDIG, PHILIPS, etc.)
TÉLÉVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES
PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).