

LES DIFFÉRENTES CLASSES D'AMPLIFICATION

Par L. CHRÉTIEN, Ingénieur E. S. E.

Il est fréquent de trouver dans les colonnes de « Radio-Plans », que l'étage de sortie de tel ou tel récepteur à transistor est monté en CLASSE B ou que celui de tel amplificateur à très haute fidélité est monté en CLASSE A, B.

Ces expressions : CLASSE A, CLASSE B, CLASSE A2, CLASSE AB, ou AB2 paraissent sans doute assez claires à des amateurs chevronnés. Mais en est-il de même pour les nouveaux venus à l'électronique ?

Nous en doutons beaucoup. C'est donc à leur intention que nous écrivons le présent article.

Introduction.

La désignation des différentes classes d'amplification est aujourd'hui adoptée d'une manière internationale. Elles s'appliquent aussi bien aux amplificateurs à tubes électroniques qu'aux amplificateurs utilisant les propriétés des semi-conducteurs : transistors, diode-tunnel, etc. Tout technicien doit donc savoir exactement ce que signifie le fonctionnement d'un amplificateur en classe A, en classe B ou en classe C. Il y a aussi les fonctionnements intermédiaires : classe A' ou A2 ; classe AB, cette dernière se subdivisant en classe AB1 (ou AB') et en classe AB2 (ou AB'').

Pour traiter cette question d'une manière logique il nous semble que le plus simple est d'abord de donner les définitions principales. Après quoi, nous étudierons séparément chacune des classes de fonctionnement en nous efforçant d'en faire ressortir les avantages aussi bien que les inconvénients...

La méthode d'étude la plus simple, celle qui permet de faire une analyse de fonctionnement très claire est basée sur la considération des caractéristiques de fonctionnement.

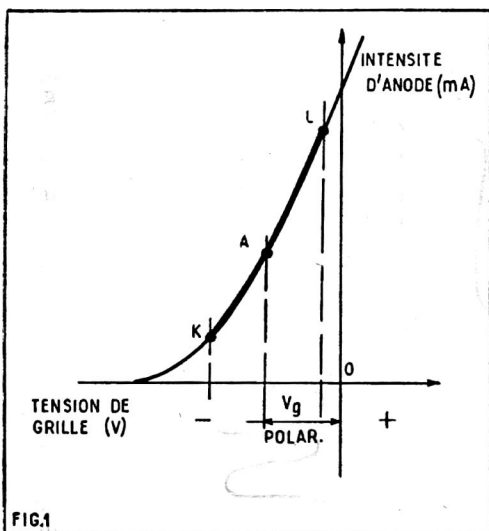


FIG. 1. — Dans le fonctionnement en classe A, le point de repos A est choisi au milieu de la partie droite de la caractéristique. La grille ne doit être positive à aucun moment. On utilise donc exclusivement la portion de caractéristique KAL.

Dans la plupart des cas, nous supposons qu'il s'agit de tubes électroniques, mais les résultats que nous trouverons seront, en général, valables pour les transistors.

Définition des trois classes principales A, B, C.

Classe A (fig. 1).

Considérons la caractéristique de fonctionnement qui donne le courant d'anode en fonction de la tension de grille (fig. 1). Cette caractéristique dans sa région négative peut être considérée comme droite entre les points K et L.

C'est précisément cet intervalle KL qui est utilisé dans l'amplification en classe A.

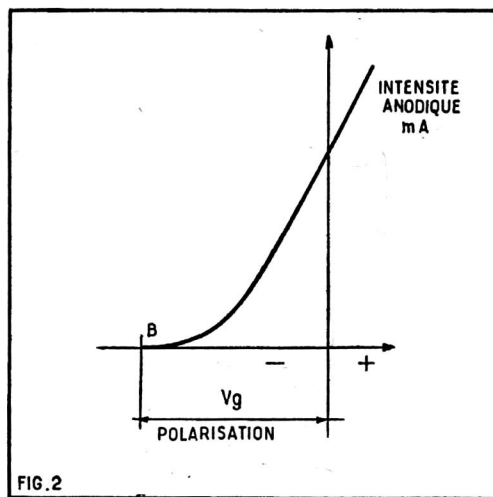


FIG. 2. — Dans le fonctionnement en classe B, le point de repos B est choisi tout à fait au début de la caractéristique, de manière que le courant anodique soit nul quand il n'y a pas de signal à amplifier.

Dans ces conditions, le point de repos, ou point de fonctionnement moyen A est placé au milieu de cette partie droite.

Classe B (fig. 2).

Dans le fonctionnement en classe B (fig. 2) la tension de polarisation V_g est réglée de manière que le courant anodique soit nul en l'absence de signal.

On ne tient pas compte de la rectitude de la caractéristique et, d'autre part, la tension instantanée de grille peut être négative ou positive. Le point de repos est ainsi, naturellement situé du début (ou, comme on dit : au pied) de la caractéristique. On dit encore qu'il s'agit du point de coupure ; c'est-à-dire, en anglais, du cut-off (ce qui veut dire exactement la même chose).

Classe C (fig. 3).

En classe C, la tension de polarisation est encore plus grande qu'en classe B. Cela veut dire qu'elle est réglée au-delà du point de coupure.

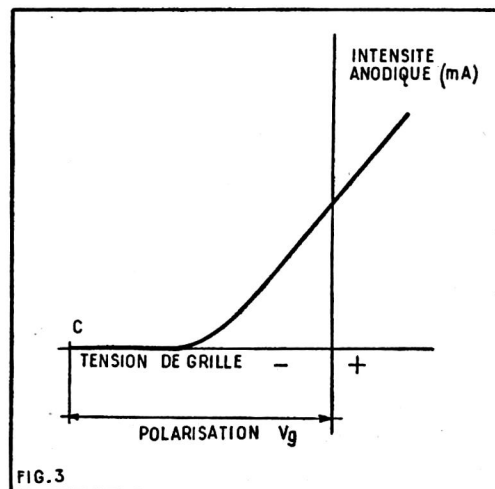


FIG. 3. — Dans le fonctionnement en classe C le point de repos C est choisi au-delà du point de coupure (cut-off) de la caractéristique. Aucun courant anodique ne circule en l'absence de signal.

De plus, comme en classe B, la tension instantanée de grille peut être positive ou négative.

Etude du fonctionnement en classe A.

Ce mode de fonctionnement, encore appelé *amplification linéaire*, est de beaucoup le plus utilisé. On a pratiquement toujours recours à lui quand il s'agit d'amplifier un signal de faible amplitude aussi bien en haute fréquence, en moyenne fréquence et en basse fréquence.

Les classes B et C sont presque exclusivement utilisées pour obtenir une *amplification de puissance*. Pour qu'une comparaison puisse être utilement établie, nous devons donc considérer surtout l'amplification de *puissance* en classe A. Toutefois, toutes les observations qui seront faites pourront s'appliquer à tous les cas.

Pour qu'il y ait amplification en classe A, il faut que la région de caractéristique utilisée soit droite (comme KAL, fig. 1) et qu'il n'y ait pas de courant de grille.

Il ne faut pas que le point de fonctionnement instantané se déplace au-delà du point K. D'autre part, pour qu'il n'y ait point de courant de grille il faut, qu'à aucun moment, la grille ne devienne positive.

Bien mieux, le courant de grille commence à prendre naissance un peu avant que la grille ne devienne positive. Pour respecter parfaitement la condition posée, il faut qu'au moment où se produit la crête de la tension à amplifier, la polarisation soit encore d'au moins 0,5 V. Remarquons qu'en pratique on admet assez souvent que la tension instantanée de grille peut devenir nulle.

La détermination d'un exemple pratique sera sans doute beaucoup plus instructive. Considérons la caractéristique du tube électronique que l'on veut utiliser sur la figure 4. La polarisation instantanée de grille ne

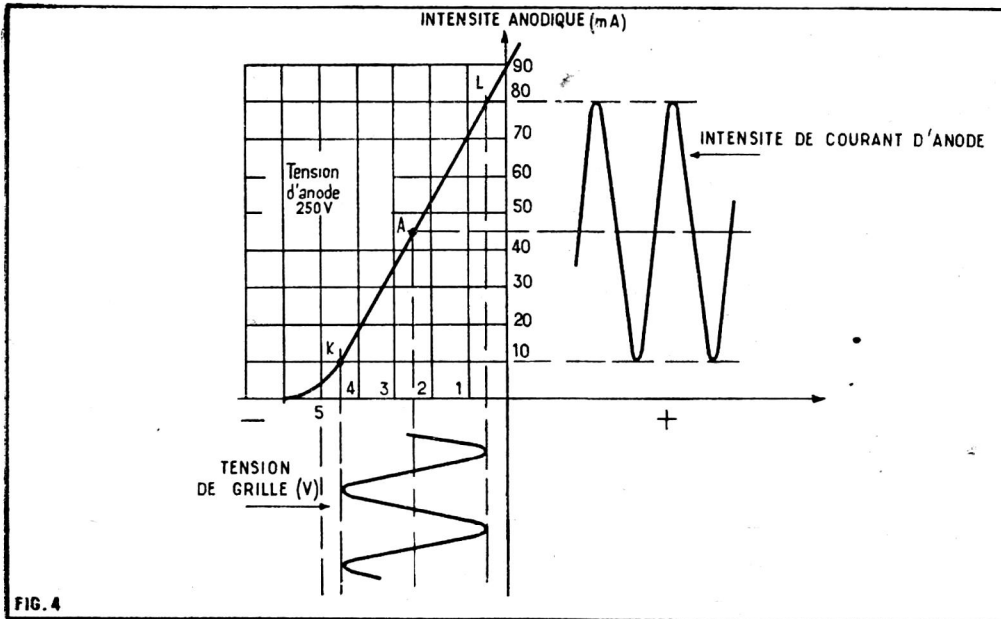


FIG. 4. — Mécanisme de fonctionnement d'un amplificateur en classe A. On doit éviter, d'une part, la région coudée au-delà du point K; et d'autre part, la région située au-delà de L où se produirait un courant de grille.

devant jamais être inférieure à 0,5 V, le point limite d'utilisation est L. D'autre part, cette caractéristique est droite jusqu'au point K correspondant à -4,5 V. Il en résulte que le point de fonctionnement moyen est A situé à mi-chemin entre K et L et dont la polarisation est :

$$\frac{4,5 + 0,5}{2} = 2,5 \text{ V.}$$

On peut immédiatement voir que l'intensité anodique moyenne est de 45 mA.

Réalisons le montage représenté sur la figure 5. Et supposons, pour le moment, que la source de signal G ne fournisse aucune tension. La source de tension anodique V_p dont la valeur est de 250 V fournit une intensité de 45 mA.

La puissance électrique fournie par V_p est de $250 \times 0,045 = 11,25 \text{ W}$.

Nous sommes en droit de nous demander ce que devient cette puissance puisque la résistance R n'est traversée par aucune intensité de courant.

En effet, les différents circuits ne comportent que des intensités continues et aucune force électromotrice ne peut apparaître dans le secondaire S du transformateur.

Dans ces conditions, il faut nécessairement que la puissance électrique empruntée à V_p apparaisse sur l'anode du tube, sous forme de chaleur ou, comme on dit sous forme de puissance dissipée. Il faut naturellement choisir un tube qui puisse dissiper cette puissance sans que l'échauffement prenne des valeurs excessives.

Action d'un signal.

Que se passe-t-il si nous mettons en action le général G ?

Une première remarque importante qui caractérise précisément le fonctionnement en classe A, c'est que l'indication fournie par l'appareil de mesure à cadre Y ne changera pas. Cet appareil mesure en effet, la valeur moyenne de l'intensité. Or, en classe A, celle-ci demeure invariable. C'est une conséquence du fait que la portion de caractéristique qu'on utilise est une droite. L'augmentation d'intensité instantanée due aux alternances positives est exactement compensée par la diminution symétrique apportée par les alternances négatives, si bien que la valeur moyenne ne change pas.

Nous avons d'ailleurs là, un moyen aussi simple qu'excellent de vérifier qu'un étage

amplificateur fonctionne effectivement en classe A. Il suffit de vérifier, à l'aide d'un simple milliampèremètre à cadre que la valeur de l'intensité moyenne est invariable, quelle que soit l'amplitude du signal d'entrée, dans les limites normales. Et ces dernières sont fixées d'une part par le point K où s'amorce la courbure inférieure de la caractéristique et le point L correspondant à la naissance du courant de grille.

Puissance dissipée par le tube amplificateur.

Nous avons reconnu plus haut qu'au repos, c'est-à-dire en l'absence de signal d'entrée, la totalité de la puissance apparaissait, sous forme de chaleur, sur l'anode du tube amplificateur.

Quand il existe un signal d'entrée, c'est-à-dire (fig. 5) quand le générateur G fournit une tension nous constatons qu'il existe une composante alternative dans le courant d'anode (fig. 4). L'enroulement secondaire du transformateur T' (fig. 5) est donc le siège d'une force électromotrice et la résistance R est parcourue par une certaine intensité de courant... En d'autres termes, le tube amplificateur fournit à l'extérieur

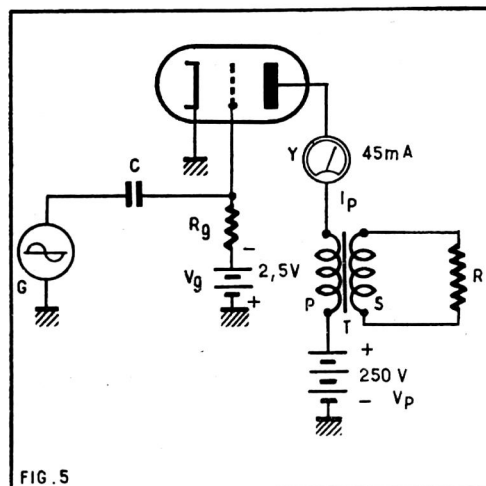


FIG. 5. — En classe A, le milliampèremètre Y doit demeurer invariable quel que soit le niveau du signal. Il résulte de cela que la puissance électrique dissipée par le tube amplificateur est d'autant plus élevée que le signal est plus faible.

une certaine puissance électrique. La résistance R pourrait être remplacée — par exemple — par la bobine mobile d'un haut-parleur.

D'où vient cette puissance puisque l'intensité moyenne fournie par V_p est demeurée invariable ? La réponse s'impose : cette puissance vient nécessairement en déduction de celle qui était dissipée par l'anode.

Nous en arrivons ainsi à une conclusion extrêmement importante et, sans doute, quelque peu inattendue pour certains de nos lecteurs :

En classe A, le tube amplificateur chauffe d'autant moins qu'on exige de lui plus de puissance acoustique.

C'est au repos que le tube s'échauffe le plus et qu'en conséquence, il se fatigue davantage.

L'impédance de charge optimale.

Notre propos n'est pas de reprendre ici la théorie complète de l'amplification de puissance en classe A. Nos lecteurs — s'ils le désirent pourront se reporter aux ouvrages spéciaux (1). Nous nous bornerons — par conséquent à rappeler les résultats essentiels.

Pour tirer du tube le maximum de puissance, il faut que l'impédance de charge placée dans le circuit d'anode ait une valeur déterminée qu'on nomme l'impédance de charge optimale.

Beaucoup d'usagers s'imaginent que cette valeur est parfaitement déterminée pour un modèle donné de tube amplificateur, alors qu'il n'en est rien. Tout dépend de la manière dont le problème est posé. Il faut d'abord distinguer s'il s'agit d'un tube triode ou d'un tube à grande résistance interne : tétrode à faisceaux dirigés et à distance critique ou pentode.

Cas d'un tube triode.

La théorie prévoit un certain nombre de cas qui conduisent tous à des valeurs différentes. C'est ainsi, par exemple, que la tension d'anode peut être fixée ou ne pas l'être, que la tension de grille d'attaque est donnée ou non, etc.

De plus, la valeur théorique de l'impédance optimale ne correspond pas toujours à la meilleure utilisation du tube amplificateur. Elle correspond par exemple à une distorsion exagérée pour une puissance relativement faible. On est ainsi amené à choisir une valeur différente de la valeur calculée.

Prenons un exemple précis. Dans le mode d'utilisation classique, c'est-à-dire avec une tension d'attaque qui n'est pas fixée, et que l'on peut choisir à volonté, avec une tension anodique déterminée (250 ou 300 V pour les tubes usuels) la valeur théorique de l'impédance de charge optimale est égale au double de la résistance intérieure. Ainsi, tel tube triode de puissance qui présente une résistance interne de 800 Ω , devrait être théoriquement utilisé avec une impédance de charge de 1.600 Ω .

Mais le constructeur recommande d'utiliser 2.300 Ω ... Parce que, dans ces conditions, on peut tirer du tube une puissance plus grande pour un même taux de distorsion.

Cas d'un tube pentode ou tétrode.

Quand il s'agit d'un tube à grande résistance intérieure comme c'est le cas des tubes tétrodes et pentodes, le calcul théorique de l'impédance de charge optimale est établi en admettant que la résistance intérieure est infiniment grande par rapport à l'impédance de charge. On admet généralement, de plus, que la tension ins-

(1) Théorie et Pratique des Tubes Electroniques, par L. Chrétien. Editions E. CHIRON.

tantée d'anode peut baisser jusqu'à son point d'annulation.

Dans ces conditions (évidemment abusives) l'impédance de charge est donnée tout simplement par le rapport entre la tension d'anode et l'intensité moyenne du courant d'anode. C'est donc tout à fait simple...

Si un tube amplificateur consomme 36 mA sous 250 V, son impédance de charge doit être simplement de :

$$250 / 0,036 = 7.000 \Omega \text{ environ...}$$

Sans vouloir discuter cette question, signalons qu'il ne faut pas considérer le chiffre ainsi calculé comme *parole d'évangile* (si l'on peut dire). Dans beaucoup de circonstances, il y a intérêt à le modifier dans un sens ou dans l'autre..

Le rendement.

Un tube de puissance doit, comme son nom l'indique fournir une certaine puissance électrique aux circuits extérieurs. Il est doublement intéressant que la puissance qu'il emprunte à la source d'alimentation soit aussi faible que possible.

En premier lieu parce que les questions d'alimentation sont ainsi d'autant simplifiées.

En second lieu parce que la puissance prise à l'alimentation qui n'est pas transformée en puissance utile apparaît dans le tube amplificateur sous forme de chaleur. Or, l'échauffement d'un tube n'est jamais souhaitable. Et c'est encore moins souhaitable quand il s'agit d'un transistor.

Il est donc nécessaire d'obtenir un rendement aussi grand que possible : le rendement étant précisément le rapport entre la puissance fournie par l'alimentation et la puissance utile délivrée par l'étage amplificateur.

Or le calcul et l'expérience sont d'accord pour nous apprendre qu'en classe A le rendement est toujours assez faible. Avec un tube triode il atteint au maximum 25 %. Le chiffre est un peu plus favorable pour un tube tétrade ou pentode puisqu'il atteint 50 %. Toutefois, ce chiffre théorique est établi sans tenir compte de la consommation de la grille écran. Il s'agit simplement de ce qu'on pourrait nommer le *rendement anodique*. Si l'on tient compte de la consommation d'écran, le rendement maximal est d'environ 30 à 35 %...

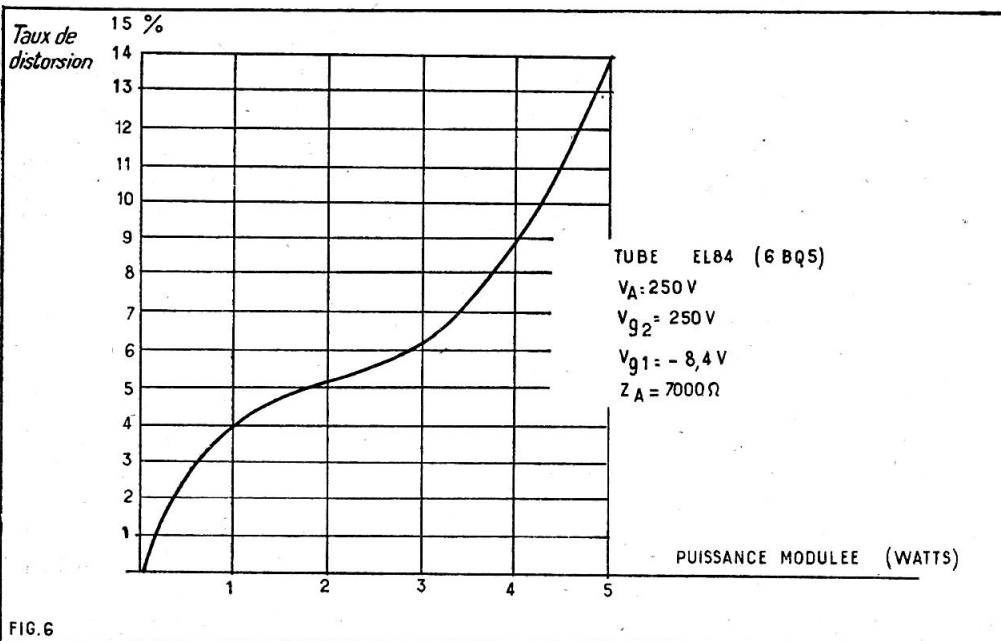


FIG. 6. — Courbe de distorsion d'une pentode de puissance EL84 en fonction de la puissance produite. La forme de cette courbe est déterminée par l'allure générale de la caractéristique dynamique.

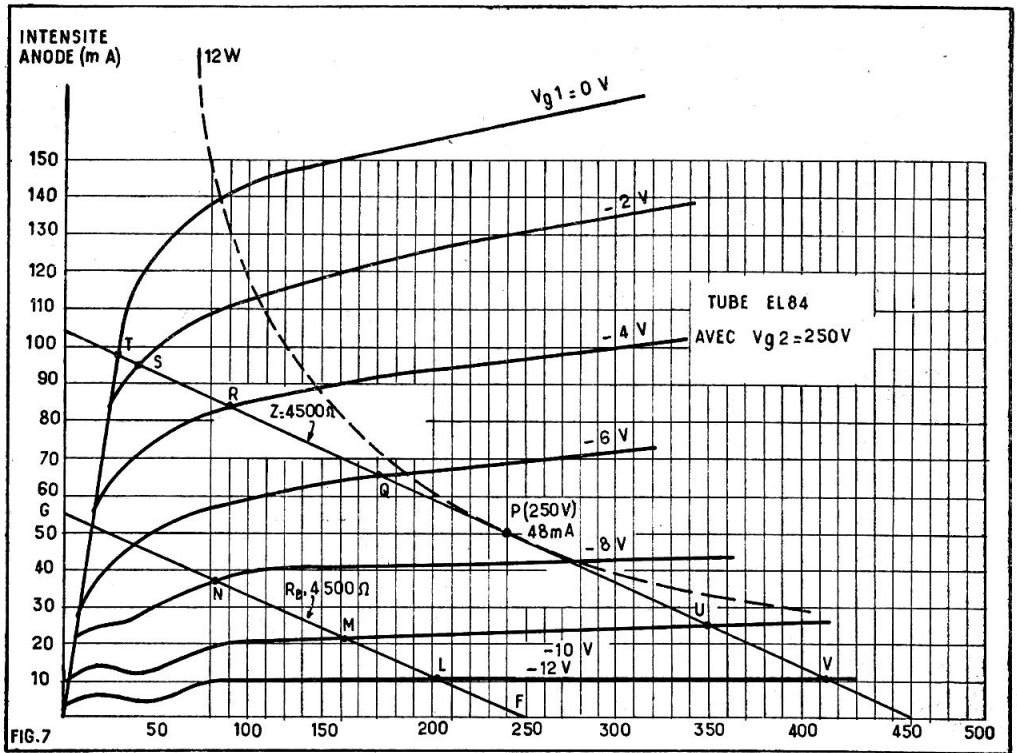


FIG. 7. — Réseau de caractéristique d'un tube EL84 ou 6BQ5 avec une tension de grille écran de 250 V. On a tracé la courbe qui détermine la zone de dissipation maximale admissible (12 W). On a également représenté une droite de charge relative à une résistance pure de 4.500 Ω (F6) et une droite de charge relative à une impédance de même valeur, avec une tension anodique de 250 V et une polarisation de $-7,3$ V.

Il faut d'ailleurs bien comprendre que le rendement ne peut pas être fixé d'une manière absolue, car il dépend du taux de distorsion que l'on admet. Et, sur ce point particulier, il y aurait beaucoup de choses à dire. Prenons, par exemple, le cas d'une pentode moderne EL84 (ou 6BQ5) utilisée en classe A, avec une impédance de charge de 7.000 Ω .

Le courant d'anode au repos est de 36 mA pour une tension anodique de 250 V, avec une polarisation de $-8,4$ V. Le courant de grille écran est de 4,1 mA sous 250 V. Si nous traçons une courbe donnant le taux de distorsion en fonction de la puissance

produite nous obtenons le résultat indiqué figure 6.

La consommation totale du tube est de :
 $0,036 \times 250 = 9$ W pour l'anode.
 $4,1 \times 250 = 1,25$ W pour la grille écran.

Si l'on admet une distorsion de 10 % (ce qui est considérable et incompatible avec une *haute fidélité* — la puissance produite est de 4,25 W et, dans ces conditions, le rendement atteint 4,25/10,25 soit 41 % environ.

Mais si nous estimons que le maximum de distorsion tolérable est de 5 %, la puissance maximale produite est de 1,8 W et le rendement n'est plus que :

$$1,8 / 10,25 \text{ soit } 17 \text{ \% environ.}$$

Pour bien montrer que l'on peut prendre certaines libertés avec la notion d'impédance de charge optimale, signalons que ce même tube peut être utilisé dans les conditions suivantes :

$$\begin{aligned} V_A & 250 \text{ V} \\ V_{g2} & 250 \text{ V} \\ V_{g1} & 7,3 \text{ V} \end{aligned}$$

L'intensité d'anode est alors de 48 mA, et celle de la grille écran de 5,5 mA.

Avec une charge de 4.500 Ω (et non plus de 7.000 Ω) on obtient une puissance de 5,7 W avec une distorsion de 10 %.

Détermination d'un étage d'amplification en classe A.

C'est d'après les caractéristiques du tube que l'on peut utilement déterminer les éléments du fonctionnement.

Prenons cette fois encore, l'exemple du tube EL84 qui est un des plus utilisés à l'heure actuelle.

Le réseau de caractéristiques reproduit sur la figure 7 est un réseau de courbes *statiques*, c'est-à-dire tracées sans qu'on introduise une charge dans le circuit d'anode ; il nous permet de définir, par exemple, la caractéristique donnant le courant d'anode en fonction de la tension de grille que nous avons reproduite figure 8.

PRIX INDIQUÉS EN NF

Mobel

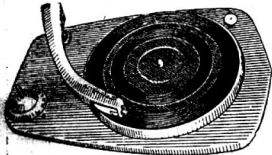
● TABLES DE TÉLÉVISION ●



Cainage en plastique
4 coloris unis
 havane, vert rouge, jaune au choix. Prix :
 43 cm.... **57**
 54 cm.... **65**
 Même modèle mais entièrement verni :
 noyer ou palissandre
 43 cm.... **62**
 54 cm.... **70**

43 cm : 49 x 61 x 75
 54 cm : 75 x 59 x 87

● PLATINES TOURNE-DISQUES ●



4 vitesses
 16, 33, 45, 78 tours
 110-220 volts
 50 périodes
ARRÊT AUTOMATIQUE

Philips : **74.50** — Radiohm : **68**
 Radiohm Stéréo..... **88.50**
PATHE MARCONI - Nouveaux modèles 1960
 Mélodyne 520 IZ : **78** - Mélodyne stéréo 530 IZ : **81**
 Mélodyne changeur Stéréo 320 IZ : **140**
 Mélodyne - Type Professionnel n° 999
 Equipement Hi-Fi..... **299**
 Mélodyne pour T.-D. à transistors : **95**

● CHASSIS D'AMPLI ●

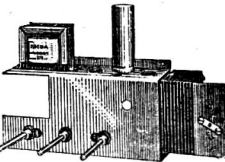
Puissance 5 WATTS

COMPLÉT PRÊT À CÂBLER. Prix..... **58.80**

Le jeu de lampes. **14.95**

COMPLÉT EN ORDRE DE MARCHE sans lampes.

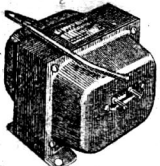
Prix..... **69.90**



● AUTO-TRANSFO ●

220-110 V RÉVERSIBLES

80 VA..... **12.60**
 100 VA..... **14.50**
 200 VA..... **24**
 300 VA..... **34.50**
 500 VA..... **41**
 Autres valeurs : Nous consulter.

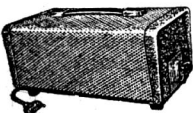


● APPAREILS DE MESURE ●

MÉTRIX 460..... **124.00**
 Housse cuir..... **17.50**
 CENTRAD 715..... **148.50**
 VOC miniature..... **46.50**
 Housse..... **17.50**
POUR TOUS LES AUTRES MODÈLES. NOUS CONSULTER



● RÉGULATEUR AUTOMATIQUE DE TENSION UNIVERSEL 200 W ●



Pour tous appareils électriques ou électroniques et notamment **LES TÉLÉVISEURS**
 Alter. 50 per/sec. Tension secteur 85 à 150 V ou entre 160 et 300 volts.

Tension régulée et stabilisée à + 1 % pour une variation de tension d'entrée - 30 %.

Prix..... **135**

Régulateur de tension à commande manuelle 12 positions 100 et 220 V..... **43**

TAXE 2,83 %. PORT ET EMBALLAGE EN SUS.

Mobel

35, rue d'Alsace, PARIS-X^e

Tél. : NORD 88-25, 83-21

RADIO-TÉLÉVISION, LA BOUTIQUE JAUNE en haut des marches.

Métro : Gares de l'Est et du Nord. C.C.P. 3236-25 Paris

BON R.-P. 2-61

Veuillez m'adresser votre CATALOGUE GÉNÉRAL 1961, ensembles prêts à câbler, pièces détachées, postes en ordre de marche. Ci-joint NF : 1,50 en timbres pour participation aux frais.

NOM.....

ADRESSE.....

Numéro du RM (si professionnel).....

GALLUS PUBLICITÉ

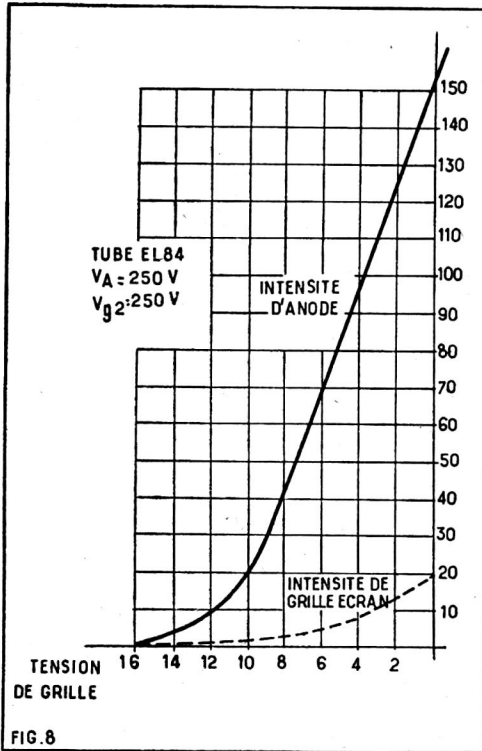


FIG. 8. — Caractéristique statique du tube EL84, c'est-à-dire, sans impédance de charge.

Mais il est évident que cette courbe ne correspond pas aux conditions réelles de fonctionnement, car — encore une fois — quand le tube fonctionne normalement, il y a, dans le circuit d'anode, une impédance de charge dont la valeur — pour les courants alternatifs, est de 7.000 Ω.

La figure 8 est, en effet, tracée en admettant que la tension existant entre cathode et anode est toujours de 250 V. Or, il n'en sera pas ainsi s'il y a une impédance dans le circuit d'anode (fig. 9). Supposons pour l'instant qu'il s'agisse d'une résistance pure de 4.500 Ω.

Admettons que l'intensité soit de 10 mA. La chute de tension dans la résistance sera de $0,01 \times 4.500 = 45$ V.

En conséquence, la tension effective ne sera plus que $250 - 45 = 205$ V, et les indications que nous pourrions retirer de

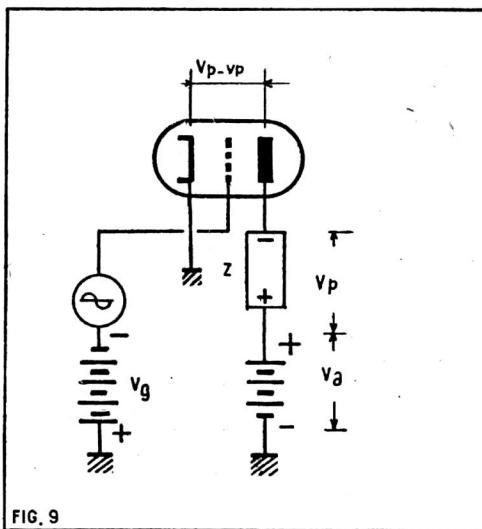


FIG. 9. — La tension anodique effective n'est pas égale à la tension d'alimentation. Il faut en déduire la chute de tension dans l'impédance de charge Z. Si celle-ci est une résistance, il s'agit toujours d'une chute de tension. Si c'est une impédance, Vp peut s'ajouter à Vp.

l'examen de la courbe figure 8 sont inexactes puisque celle-ci a été établie en supposant qu'il existe une tension anodique de 250 V.

Quand le tube fonctionne, il y a des variations d'intensité. Si celle-ci passe, par exemple, à 20 mA, la chute de tension est de 90 V et la tension effective n'est plus que de 160 V. Pour que la tension entre cathode et anode soit de 250 V, il faut que l'intensité dans le tube soit nulle.

N'est-il pas possible de déterminer exactement les conditions de fonctionnement ?

Si. Il suffit pour cela de combiner la différence de potentiel fournie par la source et les chutes de tension dans la résistance. Ces dernières peuvent être déterminées graphiquement, d'une manière que nous avons étudiée dans un article précédent, à propos des diodes-tunnels.

On tracera le diagramme de la résistance ou droite de charge. Le point F (fig. 7) est précisément un point de cette droite puisqu'il correspond à une intensité nulle et à une tension de 250 V. D'autre part, s'il y a une chute de tension de 250 V dans la résistance, la tension appliquée sera nulle. Cela se produira pour $I = E/R$ ou $250/4.500 = 55,5$ mA.

En conséquence le point G fait partie de cette droite et nous pourrions ainsi la tracer en joignant F et G.

En prenant toutes les intersections de cette droite avec les courbes de la figure 7, comme LMN, etc., nous pouvons tracer la courbe dynamique...

Mais cela ne correspond pas aux conditions d'utilisation de notre étage de puissance.

En effet, l'impédance Z qui est généralement l'enroulement primaire du transformateur de sortie ne se comporte pas comme une résistance pure. Sa résistance est même pratiquement négligeable pour le courant continu. Ce n'est que pour le courant alternatif qu'elle oppose de la résistance.

La vraie droite de charge.

Nous pouvons facilement tenir compte de cela. Reprenons l'exemple déjà donné. Le tube polarisé par une tension de 7,3 V fournit une intensité de 48 mA. Le point figuratif est P sur notre diagramme.

On notera qu'il est en bordure de la courbe pointillée correspondant à une puissance dissipée de 12 W, puissance limite autorisée par le constructeur. Tout le long de cette courbe le produit de l'intensité par la tension donne 12 W. Un mathématicien vous dirait que cette courbe est une branche d'hyperbole équilatère. Le point de repos doit donc être en dehors de cette courbe. Comme nous voulons tirer le maximum de notre tube, nous l'avons placé exactement sur la courbe.

Ce point P est déjà un point de la droite de charge. Comme l'impédance est de 4.500 Ω l'inclinaison du diagramme est exactement la même que pour une résistance pure de même valeur. Nous obtenons ainsi la droite qui s'étend de V à T... en passant, naturellement, par le point P.

Tracé de la courbe dynamique.

Certains lecteurs s'étonneront peut-être en constatant que la droite s'étend de P à V... jusqu'à une tension égale à 450 V, alors que la tension anodique n'est que de 250 V. C'est pourtant parfaitement normal. L'impédance Z est, par définition même, un élément réactif. Cela veut dire que, suivant la position de phase, la tension qui se produit entre ses extrémités peut se retrancher de la tension anodique ou, au contraire, s'ajouter... C'est précisément de cette manière qu'on peut obtenir des tensions de crête voisines de 10.000 V dans le circuit d'anode d'un tube de balayage, de

téléviseurs en partant d'une tension anodique de 180 ou 200 V.

Revenons à notre diagramme. Le tracé de la caractéristique dynamique est maintenant très simple.

Prenons deux axes (fig. 10), l'un pour la tension de grille, l'autre pour l'intensité d'anode. Il est évident que le point P', correspondant à $I = 48 \text{ mA}$ et $V_g = 7,3$ appartient aux deux courbes.

Pour -12 V (point V, fig. 7) l'intensité est de 12 mA , ce qui nous donne le point V'. Pour -10 (point U) nous obtenons le point U', pour -6 le point Q', etc., jusqu'au point T'. Il suffit de relier ces points entre eux pour obtenir la courbe cherchée. On voit ainsi qu'elle n'a pas du tout la même forme que la caractéristique statique. Pour faciliter la comparaison, nous avons tracé cette dernière en pointillé.

La caractéristique classique se présente avec une double courbure, le point d'inflexion central est précisément le point de repos. Nous voyons bien, de la sorte, que ce point a été correctement choisi. Et nous remarquerons aussi l'origine de la distorsion. Cette forme de lettre S majuscule est caractéristique pour les tubes pentodes de puissance. C'est à cause de ce qu'il y a production de distorsion par des harmoniques de rangs impairs (qui sont particulièrement désagréables à l'oreille).

S'il s'était agi d'un tube triode de puissance, nous aurions obtenu une caractéristique dynamique de forme parabolique comme celle que nous avons reproduit figure 10. La distorsion aurait été moins désagréable. En revanche, le rendement aurait été plus faible.

Les caractéristiques dynamiques permettent de déterminer la puissance modérée qu'on peut obtenir pour une tension d'attaque de grille donnée.

Résumé et conclusion.

Le fonctionnement en classe A peut être caractérisé de la manière suivante :

1° Le point de repos est choisi au milieu de la caractéristique dynamique ; de telle

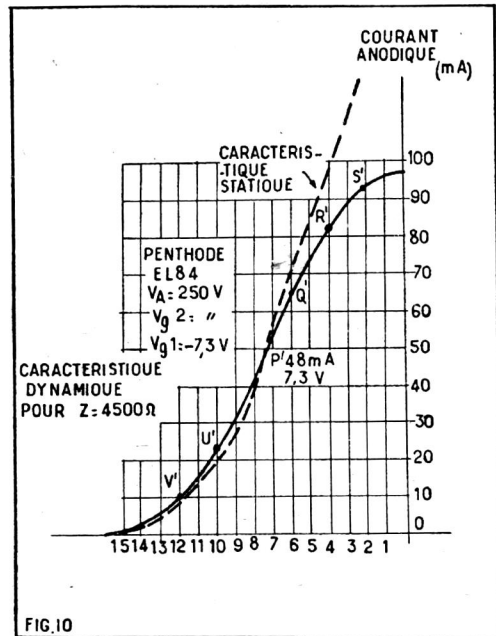


FIG. 10. — Le diagramme de la figure 7 permet le tracé de la caractéristique dynamique. On voit combien celle-ci peut être différente de la caractéristique statique. On reconnaît ici la forme caractéristique en S d'une caractéristique dynamique d'un tube pentode.

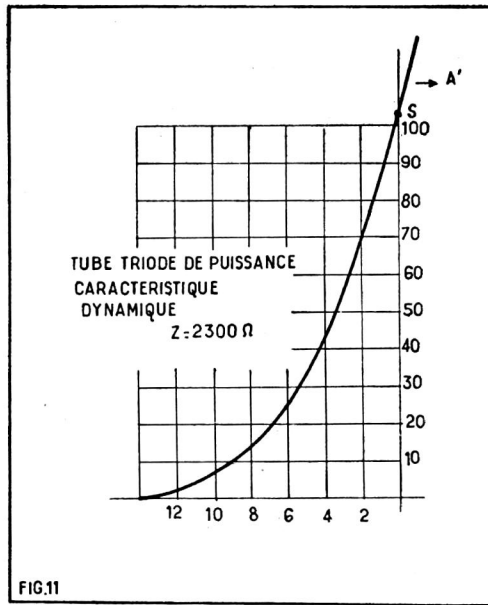


FIG. 11. — La caractéristique dynamique d'un tube triode ne présente pas de point d'inflexion, en d'autres termes, la courbure est toujours dans le même sens. On comparera avec la caractéristique d'un tube pentode (fig. 10).

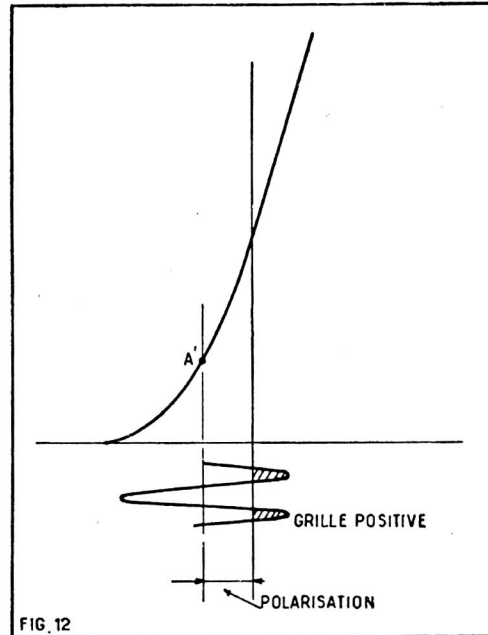


FIG. 12. — Fonctionnement en classe A' ou A2. La définition est analogue à celle de fonctionnement en classe A, toutefois la grille devient positive par instant.

sorte que l'intensité anodique moyenne demeure invariable au cours du fonctionnement.

2° La distorsion est d'autant plus faible que la puissance utile produite est elle-même plus faible. Elle croît régulièrement à mesure qu'on exige une puissance plus grande.

3° Le rendement n'est jamais supérieur à 50 %. Pour atteindre une valeur de cet ordre, il faut tolérer une grande distorsion : de l'ordre de 10 % par exemple.

La classe A' ou A2.

C'est un mode de fonctionnement très rarement utilisé, mais qui peut cependant ne pas manquer d'intérêt dans certains cas. Dans le cas d'un tube pentode (fig. 9), la caractéristique présente une courbure su-

périeure importante. Il faut donc limiter la tension d'attaque de manière que la tension de grille instantanée demeure toujours négative.

La courbure supérieure est la conséquence du « genou » des caractéristiques (voir fig. 7) qui se manifeste quand la tension instantanée d'anode devient très inférieure à la tension de grille écran. Cet effet a pour cause l'augmentation du courant instantané de grille écran. Il est inévitable quand il s'agit de tubes à grande résistance interne.

Mais il n'a aucune raison de se produire quand il s'agit d'un tube triode puisqu'il n'y a pas de grille écran.

Et il en est bien ainsi comme le montre la caractéristique dynamique d'un tube triode de puissance (fig. 10). La courbe continue de monter bien au-delà du point S correspondant à une tension grille nulle.

On peut donc parfaitement envisager d'utiliser le tube avec des tensions instantanées de grille positives. Et tel est — précisément, le principe du fonctionnement en classe A' ou A2.

On conserve la même impédance de charge, mais la tension d'attaque est suffisante pour rendre la grille positive par moments.

Il en résulte une augmentation de rendement qui peut atteindre 50 % pour un tube triode (au lieu de 25 %).

Il y a également production d'un courant de grille de commande. Pour que les conséquences ne soient pas désastreuses, il faut que le circuit ne comporte qu'une résistance ohmique négligeable. Il en résulte que le couplage par résistance capacité doit être prohibé et qu'il faut adopter, par exemple, un couplage par transformateur ou, encore, remplacer la résistance de grille par une bobine d'arrêt.

2000 heures de Travail

avec un FER RATIONNEL garanti un an

résistance blindée

tout équipé avec mise à la terre

pièces interchangeables par l'utilisateur

Demandez Notice FS 14



30 ans d'expérience

36, AV. GAMBETTA - PARIS - 20^e

ROQ. 03-02

CH.G