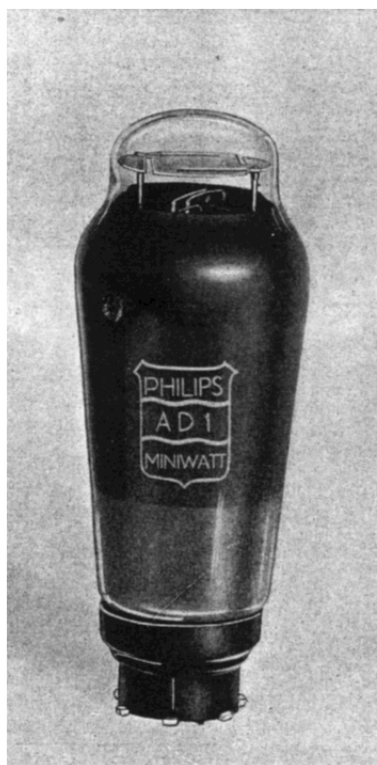




La triode de sortie AD 1



La nouvelle triode de sortie de la série 4 volts à courant alternatif AD1.

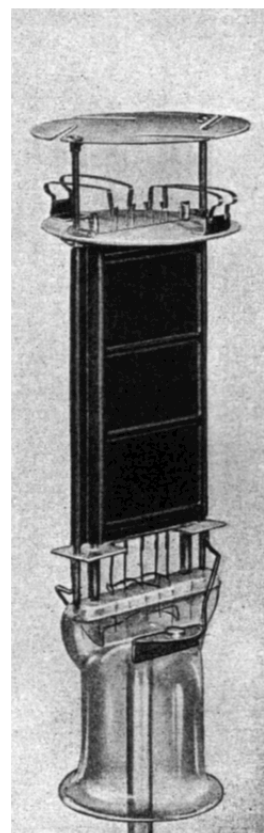
Fig. 1

plus élevée. Ainsi, par exemple, la lampe AL 2 absorbe un courant d'anode et de grille-écran total de 41 mA, alors que la AD 1 exige un courant anodique de 60 mA. De plus, cette dernière lampe requiert une tension alternative de grille élevée pour la moduler complètement, à savoir, 30 V_{eff} environ. La sensibilité n'est guère que le 1/3,5 de celle d'une penthode à pente normale ou le 1/10 de celle d'une penthode à pente élevée. Il en résulte que la construction de l'appareil récepteur devient plus coûteuse, puisqu'il sera souvent nécessaire de prévoir une amplification plus grande dans les autres étages, voire même un étage supplémentaire. Comme toujours dans le cas d'une triode, la tension d'anode est beaucoup moins profondément modulée que dans le cas d'une penthode, une valeur trop élevée de l'impédance d'adaptation n'a pas la même influence défavorable sur la distorsion que dans les penthodes. De même, les résonances du haut-parleur se trouvent un peu amorties par la faible valeur de la résistance interne ($R_i = 670$ ohms). Ces résultats peuvent être expliqués de la façon suivante:

Une triode de faible résistance interne, recevant sur la grille un signal d'amplitude constante, mais de fréquence variable, peut

La lampe AD 1 est une triode de sortie de 15,5 watts au maximum, à chauffage direct, pour postes alimentés par le courant alternatif. Sa tension de chauffage est de 4 volts. Jusqu'à présent, les triodes de cette puissance ont toujours été construites pour des tensions d'anode élevées. Il est donc particulièrement remarquable qu'on ait pu réaliser ce tube pour une tension d'anode de 250 volts, tout à fait courante dans les postes récepteurs. Bien que cette tension d'anode soit relativement basse, il a été possible d'obtenir une caractéristique dynamique I_a/V_g dont une partie est très droite. Grâce à sa faible résistance interne, ce tube donne, pour la résistance de charge prescrite, un rendement très élevé dans son emploi sur étages amplificateurs en classe A. Pour 5% de distorsion, la puissance utile est de 4,2 watts, de sorte que le rendement est alors de 28%. La puissance de sortie du tube AD 1 est amplement suffisante pour la plupart des postes récepteurs de radiodiffusion, et la qualité de la reproduction, pour une distorsion de 5%, est satisfaisante, bien que les notes aiguës perdent toujours un peu dans la reproduction avec les triodes.

La consommation de courant anodique, comparée à celle d'une penthode, est notablement



Construction intérieure de la triode de sortie AD 1.

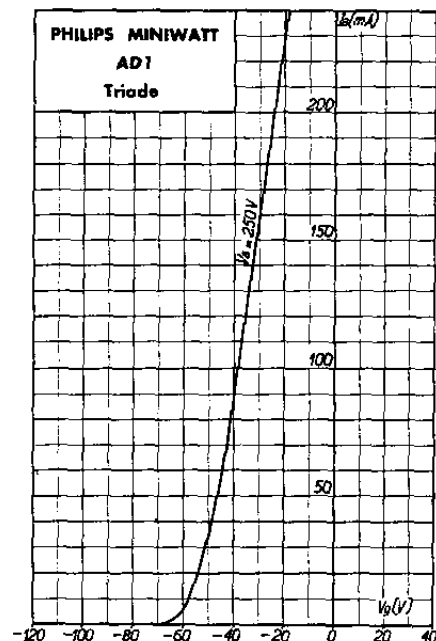
Fig. 2



être assimilée approximativement à un alternateur à tension constante. La tension alternative d'amplitude constante, ainsi produite, est appliquée aux bornes d'une impédance dont la valeur varie avec la fréquence. En général, cette impédance augmente avec la fréquence, de 800 ou 1000 périodes par seconde jusqu'à 10.000 périodes par seconde, de sorte que le courant parcourant cette impédance, ira en diminuant lorsque la fréquence s'élèvera. Après transformation par le transformateur de sortie, ce courant est amené à la bobine du haut-parleur. Par conséquent, le courant qui parcourt la bobine du haut-parleur diminue dans la même proportion. Il s'ensuit que l'intensité sonore diminue aussi pour les fréquences élevées, car elle est en effet proportionnelle, pour les haut-parleurs électrodynamiques, à l'intensité du courant.

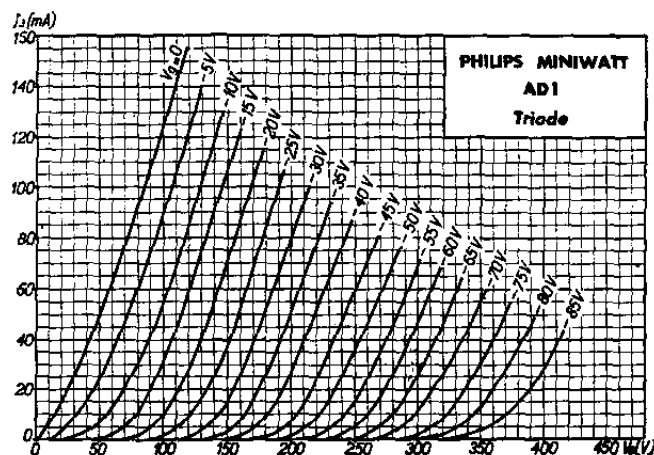
Au contraire, une penthode présente une résistance interne très élevée. Pour une tension alternative constante sur la grille, elle peut être comparée à un alternateur débitant un courant constant. Cette fois, lorsque la fréquence augmente, c'est le courant qui reste constant. Il en est donc de même du courant parcourant la bobine du haut-parleur et de l'intensité sonore sur les différentes fréquences.

Dans le cas de la triode, une valeur trop élevée de la résistance d'adaptation entraîne une diminution de la puissance de sortie maximum (pour la modulation jusqu'à la naissance d'un courant de grille). Aucune distorsion exagérée n'est, cependant, introduite de cette manière. On peut affirmer même que la distorsion devient plus faible pour les grandes valeurs de la résistance d'adaptation. S'il s'agit d'une penthode, la tension aux bornes de la résistance de charge augmente, au contraire, avec la grandeur de cette résistance elle-même si la tension alternative sur la grille reste constante. De la sorte la tension d'antenne de la grille n'est pas limitée ici par



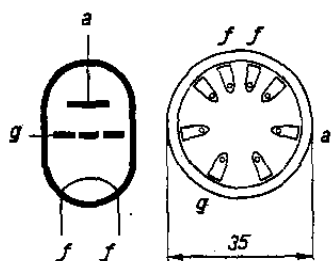
Courant d'anode en fonction de la tension négative de la grille pour $V_a \approx 250$ volts.

Fig. 3



Courant d'anode en fonction de la tension d'anode pour différentes polarisations négatives de la grille.

Fig. 4



Disposition des électrodes et connexions du culot du tube AD 1.

Fig. 7

la naissance du courant de grille, comme dans le cas d'une triode, mais par la tension d'anode. Dans le cas d'une penthode, la puissance de sortie maximum diminue donc aussi pour les valeurs élevées de la résistance de charge. La distorsion ne diminue pas (comme pour la triode), elle reste constante en première approximation.

Il est évident que les considérations précédentes ne s'appliquent que de façon approchée, puisque la résistance interne de la triode de sortie n'est pas infiniment petite, ni celle de la penthode infiniment grande.

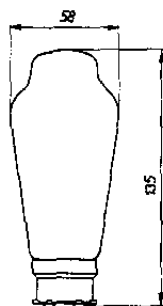
Le tube AD 1 convient également comme amplificateur classe A/B dans les récepteurs de luxe. Dans ce cas, la puissance de sortie est relativement grande, et la distorsion reste faible. Pour une modulation complète, avec une polarisation automatique, la puissance de sortie peut atteindre 9,2 watts. Dans ces conditions, la distorsion est de 1,3%, de sorte que la qualité de la reproduction peut être considérée comme très bonne. Les mêmes considérations relatives à la reproduction des fréquences élevées dans le cas éventuel d'une mauvaise adaptation s'appliquent évidemment aussi à l'étude de l'amplification classe A/B à deux triodes de sortie.

Caractéristiques de chauffage.

Chauffage direct par courant alternatif, alimentation en parallèle.

Tension de chauffage V_f = 4,0 V

Courant de chauffage I_f = 0,95 A



Encombrement du tube AD 1.

Fig. 6

Caractéristiques de service, amplification en classe A (une seule lampe)

Tension d'anode V_a = 250 V

Polarisation négative de la grille V_g = -45 V

Courant d'anode I_a = 60 mA

Pente au point de fonctionnement S = 6 mA/V

Résistance cathodique R_k = 750 Ω (3W)

Résistance interne au point de fonctionnement R_i = 670 Ω

Coefficient d'amplification k = 4

Résistance de charge optimum R_a = 2300 Ω

Puissance de sortie pour 5% de distorsion W_o = 4,2 W

Tension alternat. sur la grille pour 5% de distors. ... V_i = 30 V_{eff}

Sensibilité $V_i(50 \text{ mW})$ = 3,3 V_{eff}

Caractéristiques de service, amplification en classe A/B (2 lampes)

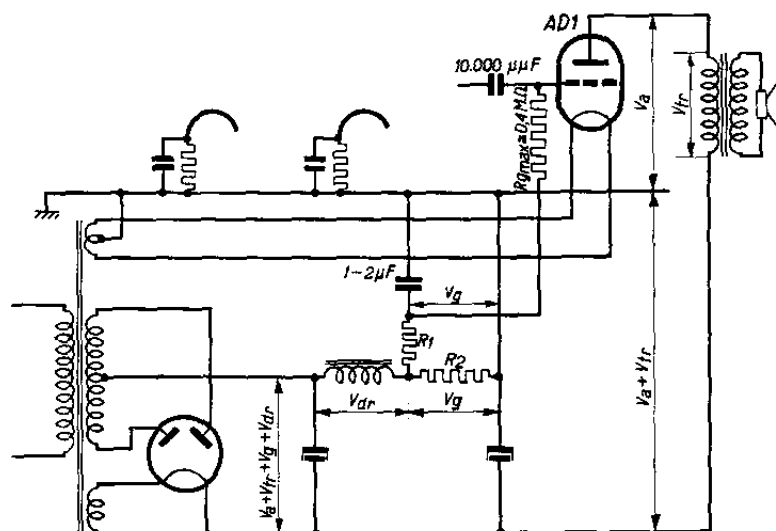
	Polarisation fixe	Polarisation automatique
Tension d'anode	V_a = 250 V	V_a = 250 V
Polarisation négative de la grille	V_g = -48 V	—
Résistance cathodique commune	—	R_k = 375 Ω (6 W)
Courant d'anode au repos	I_{ao} = 2×50 mA	I_{ao} = 2×60 mA
Courant d'anode, modulation complète	$I_{a \text{ max}}$ = 2×63 mA	$I_{a \text{ max}}$ = 2×62,5 mA
Impédance de charge optimum d'une anode à l'autre	R_a = 4000 Ω	R_a = 4000 Ω
Puissance modulée maximum	W_o = 9,3 W	W_o = 9,2 W
Distorsion totale pour la modulation complète	d_{tot} = 1,3%	d_{tot} = 1,3%



de fuite de grille et l'amplification de l'étage précédent sera maximum.

Si l'on ne dispose que d'un seul enroulement de chauffage il est possible de mettre celui-ci directement à la terre et d'obtenir la polarisation négative de la lampe de sortie à l'aide de la chute de tension dans le filtre d'alimentation anodique. La figure 8 indique un montage possible. L'inconvénient d'avoir des tensions élevées entre filaments et cathodes des tubes à chauffage indirect est supprimé; par contre, la polarisation dépend alors de la consommation de courant totale du poste. Ce fait doit retenir spécialement l'attention lorsque le poste comporte plusieurs sélectodes réglées, consommant ensemble une fraction notable du courant anodique total. Ainsi, par exemple, deux tubes AF 3 consomment, ensemble, un courant total d'environ 21 mA (anodes et grilles-écrans). Ce courant sera pratiquement nul lorsqu'une tension régulatrice élevée sera appliquée aux grilles des sélectodes. Si, par exemple, le courant en question était le 1/5 du courant total débité par le redresseur de courant anodique, la chute de tension dans la self de filtrage diminuera considérablement et il en sera de même de la polarisation négative de la lampe de sortie. La polarisation négative plus faible entraîne une augmentation du courant anodique continu, ce qui met en péril la durée de vie du tube (cette augmentation du courant d'anode a comme conséquence que la polarisation ne diminue pas exactement de 1/5. Il y a donc une certaine compensation).

La polarisation obtenue par la chute de tension dans le filtre d'alimentation anodique, peut être utilisée de deux manières différentes. La figure 8 indique un montage dans lequel une résistance est prévue en série avec la bobine de filtrage ou, éventuellement, avec la bobine excitatrice du haut-parleur, de telle façon que la chute de tension désirée soit créée par le courant total absorbé par l'appareil. La polarisation ainsi obtenue doit encore être filtrée au moyen d'un condensateur et d'une résistance, sans quoi l'ondulation de la tension aux bornes



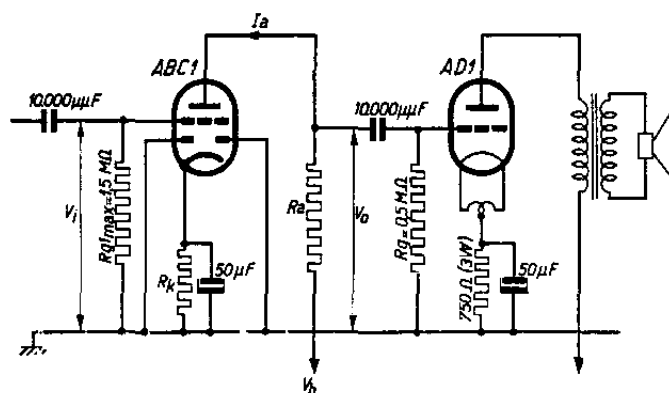
Montage d'une résistance (R_f) en série avec la self de filtrage de l'alimentation plaque pour obtenir une polarisation semi-automatique du tube de sortie à chauffage direct. Pour la signification des indices, voir la figure 7. La tension continue aux bornes du premier condensateur de filtre devra être égale à $V_g + V_{dr} + V_g + V_{dr}$. La polarisation négative du tube de sortie ne se retrouve pas, dans ce cas, entre cathodes et filaments des tubes à chauffage indirect du poste.

Fig. 8

de la résistance serait appliquée directement, à la grille du tube de sortie. En utilisant un condensateur d'une capacité qui ne soit pas trop petite, 1 à 2 μF par exemple, la résistance du filtre ne doit pas être grande, quelques dizaines de mille ohms par exemple. La valeur de la résistance de fuite ne s'en trouve pas notablement augmentée, ce qui permet d'adopter la valeur maximum admissible pour cette résistance (polarisation fixe) ($R_{gfmax} = 0,3$ mégohm).

La figure 9 indique de quelle manière on peut obtenir la polarisation négative par division de la chute de tension aux bornes de la self. Cette division de la tension exige des résistances

169



Montage du tube ABC 1 (ou AC 2) comme tube préamplificateur devant la triode de sortie AD 1 utilisée comme amplifiatrice de sortie en classe A.
Fig. 11

tubes préamplificateurs dont on peut se servir pour attaquer la AD 1 avec couplage par une résistance sont notamment la penthode AF 7, la triode AC 2, ainsi que la ABC 1. Le tableau suivant donne des renseignements sur l'utilisation de ces tubes comme préamplificateurs. La forte tension alternative de grille nécessaire pour moduler complètement la AD 1, entraîne une distorsion légèrement plus grande dans l'étage qui précède, que dans le cas d'une penthode de sortie. Toutefois, cette distorsion plus grande se trouve en partie compensée, puisqu'elle contient surtout le deuxième harmonique, qui dans le cas de l'amplification par résistance, est en opposition de phase avec le deuxième harmonique engendré dans l'étage de sortie.

TABEAU

Caractéristiques des tubes amplificateurs B.F. montés devant la triode de sortie AD 1.
[Résistance de fuite de la lampe de sortie suivante (la AD₁) = 0,5 mégohm].

Type de tube	Tension continue de la source d'alimentation V_b (V)	Résistance extérieure d'anode R_a (MΩ)	Courant d'anode I_a (mA)	Résistance de grille-écran R_{g2} (MΩ)	Courant de grille-écran I_{g2}	Résistance cathodique R_k (Ω)	Polarisation négative V_{R1} (V)	Tension alternative de sortie V_o (V _{eff})	Tension alternative sur la grille V_i (V _{eff})	Distorsion totale dans le tube pré-amplificateur d_{tot} (%)	Amplification $(\frac{V_o}{V_i})$
AF 7	250	0,32	0,53	0,8	0,21	4000	—3,0	31	0,18	6,0	170×
	250	0,2	0,90	0,4	0,38	2500	—3,2	31	0,20	2,5	155×
	250	0,1	1,40	0,25	0,55	1600	—3,1	31	0,29	3,7	105×
AC 2	250	0,32	0,46	—	—	8000	—3,5	31	1,5	3,9	20×
	250	0,2	0,70	—	—	5000	—3,5	31	1,5	3,9	20×
	250	0,1	1,25	—	—	3200	—4,0	31	1,5	4,2	20×
ABC 1	250	0,32	0,47	—	—	8000	—3,7	31	1,6	3,3	20×
	250	0,2	0,72	—	—	5000	—3,6	31	1,55	2,8	20×
	250	0,1	1,25	—	—	3200	—4,0	31	1,6	2,5	20×
	250	0,1	1,40	—	—	2500	—3,5	31	1,55	2,0	20×



Les figures 10 et 11 montrent encore le montage des tubes ABC 1 (ou AC 2) et AF 7 comme amplificateurs B.F. devant le tube de sortie AD 1. Les valeurs des divers éléments du montage peuvent être déduites du tableau. Au sujet de celui-ci on peut remarquer encore que la grandeur de la résistance cathodique pour obtenir un fonctionnement satisfaisant de l'étage amplificateur B.F., n'est pas une valeur critique surtout dans le cas de la AC 2. La valeur de 0,5 mégohm a été choisie comme grandeur pratique de la résistance de fuite de la grille pour le tube de sortie. Cette valeur de la résistance représente à peu près la moyenne des valeurs relatives à la polarisation automatique et la polarisation fixe. Elle peut être adoptée par exemple dans le cas d'une polarisation semi-automatique, si le courant d'anode du tube de sortie représente environ les 2/3 du courant total parcourant la résistance aux bornes de laquelle on prend la polarisation négative du tube de sortie.

Dans le cas d'une polarisation entièrement automatique, la valeur maximum de la résistance de fuite est de 0,7 mégohm, ainsi qu'on l'a remarqué ci-dessus, de sorte que les chiffres figurant sur le tableau pour l'amplification, doivent être légèrement augmentés.

La tension alternative de sortie $V_o = 31 V_{eff}$ représente à peu près la tension nécessaire

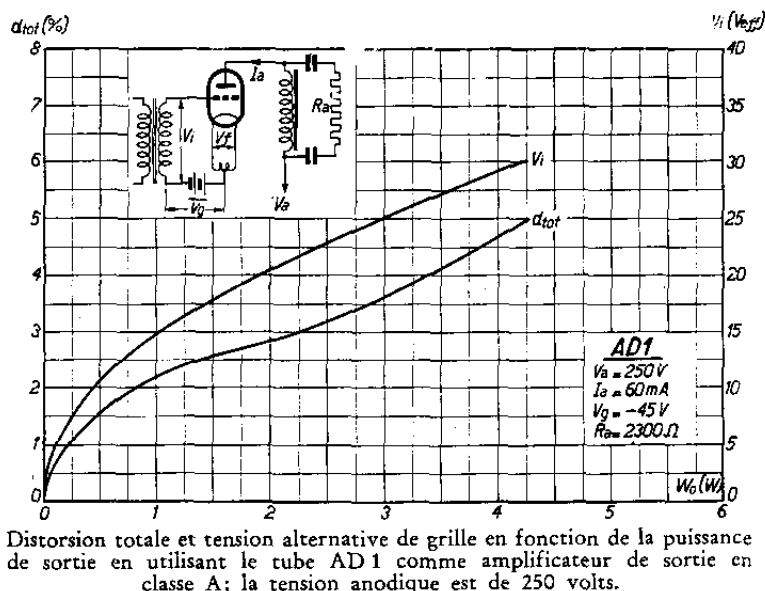


Fig. 13

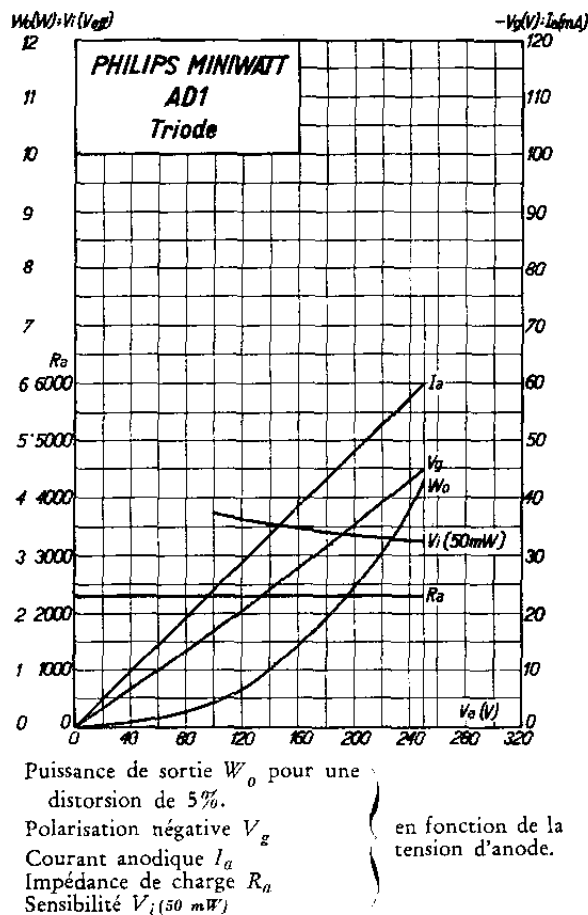


Fig. 12

pour la modulation complète du tube AD 1 monté en classe A avec une tension anodique de 250 V.

La figure 12 montre les divers réglages à adopter pour différentes valeurs de la tension anodique, ainsi que les valeurs correspondantes de la puissance obtenue. Il en résulte que la puissance maximum que l'on peut obtenir tombe à 2,5 W pour une tension anodique de 200 V; le fonctionnement satisfaisant du tube exige donc la présence effective de la tension anodique maximum entre l'anode et le



filament. En déterminant la tension de la source d'alimentation, il faudra donc tenir compte de la chute de tension éventuelle dans la résistance cathodique, ainsi que de celle qui se produit dans le transformateur de sortie.

b) Amplificateur classe A/B sans courant de grille, dans les postes récepteurs de radiodiffusion ou dans les petits amplificateurs.

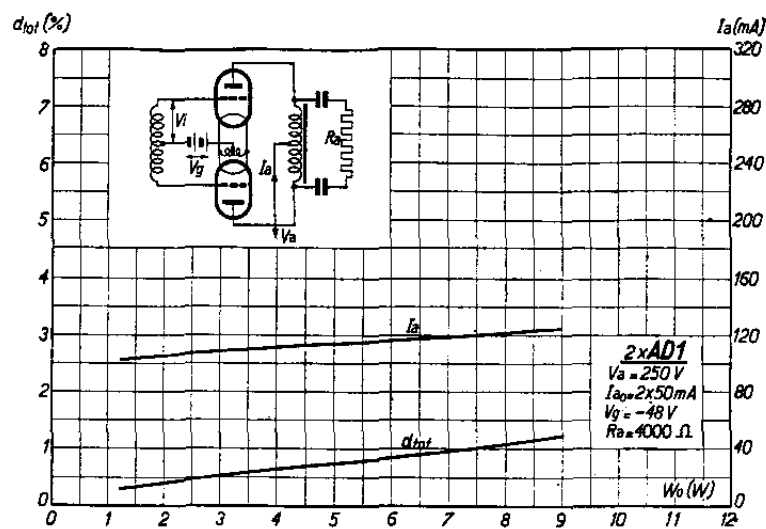
Nous ne recommandons pas le montage amplificateur classe A/B avec courant de grille, à cause de sa reproduction notablement mauvaise qui est due à la production d'harmoniques supérieurs, par suite de la naissance brusque du courant de grille au cours de la période alternative.

Dans un amplificateur classe A/B sans courant de grille, la AD 1 peut recevoir une polarisation de grille négative fixe ou automatique. Comme source de tension de polarisation fixe il faudra considérer une source de tension, indépendante du courant anodique, par exemple un redresseur séparé. La puissance de sortie et la distorsion sont pratiquement les mêmes dans les deux cas, de sorte que la polarisation automatique mérite la préférence par l'économie plus grande qu'elle procure. La résistance cathodique aura une valeur de 375 ohms et elle

devra pouvoir dissiper une puissance de 6 watts. Le montage avec polarisation automatique présente encore un autre avantage. Le courant anodique de l'étage de sortie, ne varie que faiblement entre la valeur du courant de repos et celle de la modulation complète, de sorte que les tensions du poste ne sont pratiquement pas influencées par les variations de l'intensité sonore.

Dans le cas de polarisation automatique, la résistance cathodique doit être shuntée par un condensateur de capacité suffisante, comme dans le cas de l'amplification en classe A.

Le courant d'anode



Courant d'anode et distorsion totale en fonction de la puissance modulée en utilisant deux tubes AD 1 sur un étage de sortie en classe A/B, avec polarisation fixe, pour une tension d'anode de 250 volts.

Fig. 14

consommé par un étage final en classe A/B, équipé avec deux tubes AD 1, est considérable. L'alimentation du poste doit donc être prévue pour un fort courant anodique. Le tube redresseur à utiliser pourra être un 1815, dont les caractéristiques sont les suivantes:

$$\begin{aligned} V_f &= 4,0 \text{ V} \\ I_f &= 2,5 \text{ A} \\ V_{a_{\max}} &= 2 \times 500 \text{ V} \\ I_{a_{\max}} &= 180 \text{ mA} \end{aligned}$$

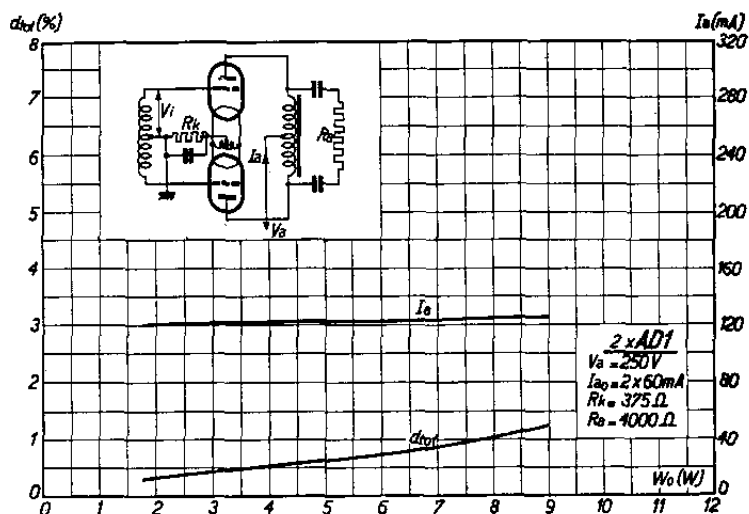
Ce tube redresseur est parfaitement capable d'alimenter un étage de sortie en classe A/B à deux triodes AD 1, ainsi qu'un assez grand nombre d'étages préamplificateurs et de tubes auxiliaires.

Il est possible aussi de se servir d'un redresseur biphasé à deux tubes AZ 1, montés chacun avec anodes réunies.



Courant d'anode et distorsion totale en fonction de la puissance modulée en utilisant deux tubes AD 1 sur un étage de sortie en classe A/B, avec polarisation automatique, pour une tension d'anode de 250 volts.

Fig. 15



En utilisant deux tubes AD 1 sur un étage de sortie classe A/B, l'étage préamplificateur ne peut être équipé qu'avec une triode à cause du couplage par transformateur. Ces triodes pourront être la AC 2, la ABC 1 ou la AL 2 (dont l'anode et la grille-écran sont interconnectées). Lorsqu'on se sert des tubes ABC 1 ou AC 2, la meilleure solution sera en général de choisir un rapport de transformation de 1 : (2 + 2). En employant le tube AL 2, monté en triode, il est possible de choisir un rapport de transformation plus élevé (par exemple 1 : (3 + 3)).

Il va de soi que l'emploi d'une ABC 1 comme tube préamplificateur présente l'avantage de la combinaison d'une triode avec une duodiode. Toutefois, la sensibilité obtenue est inférieure à celle qui est donnée par l'emploi de la AC 2. La plus faible distorsion est obtenue avec le tube AL 2. Par contre, la sensibilité est moindre qu'avec le tube AC 2, et le courant anodique consommé est plus important. La résistance interne notablement plus faible permet d'adopter ce rapport de transformation plus élevé du transformateur intermédiaire.

Le réglage du tube AL 2 comme tube préamplificateur pourra se faire par exemple de la manière suivante:

$V_a(V_{g2}) = 250 \text{ V}$	ou	$V_a(V_{g2}) = 250 \text{ V}$
$I_a = 15 \text{ mA}$		$I_a = 30 \text{ mA}$
$V_{g1} = -34 \text{ V}$		$V_{g1} = -28 \text{ V}$
$R_i = 3000 \Omega$		$R_i = 2200 \Omega$
$S = 2 \text{ mA/V}$		$S = 2,7 \text{ mA/V}$
$k = 6$		$k = 6$

Par suite de son chauffage direct, le tube AD 1 ne convient pas comme tube préamplificateur devant un étage de sortie.