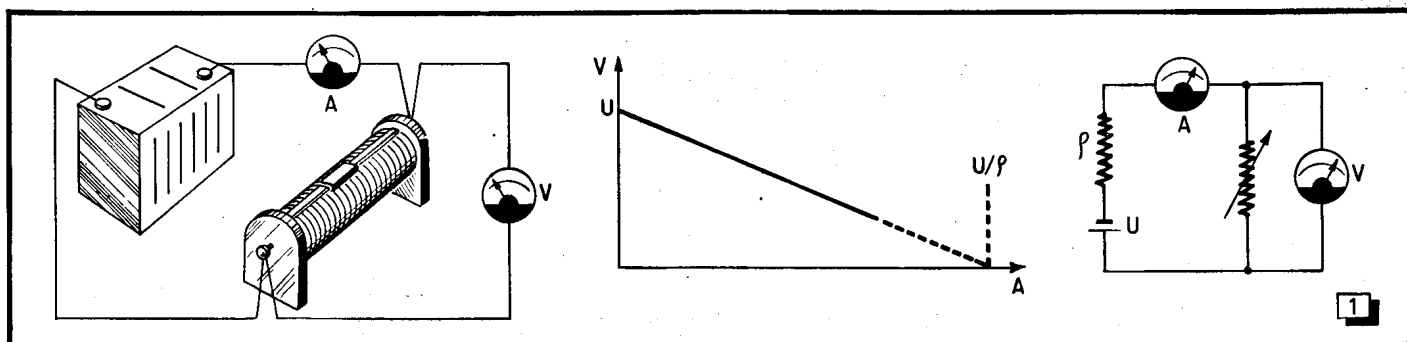


La série « Un court croquis... » est dédiée, non à la mémoire de Napoléon qui énonça cette forte vérité, mais à celle de Colomb (Christophe) qui la mit en pratique, à son fils le savant Cosinus, et à plusieurs de mes jeunes collaborateurs qui, au cours du temps, en ont proposé les thèmes.

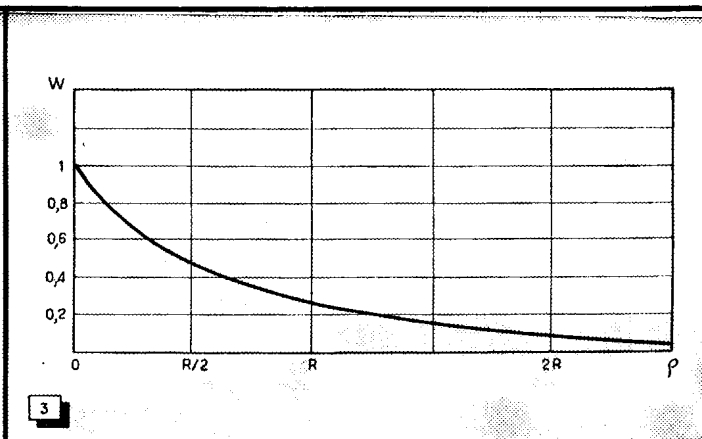
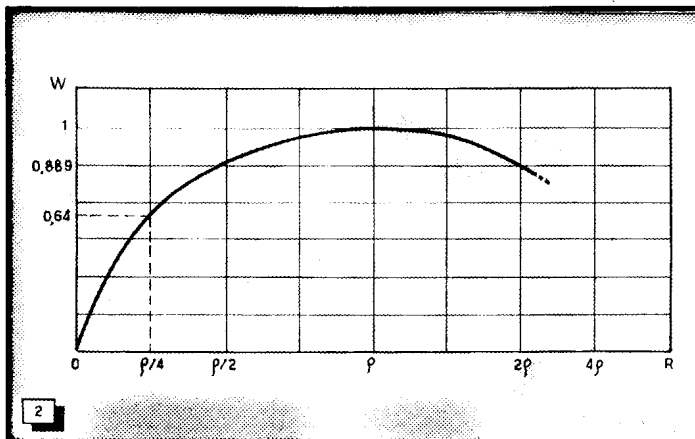
Un court croquis...

# ADAPTATION



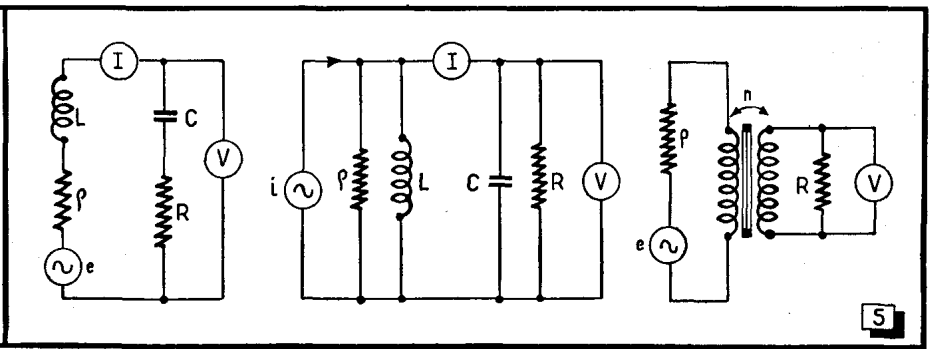
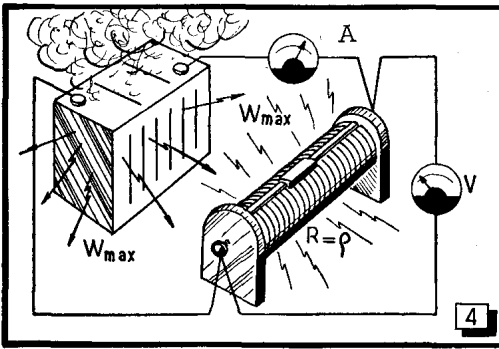
1. — Une batterie alimente une résistance extérieure. On mesure le courant qui passe, la tension aux bornes de la résistance, et on porte en graphique : si la résistance est très grande, le courant est presque nul, et la tension, disons  $U$ . Au fur et à mesure que la résistance diminue, le courant augmente, la tension

diminue, et les points observés s'alignent sur une droite qui, prolongée, couperait l'axe des ampères au point  $U/p$ . L'effet est celui qu'on observerait si une force électro-motrice  $U$  était connectée en série avec une résistance  $q$ , que l'on nomme résistance interne de la source, le tout remplaçant la batterie réelle.



2. — Si, à partir de ces données, on calcule la puissance dissipée dans la résistance extérieure  $R$  pour différentes valeurs de celle-ci, on trouve une courbe dont le maximum, pris ici conventionnellement comme unité de puissance, se présente lorsque  $R = q$ , c'est-à-dire lorsque la résistance externe est égale à la résistance interne. On dit que, pour cette valeur, la résistance d'utilisation est *adaptée* à la source. Mais le maximum est très flou. Une erreur d'adaptation du simple au double ne diminue la puissance que d'environ 11 %, une erreur dans le rapport 4 laisse encore disponibles près des deux tiers de la puissance.

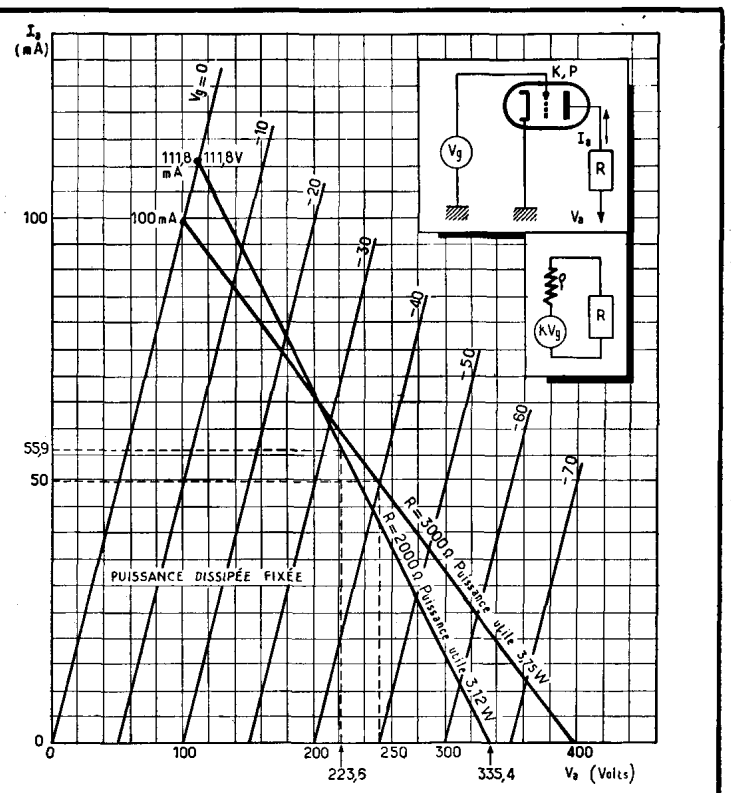
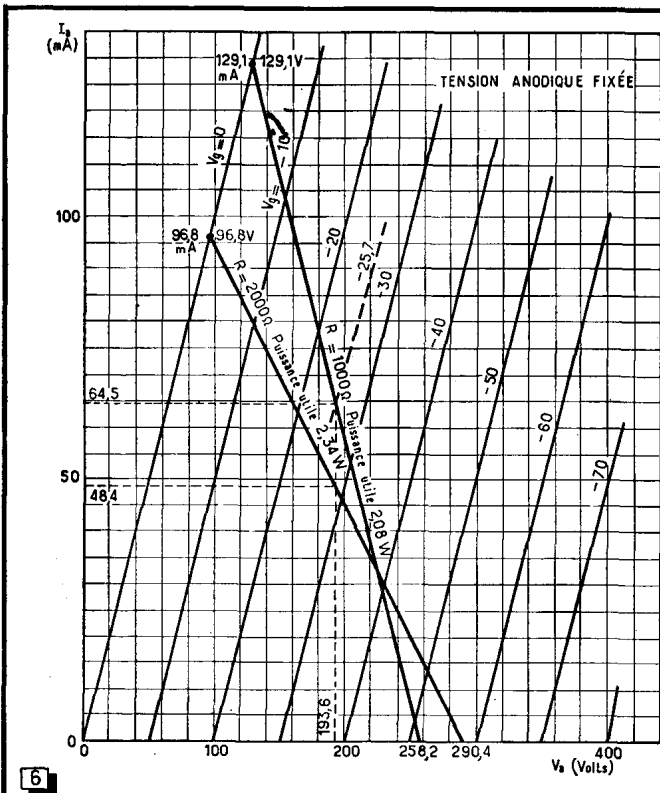
3. — Mais attention ! Même floue, cette adaptation n'a de sens que dans les conditions indiquées. C'est une résistance extérieure nulle qui fournirait le maximum de courant, une résistance extérieure très grande devant  $q$  qui fournirait le maximum de tension. Et surtout, *on n'adapte pas* (en puissance) la résistance interne à la résistance externe. Le graphique montre que la plus grande puissance dans une résistance externe donnée est obtenue pour la plus faible valeur possible de la résistance interne (à force électro-motrice égale, bien entendu).



4. — Il vaut mieux ne pas faire l'expérience qui consiste à rechercher la résistance d'adaptation d'une batterie. Pour cette résistance, la puissance dissipée à l'intérieur de la batterie est égale à la puissance fournie à l'extérieur, et ni une pile, ni un accumulateur, ne sont en général faits pour cela ! Très important : en dehors de la résistance interne, des facteurs physiques variés peuvent intervenir pour fixer une adaptation optimum qui n'est pas celle de la formule simple, et simpliste.

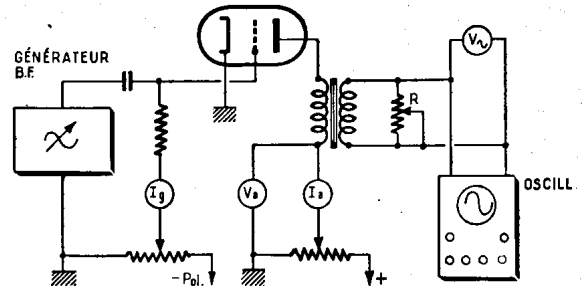
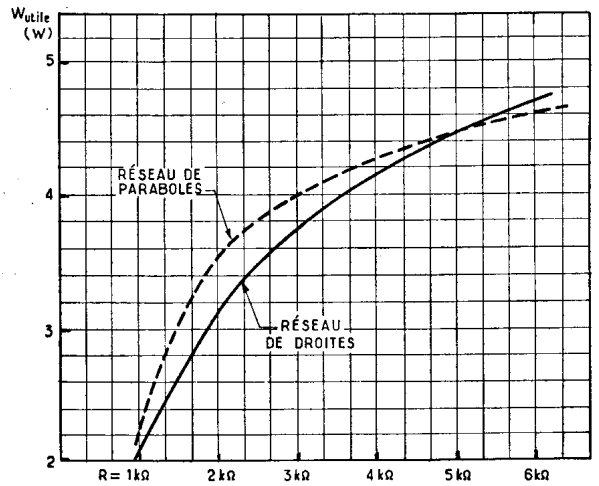
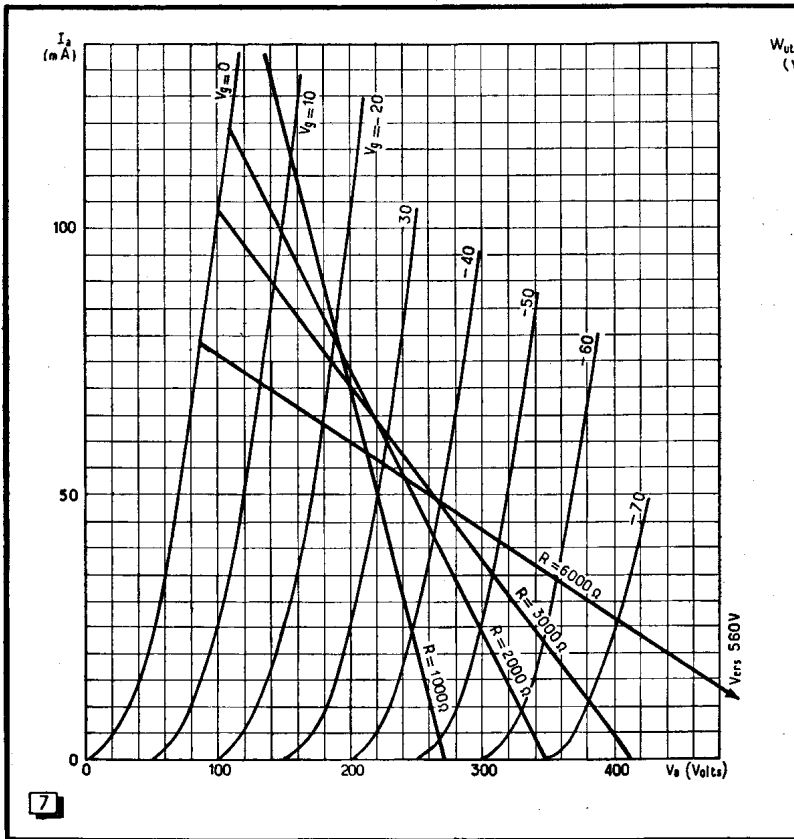
5. — Une source de courant alternatif possède, non plus une résistance, mais une *impédance* interne. Pour une fréquence définie, celle-ci peut se figurer, soit par une résistance et une inductance (ou une capacitance, suivant les cas) en série avec

la force électro-motrice, soit aussi bien par une résistance et une inductance (ou capacitance) en parallèle avec une source de courant constant. L'adaptation de puissance a lieu pour une résistance égale, complétée par l'élément (capacitance ou inductance) qui accorde la réactance interne. L'accord est beaucoup plus pointu que l'adaptation en résistance si la valeur de cette dernière est faible devant la réactance. Le plus important, en s'en tenant à des résistances internes, est qu'un transformateur parfait permet d'adapter exactement des résistances interne et externe toutes deux données (ce n'est pas possible en continu) pourvu que le rapport  $n$  des nombres de spires au primaire et au secondaire soit la racine carrée du rapport des deux résistances.



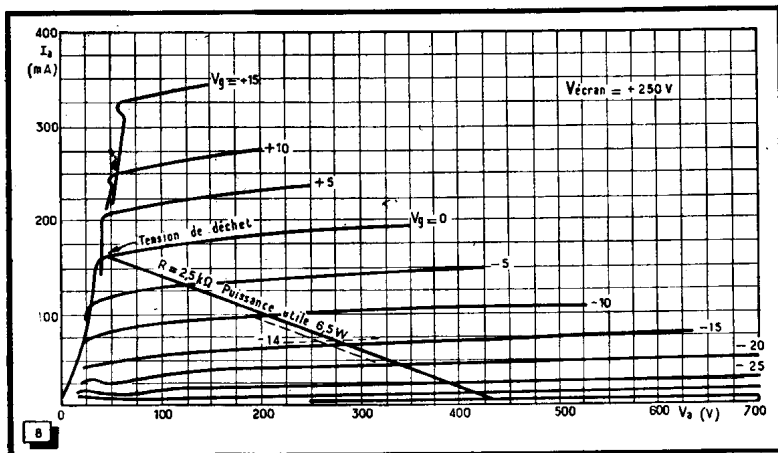
6. — Une lampe, ici triode, dans la zone linéaire de ses caractéristiques, peut être assimilée à une source dont la résistance interne est celle de cette lampe, la force électro-motrice étant la tension alternative de grille multipliée par le coefficient d'amplification. Pour une tension alternative de grille assez faible, c'est bien une impédance d'utilisation égale à la résistance interne qui fournit le maximum de puissance. Mais cette puissance est limitée, si l'on dispose de l'excitation : d'une part : interdiction de rendre la grille positive ; de l'autre : impossibilité de faire

passer le courant plaque à l'envers. Si l'on module la grille au maximum, on aura un autre type d'adaptation. Celle-ci, en idéalant le réseau de caractéristiques à des droites, fournit le maximum de puissance si l'on est limité par la tension anodique (à gauche) pour une impédance d'adaptation égale au double de la résistance interne. Mais si l'on dispose de tensions anodiques suffisantes, et que l'on est limité par la puissance dissipée sur la plaque, la puissance utile est d'autant plus grande (à droite) que l'impédance d'adaptation est plus élevée.



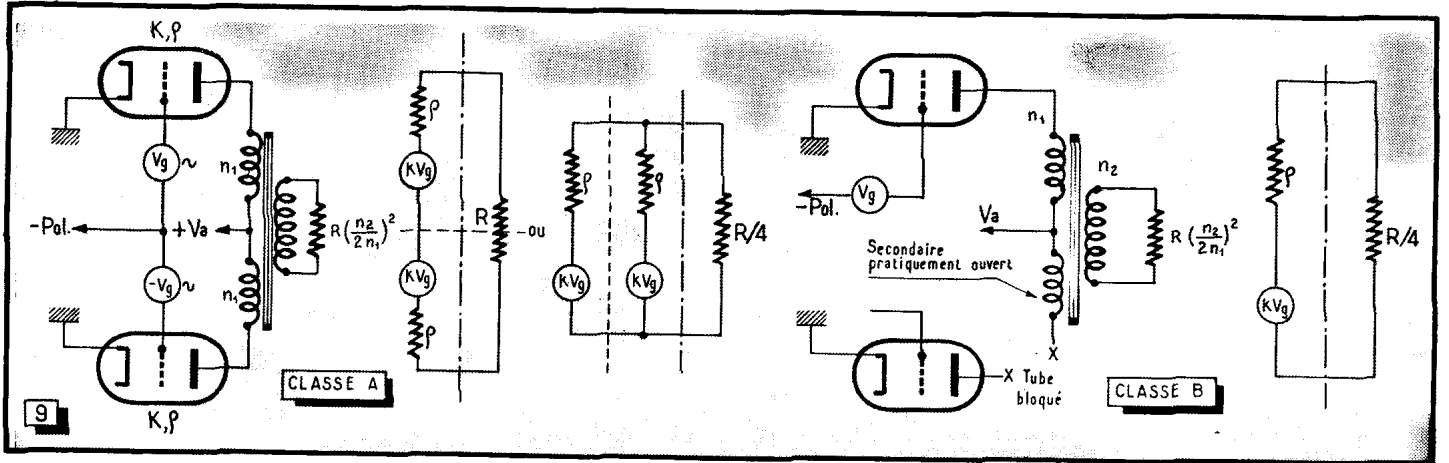
7. — Cela n'est encore vrai que parce que nous avons pris un réseau idéal de droites. Avec des paraboles, plus l'impédance d'utilisation est élevée, plus on utilise des parties courbes de la caractéristique, ce qui fait que la pente moyenne baisse. Le graphique de droite montre que, avec ce réseau de paraboles, l'intérêt qu'il y a à augmenter l'impédance d'utilisation, à partir

d'une certaine limite, s'affaiblit : il y aurait même un maximum si l'on poussait assez loin. D'ailleurs, cela reste théorique, parce que la distorsion augmente en même temps. Pratiquement, il vaut mieux rechercher expérimentalement l'adaptation en faisant varier la résistance de charge au secondaire du transformateur d'adaptation, et en surveillant les distorsions à l'oscilloscope (le courant grille étant surveillé à part).



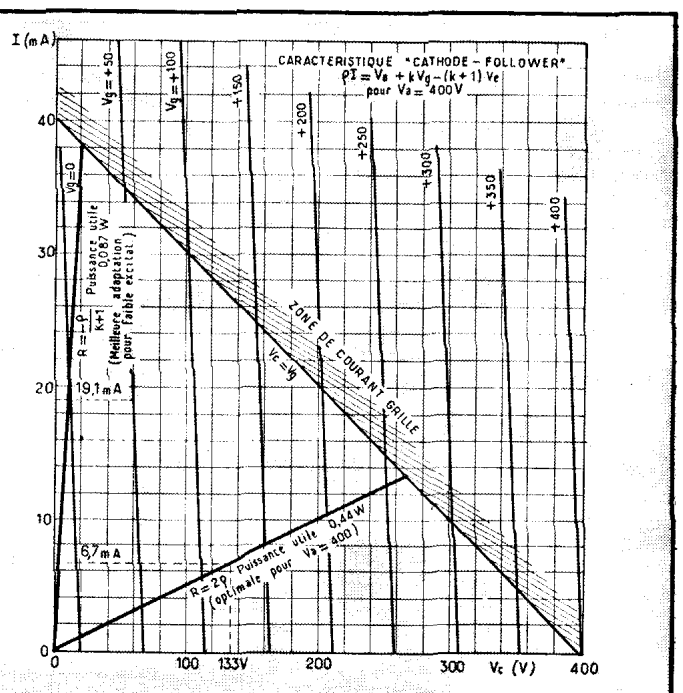
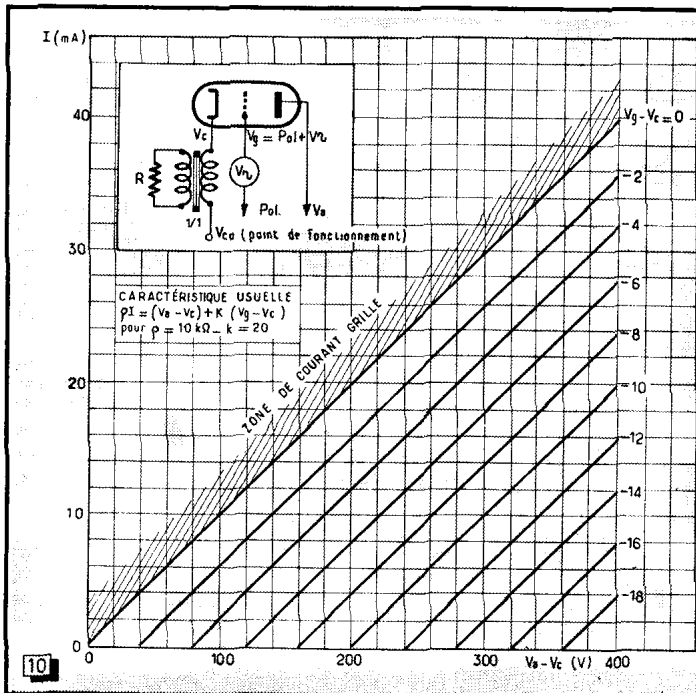
8. — Avec les tétrodes et les pentodes, la résistance interne est très élevée : elle ne servirait à définir l'adaptation que pour une excitation de grille très faible, et conduirait à une impédance d'utilisation considérable. Mais si l'adaptation doit avoir pour effet de fournir la plus grande puissance possible, l'excitation étant laissée libre, la résistance interne ne jouera plus aucun rôle. La droite de charge sera définie par le coude de la caractéristique ( $I_a$ ,  $V_a$ ) pour une tension de grille nulle ou légèrement négative ; la tension anodique la plus basse que l'on explore ainsi au cours du cycle est la *tension de déchet*. La droite de charge optimum passe donc par ce coude, et elle est d'autant plus inclinée que la lampe peut dissiper une puissance plus grande, ou que la tension anodique disponible est plus élevée, suivant que l'un ou l'autre de ces facteurs est pris comme limite. Naturellement, cet optimum ne vise que la puissance, et la distorsion doit encore être observée expérimentalement.

(Suite au verso)



9. — Dans le montage push-pull, il faut distinguer les deux cas extrêmes de la classe A pure et de la classe B pure, la classe AB constituant un cas intermédiaire. En classe A, les deux tubes considérés comme sources travaillent en série sur la charge totale entre plaques ou aussi bien en parallèle sur la charge totale, puisque le nombre de spires, qui intervient au carré dans le rapport de transformation, est moitié. Les deux types de raisonnement conduisent au même résultat : la charge de plaque à plaque intervient comme, dans le cas d'une lampe

unique, se comporterait une impédance moitié moindre. C'est-à-dire que, à petite excitation grille imposée, il faudra adapter des triodes avec (de plaque à plaque) le double de la résistance interne, et à tension anodique imposée, le quadruple. Dans le cas classé B, chaque tube travaille (à demi-cycle) sur la charge totale, appliquée au demi-secondaire, c'est-à-dire que, de plaque à plaque, on trouve le quadruple de ce à quoi conduirait un seul des tubes fonctionnant en classe A.



10. — Nous avons rencontré l'opposition entre deux types d'adaptation de lampes : celui qui fournit le maximum de puissance pour une excitation donnée, relativement faible, et celui qui permet de tirer de l'étage le maximum de puissance possible, en ne limitant plus l'excitation. Le cas le plus flagrant est celui des étages avec contre-réaction : le premier type d'adaptation tient compte de la résistance interne due à la contre-réaction,

le second type pas du tout. Par exemple, un étage à charge cathodique fournira l'adaptation du premier genre pour une charge à peu près égale à l'inverse de sa pente (et d'ailleurs, pour cette charge très faible, il subira très peu l'influence de la contre-réaction), alors que l'adaptation du second genre se fera comme pour une triode ordinaire.



11. — Il existe un genre complètement différent d'adaptation : celle d'une source à une ligne, une antenne, ou tout autre dispositif comprenant une propagation. Dans ce cas, le problème principal est d'éviter les réflexions. Mais, comme disent les Allemands « demain est aussi un jour... ».



Pierre BERNARD