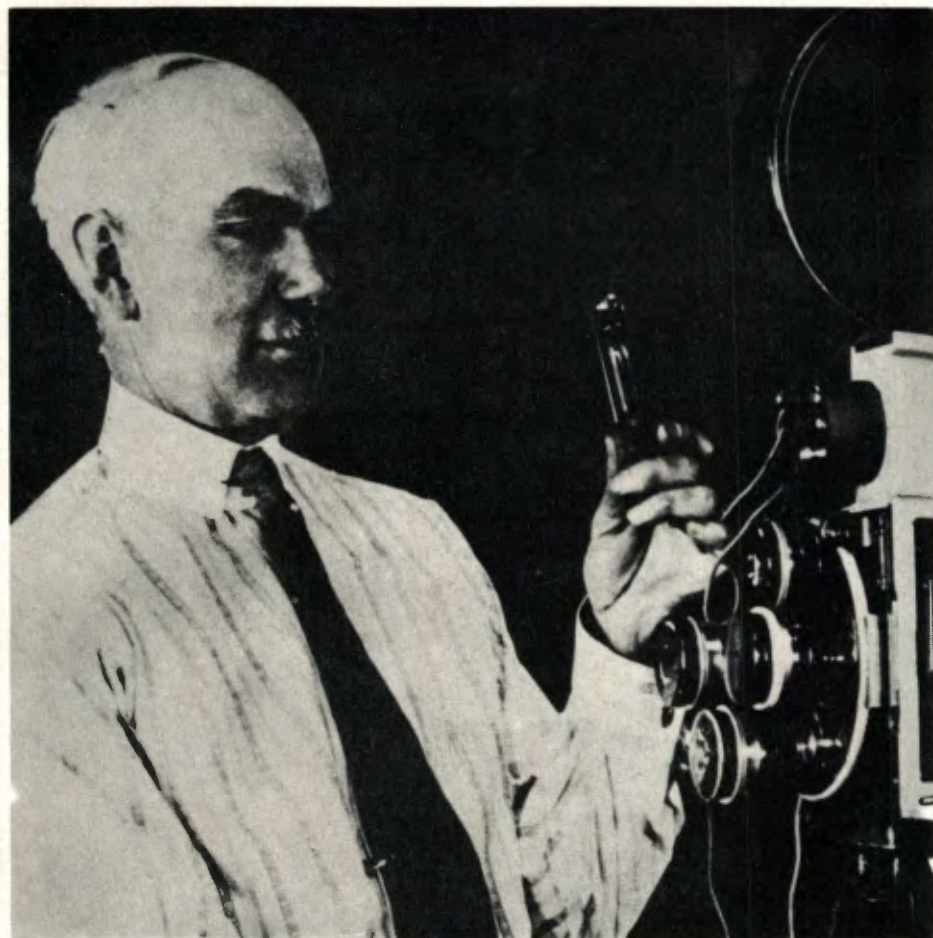


Tubes : les amplificateurs hi-fi de puissance



Dans le cadre de ce numéro du cinquantième de «Radio-Plans», il nous a été demandé de tracer une rétrospective de l'histoire des amplificateurs BF à tubes électroniques depuis les origines. Vaste programme, d'autant que cette histoire commence presque avec l'invention de la triode par Lee de Forest en 1906, et qui se révèle une véritable gageure si tous les détails de cette aventure doivent être abordés. C'est pourquoi nous sommes passés rapidement sur les premières décennies de l'amplification pour nous consacrer plus longuement à la période qui s'étend de l'après-guerre 39-45 au début des années 60, période qui peut être considérée sans conteste comme l'âge d'or des amplificateurs à lampes; connaissant l'engouement d'une certaine catégorie de nos lecteurs pour les amplificateurs de puissance de ce type, nous proposerons même une réalisation qui eut son heure de gloire il y a quelque vingt ans de cela : heureusement, l'essentiel des composants se trouvent encore sur le marché, y compris et le transformateur d'alimentation et le non moins précieux transformateur de sortie, indispensable avec les tubes pour mener à bien un tel montage.



Lee De Forest (1873-1961) le « père de la radio »

Document extrait de l'ouvrage d'Elizabeth Antebi « La grande épopée de l'électronique », aux éditions Hologramme.

Les premières décennies

Si l'invention de la triode en 1906 par Lee de Forest marque le début de l'électronique, il n'apparaît pas pour autant qu'il ait vu tout l'intérêt d'une électrode supplémentaire introduite dans une diode. Comme l'écrit F. Bedeau (1) en citant Otto von Bronk (2) :

« C'est de Forest qui, le premier, eut l'idée de placer dans la valve une troisième électrode : il plaçait d'ailleurs cette électrode (grille) tantôt entre le filament et la plaque, tantôt de l'autre côté du filament par rapport à la plaque. Dans son brevet (brevet allemand 217075, 23 janvier 1908; brevet français 386462, 22 janvier 1908) il revendique l'invention d'un nouveau détecteur et semble ne s'être pas rendu compte, dit von Bronk, du rôle de la grille. Les tubes de Forest n'eurent qu'un succès médiocre, l'invention sembla d'ailleurs si peu intéressante à l'inventeur lui-même que les annuités du brevet français ne furent plus payées au

1. F. Bedeau : « Cours élémentaire de Télégraphie et téléphonie sans fil » 2^e édition. Vuibert 1937.

2. Otto von Bronk : « Telefunken Zeitung ». Septembre 1923.

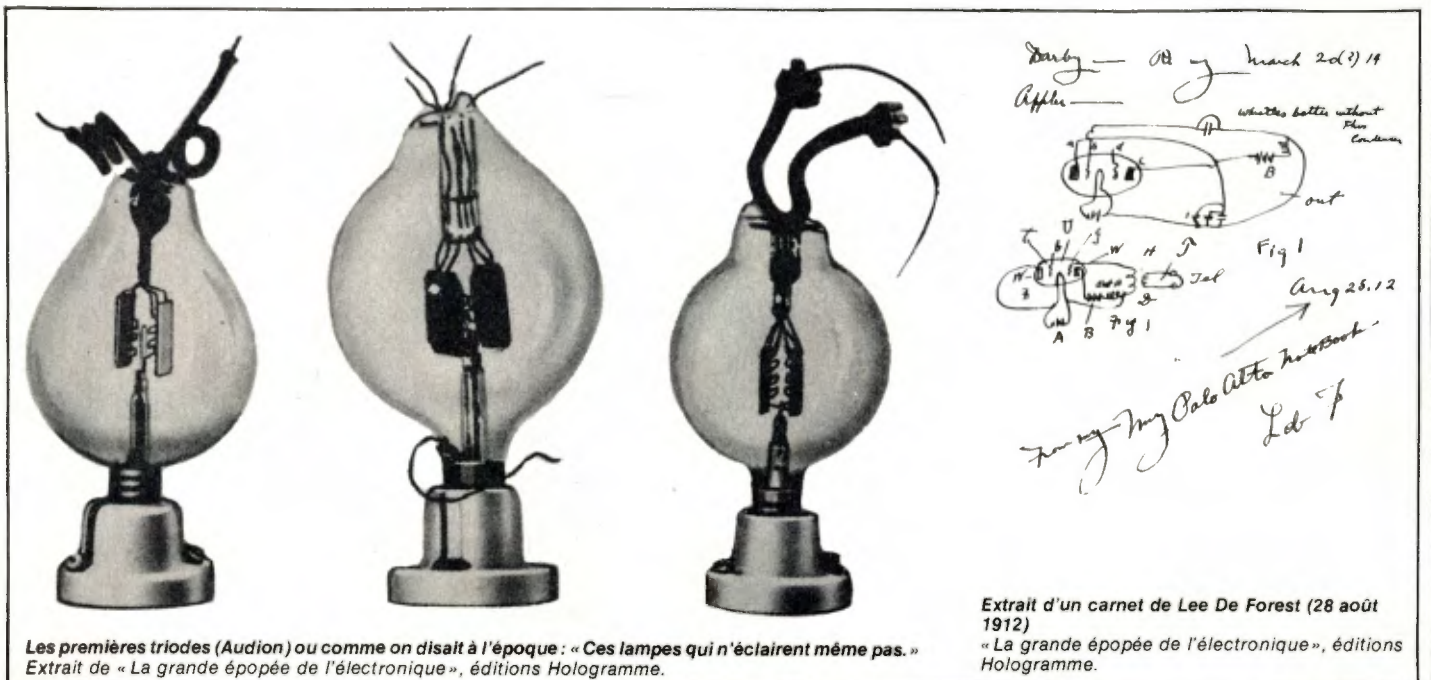
bout de deux ans et les détecteurs à lampes furent complètement supplantés par les détecteurs à cristaux (galène). De Forest détectait avec son « audion », nom qu'il avait donné à la lampe, en intercalant un condensateur dans le circuit de grille; ce condensateur n'était pas shunté; il n'en avait d'ailleurs pas besoin car le vide était très peu poussé dans la lampe et les ions positifs venaient décharger le condensateur chargé négativement par suite de la réception des ondes. Il semble bien que c'est Robert von Lieben qui le premier a utilisé la lampe comme relais amplificateur après avoir vu nettement le rôle de la grille (brevet allemand 179807, 4 mars 1910).

Lee de Forest n'en construisit pas moins, en 1912, un amplificateur BF à trois étages, d'un gain de 120, qui attira sur lui l'attention de la puissante ATT (« American Telephone and Telegraph Corporation ») laquelle lui acheta \$ 50.000 le droit d'utiliser les propriétés amplificatrices de l'audion, la « Western Electric Company », filiale d'ATT entreprend aussitôt — en octobre 1912 — l'étude de ce type de lampe en vue de son utilisation dans les circuits téléphoniques, en particulier les répéteurs, et oriente ses recherches vers des audions à vide poussé. Des circuits utilisant des audions entrant dans cette catégorie apparaissent en 1914, pour le développement des réseaux téléphoniques interurbains et

la liaison New York—San Francisco est inaugurée en janvier 1915 (3).

En France, à partir de quelques audions en provenance des USA, le professeur Abraham et son équipe mettent au point pour les besoins de la guerre une triode dont le vide demeure relativement stable ce qui permet dès le début de 1915 d'entreprendre une fabrication qui atteint rapidement le stade industriel : il s'agit de la célèbre lampe TM (Télégraphie Militaire) dont la production atteint 10.000 exemplaires par mois dès 1916 et 30.000 en 1918 (4). Parallèlement, on pousse activement l'étude des montages amplificateurs, détecteurs et oscillateurs. Entre autres, « les premiers amplificateurs BF sortirent au cours de l'année 1915. Le modèle 3-ter, à 3 lampes, construit en 14.000 exemplaires, fut utilisé jusque dans les premières lignes » (3). C'est de cette époque que date l'invention de l'amplificateur BF de tension à résistance par Léon Brillouin et Georges Beauvais (Brevet français 493332, 27 mars 1916), un amplificateur à résistance, mais sans condensateur de liaison, avait toutefois fait l'objet d'une description en 1913 par Langmuir (Brevet français 521666). Le système à amplification par lampes et liaison par résistance-capacité ne devait se généraliser que par la suite, au début des années 20, le système habituel étant la liaison par transformateur à noyau de fer. Quant à l'amplification de puissance BF, elle se réduit à sa plus simple expression puisque le

dernier étage de la chaîne d'amplification, en l'occurrence le tube de sortie se trouve chargé par un écouteur téléphonique, après interposition d'un transformateur adaptateur : les récepteurs des années antérieures à 1925, comme le signalé G.A. Briggs (5), étaient incapables de délivrer une puissance modulée supérieure à quelques milliwatts. Il faut dire que l'alimentation était faite à partir de piles ou de batteries et que leur consommation devait être prise en compte... Ceci explique l'utilisation de pavillons, pour obtenir un meilleur couplage avec l'air et augmenter le rendement, pavillons empruntés au phonographe. Les progrès des lampes — augmentation du pouvoir émissif par utilisation du tungstène thorié pour le filament tout en diminuant la puissance de chauffage — et le développement de tubes à usage spécifique, en lieu et place des modèles « bons à tout faire », allait permettre à deux américains de la GEC (General Electric Company) de réussir dans leur entreprise : Chester W. Rice et Edward W. Kellogg construisent un amplificateur de 1 watt modulé, ce qui leur permet de repenser le problème du haut-parleur et d'aboutir au haut-parleur électrodynamique; ce dernier qui s'affranchit du pavillon — ou encore du diaphragme à résonances multiples et recherchées — à membrane et bobine mobile, autorise une reproduction satisfaisante de la parole et de la musique, en tout cas meilleure que tout ce qui est



Les premières triodes (Audion) ou comme on disait à l'époque : « Ces lampes qui n'éclairent même pas. »
Extrait de « La grande épopée de l'électronique », éditions Hologramme.

Extrait d'un carnet de Lee De Forest (28 août 1912)
« La grande épopée de l'électronique », éditions Hologramme.

connu en 1925. Cette année là voit également sortir des laboratoires de la GEC la première tetrode à grille écran dont RCA et Philips lanceront des modèles personnels en 1928. Tellegen, de Philips, crée la pentode la même année. Il faudra attendre une année supplémentaire pour voir, en 1929, RCA fabriquer un premier type de pentode de puissance, la 45, et Philips sortir un modèle équivalent, la B-443 (3).

En 1929, toutes les conditions sont donc réunies pour enfin aborder dans de bonnes conditions l'amplification BF de puissance, d'autant que les tubes sont devenus à chauffage indirect, ce qui permet une alimentation des filaments par des tensions alternatives et le secteur donc. C'est ainsi que l'on parle, dès cette année, de l'amplificateur du British Museum dû à Percy Wilson : un push-pull sans contre-réaction (il faudra attendre Black et 1934 pour cela) dont la particularité est d'alimenter un haut-parleur chargé par un pavillon de 8 mètres de long. La même année sort le Loftin-White, amplificateur à liaison continue, sans condensateur de liaison. En 1934, notre confrère «Wireless World» décrit un amplificateur push-pull de 4 watts, identique dans sa configuration, à celui du British Museum. (Nous retrouverons cet amplificateur plus loin) et l'année suivante RCA sort la tétrode à faisceau dirigé, imaginée par Otto Schade, en l'occurrence la 6L6, dont la caractéristique s'avère plus rectiligne que celle d'une pentode. Pour

ce qui est de la France, on peut dire que vers 1936, Armand Glorie ingénieur de Princeps propose une contre-réaction cathodique partielle style Quad, la partie du primaire cathodique en fil résistant fournissant la résistance de polarisation. La version lampe unique pour EL3 — tube européen — fut commercialisée sous le nom de «Correcton». Une version push-pull fut étudiée; et le prototype présenté à une séance du jeudi de «France Radio», juste avant la guerre. Par ailleurs, Savary avec Brunet et Mladérovici, faisaient couramment du Williamson (avant la lettre) avec contre-réaction avant 1937. Comme nous le disait Remy Lafaurie qui nous a communiqué les renseignements ci-dessus, on apprendrait beaucoup de choses sur les années 30 si l'on retrouvait une collection de «France-Radio». Nous en resterons donc là pour cette période s'étendant jusqu'à 1939, sans toutefois oublier de signaler qu'au cours de cette période, au début des années 30, Eugene Aisberg, fondateur des Editions Radio, invente le déphaseur cathodyne.

L'âge d'or

Au lendemain de la guerre, la France manquait de tout et il n'était pas question de penser à autre chose que les premières nécessités. Les revues techniques traitant de radioélectricité ne reparurent pas immédiatement après la fin du conflit, tout

au moins de façon périodique et donc régulière : c'est ainsi par exemple que «Radio Plans» reparut d'abord sous forme de numéros spéciaux — 6 en tout — avant de pouvoir revenir à une parution moins aléatoire avec un numéro 1 nouvelle série en octobre 1947. La pénurie de matériel pendant la guerre fait que notre pays est sous équipé en récepteurs de radio : c'est donc la première tache à laquelle s'attachent les constructeurs et industriels français et également les amateurs qui peuvent enfin «se ravitailler», grâce aux surplus militaires en provenance des vainqueurs... ou des vaincus.

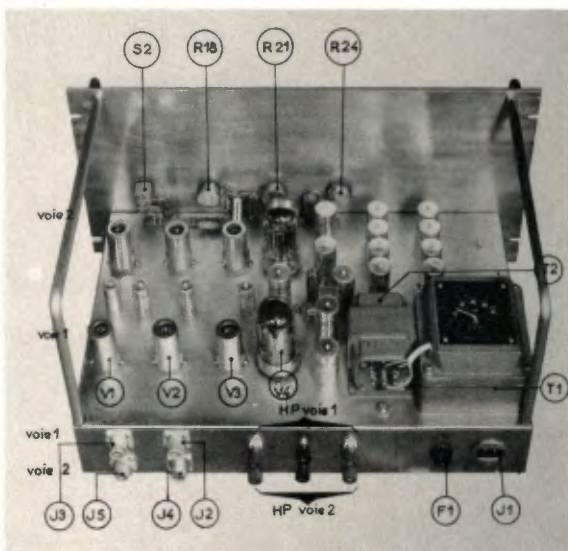
La situation est différente en Grande Bretagne où, dès janvier 1946, «Wireless World» (6) donne une nouvelle version de l'amplificateur du British Museum, plus puissante puisque les lecteurs ont cette fois le choix entre une puissance de sortie de 4, 8 ou 12 watts suivant la valeur de la haute tension et celle des tubes utilisés en sortie (Triodes PX4 ou PX25). Dans ce modèle (fig. 1), le déphasage se fait à l'entrée,

3. A. Vasseur : «De la TSF à l'électronique». ETSF 1975.

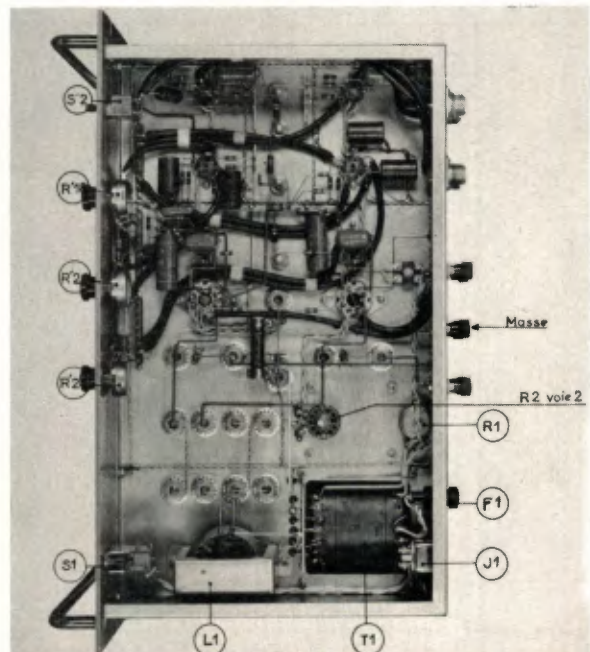
4. P. Dejussieu-Pontcarral : «L'épopée du tube électronique». 1961. Plaquette éditée par la compagnie des lampes Mazda. Ces articles ont été repris dans le numéro spécial du «Haut-Parleur», supplément au n° 1099, édité sous le titre : «70 ans de TSF», mais en 1966.

5. G.A. Briggs : «Haut-Parleurs» adaptation de Remy Lafaurie. Editions Radio 1961.

6. «Quality Amplifiers». Wireless World. Janvier 1946.



Amplificateur CSF stéréo 2 x 10 W « Single ended » 1960. Implantation et câblage



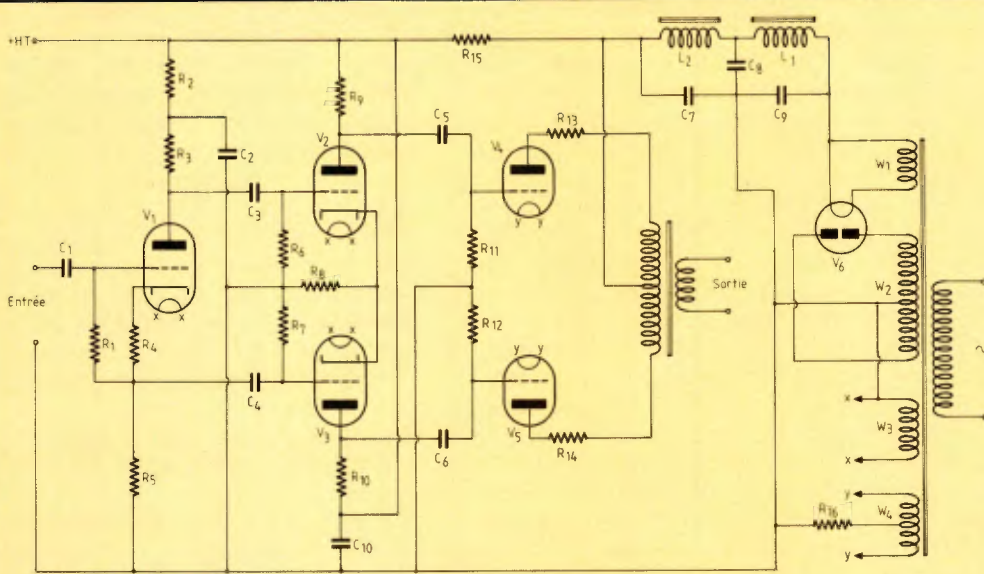


Figure 1 - L'amplificateur de Wireless World paru en 1946 et similaire à celui du British Museum (1934). Tubes: V1 (6J7) V2 et V3 (6J7), V4 et V5 (6X4 pour 4 et 8 watts, 6X25 pour 12 watts). Les tubes 6J7 ou EF6 (ou encore EF40) peuvent remplacer V1, V2 et V3. Les 6X4 et 6X25 n'ont pas d'équivalent.

Résistances: R1: 2,2 M Ω ; R2, R3, R5, R9, R10: 33 k Ω ; R4: 2,2 k Ω ; R6, R7: 0,47 M Ω ; R8: 470 Ω ; R11, R12: 0,33 M Ω ; R13, R14: 47 Ω .

Pour R15: R15 = 0 (amplis 4 et 8 watts) et R15 = 4700 Ω , 5 W (pour le modèle 12 W).

Pour R16: R16 = 470 Ω (amplis 4 et 8 watts) et R16 = 100 Ω 2 W + 150 Ω 3 W en série (pour le modèle 12 W).

Condensateurs: C1: 10 nF; C3 à C6: 0,1 μ F; C7 et C8: 8 μ F; C9: 4 μ F; C10: 8 μ F (nécessaire seulement pour l'amplificateur 12 W). Tension de service de 350 à 550 volts suivant la puissance de l'amplificateur sauf pour C9 (500 à 700 V) et pour C10 (450 V) nécessaire seulement pour le modèle 12 W.

Transformateur de sortie: Impédance 10000 Ω (4 W), 6400 Ω (8 W) et 6000 Ω (12 W).

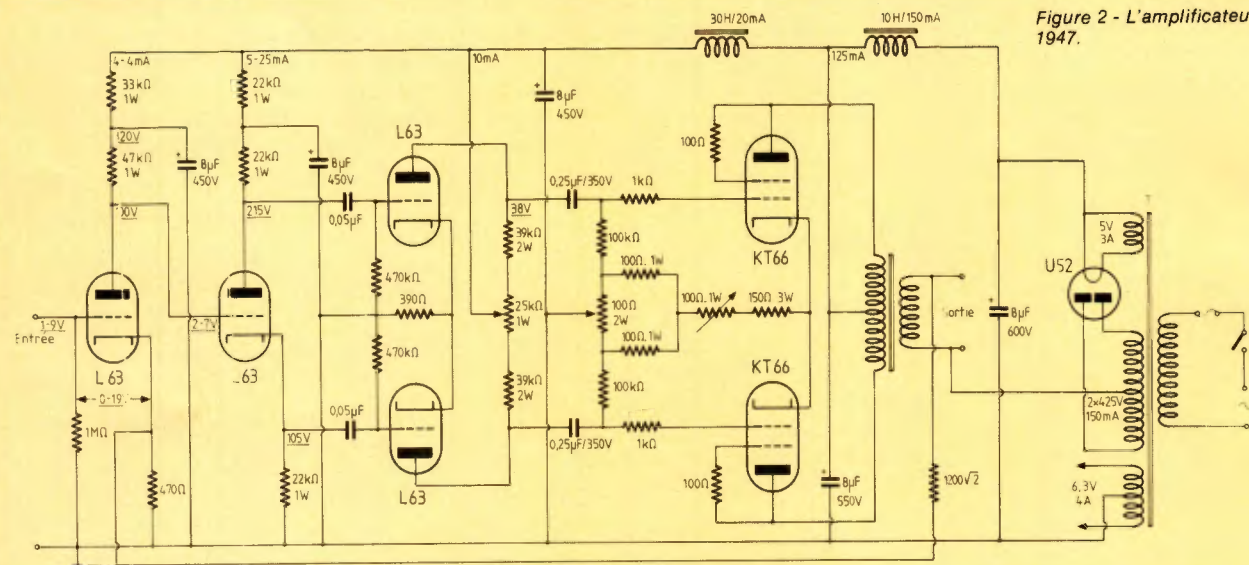


Figure 2 - L'amplificateur Williamson 1947.

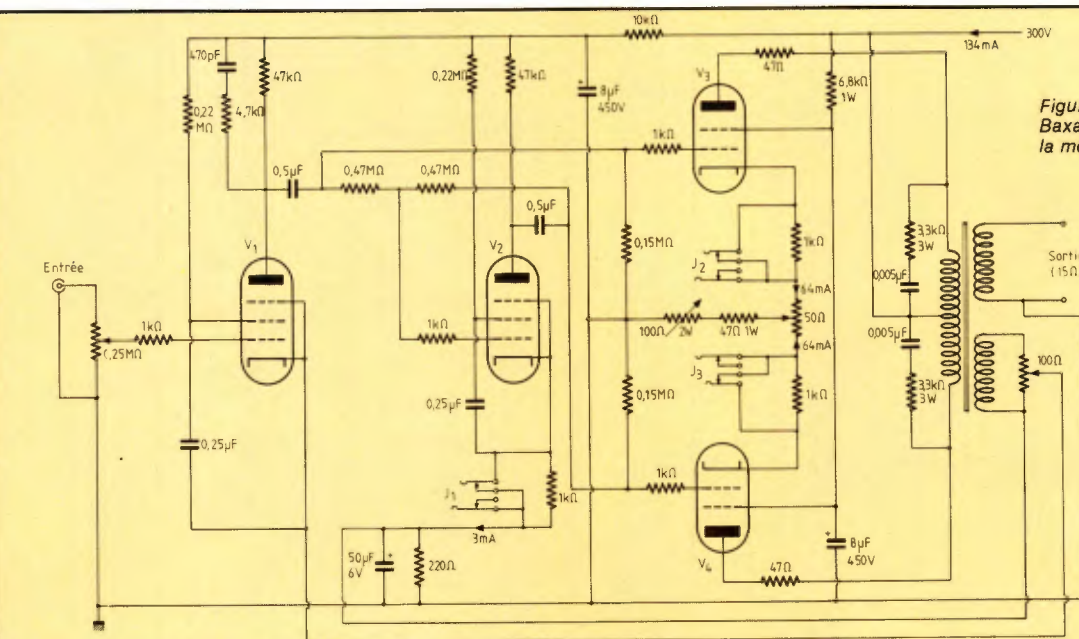


Figure 3 - L'amplificateur de P.J. Baxandall (les prises Jacks autorisent la mesure des tensions ou courants).

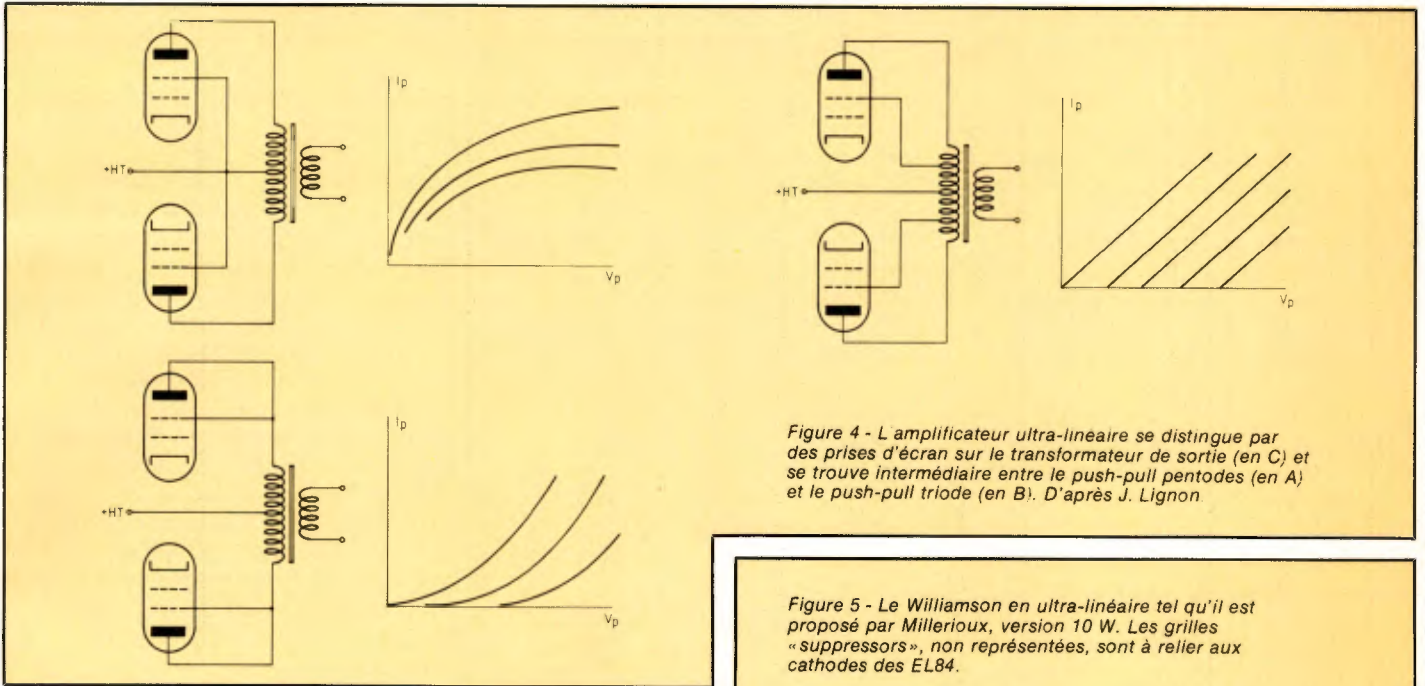


Figure 5 - Le Williamson en ultra-linéaire tel qu'il est proposé par Millerioux, version 10 W. Les grilles « suppressors », non représentées, sont à relier aux cathodes des EL84.

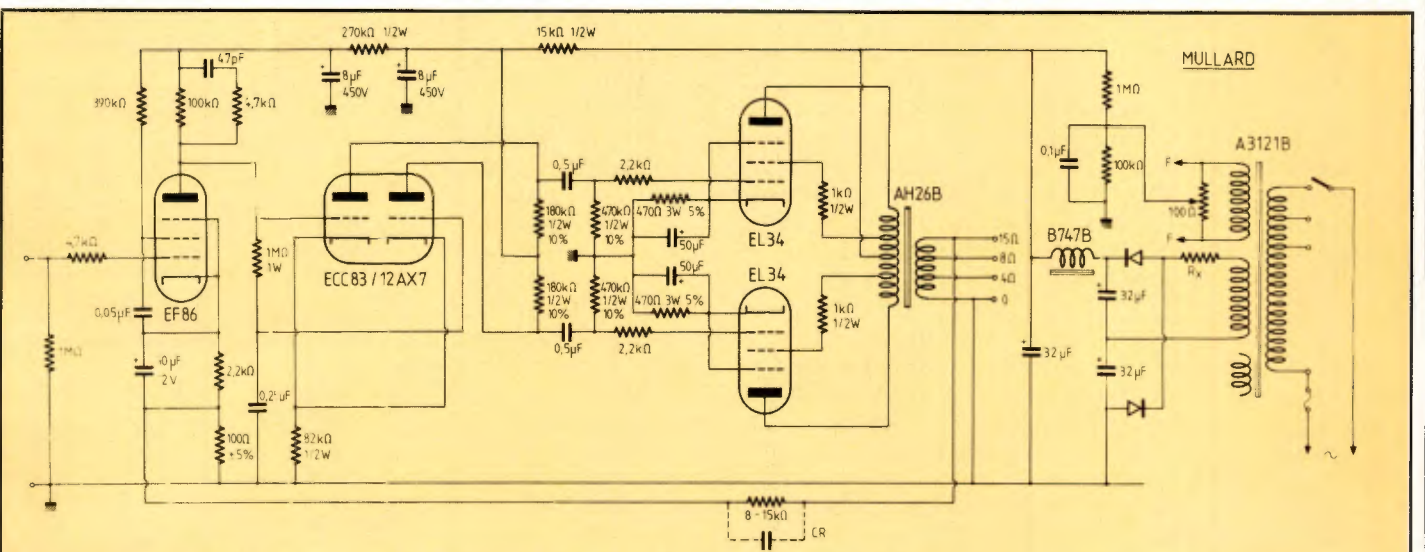
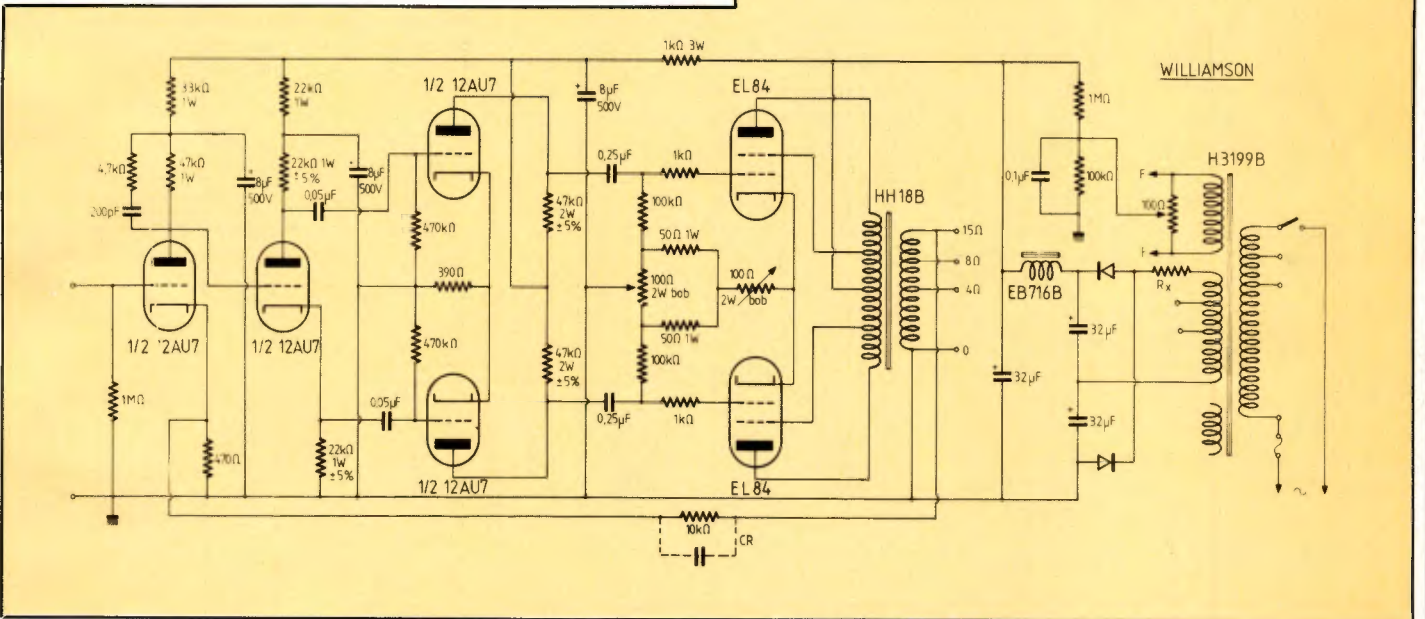


Figure 6 - L'ampli Leak-Mullard en ultra-linéaire tel qu'il est proposé par Millerioux en version 30/20 W.

par un cathodyne, lequel est suivi d'un driver pour attaquer le push-pull. Particularités : tous les tubes sont des triodes et comme aucune contre réaction n'est appliquée en sortie, la haute tension est soigneusement filtrée avant d'alimenter chacun des étages de l'amplificateur. L'année suivante, en avril 1947, le même *Wireless World* publiait le schéma (7) d'un amplificateur de haute qualité, que l'on peut qualifier de véritablement Hi-Fi. Dû à D.T.N. Williamson, cet amplificateur (fig. 2) devait connaître une renommée mondiale. Entièrement composé de triodes (ou de tubes montés en triodes pour les KT66 de sortie), cet amplificateur se distinguait par une attaque directe du cathodyne, sans condensateur de liaison, par la triode préamplificatrice d'entrée et aussi par une contre-réaction globale qui agissait sur l'ensemble préamplificatrice d'entrée, déphasée, étage driver, étage de sortie y compris le transformateur, à partir d'une tension prélevée sur le secondaire de ce dernier. L'amplificateur Williamson nécessitait un transformateur de sortie d'une qualité exceptionnelle et donc l'utilisation de toles à très faibles pertes d'une part et de bobinages fractionnés pour réduire l'inductance de fuite : le transformateur qui équipait le Williamson ne comportait pas moins de 18 bobines, dont 10 pour le primaire et 8 pour le secondaire. Deux ans plus tard (8), le même Williamson proposait une nouvelle version de son amplificateur, en fait très peu modifié si ce n'est l'utilisation de quelques nouveaux tubes (l'étage de sortie fait toujours cependant appel à des KT66 montées en triode) et la mise en parallèle sur la charge du tube d'entrée d'une cellule RC (200 pF en série avec 4,7 k Ω) destinée à éviter l'effet des rotations de phase intempestives aux hautes fréquences et augmenter la stabilité de l'amplificateur soumis à la contre-réaction. L'amplificateur Williamson devait faire l'objet d'un engouement peu commun dans le monde entier et sa description largement diffusée (9).

De nombreuses versions furent élaborées, avec différentes modifications mineures; Williamson lui-même ajouta des étages préamplificateurs, adaptés à la lecture des disques microsillons, quand ces derniers apparurent sur le marché. De cette époque datent des transformateurs de sortie prestigieux tels les Partridge et Savage, indispensables

pour mener à bien une telle construction. C'est cette absence de transformateurs de sortie de qualité qui empêcha tout développement d'amplificateurs Hi-Fi en France dans les années qui suivirent immédiatement la fin des hostilités (Il est vrai que nous n'étions pas mieux lotis en ce qui concerne les haut-parleurs de qualité et qu'il fallut attendre 1950 pour voir un produit — le XF51 de SEM — capable de rivaliser avec les réalisations étrangères). Par la suite nous devons nous rattraper (un peu...).

L'après-guerre

A peu près à la même époque que Williamson, et toujours dans *Wireless World*, P.J. Baxandall — qui devait se faire un nom grâce à un contrôle de timbre original — publie en janvier 1948 (10) un schéma d'amplificateur Hi-Fi, lui aussi à contre réaction globale (fig. 3) mais utilisant cette fois en sortie des tetrodes (KT66) employées comme telles. A l'inverse du Williamson, l'étage driver a disparu et le déphasage utilise le principe du «floating paraphase» (ou «anode follower»). Ici encore, le transformateur de sortie doit être d'excellente qualité et P.J. Baxandall donne dans son article toutes les indications pour que l'amateur puisse construire celui-ci lui-même. Bien que n'ayant pas eu le succès du Williamson, l'amplificateur de P.J. Baxandall n'en présentait pas moins d'excellentes performances. (Son schéma fut réédité, ainsi que celui d'autres amplificateurs de qualité, par *Wireless World* (11).

1951 verra une nouvelle conception : l'amplificateur ultra-linéaire due à D. Hafner et H.I. Keroes (12). L'idée en est toute simple : les pentodes montées en triodes de puissance ont un réseau de caractéristiques à concavité tournée vers le bas, les pentodes au contraire ont un réseau de caractéristiques à concavité tournée vers le haut; en conséquence de quoi il doit bien y avoir possibilité de trouver un montage intermédiaire qui donne des caractéristiques linéaires. Ce montage intermédiaire consiste à choisir judicieusement une sortie écran sur le transformateur, sortie qui ne soit ni commune avec la plaque (triode) ni complètement séparée (tetrode ou pentode) mais bien positionnée (fig. 4). Telle

est l'explication simple que donne J. Lignon (14), explication presque intuitive après que R. Lafaurie ait expliqué de façon plus complète le montage de Hafner et Keroes (13).

La plupart des montages existant seront alors mis «à la sauce ultra-linéaire». C'est bien entendu le cas du célèbre Williamson, qui ne manqua pas d'ainsi se rajeunir sans toutefois faire l'unanimité (fig. 5) tandis qu'apparaissent de nouveaux montages dont un des plus célèbres est le Mullard, filiale britannique de Philips, qui se confond avec le non moins célèbre «Point one» de H.J. Leak (16, 18, 19). Le Mullard-Leak (fig. 6) fait appel à une préamplificatrice EF86 laquelle attaque directement une double triode ECC83 montée en déphasée de Schmitt qui attaque elle-même suivant la puissance demandée des KT61 ou des EL34.

Apparaissent également à la même époque le Mc Intosh dont l'originalité consiste à utiliser un transformateur de sortie à couplage total (fig. 7) et la classe A élargie (15, 17). En fait, comme nous l'a signalé Remy Lafaurie, le Mc Intosh paraît être une adaptation d'un schéma des télécommunications allemandes pendant la guerre; Mc Intosh faisait alors partie du service de récupération des brevets de l'US Army. Cet

7. D.T.N. Williamson : «Design of a high quality amplifier». *Wireless World* p. 118 (April 1947) p. 161 (May 1947).

8. D.T.N. Williamson : «High quality amplifier — new version». *Wireless World*, p. 282 (August 1949), p. 365 (October 1949), p. 423 (November 1949).

9. «The Williamson Amplifier». Articles reprinted from «*Wireless World*». Illife and Sons 1950.

10. P.J. Baxandall : «High-quality amplifier Design». *Wireless World*, January 1948.

11. «High-quality audio amplifiers». Illife and Sons, 1949.

12. D. Hafner and H.I. Keroes : «An ultra-linear amplifier». *Audio Engineering*, November 1951.

13. R. Lafaurie : «Amplificateur ultra-linéaire». *Toute la radio*, Février 1952.

14. J. Lignon : «L'amplificateur ultra-linéaire». *TSF et TV*, Décembre 1953.

15. R. Lafaurie : «Les amplificateurs Mc Intosh et classe A élargie «Toute la radio», Décembre 1951.

16. R. Brault. «Amplificateurs à Haute fidélité». *Le Haut-Parleur* numéro spécial, Avril 1958.

17. «L'amplificateur Mc Intosh». *Le Haut-Parleur* n° 998, 1957.

18. «L'amplificateur haute fidélité Mullard». *Revue du son* n° 35, Mars 1956.

19. «L'amplificateur TL/10 leak et son préamplificateur "Point one"». *Revue du son* n° 21, Janvier 1955.

20. E. Rodenhuis : «Tubes pour amplificateurs BF». *Bibliothèque Technique Philips*, Dunod 1955.

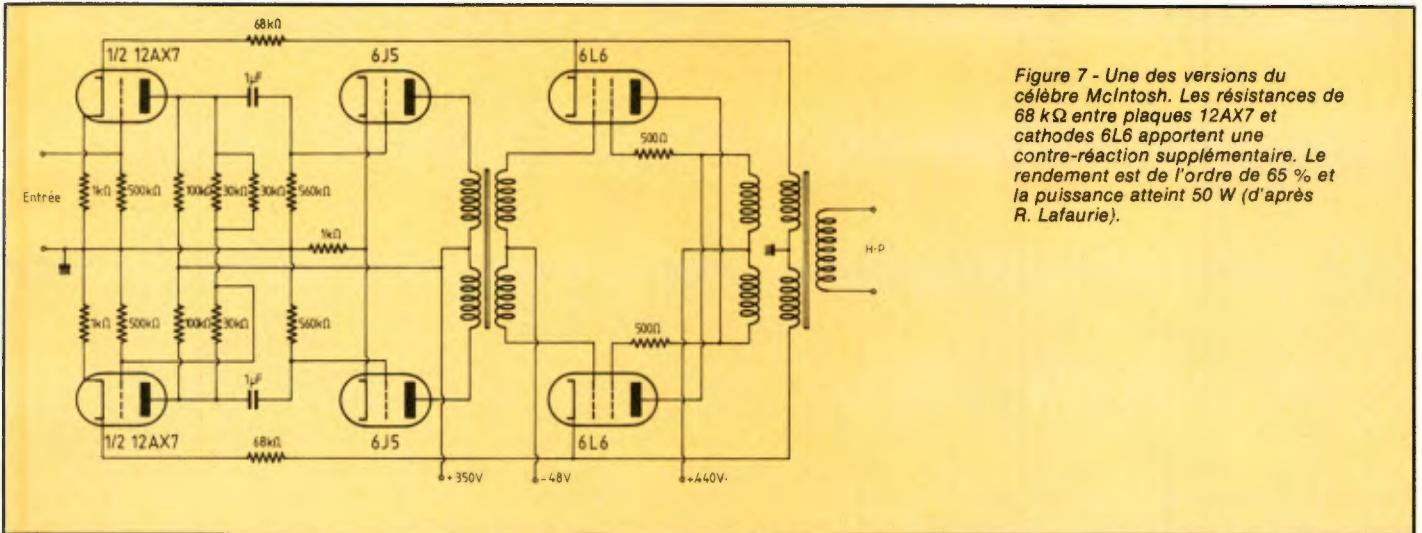


Figure 7 - Une des versions du célèbre McIntosh. Les résistances de 68 kΩ entre plaques 12AX7 et cathodes 6L6 apportent une contre-réaction supplémentaire. Le rendement est de l'ordre de 65 % et la puissance atteint 50 W (d'après R. Lafaurie).

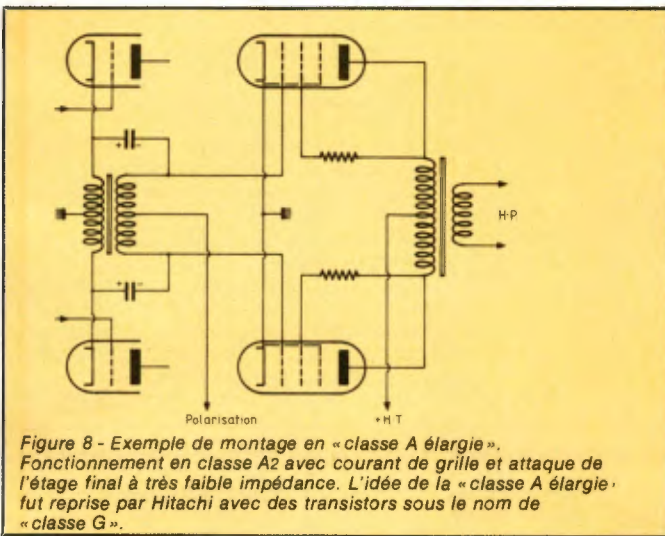


Figure 8 - Exemple de montage en « classe A élargie ». Fonctionnement en classe A2 avec courant de grille et attaque de l'étage final à très faible impédance. L'idée de la « classe A élargie » fut reprise par Hitachi avec des transistors sous le nom de « classe G ».

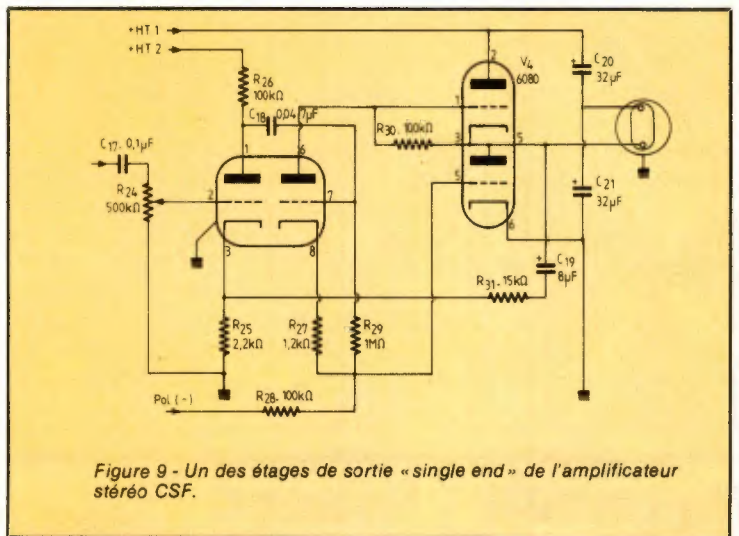


Figure 9 - Un des étages de sortie « single end » de l'amplificateur stéréo CSF.

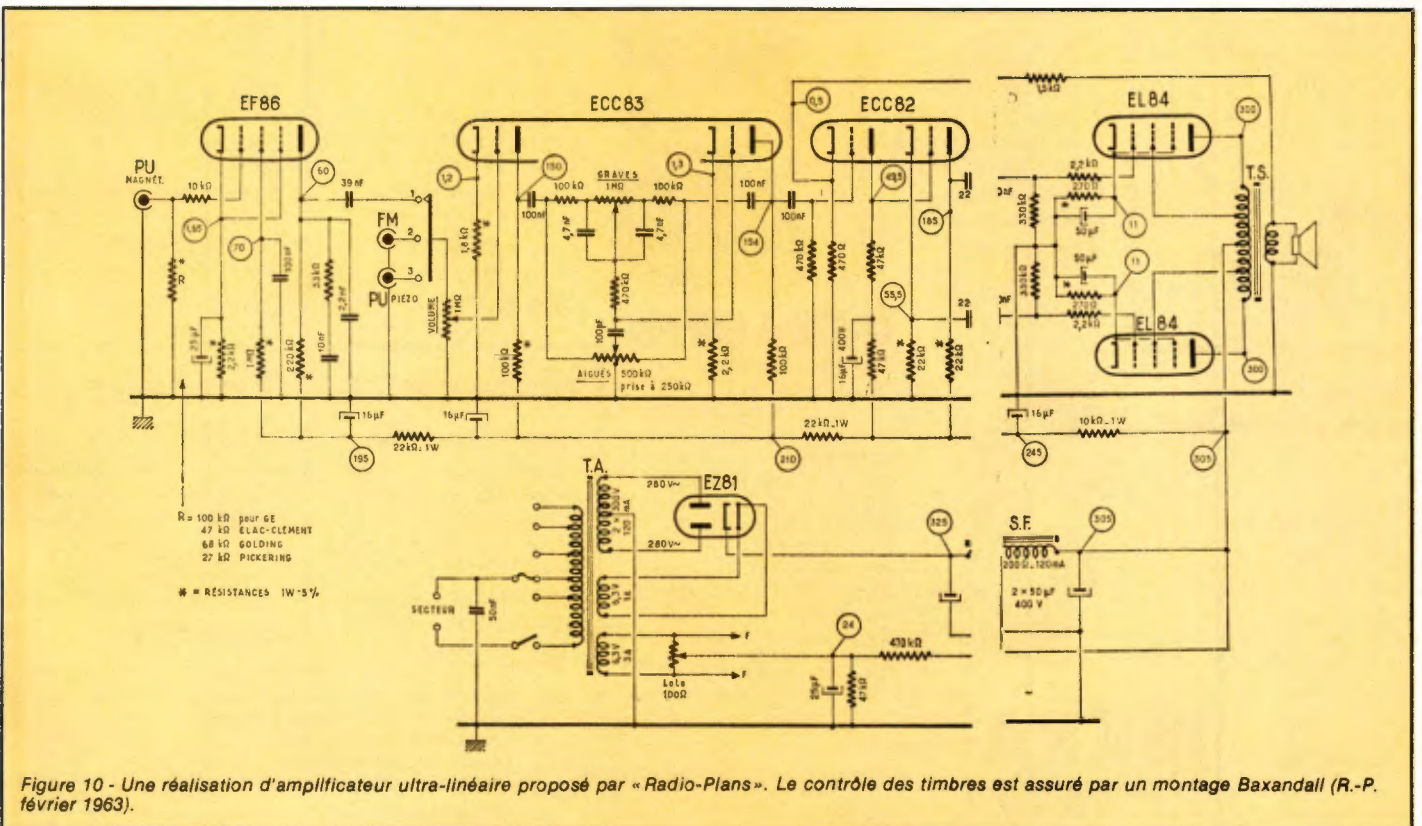


Figure 10 - Une réalisation d'amplificateur ultra-linéaire proposé par « Radio-Plans ». Le contrôle des timbres est assuré par un montage Baxandall (R.-P. février 1963).

aspect des choses fut affirmé à R. Lafaurie par le chef du service technique des téléphones de Barbezieux qui n'avait eu qu'à rebobiner le secondaire du transformateur de sortie sur un appareil d'origine germanique pour se trouver en possession d'un Mc Intosh.

Quant à la classe «A» élargie de Howard T. Sterling (Electronics, mai 1951), elle consiste (fig. 8) en un push-pull de faible puissance en classe A en parallèle avec un push-pull plus puissant mais en classe B ne démarrant que si la tension d'attaque était suffisante.

Le push pull «singled ended» de Sinclair et Peterson (1952), aussi une des innovations de l'époque, fut repris quant à lui, avec une double triode de puissance 6080 à faible impédance de sortie, par la CSF en 1960 pour un amplificateur stéréo de 2 x 10 W (fig. 9). Ce montage fut également retenu par Philips pour sortir sur des haut-parleurs à impédance moyenne (800 Ω) à partir de tubes de puissance EL86.

A retenir aussi de cette époque le curieux amplificateur à tubes EL86 en push-pull de Georges Henry (1957), le «Symetric UL40 C5», équipé d'une ECF80 sous-alimentée

en haute tension pour ce qui est de sa partie pentode et qui utilisait la section triode en déphaseuse cathodyne. Ce montage fut ensuite repris avec des tétrodes à faisceau dirigé 6AQ6 (ou EL95). La puissance fournie par ces montages ne dépassait pas 4 W... Nous sommes loin des puissances actuelles.

A retenir aussi le Quad construit par la firme anglaise «Acoustical» à la fois ultra-linéaire et à charge cathodique (16). L'enroulement de cathode comporte 10 fois moins de spires que l'enroulement des tubes de sortie KT66. Les écrans étant découplés à la masse et les cathodes à un potentiel variable par rapport à la masse, la tension écran-cathode varie comme dans le circuit ultra-linéaire dont il est question plus haut (celui de Hafler et Keroes) et dont il est d'ailleurs contemporain. Un peu dans cet esprit et datant de 1950, on peut noter également le Cathamplifier de l'australien Parry (21) qui eut peu de succès, peut être parce qu'il venait de loin et que le transformateur de sortie, spécial, était difficilement à la portée de l'amateur, au contraire de ceux de l'américain Dynaco qui mettait ses amplificateurs sur le marché sous forme de kit.

En conclusion

Un livre très fourni ne suffirait pas à donner une vue d'ensemble de la question, très vaste; c'est pourquoi nous avons réuni une documentation bibliographique assez complète auquel le lecteur intéressé pourra se reporter (en particulier les références 21, 22 et 23 lui donneront accès, non seulement à de nombreux schémas, mais également à d'autres références bibliographiques). Quant à «Radio-Plans» il n'était pas absent de ce suivi de l'évolution. Il proposait même des réalisations comme le montre la fig. 10.

CH. PANNEL

21. F. Langford-Smith : «Radio Designer's handbook» Illife and Sons. 1954.
22. Ph. Romain : «Technique des amplificateurs B.F. de qualité». Dunod 1962.
23. P. Loyez : «Dispositifs à haute fidélité». Techniques de l'ingénieur. 1963-1968.
24. «Audio anthology». Radio Magazines. New York 1950.
25. «Wireless World» numéro du 60^e anniversaire. Avril 1961.

Ainsi que diverses documentations techniques (Philips RTC en particulier) et les collections des revues le «Haut-Parleur», «Toute la radio», «TSF et TV», «La revue du son» et «Radio-Plans».

Digimer 30

2000 pts de Mesure
Affichage par LCD
Polarité et Zéro Automatiques
200 mV à 1000 V =
200 mV à 650 V ≈
200 μA à 2A = et ≈
200 Ω à 20 M Ω
Précision 0,5 % ± 1 Digit.
Alim. : Bat. 9 V ref 6 BF 22
Accessoires :
Shunts 10 A et 30 A
Pincas Ampèremétriques
Sacoche de transport
845 F TTC

Unimer 4

Spécial Electricien
2200 Ω/V; 30 A
5 Cal = 3 V à 600 V
4 Cal ≈ 30 V à 600 V
4 Cal = 0,3 A à 30 A
5 Cal ≈ 60 mA à 30 A
1 Cal Ω 5 Ω à 5 k Ω
Protection fusible et semi-conducteur
441 F TTC



Us 6 a

Complet avec boîtier et cordons de mesure
7 Cal = 0,1 V à 1000 V
5 Cal ≈ 2 à 1000 V
6 Cal ≈ 50 μA à 5 A
1 Cal ≈ 250 μA
5 Cal Ω 1 Ω à 50 M Ω
2 Cal μF 100 pF à 150 μF
2 Cal HZ 0 à 5000 HZ
1 Cal dB - 10 à + 22 dB
Protection par semi-conducteur
249 F TTC

Unimer 33

20000 Ω/V Continu
4000 Ω/V alternatif
9 Cal = 0,1 V à 2000 V
5 Cal ≈ 2,5 V à 1000 V
6 Cal = 50 μA à 5 A
5 Cal ≈ 250 μA à 2,5 A
5 Cal Ω 1 Ω à 50 M Ω
2 Cal μF 100 pF à 50 μF
A Cal dB - 10 à + 22 dB
Protection fusible et semi-conducteur
344 F TTC

Pincas ampèremétriques

MG 27
318 F TTC
3 Calibres ampèremètre
≈ 10-50-250 A
2 Calibres voltmètre
≈ 300-600 V
1 Calibre ohmmètre 300 Ω

MG 28 2 appareils en 1
454 F TTC
3 Calibres ampèremètre
= 0,5, 10, 100 mA
3 Calibres voltmètre
= 50 - 250 - 500 V
3 Calibres voltmètre
≈ 50 - 250 - 500 V
6 Calibres ampèremètre
5, 15, 50 ; 100 -
250 - 500 A
3 Calibres ohmmètre
× 10 Ω × 100 Ω × 1 K Ω



ISKRA 6010

2000 pts de mesure
Affichage par LCD
Polarité et Zéro Automatiques
Indicateur d'usure de batterie
200 mV à 1000 V =
200 mV à 750 V
200 μA à 10 A = et ≈
200 Ω à 20 M Ω
Précision 0,5 % ± 1 Digit.
Alim. : Bat 9 V ve F 6BF 22
Accessoires :
Sacoche de transport
642 F TTC

Unimer 31

200 K Ω/V Cont. Alt.
Amplificateur incorporé
Protection par fusible et semi-conducteur
9 Cal = et ≈ 0,1 à 1000 V
7 Cal = et ≈ 5 μA à 5 A
5 Cal Ω de 1 Ω à 20 M Ω
Cal dB - 10 à + 10 dB
546 F TTC

Transistor tester

Mesure : le gain du transistor PNP ou NPN (2 gammes), le courant résiduel collecteur émetteur, quel que soit le modèle
Teste : les diodes GE et SI.
380 F TTC

ISKRA France
354 RUE LECOURBE 75015

Nom.
Adresse :

Code postal :

Je désire recevoir une documentation, contre 4 F en timbres sur

Les contrôleurs universels

Les pincas ampèremétriques

Ainsi que la liste des distributeurs régionaux

Demandez à votre revendeur nos autres produits : coffrets - sirènes vu-mètres - coffrets radiateurs - relais potentiomètres, etc.