

Les montages Mac Intosh

Frank Mac Intosh (photo de la figure 109) est lui aussi l'un des pionniers de la haute fidélité.

L'histoire débute avec la petite société CRE, la Consulting Radio Engineering de Cincinnati, dans l'Ohio, société au sein de laquelle Frank Mac Intosh et son associé Gordon Gow (actuel président de la firme Mac Intosh), tous deux passionnés par les amplificateurs, décident de mettre au point un amplificateur de grande puissance mais répondant aux normes de haute fidélité. Le premier amplificateur qui sort des laboratoires de la CRE est un triple push-pull de 807 (tétrode dérivée de la 6L6, à brochage UY 5 broches et téton supérieur pour la sortie plaque) travaillant en classe A₂. L'énorme amplificateur pèse 62 kg et délivre 50 watts, ceci non seulement aux fréquences médianes, mais entre 20 et 20 000 Hz.



Figure 109 : Frank Mac Intosh.

Frank Mac Intosh et Gordon Gow comprennent vite que cet amplificateur «intransportable» n'était pas la bonne formule commerciale. C'est pourquoi ils se penchèrent sur les montages travaillant en classe B, jusqu'alors pratiquement inutilisés en basse fréquence, ceci avec le souci permanent de ne pas sacrifier la qualité en faveur de la puissance. Si en classe B, le rendement était fort intéressant, la réalisation d'un transformateur de sortie de haute qualité s'avérait extrêmement difficile. Le couplage entre les deux enroulements primaires devait être serré, la self de fuite devant par contre être aussi faible que possible. De là naquit l'idée du primaire symétrique à enroulements bifilaires. Les premiers résultats s'avèrent très prometteurs, malgré les difficultés concernant le mode d'attaque des tubes de puissance (les versions expérimentales utilisaient un transformateur driver à secondaire symétrique et inverseur de phase).

La mise au point du «circuit Mac Intosh» dura trois ans, c'est-à-dire entre 1946 et décembre 1949, dates à laquelle fut enfin publié le schéma du modèle 50-2. Les lecteurs pourront prendre connaissance de ce circuit figure 110. Le premier circuit Mac Intosh se compose de six tubes, dans une configuration symétrique. En entrée, la double triode 12AX7/ECC83, qui vient de paraître, est utilisée et sert d'inverseur de phase selon une variante du déphaseur «Auto balanced». Le second étage, étage driver, se compose des triodes 6J5 chargeant un transformateur symétrique double, l'étage de sortie de trois enroulements, dont deux sont symétriques et bifilaires. Un des enroulements symétriques est réservé à la contre-réaction cathodique (nouvelauté à l'époque), tandis que l'enroulement symétrique de charge de plaque alimente également en «mode croisé» les écrans des tétrodes de puissance à travers des résistances de 500 Ω. Simple en apparence, très délicat à

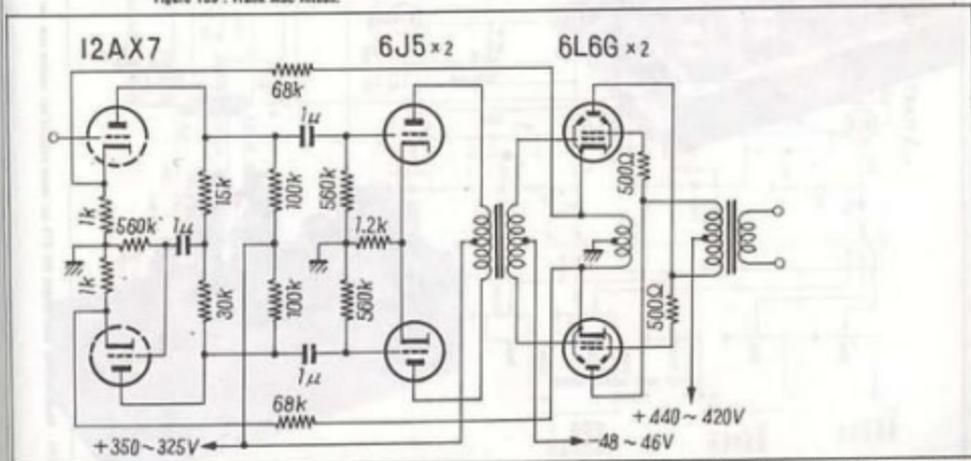
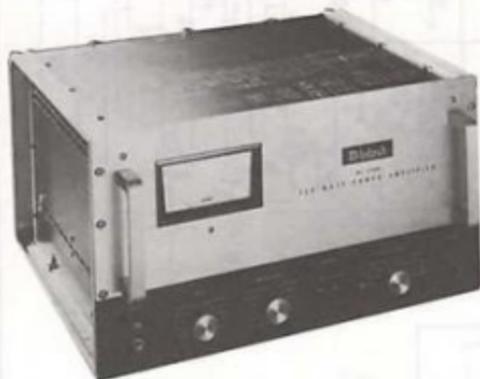


Figure 110 : Amplificateur «50-2», conçu par la firme «Consulting Radio Engineering», dirigée alors par Frank Mac Intosh, qui allait prendre plus tard le nom cathédre de Mac Intosh Laboratory Inc.

mettre au point à cause de son transformateur de sortie spécial, la révélation de ses performances causa un grand « choc » dans le monde encore petit de la haute fidélité. Jusqu'ici, personne n'avait pu imaginer qu'il aurait été possible d'obtenir 50 watts à partir d'une paire de 6L6, un taux de distorsion aussi faible (moins de 1 %), ceci quelle que soit la fréquence (20 Hz, 1 kHz ou 20 kHz) ou la puissance (1 watt, 10 watts ou 50 watts). Ce fut le début d'une affaire qui ne cessa de prospérer sous la marque Mac Intosh écrite en lettres gothiques et très nombreux furent les

modèles proposés par la suite. Comme les lecteurs le savent, ce sont surtout les versions stéréophoniques MC-240 et MC-275 (figure 111) qui firent de Mac Intosh l'un des grands maîtres de la haute fidélité, prouvant du même coup qu'un montage travaillant en classe AB₂ ou B pouvait donner entière satisfaction dans une utilisation haute fidélité. Le dernier et le plus gros amplificateur Mac Intosh à tubes fut le MC-3500 (figure 112) qui, grâce à ses 8 6LQ6 montées en quadruple push-pull permettait d'obtenir 350 watts avec moins de 0,2 % de distorsion entre 20 et 20 000 Hz.



**Amplificateur Mac Intosh
MC-3500.**



**Amplificateur Mac Intosh
MC-275.**



**Amplificateur Mac Intosh
50-2.**

LE MUSEE IMAGINAIRE

Jean Hiraga

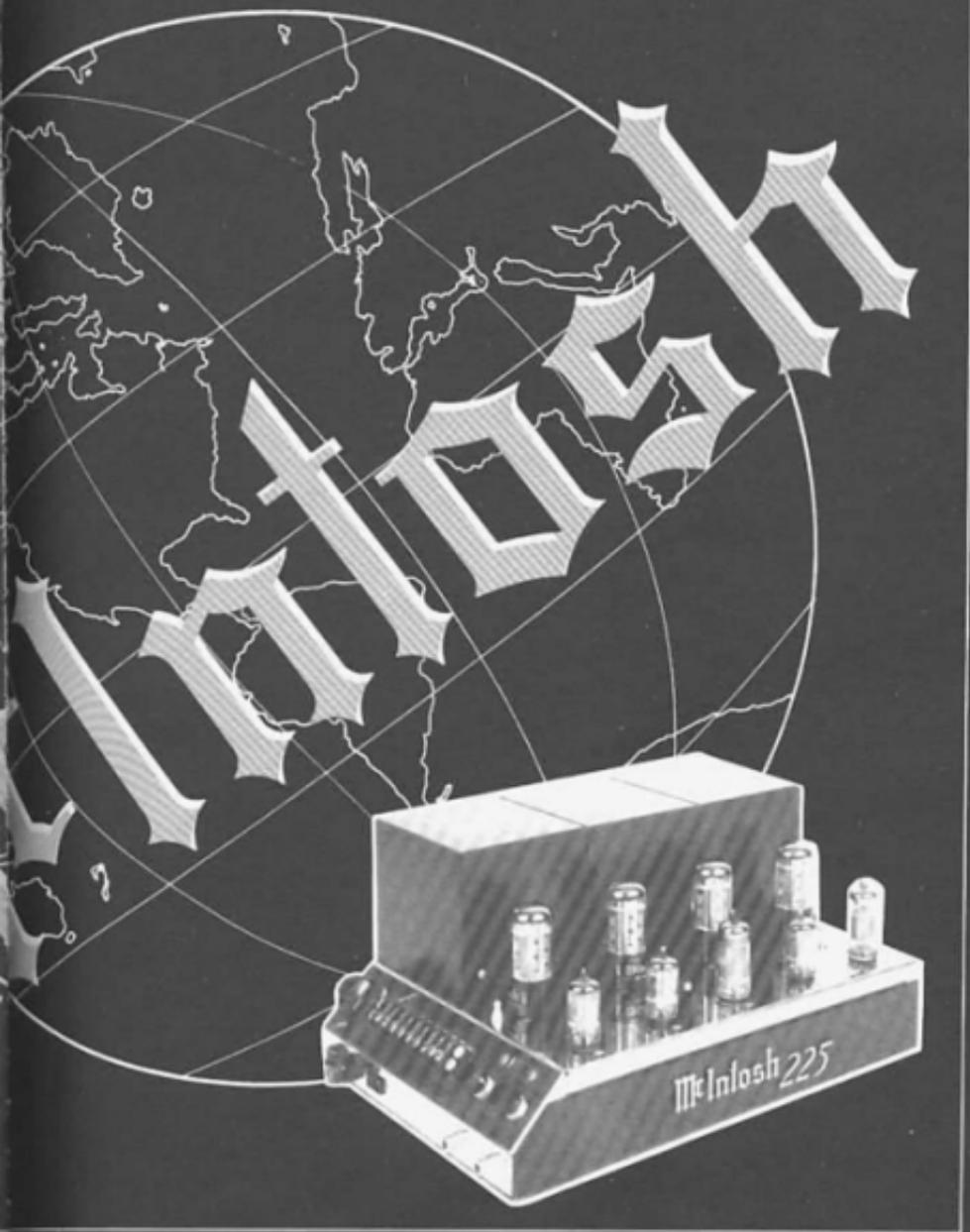
M

Mac Intosh est l'un des grands pionniers de la haute-fidélité. En 1949, après trois ans d'efforts et un investissement de près d'un million de dollars, il commercialisait un amplificateur dont la conception inédite lui permet d'obtenir pendant de longues années des performances sans égal. La renommée, le succès et la célébrité de cette firme reposent sur plusieurs origines : performances dépassant largement les souhaits de la clientèle, qualité de finition poussée, superbe esthétique et grande fiabilité.

C'est au sein de la Consulting Radio Engineering, une firme fondée juste après la seconde guerre mondiale que ses deux créateurs, Frank Mac Intosh et Gordon Gow (actuel président de Mac Intosh) décidèrent de créer une activité parallèle, le développement d'un amplificateur de puissance et de haute qualité. Ces deux spécialistes en transmission s'étaient bien vite rendus compte qu'il n'existait encore aucun amplificateur qui, sous forme commercialisée, était à la fois fidèle et puissant. Ils

placèrent la barre très haut puisqu'ils entendaient par « fidèle et puissant » que cet amplificateur devait couvrir, sans aucune atténuation, la bande 20 Hz-20 kHz, ceci avec un taux de distorsion égal ou inférieur à 0,5 % quelle que soit la puissance ou la fréquence. La première tentative fut celle de l'amplificateur OTL sans transformateur de sortie. Les résultats furent prometteurs mais ce circuit présentait plusieurs inconvénients. Il était compliqué, d'une fiabilité moyenne (les tubes de







Frank Mac Intosh et Gordon Gow, fondateurs de la firme Mac Intosh.

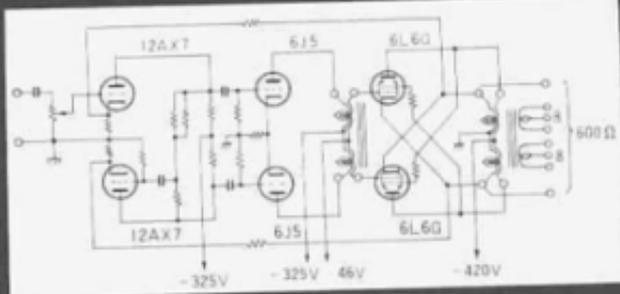


sortie étant reliés directement à la charge) et il se posait des problèmes d'adaptation d'impédance. Frank Mac Intosh et son associé Gordon Gow revinrent donc à un circuit plus conventionnel, composé principalement d'un énorme transformateur de sortie push-pull précédé de six tubes tétrode 807 travaillant en pure classe A. Ils obtenaient ainsi une cinquantaine de watts avec les performances escomptées. Cet énorme appareil pesait par contre quelque 62 kg, ce qui en aurait fait un produit incompatible avec les exigences du marché. La seconde étape dans ces recherches fut l'utilisation de la classe B. Celle-ci était normalement réservée aux montages économiques à haut rendement de dimensions réduites et de faible poids qui étaient utilisés en radio ou en basse fréquence. Frank Mac Intosh et Gordon Gow étaient parfaitement au courant des défauts que l'on reprochait aux montages B.F. travaillant en classe B : taux de distorsion par harmonique élevé, distorsion de croisement, qualité sonore médiocre.

Une de leurs premières expériences sur ce sujet consista à reprendre une idée proposée par Siemens sur des circuits oscillateurs à fréquence fixe pour applications téléphoniques. Grâce à

un couplage serré entre les enroulements primaires, il était obtenu en classe B un signal sinusoïdal parfait avec des transitoires de commutation à peine visibles. C'est la transposition de cette idée qui est à la base du circuit légendaire Mac Intosh. Entre 1947 et 1949 six brevets d'invention furent déposés et acceptés aux USA et dans les principaux pays étrangers. En 1949 paraissait le 50 W-1, le premier amplificateur Mac Intosh de puissance 50 W, qui était accompagné de l'AE-2, un préamplificateur compact comprenant quatre tubes noval. En 1951, Mac Intosh commercialisait l'amplificateur 50 W-2, une version améliorée du 50 W-1 ainsi qu'une version de plus

petite puissance, le 20 W-2. Vint ensuite l'amplificateur A-116 (1954), le préamplificateur C4 (1954) plus les amplificateurs MC 30, MC 60 et MC 75 qui prenaient enfin l'esthétique bien connue des châssis chromés, des logos Mac Intosh en lettres gothiques et des capots de transformateurs noirs à angles arrondis. En 1970, en 1980 ou en 1989, on continue toujours de s'inspirer de ce superbe « design » : châssis chromés, capots, schéma imprimé sur le dessus du capot. Les versions les plus connues furent commercialisées entre 1958 et 1962 : C 20, MC 240, C-11, MI-3 (Maximum Performance Indicator), MR-71 (tuner), MC 40, MC 225, MC 275 et C-22. Le dernier et le plus



Circuit de base du premier amplificateur 50 W classe B commercialisé par Mac Intosh en 1949, le 50 W-1. Le taux de distorsion restait inférieur à 1 % à 20 Hz, 1 kHz et 20 kHz à toutes les puissances comprises entre 1 et 50 W.

puissant amplificateur à tubes était la version monaurale de puissance 350 W, le MC-3500 (1968). On passa ensuite aux versions transistorisées, ponctuées de modèles aussi célèbres que le C-28 ou le MC 2205.

L'amplificateur MC 225 n'est pas le plus puissant ni le plus connu de l'imposante gamme Mac Intosh. La forme de son châssis chromé est similaire à celle des séries MC 40, MC 75, MC 240 et MC 275, c'est-à-dire avec un côté à pan incliné réservé aux prises et aux diverses commandes. Les capots des transformateurs n'ont pas de bords arrondis, ceci contrairement aux autres modèles de la gamme. Les dimensions du MC 225 sont les suivantes : 232×178×368 mm. Son poids est de 15,8 kg. Le MC 225 est le moins puissant des amplificateurs à tubes : 2×25 W ou 50 W en mode bridgé.

Les caractéristiques annoncées par le constructeur étaient les suivantes :

- Puissance de sortie : 2×25 W ou 50 W en monaural.
- Bande passante : 16 Hz-60 kHz +0, -0,5 A.
- Taux de distorsion par harmoniques : 0,5 % max. entre 20 Hz et 20 kHz et entre 1 et 25 W.
- Impédance d'entrée : 250 k Ω .
- Sensibilité d'entrée : 0,5 V pour la puissance nominale.
- Impédance de sortie : 200 Ω , 150 Ω , 16 Ω , 8 Ω , 4 Ω .

Sur le châssis, les tubes sont alignés comme sur le MC 240, mais avec quatre tubes de puissance et cinq tubes noval.

Le circuit

Le circuit du MC 225 est composé de quatre étages, ceci contrairement à ceux des MC 240 et MC 275 qui en comportent cinq. Les trois circuits sont malgré tout très proches les uns des autres, le MC 225 étant par contre le seul à ne pas posséder d'étage driver à sortie cathodique.

Le premier étage ne suscite aucun commentaire particulier. C'est une demi-triode 12AX7/ECC83 chargée par une résistance de plaque de 100 k Ω . En entrée se trouve une résistance d'arrêt de 22 k Ω précédée d'une première résistance de fuite (1 M Ω), d'un commutateur et d'une commande de volume. Le circuit de cathode est partiellement découplé, ce qui permettra d'y appliquer la boucle de contre-réaction générale. Sur cet étage la tension plaque au repos est de 115 V et la polarisation grille de -1 V. Le premier étage est relié en direct au second qui est constitué d'une double triode 12AU7/ECC82. La polarisation grille de -6 V est obtenue en portant à 121 V par rapport à la masse le potentiel de la cathode, ceci avec une résistance commune de 18 k Ω . Cet étage est monté en déphaseur de Schmitt classique. La grille de la demi-triode inférieure est reliée à la masse par l'intermédiaire d'un condensateur de 0,25 μ F. L'effet Miller est compensé par deux condensateurs de valeur respectivement 22 pF et 150 pF. L'amplitude des signaux de sortie en opposition de phase est égalisée par optimisation des valeurs des résistances de charge de plaque soit 27 k Ω et 30 k Ω . La liaison avec le troisième étage est de type « semi-directe ». Un condensateur de 0,047 μ F est relié en parallèle à une résistance de 1 M Ω , ces deux éléments servant de liaison entre le second et le troisième étage. La résistance de fuite de grille de 220 k Ω forme avec celle de 1 M Ω un réseau diviseur de tension. La grille du troisième étage se trouve ainsi portée à +25 V par rapport à la masse. La valeur de polarisation grille étant de -14 V pour la 12BH7, la cathode est portée au potentiel de +38 V à l'aide d'une résistance commune de 4,7 k Ω . Ce troisième étage symétrique est chargé par des résistances de valeur assez basse, soit

22 k Ω seulement. Sur les MC 240 et MC 275, cet étage est suivi d'un quatrième étage monté en cathode follower. L'étage de sortie suscite beaucoup plus d'inté-

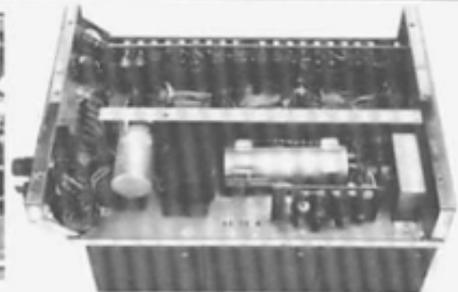
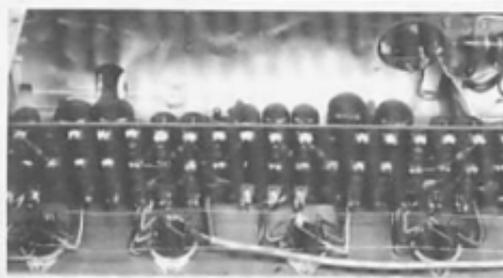


Amplificateur Mac Intosh MC 225, vu côté connexions.

rêt que les étages précédents. On remarque les particularités suivantes :

- couplage très serré entre les demi-primaires ;
- enroulement symétrique séparé pour les circuits de cathode ;
- alimentation des circuits de plaque du troisième étage à partir des plaques de l'étage de puissance ;
- grilles-écrans des tubes de puissance alimentés par les plaques opposées du même étage ;
- découplage partiel des cathodes (deux condensateurs de 0,47 μ F).

Le couplage très serré entre les demi-primaires réduit très sensiblement les non-linéarités de courant lors du passage d'une sinusoïde par le point zéro. La forme du signal obtenu sur la plaque s'en trouve moins déformée de même que le signal de sortie obtenu aux bornes de l'enroulement secondaire. Les plaques du troisième étage étant alimentées par le circuit de plaque (inversé en phase) de l'étage de puissance, il en résulte un effet de contre-réaction en courant qui va diminuer sensiblement le taux de distorsion par harmoniques. Même remarque



Amplificateur Mac Intosh MC 225, vue interne.

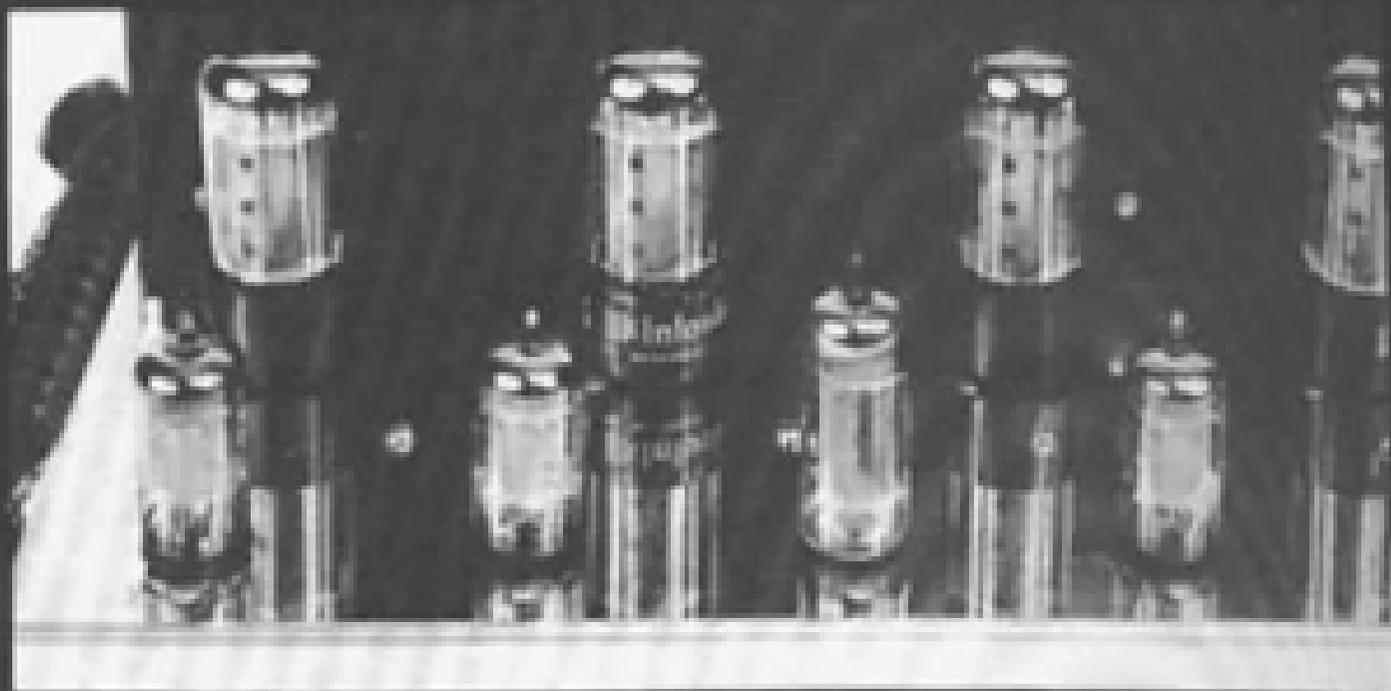
pour les grilles écrans des tubes de puissance qui sont alimentées par les plaques opposées du même étage. Le potentiel appliqué aux grilles-écrans agit directement sur le courant plaque, le branchement « croisé » plaques/grilles-écrans produit une sorte d'effet « booster » qui diminuera encore le taux de distorsion. Le cœur de ce montage reste néanmoins le transformateur de sortie. Sans celui-ci, sans les performances aussi poussées qu'il peut assurer, le circuit aurait toutes les chances de ne pas fonctionner ou de se transformer tout simplement en oscillateur B.F. ou H.F.

L'inconvénient du montage concerne bien entendu la mise au point du transformateur de sortie. Les enroulements de ce transformateur étant quadrifilaires, une difficulté à surmonter est celle de la résistance d'isolement entre les fils émaillés. Sur ce transformateur, les fils émaillés se touchent et sont soumis à des différences de potentiel de 400 V au repos et de valeurs instantanées au moins deux fois et demi plus grandes en régime musical. Il en résulte un couplage magnétique et capacitif important qui est une des origines de la disparition des transitoires de commutation. La résistance d'isolement entre les deux

enroulements primaires doit rester cependant très élevée. Aussi étonnant que cela puisse paraître, les pannes dues à des courts-circuits entre les enroulements des demi-primaires ne se sont pratiquement jamais manifestées. Un autre inconvénient du montage Mac Intosh est la baisse du gain de l'étage qui devient pratiquement unitaire. En effet, la formule « Cross Shunt » (couplage croisé) associée aux effets de contre-réaction entre le troisième et le dernier étage ont pour conséquence de réduire à la fois le niveau d'attaque relatif de l'étage final ainsi que la valeur de l'impédance d'entrée de ce dernier. D'un côté on a pour avantage une réduction sensible du taux de distorsion, d'un autre on se trouvera dans l'obligation d'appliquer à l'entrée de l'étage de puissance un signal de plus grande amplitude malgré la baisse relative de la valeur de la charge de l'étage driver. La solution à adopter devient alors évidente. On doit augmenter le gain des étages précédents, le nombre d'étages et concevoir un étage driver capable de fournir un signal de sortie de forte amplitude à partir d'une faible impédance de sortie. Tous les circuits amplificateurs Mac Intosh à tubes comportent de ce fait quatre ou cinq étages et un étage dri-

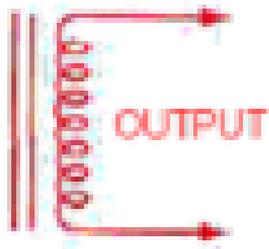
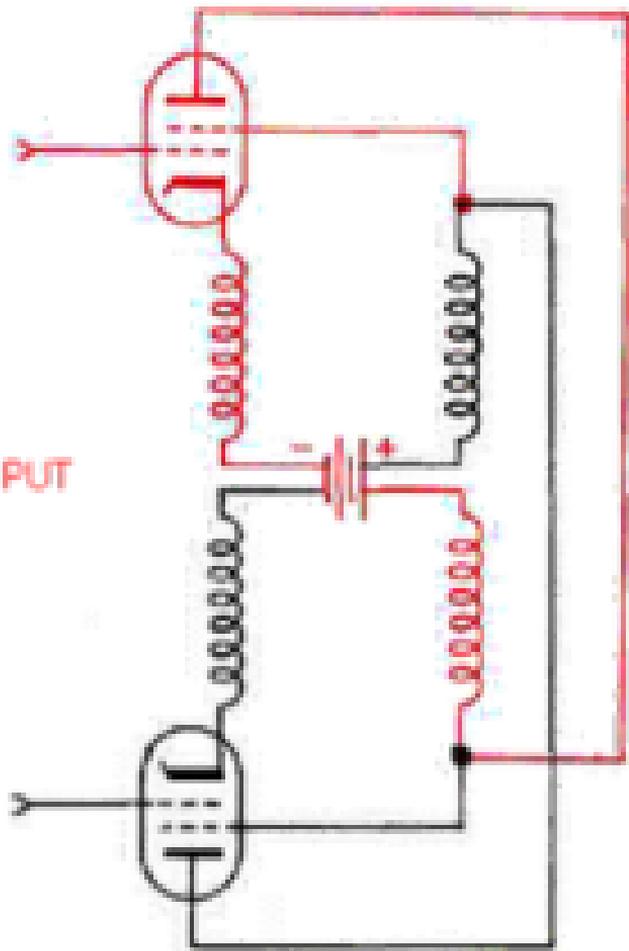
ver à basse impédance. De très longues années durant, Mac Intosh a su se protéger des éventuelles imitations grâce à ses nombreux brevets d'invention et plus particulièrement en raison d'un savoir-faire inimitable. Pour atteindre des performances proches de celles de l'étage de sortie Mac Intosh, il existe diverses solutions que l'on trouve appliquées sur les montages MLF (Multi-Loop Feedback), Bogen, Quad, Crowhurst, Linear Standard, Audio Research ou Marshall. Les montages Quad et Bogen nécessitent un enroulement de cathode séparé mais il est possible de s'en affranchir soit en se servant de l'enroulement secondaire (enroulement symétrique à point milieu), soit en plaçant des réseaux de contre-réaction croisés entre les cathodes et les plaques de l'étage final. L'étage final devra comporter dans ce cas deux résistances de cathode non découplées (polarisation grille). Le circuit Mac Intosh se contente malgré tout d'une boucle de contre-réaction générale à taux modéré compte tenu de l'influence des multiples contre-réactions locales. Le facteur d'amortissement est, de ce fait, de l'ordre de 10 à 15 seulement. Malgré des performances très poussées en bande passante et en

distorsion, le MC 225 est, à l'exemple des autres amplificateurs à tubes Mac Intosh, d'une stabilité inconditionnelle sur tous types de charges. La firme Mac Intosh est toujours en pleine expansion mais on ne peut que regretter la disparition trop rapide (1972 environ) de ses modèles à tubes. On s'imagine ce dont aurait pu être capable Mac Intosh si ses amplificateurs à tubes avaient pu continuer à être améliorés entre 1972 et aujourd'hui. L'étage de sortie Mac Intosh est une idée fabuleuse mais qui fait malheureusement déjà partie du passé.



McIntosh 225

INPUT



OUTPUT