

La substitution des tubes électroniques

Claude Frantz

10 juillet 2019

Résumé

Ce document se propose d'expliquer les raisons conduisant à la nécessité d'une substitution de types de tubes électroniques et il souhaite montrer les façons de faire possibles, tout en avertissant à propos de certains problèmes et de certaines difficultés pouvant survenir.

1 Introduction

La substitution d'un tube électronique, par un autre d'un type différent, devient nécessaire ou envisageable dès qu'un tube, du type initial, ne devient plus disponible ou bien dès que son prix devient exorbitant. Il convient toutefois de se rappeler qu'un grand nombre de tubes reste disponible sur le marché et que le nombre de sources possibles reste important. Il est souhaitable de se renseigner à temps afin de savoir à qui s'adresser en cas de besoin.

La rareté d'un type de tube n'est généralement pas liée à son âge. C'est surtout le nombre de tubes produits et la durée de la période de fabrication qui déterminent la rareté et le prix demandé. Mais la facilité de pouvoir trouver un substitut influence aussi le prix demandé.

Les ouvrages et les tables relatives à la substitution de tubes ne manquent pas, bien au contraire. Certains de ces documents sont tendancieux, d'autres sont remplis d'erreurs et d'omissions, d'autres encore sont incomplets, chaotiques ou farfelus. Les ouvrages vraiment sérieux ne sont pas tellement nombreux. Mais un avertissement clair doit être exprimé à l'encontre de certains [2].

2 La substitution des tubes anciens

Le terme « ancien » est relatif.¹ Dans le présent contexte, il s'applique aux premiers tubes vraiment fabriqués en série, dans les années 1920. À cette époque, les fabricants de tubes étaient nombreux, les types de tubes et de supports l'étaient aussi. Toutefois, il n'existait que peu de structures de tubes différentes et les fabricants copiaient allègrement les uns sur les autres. Cela n'empêchait pas leurs publicités d'être dithyrambiques. Ils aimaient aussi publier des tableaux d'équivalence dans lesquels les tubes sortant de leurs usines semblaient pouvoir remplacer avantageusement tous ceux de leurs concurrents.

Walter Schottky n'ayant inventé la grille-écran qu'en 1919, il a fallu plusieurs années jusqu'à ce que les tubes tétrodes deviennent courants. Auparavant, il n'existait que les diodes et les triodes.

La substitution des tubes de cette époque est tout autant facile que délicate. La facilité vient du nombre très réduit de structures différentes de tubes et du peu de variétés des caractéristiques. Mais cette facilité est éclipsée par l'énorme nombre de types et de supports différents employés et par le peu d'informations fournies par les fabricants. Les données techniques se limitaient souvent à la recommandation d'un seul point de fonctionnement typique et à l'indication de quelques limites. Les courbes étaient souvent absentes. Outre ces tableaux d'équivalence publiés par les fabricants, qu'il convient de prendre avec beaucoup de prudence, il n'existe pas beaucoup de sources d'informations quelque peu fiables [7].

3 Les cas bien simples

Comme cela est déjà bien connu, les types assignés aux tubes le sont dans le cadre de codes gérés par des organisations civiles ou militaires, ou bien par les fabricants eux-mêmes [3]. Un même tube peut ainsi se retrouver inclus dans plusieurs de ces codes à la fois. Il arrive que les fabricants marquent alors leurs tubes avec plusieurs de ces types. Ainsi, ECC81, 12AT7, B152, 6679, CV455 et CV10662 ne sont que quelques types assignés au même tube, mais dans des codes différents.

Pour différents types, il existe parfois des variantes ayant des caractéristiques ajoutées ou substituées, ayant alors un code différent ou un suffixe ajouté. Il peut s'agir d'une promesse de durée de vie accrue, d'une cathode particulière, d'une résistance particulière aux chocs et aux vibrations, une insensibilité plus grande aux variations de la tension de chauffage, une moindre induction de ronflement,

1. Aujourd'hui est le bon vieux temps de demain. (*Karl Valentin*)

une microphonie réduite, un moindre souffle, des maxims différents, une ampoule différente, des dimensions différentes, un socle différent, etc. Selon le cas, de tels tubes peuvent servir de substituts. À moins d'être sûr, il est nécessaire de vérifier par la consultation des feuilles techniques correspondantes [8, 7]. Ainsi, une 12DM7, une 12DT7 ou une ECC808 peut-elle directement remplacer une 12AX7 ou une ECC83, mais le remplacement par une E283CC exigerait une modification du câblage.

Outre les cas déjà cités, il peut exister des types de tubes différents du type à substituer, mais ayant des caractéristiques proches, permettant alors une substitution conditionnelle. Ici encore, la situation doit être vérifiée soigneusement. Ainsi, une 6AF7 peut-elle souvent remplacer une EM34, bien que la sensibilité et le courant de chauffage soient différents.

4 Les périodes de pénurie

En période de pénurie, les exigences doivent nécessairement être réduites. Ce qui était encore inacceptable auparavant, devient subitement envisageable. On préfère maintenant qu'un appareil fonctionne mal plutôt que pas du tout. On fait avec ce qu'on peut encore trouver plutôt que de rêver de pouvoir faire mieux avec des choses qui ne sont plus disponibles. Avec les tubes, on accepte maintenant les substitutions approximatives et bancales ainsi que les modifications de montage importantes. Divers documents ont été publiés dans le but d'aider dans ces situations difficiles [1].

Même en dehors de ces périodes de pénurie, ces documents peuvent fournir des idées utiles dans les cas désespérés. En effet, il existe des tubes, n'ayant été produits que peu de temps et en quantité réduite, aux caractéristiques tellement particulières, qu'il devient vraiment problématique de pouvoir trouver des substituts possibles. Les tubes DDD11 et DAH50, utilisés sur des récepteurs de radiodiffusion à piles, en sont des exemples intéressants.

5 Les cas moins simples

Ils découlent quelque peu de ce qui vient d'être écrit. Dans certains cas, le remplacement du support du tube devient nécessaire ou envisageable. Pour de nombreux tubes à support transcontinental, octal ou autre, il existe souvent des versions plus modernes de ces tubes, ayant les mêmes caractéristiques statiques, mais ayant un support noval ou miniature à 7 broches. Mais ici encore, des substitutions approximatives restent possibles si elles sont pertinentes. Dans le cas du travail sur un appareil existant, devant être remis en état de fonctionnement,

il est fortement recommandable de changer le moins possible l'état des choses. On évitera les substitutions autant que possible. Si elles s'avèrent tout de même nécessaires, il vaudra mieux essayer de changer le moins possible.

Dans le cas de la construction d'un appareil encore inexistant, à partir d'un schéma ancien, il peut être envisageable d'utiliser d'emblée des tubes plus modernes que ceux prévus. Mais il faut vraiment bien réfléchir à ce qu'on se propose de faire. La voie à suivre reste la même que précédemment, mais les vérifications judicieuses restent indispensables.

Examinons les possibilités d'intervention. Dans le cas d'une chaîne de chauffage « série », le tube de substitution peut avoir un courant de chauffage inférieur à celui de la chaîne. Une résistance en parallèle sur le filament servira alors à absorber la différence de courant. Une telle intervention conduira alors presque inévitablement à une plus grande tension de chauffage aux bornes du filament du tube de substitution. Les chaînes de chauffage « série » comportent bien souvent une résistance fixe à un bout de la chaîne. En changeant sa valeur, le courant nominal de la chaîne pourra être rétabli, malgré la tension de chauffage accrue du tube de substitution. Si cela n'est pas possible, il faudra accepter les inconvénients relatifs à un sous-chauffage. Dans le cas d'une chaîne de chauffage « parallèle », les choses sont plus simples. La différence de courant de chauffage du tube de substitution se fera habituellement moins remarquer.

Si la substitution implique un changement de support, il sera nécessaire de veiller aux blindages et découplages, afin de ne pas provoquer d'auto-oscillations et d'inductions de ronflement. Un soin tout particulier est nécessaire si un tube, ayant la connexion de grille au sommet de l'ampoule, doit être remplacé par un tube ayant sa connexion de grille au bas.

Bien qu'il soit souhaitable que le tube de substitution ait des caractéristiques aussi proches que possible de celles du tube à remplacer, des différences parfois notables doivent être acceptées dans les cas difficiles. La différence de gain et de résistance interne ne peut alors guère être compensée. Il faudra accepter cet inconvénient. On se contentera de corriger les circuits de polarisation afin que le point de fonctionnement reste acceptable.

Un grave danger existe lorsque le tube de substitution présente une pente plus élevée que le tube d'origine. Les mesures de découplage d'origine peuvent alors se révéler insuffisantes et le circuit peut se mettre à osciller. Par ailleurs, le gain accru peut provoquer une saturation plus ou moins importante dans les étages suivants. Dans le cas d'un système de polarisation automatique de cathode, le gain peut être réduit en supprimant le découplage de la résistance de la cathode ou bien en divisant celle-ci en deux et en ne découplant que l'une de ces résistances.



FIG. 1 : Un exemple de boîtes aux marquages multiples.

6 Les petites cachoteries

En principe, les fabricants de tubes restent libres de choisir leurs procédés de fabrication pour un type de tube donné, tant que les caractéristiques requises par les spécifications soient atteintes. Il en résulte que ces procédés de fabrication peuvent différer selon les fabricants, pour un même type de tube. Il en résulte aussi qu'un même fabricant peut changer ses procédés de fabrication, s'il le juge opportun. À cette occasion, il peut apporter des améliorations aux résultats. Tant que ces différences restent sans portée pour les utilisateurs, ces derniers n'ont pas à s'en soucier. Dans le cas contraire, les fabricants créent alors un suffixe particulier au type de tube ou même un nouveau type de tube, afin que les utilisateurs puissent en tenir compte. Malheureusement, cette règle n'a pas toujours été respectée. Cela ne reste pas toujours sans importance dans le cas d'une substitution.

Examinons l'exemple de la ECC83 fabriquée par Philips. En principe, ce type de tube est strictement équivalent à la 12AX7. Les usines du groupe Philips ont fabriqué ce type de tube selon trois modèles différents, dont les codes de fabrication sont dénommés « mC », « f9 » et « I6 ». Les deux premiers modèles ont des plaques dites longues de 17 mm, elles sont plus courtes dans le troisième cas. Mais ce qui est important est que le modèle « f9 » a une microphonie moindre. Dans ses publications et publicités, Philips s'est parfois vanté de ces caractéristiques ajoutées, mais sans mentionner que tous les tubes sortis de ses usines n'avaient pas ces avantages. Les feuilles techniques de Philips [8] ne mentionnent pas cette microphonie affaiblie. Il en est de même dans le cas de la

12AX7. Les types 12DT7 et 12DM7 sont des variantes promettant délibérément une faible microphonie et un ronflement affaibli. En conclusion, dans le cas d'une application critique du point de vue de la microphonie, où une ECC83 ayant un code de fabrication « f9 » a été utilisée, on ne pourra remplacer un tube défectueux que par un tube ayant le même code de fabrication, faute de perdre cette qualité ajoutée « en douce ». Sinon, la substitution par une 12DT7 ou une 12DM7 serait à préférer.

Un autre exemple de caractéristiques cachées concerne la 6V6 fabriquée par RFT. Initialement, ce type de tube était fabriqué sous une technologie portant divers noms, selon les sources : « beam power tube », « beam power pentode », « beam power amplifier », « kinkless tetrode ». Ces différences de dénomination étaient surtout motivées par des raisons idéologiques ou commerciales, plutôt que techniques. Comme ces tubes ont cinq électrodes, la dénomination de pentode est appropriée. Dans le cadre de cette technologie, la dernière électrode avant l'anode est une électrode de déflection particulière remplaçant une grille classique. Malgré les dénominations sus-mentionnées, cette technologie a aussi été utilisée avec des tubes de faible puissance, mais sans que cela soit mentionné expressément. Les tubes 6CB6, 6AG5, 6DK6, E280F, D3a et 6U8 en sont des exemples.

Que cette dernière électrode devant l'anode soit une grille classique ou bien une électrode de déflection, le but poursuivi reste le même : Créer un champ électrique approximativement du même niveau que sur la cathode, dans le but de dissuader les électrons résultants de l'émission secondaire de plaque d'aller ailleurs que sur la plaque où ils ont été produits. De l'utilisation de l'une ou de l'autre de ces technologies, résultent quelques différences de comportement subtiles. Il serait honnête que l'utilisateur en soit averti, afin qu'il puisse en tenir compte. Contrairement au modèle initial de la 6V6, RFT a fabriqué ce type de tube avec une grille devant l'anode. Les raisons restent inconnues, mais l'information n'a pas été communiquée ouvertement.

Mentionnons encore un exemple de code se référant à des tubes ayant des caractéristiques différentes. Certes, on pourrait parler d'amélioration « confidentielle », mais le cas reste toutefois déroutant. Il s'agit du tube UY42. Initialement, il existait un tube UY42 destiné à être utilisé avec un secteur à 110 V et un tube UY41 destiné à être utilisé avec un secteur à 220 V. Certes, le tube UY41 pouvait aussi être utilisé avec un secteur à 110 V, mais la tension redressée était alors inférieure d'environ 10 V par rapport à un tube UY42. Considérant la faible tension redressée, cette différence n'était pas simplement négligeable. Par la suite, le tube UY41 n'était plus fabriqué et le fabricant Philips indiquait que le tube UY42 pouvait subitement être utilisé avec un secteur à 220 V, ce qui est contraire aux indications des feuilles techniques plus anciennes. Alors, à

quoi peut-on se fier ? Philips a utilisé les codes de fabrication « N7 » et « TM » pour le tube UY42. Il n'est pas clair où se situent les différences. Ainsi, si nous possédons un tube UY42, nous ne pouvons pas savoir s'il est utilisable avec un secteur à 220 V.

Pour en rester au fabricant Philips, mentionnons le tube ECH42 qui est prisé comme étant un descendant du tube ECH41, doté de nombreuses améliorations. Le remplacement d'un tube ECH41 par un tube ECH42 était considéré comme possible sans restrictions. Par contre, le contraire n'était pas nécessairement possible, ni recommandable. En pratique, devant un appareil muni d'un tube ECH42, il convient de se demander si ce type de tube était celui dont d'appareil était équipé à l'origine.

Dans cette même foulée d'améliorations, le tube EAF42 était prisé comme étant un descendant amélioré du tube EAF41. Mais ici la prudence s'impose car le tube EAF42 ne peut remplacer un tube EAF41 qu'après modification du câblage. La grille de freinage est reliée internement à la cathode dans le cas du tube EAF41, tandis qu'elle est sortie séparément à la broche 4 dans le tube EAF42. Avec le tube EAF41, cette broche 4 devait restée libre.

7 Avertissements

Il est bon d'être averti à temps que certaines curiosités et certaines inconsistances dans les codes des tubes peuvent conduire à des confusions [3].

À la fin de la période de production des tubes en Europe et aux U.S.A., une certaine folie semble s'être emparé de certains fabricants. Était-ce le désir de vouloir satisfaire une certaine demande restante ou le désir de vouloir écouler les restes de stocks avant que leur valeur ne s'écroule ? Ainsi, a-t-on pu trouver sur le marché des tubes marqués Telefunken, en emballage classiques de cette marque, contenant des tubes de fabrication soviétique, marqués d'un code Pro-Electron, mais qui ne correspondait qu'approximativement au tube, avec en outre un marquage « Made in Germany ». Comme le tube ne correspondait pas vraiment à son marquage, son emploi pouvait être impossible en raison de ces différences.

General Electric avait vendu des tubes marqués « 12BY7 / 12BV7 / 12DQ7 », dans des emballages classiques de la marque. Un simple examen des feuilles techniques relatives à ces trois types de tubes révèle qu'ils sont assez différents, bien qu'ayant le même brochage. Ils ne peuvent donc qu'être des substituts approximatifs l'un pour l'autre. Un utilisateur très averti le remarquera, mais les autres ne se rendront pas compte que le fabricant se moque d'eux sans les avertir. Bien pire encore : Les tubes contenus dans ces boîtes étaient d'une qualité minable. Leur cathode s'effritait souvent, laissant traîner les débris un peu

partout à l'intérieur de l'ampoule. Une catastrophe, donc ! Beaucoup de radio-amateurs ont eu à en faire la triste expérience. Ces tubes doivent être évités absolument. Les 12BY7 de bonne qualité, produites à cette époque, provenaient toutes du Japon et elles étaient marquées clairement.

Comme mentionné plus haut, lorsque les fabricants avaient introduit des variantes de type de tubes, ils ont alors utilisé un suffixe ou un nouveau type. S'ils ont parfois omis de le faire, ils ont aussi parfois exagéré dans la direction opposée. Les EL12/325, EL12/350 et EL12/400 ne se différencient que par la tension anodique maximale spécifiée. Il est vraiment exagéré de créer un nouveau type de tube, rien que parce que la tension anodique maximale a été élevée de 25 ou de 50 V.

Il importe aussi de mentionner que tous les types de tubes ne sont pas tous marqués avec des caractères latins. Cela peut surtout conduire à des confusions déplorables dans le cas des caractères cyrilliques, car certains de ces caractères s'écrivent de la même façon, quoi qu'ils soient différents. Ainsi, bien qu'un tube soviétique 6E5 puisse remplacer un tube américain 6E5, ce n'est qu'après des modifications du circuit, car il s'agit de tubes réellement différents.

8 Un exemple

Partons de l'exemple d'un tube 78 défectueux, utilisé dans un étage amplificateur FI, sur un récepteur de radiodiffusion AM. Partons de l'hypothèse que nous ne puissions pas trouver de tube du type 78.

Un certain nombre de tubes américains pourraient servir de substitut direct : AG78, G78, T78, 178, 278, 378 et le tube britannique 78E. Il semble qu'il ne s'agisse là que de fabrications concurrentes. C'est bon à savoir, mais ces tubes-là ne sont probablement pas plus faciles à trouver.

Le tube 6D6 a le même support et le même brochage que le tube 78, mais les caractéristiques électriques diffèrent un peu. Dans le cas de la présente application, cette différence serait tolérable. Si un tube 6D6 peut être trouvé à un prix acceptable, il serait donc un bon choix. Dans le cas contraire, il faudrait continuer les recherches. Le tube 6K7 a les mêmes caractéristiques que le tube 78, mais le support est différent. Toutefois, il a, lui aussi, la connexion de la grille de commande au sommet. Ici, cela constitue un grand avantage car les connexions, au niveau des circuits HF, peuvent rester inchangées. Le risque d'introduire une instabilité est donc minime. Par ailleurs, le tube 6K7 et ses variantes, ont été produits en grande quantité, durant une longue période. Il est donc probable que l'on puisse le trouver facilement et à un prix intéressant. Il existe aussi sous sa dénomination soviétique 6K7B. Les variantes avec une ampoule ou un socle différents : 6K7G, 6K7GT, 6K7GTX. En outre, le tube 5732 n'est qu'une variante

particulièrement résistante aux vibrations et aux mises en route et coupures fréquentes. Le tube 6K7 et certaines de ses variantes existent aussi dans bien des codes militaires (VT86, VT86A, VT86B, CV1941, CV1942, CV1943).

Dans le cas de notre exemple, ce serait une mauvaise idée d'utiliser un substitut ayant une connexion de la grille de commande au bas de l'ampoule, ou d'utiliser un tube ayant une pente plus élevée. Le risque d'introduire une instabilité ne serait pas négligeable.

Références

- [1] *Aids to war-time servicing*. Anglais. Sylvania Electric Products Inc. Emporium, PA.
- [2] B. B. BABANI. *Handbook of radio, TV, industrial & transmitting tube & valve equivalents*. Anglais. London : Babani Press, 1974. ISBN : 0 85934 020 1.
- [3] Claude FRANTZ. *La clef des codes des tubes électroniques*. <http://dj0ot.darc.de/Code.pdf>.
- [4] Fr. FRITZ. *Röhren Codex*. Allemand. Stuttgart, 1951.
- [5] *Memento tubes électroniques semiconducteurs*. Suresnes : SA La Radiotechnique, Division tubes électroniques et semiconducteurs.
- [6] H.A. MIDDLETON. *Tube substitution guidebook*. Anglais. Tube Caddy. New York : John F. Rider Publisher Inc., 1960.
- [7] Piotr MIKOLAJCZYK et Bohdan PASZKOWSKI. *Electronic Universal Vade-Mecum*. Warszawa : Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1964.
- [8] *Philips Handbook, Electron Tubes*. Eindhoven.
- [9] *Radio tube substitution list*. Anglais. Canadian General Electric Company Ltd.
- [10] E. RODENHUIS. *Tubes pour amplificateurs B.F.* Bibliothèque technique Philips, série vulgarisation. Paris : Dunod, 1955.
- [11] Walter SPRICK. *Austausch Röhren Lexikon*. Allemand. Bielefeld : Allgemeine Rundfunktechnik G.m.b.H., 1947.