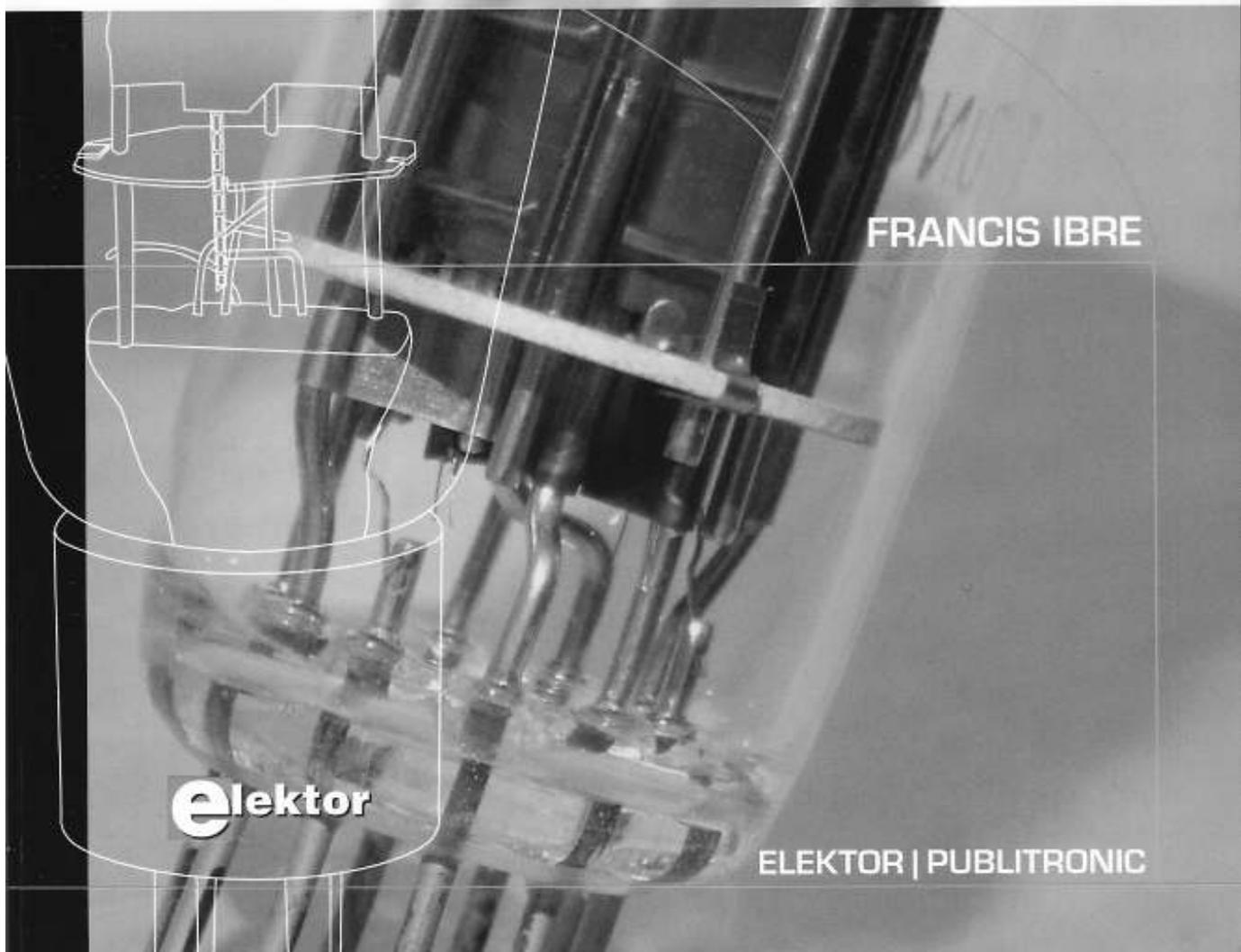


TOUT CE QUE VOUS AVEZ TOUJOURS VOULU SAVOIR SUR LES

# TUBES & AUDIO

anciens & récents



FRANCIS IBRE

**e**lektor

ELEKTOR | PUBLITRONIC

# SOMMAIRE

<b>AVANT-PROPOS</b>	<b>9</b>	<b>III. QUALITÉS DES TUBES</b>	<b>24</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>11</b>	<b>TOUT UN SAVOIR-FAIRE</b>	<b>24</b>
<b>II. TECHNOLOGIE DES TUBES</b>	<b>14</b>	<b>DANS N.O.S. IL Y A... NEW</b>	<b>26</b>
<b>ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS</b>	<b>14</b>	<b>QUELLES TOLÉRANCES ?</b>	<b>28</b>
Filament F	14	<b>ANCIENS MAIS PAS ENCORE VIEUX ?</b>	<b>29</b>
Cathode K	14	Dégradation progressive du vide	29
Grille 1	14	Usure du revêtement émissif de la cathode	32
Grille 2	15	Destruction du filament ou de son isolation	32
Grille 3	15	Formation d'une barrière de cathode	33
Plaque A	15	Surchauffe	33
Espaceurs	16	Pour résumer	36
Getter	16	<b>IV. LES TUBES AUDIO</b>	<b>39</b>
Écran	16	<b>TABLEAU I :</b>	
<b>MATÉRIAUX CONSTITUTIFS</b>	<b>18</b>	<b>TUBES AMPLIFICATEURS DE TENSION</b>	<b>40</b>
Nickel	18	<b>TABLEAU II : TUBES DE PUISSANCE</b>	<b>41</b>
Tungstène	18	<b>TABLEAU III : REDRESSEURS</b>	<b>42</b>
Molybdène	18	<b>NOS : APPELLATION CONTRÔLÉE ?</b>	<b>42</b>
Cuivre	18	<b>PRÉFIXES ET SUFFIXES OBSCURS ?</b>	<b>44</b>
Tantale	19	<b>V. LES TUBES RÉCENTS</b>	<b>48</b>
Platine	19	<b>TUBES EUROPÉENS</b>	<b>48</b>
Laiton	19	<b>TUBES RUSSES</b>	<b>50</b>
Graphite	19	<b>TUBES CHINOIS</b>	<b>56</b>
Verre	19		
Mica	19		
Céramique	19		
Baryum	20		
Strontium, calcium	20		
Titane	20		
Aluminium	20		
<b>PROCESSUS D'ASSEMBLAGE</b>	<b>21</b>		

<b>VI. LES TUBES NOS</b>	<b>61</b>	<b>LEXIQUE</b>	<b>122</b>
<b>LES TUBES NOS EUROPÉENS</b>	<b>61</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>124</b>
Philips Hollande	61	<b>SITOGRAFIE</b>	<b>126</b>
Les fabricants français	68	Informations techniques sur les tubes	126
Les fabricants anglais	71	Revendeurs de tubes NOS ou récents	127
Les fabricants allemands	74	Fabricants de tubes	127
Les autres européens	78	Réalisations à tubes	127
General Electric et RCA	80		
Western Electric	90		
Sylvania	93		
Tungsol	97		
Raytheon	99		
CBS-Hytron	101		
Bendix	107		
Les autres	108		
<b>VII. SON NOS OU NOS... TALGIE?</b>	<b>110</b>		
<b>DES NOS POUR QUI ?</b>	<b>110</b>		
<b>LE SON NOS</b>	<b>111</b>		
<b>TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC83</b>	<b>113</b>		
<b>TABLEAU DE CHOIX TYPE 5751</b>	<b>114</b>		
<b>TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC81</b>	<b>114</b>		
<b>TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC82</b>	<b>115</b>		
<b>TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC88</b>	<b>116</b>		
<b>TABLEAU DE CARACTÉRISTIQUES TYPE ECC88</b>	<b>117</b>		
<b>TABLEAU DE CHOIX TYPE 6SN7</b>	<b>118</b>		
<b>TABLEAU DE CHOIX TYPES 6L6, EL34, 6550</b>	<b>120</b>		



# AVANT-PROPOS

Les composants électroniques et les tubes en particulier contiennent des éléments chimiques allergisants (nickel) ou hautement toxiques (strontium) et très polluants.

Ne les ouvrez pas, ne touchez pas à mains nues les parties internes d'un tube cassé. Ne les jetez pas comme des déchets habituels, confiez-les à une déchetterie ou conservez-les : même hors d'état, ils ont une valeur de collection.

Bien que le mot tube soit du genre masculin, dans cet ouvrage de nombreux tubes sont désignés au féminin, car se sont par exemple des double-triode ou des pentodes, noms tous deux féminins. Il est donc correct d'écrire que *LA 12AX7 est UN ~~très~~ tube* recourant.

Les amplis à tubes sont de plus en plus nombreux dans les vitrines des boutiques spécialisées, et les publications de schémas, de cours théoriques, de réalisations en kit, sont devenus courants. Les chercheurs eux-mêmes tentent de comprendre ce qui fait préférer une ancienne triode 300B à un ampli à transistors ultramoderne, aux performances mesurées irréprochables. Un début d'explication apparaît avec la thèse présentée en 2001 par Daniel Cheever à l'Université du New-Hampshire [http://www.mit.edu/cheever/www/cheever\\_thesis.pdf](http://www.mit.edu/cheever/www/cheever_thesis.pdf) : les tubes triodes produisent des distorsions importantes pourtant indécélables à l'oreille, contrairement aux transistors qui salissent le haut du spectre audio (aigu) avec des produits d'intermodulation transitoire parfaitement audibles et... désagréables !

Technologie obsolète ? La *lampe* – comme l'appellent les anciens – n'est pas encore tombée aux oubliettes. Les partisans des semi-conducteurs assurent que le *son tube* n'est qu'un artifice pour embellir les sonorités, que les tubes ajoutent des distorsions, certes plaisantes mais sans respect du signal original. C'est utile pour un ampli de guitare électrique mais d'après eux dépassé en Haute-Fidélité. Ils sont pourtant les premiers à admettre l'évidence, lorsqu'ils ont l'occasion d'écouter un excellent ampli à tubes : il se passe quelque chose, l'écoute est plus vivante, et il semble qu'il y ait moins de distorsions qu'avec les transistors ! Quel paradoxe ! Les explications manquent, et un esprit rationnel cherche en vain des éléments de réponse.

Décidément non, la lampe n'est pas obsolète. Bien utilisée, avec des composants passifs choisis pour leur transparence à l'écoute, en particulier des transformateurs de sortie de haute qualité, les lampes apportent à l'écoute une ouverture, une aération et une vivacité qui donnent à la reproduction un caractère parfaitement naturel. L'expression des artistes s'en trouve mieux perçue et le côté vivant et présent des interprètes l'emporte très largement sur les quelques inconvénients comme le prix, le poids, l'échauffement, la durée de vie parfois limitée.

Les critiques formulées à l'encontre des transformateurs de sortie sont tout à fait justifiées : les circuits magnétiques en tôles au silicium à grain orienté, d'épaisseur 0,3 mm, découpées en E et I, sont aujourd'hui largement dépassés, et c'est par souci d'économie que les fabricants en font encore usage. Les amplis qui les utilisent procurent un son *vintage* faussement ample et chaleureux, mais manquant d'impact, de légèreté, de finesse et de transparence. C'est cela que les partisans des transistors combattent et ils ont raison : cette technologie de tôles est vieille d'un demi-siècle !

Ce sont les transformateurs de ce type qui sont obsolètes et non les lampes. Il existe maintenant des matériaux modernes, en alliages de nickel (Permalloy, Mumétal) ou en verre métallique amorphe (Metglass) disponibles en bandes très minces d'épaisseur 0,05 mm, et permettant de réaliser des doubles C ou des tores aux caractéristiques exceptionnelles. Des transformateurs réalisés

avec ces noyaux sont maintenant de prix accessibles et ils révèlent le vrai son des lampes.

Cependant, à en croire les audiophiles purs et durs, parfois très conservateurs, les tubes de fabrication actuelle n'ont pas les qualités musicales des tubes anciens, appelés tubes NOS ou **New from Old Stocks**, neufs issus de stocks anciens.

La réalité est plus nuancée, et si les spécialistes en tubes NOS recherchent certaines marques, ou versions particulières, parfois même des tubes issus de lots spécifiques, en revanche ils fuient comme la peste d'autres labels pourtant anciens. Les constructeurs d'amplis à tubes, quant à eux, n'hésitent pas à employer des tubes récents, triés et contrôlés, dans leurs réalisations les plus musicales et prestigieuses.

L'amateur, même débutant, possède souvent les quelques notions de base lui permettant de décoder le schéma – au demeurant fort simple – d'un ampli à tubes, et d'assembler, de contrôler ou d'entretenir ces appareils. Il constatera aisément des diffé-

rences de sonorité flagrante entre divers tubes de même référence !

Qu'est-ce donc qui distingue un tube NOS d'un tube récent, parfois copie exacte en apparence ? Les mesures elles-mêmes, aussi bien au laboratoire que dans les circuits d'un ampli, nous donnent des résultats très semblables, alors que la sonorité et la longévité sont d'après les amateurs en faveur des tubes NOS.

Au travers des fiches techniques, le tube est considéré comme une *boîte noire* dotée de caractéristiques telles que sa pente Gm, sa résistance interne Ro, son gain Mu. Ce que le bulbe en verre contient, bien que visible de l'extérieur, reste ignoré de la plupart. Les qualités électriques et musicales d'un tube sont pourtant étroitement liées à la rigueur de sa construction : pureté des métaux employés, précision des découpages et des assemblages, rigidité des liaisons, fiabilité du vide et étanchéité, et bien d'autres astuces de conception. C'est la rigueur et la précision mécanique qui font les qualités électriques !

**Figure 1.** Ci-contre, vue éclatée d'un tube tétrode 6550-A General-Electric de 1984. Une moitié de la plaque a été retirée afin de laisser voir l'électrode de concentration (ici une tôle pliée avec une large fenêtre rectangulaire) et les grilles ainsi que la cathode, visibles par cette fenêtre. Cette focalisation du faisceau a donné à ces tubes le nom de *tétrode à faisceau dirigé*, que les anglais appellent *kinkless-tetrode*, autrement dit tétrode sans creux (dans les courbes). Les pentodes ont une grille supprimeuse G3, à pas large (voir figure 2), à la place des électrodes de concentration.

Radiateur de refroidissement de la grille G1, soudé aux supports de grille en cuivre.

Agrafes de sertissage des demi-plaques, ou soudures sur les tubes renforcés.

Troisième getter latéral, en forme d'anneau. Lors du flashage il arrive que l'anneau fonde par endroit.

**A** : Anode ou plaque trimétal, sandwich nickel-cuivre améliorant la dissipation. On voit ici une zone surchauffée,

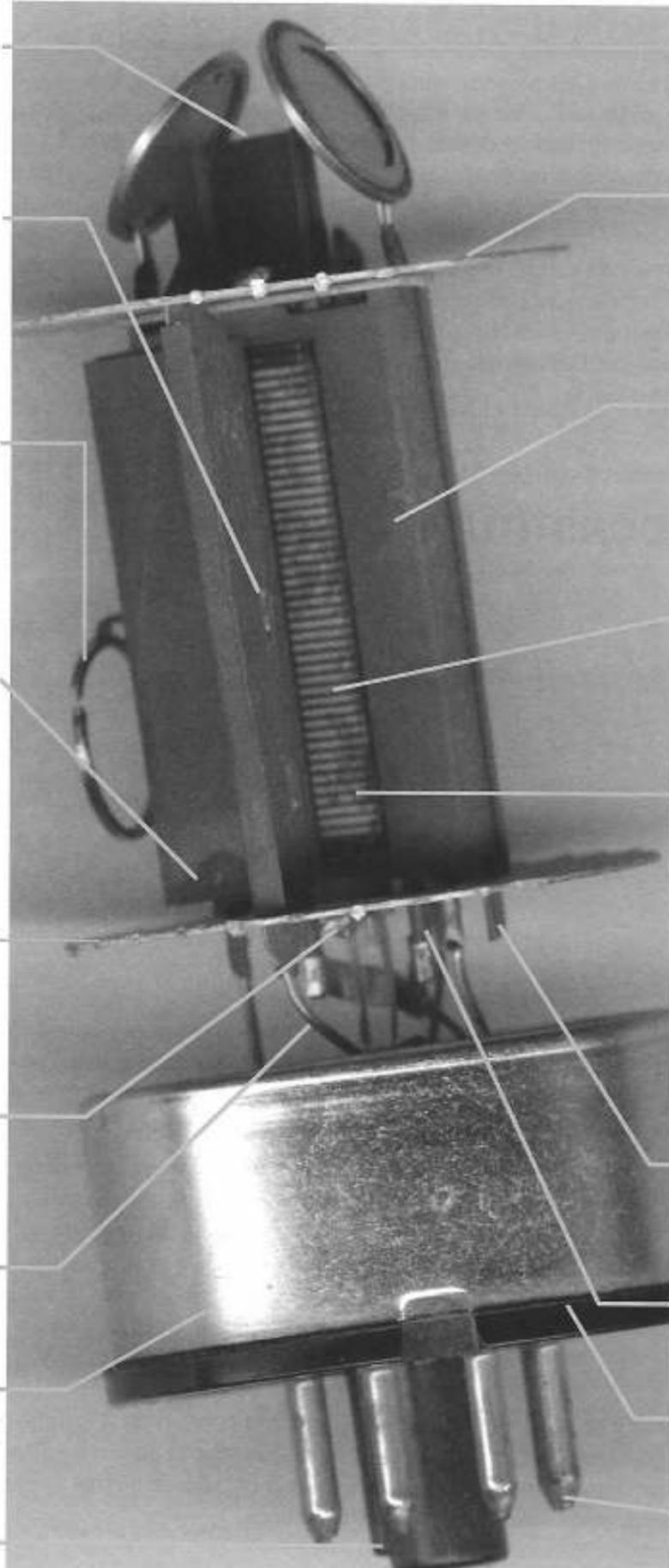
Mica inférieur traité à l'alumine. Certains tubes ont des espaceurs en céramique pressée, plus précis et rigides.

Extrémités du filament de chauffage en tungstène, avec connexions serties en nickel.

Fils de connexions en nickel, reliant les électrodes aux broches de l'embase.

Renfort d'embase en métal évitant les ruptures du bulbe au niveau du collage.

Plot de centrage avec tenon d'orientation.



Double-Getter disque plat. La gorge contient un alliage baryum-magnésium.

Mica supérieur traité à l'alumine pour isolation renforcée. Certains tubes ont un troisième mica supérieur, en écran juste en dessous du getter.

Plaque de concentration (ou grille-suppresseuse **G3** pour les pentodes) servant à focaliser le faisceau (beam) d'électrons.

**K** : Cathode en nickel recouvert d'une couche d'oxydes de baryum, calcium et strontium fortement émissive. Ici la couche blanche est attaquée par l'air et s'effrite.

**G1** et **G2** : La grille de commande en fil de molybdène, dorée comme sur les tubes professionnels afin de diminuer son émission, est masquée parfaitement par la grille-écran G2. Les tubes à chauffage direct ont une grille de commande en tantale.

Pattes de maintien des plaques, traversant les micas puis pliées.

Supports de grille en cuivre, permettant une bonne conduction de la chaleur,

Embase en bakélite, parfois en métal, céramique ou Micanol.

Broches en nickel étamées, serties à l'embase.

## II. TECHNOLOGIE DES TUBES

Essayons d'y voir plus clair dans ce dédale. Un petit coup d'œil à la **figure 1** rappellera aux lecteurs les éléments constitutifs d'un tube électronique courant, ainsi que les matériaux employés. Il ne sera pas question ici de schéma d'ampli, ni de calculs, ni de conception des circuits à tubes : les amateurs connaissent déjà l'essentiel et la littérature est riche sur ces sujets (cf. bibliographie). On s'intéressera en revanche à la construction interne des tubes, en particulier aux formes, positions et matériaux constituant les différents éléments. Ces connaissances sont indispensables pour reconnaître les tubes récents et les distinguer aisément des tubes NOS, ainsi que pour identifier l'origine d'un tube NOS, aussi bien son type que son fabricant et l'époque de sa sortie.

On peut situer aisément sur la figure 1 les différentes électrodes d'un tube classique :

### ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS

#### FILAMENT F

Difficilement discernable lorsque le tube est froid, car il est entièrement caché dans la cathode. Les extrémités inférieures, sortant de la cathode sont visibles, et sont soudées aux connexions. Seuls les tubes à chauffage direct, pour lesquels le filament sert de cathode, ont un filament bien visible : valve 5U4G, triode 300B ou 845 par exemple. Dès que le tube est alimenté le filament s'illumine, en rouge sombre vers 750-800 °C pour les filaments-cathodes revêtus comme celui de la 300B (voir plus loin les matériaux mis en œuvre), en jaune clair vers 1300-1350 °C pour les filaments tungstène thorié des tubes d'émission à chauffage direct, telle la triode 845. Les filaments usuels en fil de tungstène isolé à l'alumine sont portés également à cette température de 1300-1350 °C mais ils montrent en surface une teinte orange vif, correspondant à une température superficielle de 900-950 °C seulement, à cause de la couche d'isolation. Pour ces derniers la chaleur est transmise essentiellement par rayonnement jusqu'à la cathode.

#### CATHODE K

C'est en général un petit tube rond ou rectangulaire assez plat, chauffé au rouge clair (850 °C) par le filament, afin d'émettre des électrons. Visible par les ouvertures pratiquées dans les plaques, la cathode, dite cathode à oxydes, apparaît derrière la ou

les grilles, elle est revêtue d'une couche blanchâtre. Cette couche, fortement émissive d'électrons, est constituée de composés chimiques complexes (contenant parfois plusieurs dizaines de constituants) formés par réaction chimique à haute température, lors de la cuisson de la cathode, qui est une phase essentielle de la fabrication. Cette couche est fragile et facilement endommagée par les chocs d'ions lourds (formés lors de collisions entre électrons et molécules de gaz), les surchauffes, les courants d'appel à froid, les vibrations. La cathode est reliée à la masse par une résistance (parfois découplée par condensateur) ou directement.

#### GRILLE 1

C'est un fil bobiné entre deux colonnes support de cuivre ou de molybdène. La grille la plus proche de la cathode est la grille de commande du tube, celle dont le potentiel négatif commande le débit de courant. Elle porte le numéro 1 dans les tubes multigrilles. Dans la plupart des circuits elle reçoit le signal d'entrée. Le pas d'enroulement de la grille de commande est relativement fin et détermine le coefficient d'amplification  $\mu$  du tube, en relation avec la distance grille-cathode. Les tubes à fort  $\mu$  ont une grille très serrée et très proche de la cathode.

### GRILLE 2

La grille n° 2 appelée *grille-écran* est reliée à la source de haute tension, soit directement (montage pentode) soit par liaison avec l'anode (montage triode) soit par liaison avec le circuit de sortie (montage ultra-linéaire). Elle participe au débit du courant. Son rôle est de diminuer la capacité parasite entre plaque et grille afin d'augmenter la bande passante du circuit, et d'éliminer les oscillations HF dues au couplage que cette capacité crée entre ces deux électrodes. Le pas de cette grille devrait être rigoureusement identique à celui de la grille de commande, afin qu'elle soit masquée et ne reçoive pas un débit trop important. Un mauvais alignement des spires des grilles 1 et 2 produit une distorsion importante du signal et un échauffement excessif de la grille 2.

### GRILLE 3

La troisième grille, placée près de l'anode, présente un pas très large. Reliée électriquement à la cathode, elle supprime le flux d'électrons dits secondaires (échappés de l'anode) car son potentiel, très inférieur à celui de l'anode, repousse vers l'anode ces électrons échappés, les empêchant de revenir vers les grilles. Elle porte donc le nom de grille supprimeuse, et linéarise le fonctionnement du tube. Sur les tubes à faisceau dirigé, cette grille est remplacée par des électrodes en tôle pliée présentant des fenêtres, laissant circuler le flux d'électrons concentré seulement dans la direction prévue. La densité d'électrons dans cette zone suffit à empêcher l'émission secondaire.

### PLAQUE A

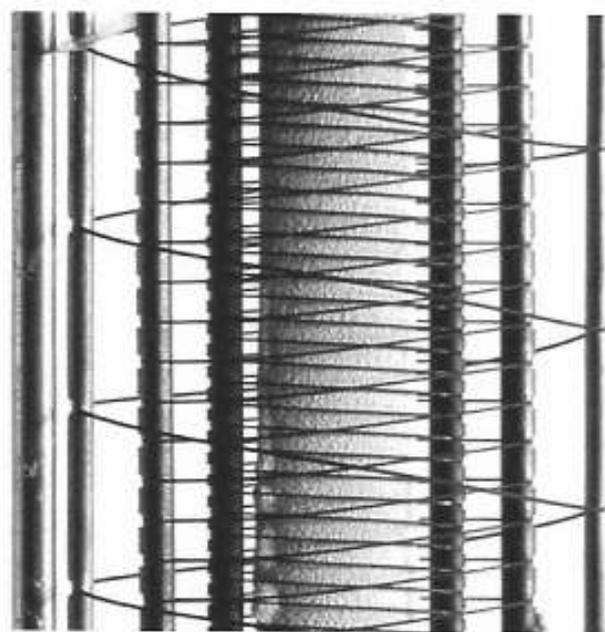
C'est le nom usuel donné à l'anode, de par sa forme. Portée à haute tension, elle attire le flux d'électrons, qui la rejoignent à haute vitesse. L'énergie cinétique de ces électrons percutant la plaque produit un échauffement, que la plaque doit dissiper. Les chocs des électrons libèrent d'autres électrons du métal de la plaque, ce phénomène néfaste est appelé émission secondaire et donne un halo bleu foncé autour des ouvertures et des fentes de la plaque. Ce halo bleu nuit ne doit pas être confondu avec la lueur bleu clair entourant la cathode des tubes redresseurs à gaz, ou avec la fluorescence mauve diffuse des tubes dont le vide est dégradé.

La plaque est souvent constituée de deux parties en tôle emboutie, comportant des nervures de rigidification sur les parties planes, et des ailes de refroidissement. Les deux parties sont agrafées l'une contre l'autre à l'aide de découpes qui sont rabattues pour sertir l'ensemble.

Des ouvertures, trous ou fentes, sont pratiqués dans les flancs des plaques pour contrôler et éventuellement ajuster au montage la position et l'alignement des grilles.

Des languettes sont découpées en haut et en bas des plaques. Elles traversent les micas, et sont rabattues ou pliées pour maintenir la structure.

La **figure 2** ci-dessous montre une vue de détail en gros plan des trois grilles d'une pentode, entourant sa cathode dont on devine le revêtement d'oxydes émetteurs, blanc rugueux.



**Figure 2.** Vue de détail des trois grilles d'une pentode EL37, autour de sa cathode revêtue d'oxydes, en blanc granuleux au centre. La grille de commande en fil de 0,04 mm possède un pas très fin de 0,25 mm et des supports en cuivre pour un bon refroidissement. Des encoches sont pratiquées dans ces supports afin d'assurer un pas parfaitement régulier et un maintien des spires. La grille 2 en fil de même diamètre, a des supports en molybdène et un pas plus large. La grille supprimeuse 3 en fil plus épais a un pas très large. Les tétrodes à faisceau dirigé de la famille 6L6 ont les grilles 1 et 2 parfaitement alignées, le courant intercepté par la grille-écran n° 2 est alors minimal.

D'autres éléments internes du tube sont visibles de l'extérieur :

### ESPACEURS

Situés de part et d'autres de la structure des électrodes, ils maintiennent l'ensemble en place. Ils sont généralement en mica découpé, parfois traités à l'alumine – couleur blanche – pour améliorer l'isolation électrique. Des trous alignés reçoivent la cathode ainsi que les tiges support des grilles, et des fentes accueillent les pattes dépassant des plaques. Le pliage de ces pattes assure la fixation de la structure avant son montage dans le bulbe. Les tubes multigrilles sont parfois munis de micas à plusieurs couches : le premier, plus petit, assure le positionnement de la cathode et des supports de grilles. Le plus grand reçoit les plaques et les autres supports et connexions. Le montage est ainsi facilité, et se fait en deux étapes, et l'isolation est améliorée.

D'autres fentes sont aménagées autour des supports de plaques, dans le but de diminuer les courants de fuite en allongeant leur chemin, et de permettre des dilatations locales sans contraintes.

Pour diminuer la sensibilité du tube aux vibrations (microphonie) une couche supplémentaire de mica, avec des découpes en L ou en T, constitue un ressort venant appuyer sur la cathode pour l'immobiliser. Appelé *mica-spring* (ressort-mica) ou *finger-mica* (mica-doigt) ou encore *cathode-spring*. Ce mica risquant d'être pollué par des dépôts métalliques conducteurs venus du getter, il n'a aucun contact avec les autres électrodes, afin d'éviter un défaut d'isolation.

Les dépôts évaporés de la cathode lors de sa cuisson risquent également de créer des défauts d'isolation sur la face interne des micas. Une couche supplémentaire de mica est parfois ajoutée, portant des perforations plus larges afin d'éviter les contacts avec les supports de grille : les produits qui se déposent sur ce mica de protection sont alors sans conséquences.

On a donc souvent trois couches de micas superposées, seule la couche centrale protégée assurant le positionnement précis des électrodes, voir figures 3 et 4.

L'un ou les deux espaceurs présente des dents qui prennent appui dans le bulbe pour centrer et supporter la structure. Parfois des ressorts en mica ou en acier spécial, isolent la structure des chocs ou vibrations du bulbe. Rarement les espaceurs sont en céramique pressée : tube 6900, 845.

### GETTER

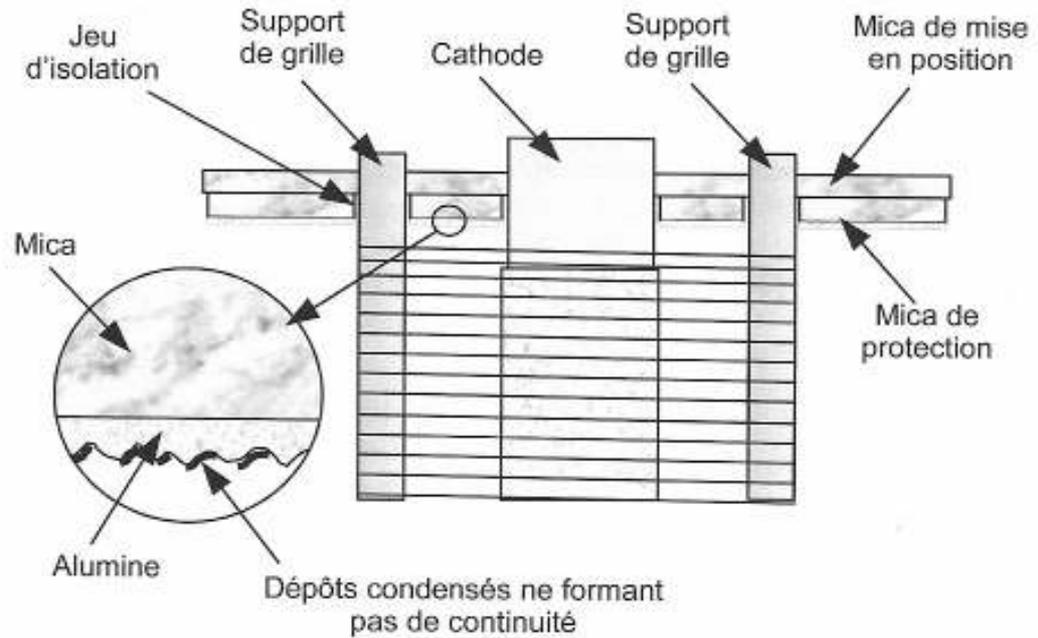
Les plus courants sont en forme d'anneau, de disque plat ou embossé, mais on en trouve aussi en forme de lettre D, d'anneau carré, de coupelle ronde ou carrée ou de fer à cheval. Situés en bas près de la base sur les tubes anciens, ils sont généralement en haut, au-dessus du mica supérieur, sur les tubes fabriqués après 1950. La position du getter en bas avait probablement été choisie pour laisser sur le bulbe la plus grande surface possible transparente, afin de favoriser le rayonnement de la chaleur. Des études faites sur les tubes défectueux ont montré que les dépôts métalliques du getter favorisaient l'apparition de courants de fuites entre les broches, créant une électrolyse du verre et une oxydation des broches, se terminant par des fissures et des défauts d'étanchéité. Apparu à la fin des années 40, le *top-getter*, getter en haut, apporte une fiabilité nettement accrue bien qu'il gêne la dissipation de la chaleur par rayonnement.

Un flash, zone brillante en miroir, couvre l'intérieur du bulbe près du getter. On trouve deux ou même trois getters sur les gros tubes de puissance.

Le rôle du getter est d'absorber les gaz présents dans le tube, afin de maintenir un vide poussé à l'intérieur du bulbe. On reviendra plus loin sur les matériaux et les particularités des getters.

### ÉCRAN

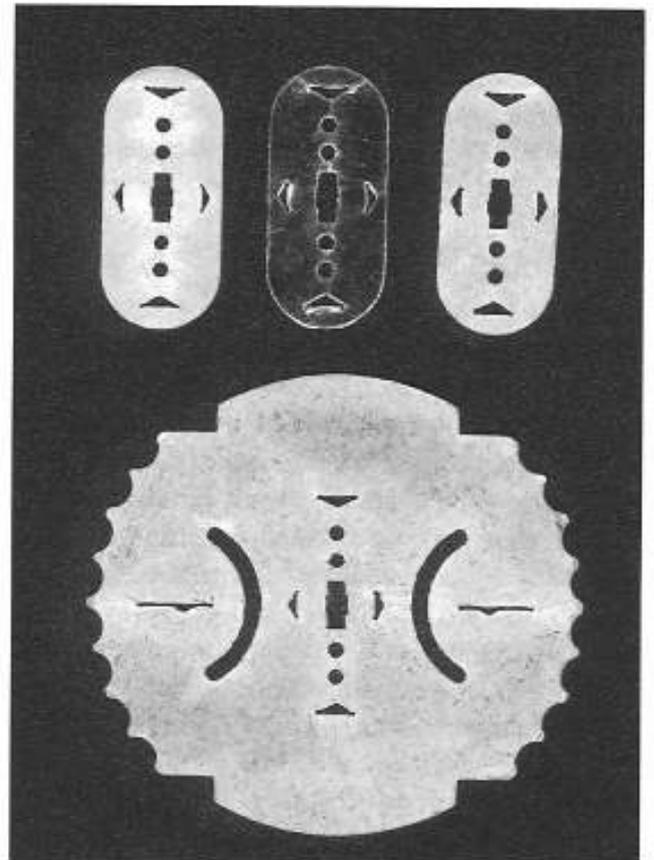
On peut trouver plusieurs sortes d'écrans de blindage dans les tubes électroniques. Le plus courant est situé sous le getter et a pour but de protéger les électrodes et les micas des dépôts métalliques conducteurs vaporisés par le getter, lors de son chauffage (voir plus loin le processus de fabrication). Ces dépôts métalliques pourraient nuire à l'isolation inter-électrodes et créer des courants de fuite, ou des capacités parasites gênantes en haute-fréquence. Ce blindage porte le nom d'écran de getter et prend souvent la forme d'un troisième mica, ou d'un disque de nickel.



**Figure 3.** Le mica principal, qui assure le positionnement précis des éléments du tube, est percé avec une très grande précision, et les diverses électrodes y sont insérées en force. Si des métaux évaporés de la cathode (ou du getter) s'y déposaient, des chemins de courant de fuite et des capacités parasites seraient créés. Une seconde couche de mica est disposée

sans aucun contact avec les électrodes, sauf la plaque qui assure son maintien. Les perforages de ce mica sont donc plus larges afin de l'isoler. Il reçoit une couche isolante d'alumine, dont les rugosités assurent qu'aucun chemin continu de courant ne peut s'établir à sa surface, comme le montre la vue de détail.

**Figure 4.** En haut au centre, le mica non traité, assure le positionnement des électrodes du tube GE-6550 de la figure 1. La fente rectangulaire centrale reçoit la cathode, les deux trous les plus proches, de part et d'autre de cette fente, reçoivent les supports de la grille de commande G1 et les deux trous plus éloignés la grille n° 2. Les quatre fentes triangulaires reçoivent les pattes de la plaque de concentration (grille n° 3). Ce mica principal est inséré entre les deux couches, à droite et à gauche, isolées à l'alumine. Le mica du bas, plus grand, vient au-dessus de l'ensemble et positionne la plaque par les fentes fines de chaque côté. Les poinçons qui découpent ces fentes sont rigidifiés par des nervures, les fentes ne sont donc jamais rectilignes. Afin d'améliorer l'isolation plaque/grilles, des fentes curvilignes sont pratiquées pour allonger les chemins de courant et les faire passer dans des zones du mica non polluées, près des bords. La tension plaque peut ainsi dépasser 600 V sans risque d'arc ou de courant de fuite. Les bords dentelés prennent appui à l'intérieur du bulbe, avec déformation des pointes des dents.



D'autres écrans faisant office de blindage électromagnétique peuvent être placés entre les deux triodes d'un tube double-triode, ou bien entre les broches des tubes miniatures pour diminuer les bruits induits, ou encore sous forme d'un grillage fin autour de la structure d'une pentode à faible bruit.

## MATÉRIAUX CONSTITUTIFS

Les matériaux employés pour la fabrication des tubes sont principalement :

### NICKEL

Très largement utilisé, car les aciers nus seraient corrodés par le vide. Pur ou avec quelques éléments d'addition (cobalt, cuivre, fer, manganèse, carbone) pour la tôle de cathode pliée en tube rectangulaire et sertie, les supports divers, les fils de connexions, les broches. La plaque ou anode est souvent en nickel, parfois en sandwich tri-métal, une couche de cuivre étant insérée entre deux couches d'acier et/ou de nickel afin d'améliorer la conductibilité thermique. Elle reçoit un traitement de surface en carbone amorphe (plaque noire) ou en titane (plaque grise).

Quelques tubes professionnels et militaires ont des plaques non traitées, en alliage nickel-cuivre (cupronickel) appelé *monel*, d'une belle couleur argentée (*silver-plate*).

### TUNGSTÈNE

Avec une température de fusion de 3370 °C il est idéal pour les filaments de chauffage, en fil obtenu par étirage à la filière (en diamant pour les plus petits diamètres) à partir d'un lingot en poudre de haute pureté, comprimée et fondue. Ce fil est ensuite recouvert d'alumine, électriquement isolante, soit par trempage en continu dans une solution d'alumine diluée au méthanol, soit par cataphorèse (revêtement électrolytique), soit par spray contenant des solvants et une colle nitro-cellulosique. Le fil revêtu de plusieurs couches, selon la tension d'isolement nécessaire, est étuvé pour cuire et dégazer son revêtement, puis plié en aller-retour et glissé à l'intérieur de la cathode. Les filaments *spirales* sont enroulés en hélice avant d'être revêtus.

Sur les tubes militaires l'intérieur du bulbe reçoit parfois une couche vaporisée de vernis métallisé, noir ou gris, faisant office d'écran, et masquant la structure interne. Son rôle est aussi de dissimuler la lumière émise pour éviter le repérage des appareils.

Avant 1950 environ, pour des raisons d'usure des filières, un faible pourcentage de silicium était incorporé au tungstène, afin de faciliter son étirage en le rendant plus ductile. Les silicates libérés lors du chauffage étant très polluants pour la cathode, un très haut degré de pureté du tungstène est préférable pour la fiabilité des tubes, bien que néfaste pour la tenue des outillages.

Les tubes à grille-cadre, pour lesquels la grille est très proche de la cathode, et subit des températures élevées, ont une grille en fil de tungstène. Le diamètre habituel est de 10 µm !

Le tungstène thorié (0,5 à 0,75 % de dioxyde de thorium) est utilisé pour les filaments des tubes à chauffage direct de forte puissance (triode 845), chauffé à une température de 1350 °C, jaune clair.

### MOLYBDÈNE

Fil de grille, obtenu par le même procédé que ci-dessus, mais non isolé. Il est éventuellement cuivré ou doré afin d'éviter que cette grille ne devienne émissive en s'échauffant. Pour des raisons économiques, on utilise parfois des alliages fer-nickel contenant seulement 10 à 20 % de molybdène. Le revêtement en or de la grille n° 1 produit une absorption des métaux évaporés de la cathode, ce qui évite que la grille ne s'en couvre petit à petit et ne devienne émissive.

### CUIVRE

Tiges supports de grille, pour assurer une bonne conduction de la chaleur, supports de getter, fils de connexions. Utilisé aussi en plaquage sur des métaux plus résistants. Les broches sortant de l'embase sont souvent en alliage fer-nickel revêtu de cuivre oxydé et appelé *copperclad* ou *dumet*. Les oxydes métalliques sont solubles dans le verre (lui

aussi formé d'oxydes) et adhérents aux métaux de base, ce qui garantit un scellement parfait si les dilatations sont identiques.

### **TANTALE**

Choisi pour sa température de fusion très élevée, de 2996 °C, pour les grilles des tubes à chauffage direct avec filament tungstène. Dans ces tubes, la grille est portée à haute température par la proximité du filament, elle doit résister à la fusion et ne pas devenir émissive.

Les capacités d'absorption des gaz à chaud par le tantale sont intéressantes, aussi est-il employé en revêtement des plaques de tungstène ou molybdène des tubes spéciaux d'émission, travaillant à température élevée (plaques chauffées au rouge).

### **PLATINE**

Métal soudable au verre, utilisé pour la liaison des broches avec l'embase. Sa rareté et son prix ont amené les fabricants à développer des alliages équivalents, aux coefficients de dilatation bien choisis, à base de fer-nickel avec cobalt ou cuivre : Platinite, fernico, kovar, ou dumet revêtu de cuivre oxydé, utilisés pour le soudage des broches dans le culot, embase en verre.

### **LAITON**

Alliage cuivre-zinc, bon conducteur et facile à usiner. Utilisé pour les embases des premières lampes et leurs broches. Souvent nickelé ou étamé pour le protéger de l'oxydation. Peu fréquent dans les tubes fabriqués depuis la fin de la seconde guerre.

### **GRAPHITE**

Utilisé à l'état de carbone amorphe (non cristallisé) en revêtement sur les plaques en nickel, il leur donne la couleur noire brillante caractéristique. La couche noire est obtenue soit par enduit – vernis colloïdal – soit par dépôt à haute température en atmosphère gazeuse (hydrocarbure) suivi d'un broyage servant à éliminer le carbone non-adhérent. La plaque noire évacue mieux la chaleur par rayonnement (voir plus loin l'aspect thermique). Les tubes d'émission de forte puissance ont une anode en graphite moulé ou fritté, parfois revêtu de poudre de titane ou de dioxyde de titane, qui lui donne une couleur gris clair.

### **VERRE**

Nuances à faibles dilatations et soudables aux métaux (molybdène, platinite), Pyrex, Fluorex, Neutroh. Le Nonex (non-expansion) est un verre trempé extrêmement résistant aux chocs, qui a été utilisé pour quelques tubes militaires à très haute fiabilité (Bendix 6900) avec broches en tungstène. L'embase est parfois en verre à très faible conductibilité, afin de garantir une isolation totale entre les broches, et une absence d'électrolyse même à haute température (jusqu'à 250 °C) et haute tension. C'est pourquoi les tubes à grande durée de vie ont une embase en verre légèrement bleuté, car de composition chimique différente.

### **MICA**

Minéral naturel, sous forme de cristal monoclinique (formant des couches planes) il est choisi pour sa pureté, clivé à l'épaisseur voulue, et découpé (perçages, fentes, dents) par emboutissage avec une très grande précision. Les positions des électrodes et la rigidité de leur fixation en dépendent, mais aussi leur isolation. Souvent deux ou trois épaisseurs sont superposées. Le mica contient quelques impuretés dissoutes (dont de l'eau), qui seront libérées sous forme de gaz ou d'ions pendant la cuisson et la vie du tube. Parfois revêtu d'alumine pour améliorer l'isolation entre électrodes. Seules deux nuances de mica sont utilisées : la muscovite à base de potasse, et la phlogopite à base de magnésium. (inutile de retenir ces noms, vous n'arriverez pas à les placer dans la conversation...)

### **CÉRAMIQUE**

L'alumine est un excellent isolant, supportant des températures extrêmes, et utilisé en revêtement sur le filament pour l'isoler de la cathode. D'autres céramiques, stéatite, forsterite, sont employées sous forme de pièces pressées, pour les embases des tubes acceptant de hautes tensions (valve 5R4, triode 845) ou en remplacement des micas pour les tubes militaires à très haute fiabilité (Bendix 6900).

D'autres matériaux entrent dans la fabrication des tubes, en revêtement ou traitement de surface des électrodes :

### **BARYUM**

En alliage avec aluminium, magnésium, strontium, columbium, zirconium, sous forme de poudres disposées dans les anneaux de getters. Après pompage, puis scellement du bulbe, un vide parfait est obtenu en chauffant le getter par induction haute-fréquence. Les métaux s'en évaporent et se condensent sur le bulbe plus froid en formant un flash brillant, absorbant au passage tous les gaz résiduels. Les getters en magnésium et ses alliages ne sont actifs que pendant cette phase de *flash*, alors que les getters au baryum restent actifs pendant toute la vie du tube, d'autant plus lorsqu'il est chauffé à sa température normale vers 200 °C.

Les alliages pour getter les plus élaborés (*mish-metal*) contiennent jusqu'à 5 éléments savamment dosés, le baryum étant sous forme de composés – carbonates – stables à l'air, pour des raisons de facilité de stockage et de mise en œuvre. Lors du préchauffage, des réactions chimiques entre les constituants transforment ces carbonates en oxydes, qui se décomposent ensuite lorsque la température maximale est atteinte, et libèrent les vapeurs métalliques, lesquelles se déposent alors en un film brillant. Si le vide est déjà très poussé au moment du *flashage*, le film déposé est plus sombre car mieux dispersé, parfois presque noir brillant.

Le baryum associé au calcium constitue également la couche émissive de la cathode.

### **STRONTIUM, CALCIUM**

Mis à part le césium (métal rare), c'est le strontium, métal mou jaune foncé, qui a le plus faible travail d'extraction, énergie nécessaire pour émettre des électrons vers l'extérieur. Viennent ensuite le baryum et le calcium. Ces trois métaux sont donc employés pour les revêtements émissifs des cathodes appelées *cathodes à oxydes*. L'enduit des cathodes est à base de carbonates – pour des raisons de stabilité à l'air – de ces trois métaux, et c'est la cuisson à haute température vers 875 °C lors du chauffage par induction, qui transformera ces carbonates en oxydes à haut pouvoir émissif. Le gaz carbonique libéré par cette cuisson est ab-

sorbé pendant l'opération de pompage, puis par le getter. La cuisson n'est cependant jamais complète et la cathode d'un tube neuf libère encore du gaz pendant son rodage.

### **TITANE**

Employé en revêtement des plaques, sous forme de poudre dissoute dans un vernis cuit au four, ou de dépôt électrolytique de dioxyde de titane obtenu par cataphorèse. Il donne la couleur gris clair aux anodes de nickel ou de graphite. Le zirconium le remplace parfois.

### **ALUMINIUM**

L'anode de certains tubes est traitée avec une couche de 15 µm d'aluminium, laminée à froid puis dégazée à haute température. Cette cuisson forme des composés mixtes entre le métal de base et l'aluminium, et donne une couleur noire mate à la plaque. La dissipation thermique est améliorée et un effet d'absorption des gaz est obtenu, en particulier pour les composés du carbone.

Cependant, les cathodes à oxydes sont très sensibles à des pollutions par les silicates (échappés du filament de tungstène) et les composés d'aluminium, c'est pourquoi les tubes à haute fiabilité emploient des métaux ne contenant ni silicium ni aluminium, donc des plaques non traitées.

Les tubes de puissance les plus élaborés font usage de plaques en sandwich trimétal, une couche de cuivre (conduction thermique) étant insérée entre deux couches d'acier aluminisé noir.

## PROCESSUS D'ASSEMBLAGE

Le processus d'assemblage d'un tube est illustré par la **figure 5** qui montre tous les éléments internes et les sous-ensembles montés à plusieurs stades du processus. Une visite du *National Valve Museum* – site [www.r-type.org](http://www.r-type.org) – permettra au lecteur, même non-angliciste, de se faire une idée plus précise de l'industrie du tube.

Les points les plus importants dans ce processus sont sans aucun doute la propreté et la pureté chimique des diverses pièces. C'est pourquoi un lavage soigné est effectué avec des solvants éliminant les traces grasses, suivi d'un rinçage à l'eau distillée. Un dégazage sous hydrogène, en four à atmosphère vers 800 °C, permet d'évacuer les molécules de gaz (oxygène, azote, gaz carbonique) dissoutes, car l'hydrogène diffuse très bien et très vite dans les métaux.

Au moment du pompage de l'air, le chauffage des électrodes vers 800-900 °C par induction HF fera diffuser très rapidement cet hydrogène au-dehors. Le métal sera alors parfaitement dégazé, donc inerte pour les températures usuelles.

Cette opération de pompage est réalisée en général sur une machine automatisée (transfert circulaire à 16 postes) du type Sealex. Mise au point par General-Electric pour la fabrication de lampes d'éclairage avant 1900, elle tire son nom des deux opérations principales qu'elle réalise : *sealing and exhaust*, scellement et pompage.

D'une manière générale, les positions successives occupées par le tube en cours de fabrication, réalisent :

- 1 – entrée du tube assemblé, non scellé
- 2 – chauffage du bulbe et de l'embase, par brûleurs à gaz
- 3 – soudage du bulbe sur l'embase par fusion
- 4 – pompage mécanique de l'air (jusqu'à position 13) et début du chauffage par induction
- 5 – idem, et bombardement par faisceau d'électrons pour dégazage (plusieurs positions successives)
- 6 – allumage et préchauffage du filament de 100 à 130 % du courant nominal
- 7 – fin du chauffage par induction, dégazage complet. Début chauffage cathode.

8 – filament allumé de 130 à 150 % du courant nominal et cuisson de la cathode à 875 °C

9 – idem

10 – réchauffage du bulbe, afin d'éviter un choc thermique.

11 – chauffage de la partie supérieure du bulbe, près du queusot

12 – préchauffage du getter par induction pour le dégazer (800-900 °C)

13 – scellement : soudage du queusot

14 – flashage du getter (1000-1100 °C), qui fixe en se condensant les dernières molécules de gaz

15 – refroidissement naturel

16 – sortie du tube fini

Ce processus, qui dure une trentaine de secondes à la cadence maximale, doit tenir compte des inerties thermiques. C'est pourquoi le chauffage par induction commence très tôt, à la position 4, mais les éléments du tube n'atteignent leur température de dégazage que quelques secondes après, à la position 7. La bouffée de gaz libérée à ce moment-là est pompée.

De même le chauffage du filament débute le plus tôt possible, position 6, dès que le vide est assez poussé pour éviter l'oxydation du tungstène. La cathode n'atteint cependant sa température de cuisson qu'un peu après, position 9, dans un vide poussé, sans risque de pollution du revêtement émissif.

La cuisson étant effectuée, la cathode devient fortement émissive, et si son chauffage se poursuit, sa température va augmenter rapidement, produisant un débit d'électrons extrêmement élevé. Si l'on approche des 1000 °C la cathode perd en 15 secondes 90 % de son baryum, et donc de son pouvoir émissif !

On comprend pourquoi sur un tube neuf la cuisson n'est jamais complète : il est impératif d'arrêter le chauffage avant le point de non-retour.

La rapidité du processus évite également que les micas ne soient surchauffés, car ils libéreraient de la vapeur d'eau.

Le bombardement par faisceau d'électrons au poste 4 ou 5 produit un halo bleu clair qui vire au bleu

foncé lorsque le vide est suffisant. Un contrôle visuel est donc aisé, toute lueur mauve claire indiquant un vide défectueux. Les jauges de mesure de vide disposées à chaque poste ne donnent hélas qu'une indication moyenne, elles sont incapables d'indiquer les bouffées de pression dues au dégazage.

Le pompage fait appel à des pompes mécaniques (rotatives, à palettes) pour le vidage de l'air, et à des pompes à diffusion de vapeur d'huile pour les étapes finales, où la pression atteinte doit descendre à  $10^{-3}$  mm de mercure.

Cependant à la cadence maximale, les machines Sealax sont incapables d'obtenir un vide supérieur à  $10^{-2}$  mm de mercure, et c'est le getter qui va parfaire le vide en le faisant descendre entre  $10^{-5}$  à  $10^{-7}$  mm Hg. On n'est plus très loin du vide intersidéral !

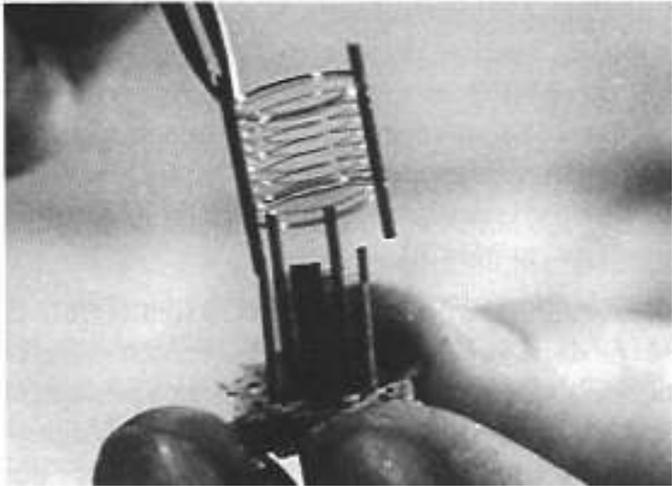
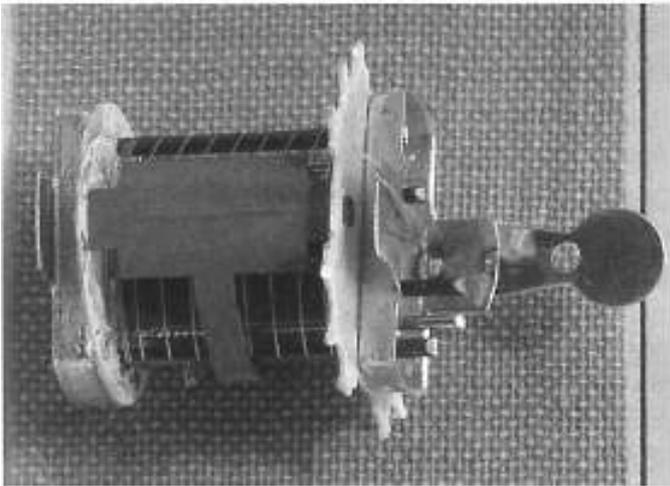
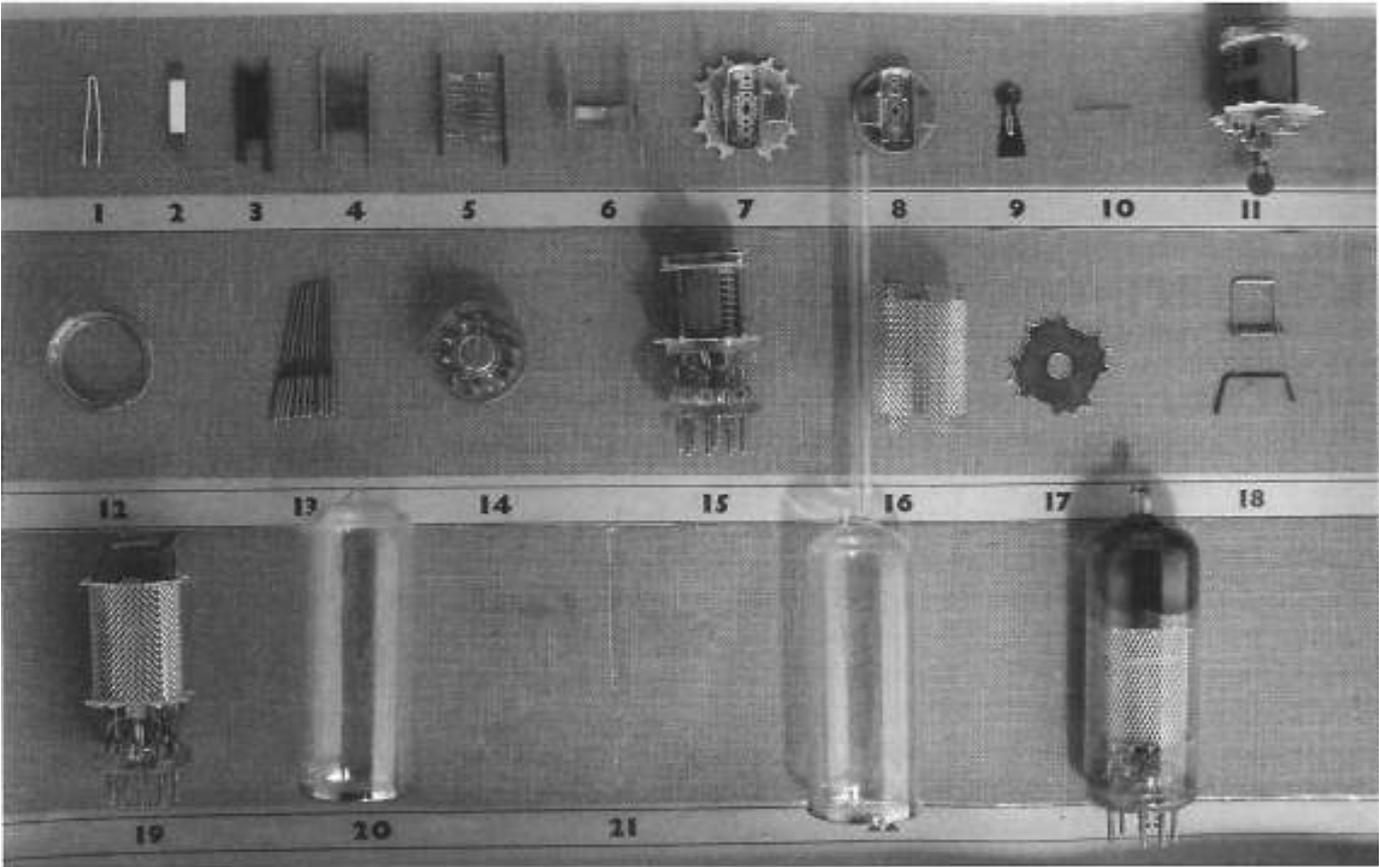
Ces machines automatisées permettaient des cadences dépassant 400 tubes à l'heure, et jusqu'à plus du double pour les petits modèles. Chaque tube n'est donc chauffé et pompé que pendant à peine 1 minute !

Les tubes de puissance, ne nécessitant pas une cadence aussi élevée, sont souvent réalisés sur des lignes (trolleys) où les opérations sont manuelles, et dans ce cas le pompage mécanique est plus poussé. Le getter est donc moins sollicité pour fixer les molécules de gaz résiduelles, et pourra donc assurer une grande durée de vie.

Les tubes finissent leur fabrication par passage en lots au banc de vieillissement (*pre-aging*) afin de stabiliser leurs caractéristiques : surchauffage filament à 150 % environ de la tension nominale pendant quelques minutes, pour chauffer la cathode, puis application des tensions grille et plaque pendant un quart d'heure, avec dissipation maximale. Le flux d'électrons va ainsi nettoyer complètement la plaque, tandis que la cathode sera légèrement surchauffée afin d'éviter sa pollution, et la grille également chauffée va se libérer des éventuelles condensations produites lors de la cuisson de la cathode. Les gaz libérés sont absorbés par le film brillant du getter. Après cette opération, les caractéristiques du tube sont alors stables, et le resteront pendant quelques milliers d'heures.

**Figure 5.** Ce présentoir fait par Mullard est visible au National Valve Museum, magnifique site anglais à l'adresse <http://www.r-type.org> où de nombreux articles et photos montrent la fabrication des tubes. On voit ici tous les constituants d'un tube EF80, pentode miniature amplificatrice de tension. On reconnaîtra en 1 le filament isolé à l'alumine et en 2 la cathode, tube plat couvert d'un enduit blanc de carbonates. Les grilles en 3, 4 et 5, puis la plaque 6 en deux parties planes reliées par une patte. Les espaceurs en micas découpés 7 et 8 servent au montage (photo en bas à droite) de l'ensemble visible en 11 et en gros plan en bas à gauche. Les broches 13 sont en trois parties soudées : nickel pour la partie sortante, alliage platinité ou dumet rouge pour l'étanchéité avec la base en verre, cupronickel ductile facile à former pour les parties internes soudées aux électrodes. Après insertion des broches on procède au soudage par fusion du verre de l'embase et pressage, puis le culot 14, complet, est relié à la structure en 15 avec soudures électriques par points. Un écran de blindage 16, un mica de centrage 17, puis le getter et son support 18 sont ajoutés avant d'insérer le tout dans l'enveloppe 20 que l'on soude à l'embase au chalumeau à gaz. Le queusot 21 est soudé à l'enveloppe pour permettre ensuite le pompage de l'air, pendant lequel les éléments internes du tube sont chauffés par induction haute fréquence ce qui a pour effet de cuire la cathode et de transformer les carbonates en oxydes fortement émissifs. Le gaz carbonique créé par cette réaction est pompé, puis le queusot est scellé. Le getter est alors flashé en le chauffant par induction et les métaux réactifs évaporés fixent les dernières molécules de gaz sur le film argenté qui se condense en haut du bulbe.

Photos avec l'autorisation du National Valve Museum



## III. QUALITÉS DES TUBES

### TOUT UN SAVOIR-FAIRE

Après de nombreuses comparaisons, tant sur amplis guitare que sur matériel Haute-Fidélité, on peut affirmer que les tubes NOS présentent souvent des qualités absentes sur beaucoup de tubes récents. Les marques anciennes les plus réputées, Telefunken, Mullard, Tungsol, servent encore aujourd'hui de base de comparaison pour les revendeurs et les essayeurs, mais également d'étalon pour les départements de recherche et développement des grands fabricants de tubes. Les matériaux utilisés à l'époque sont retrouvés, afin de s'approcher autant que possible de leur composition chimique (certains composés sont maintenant interdits). Les particularités de montage, de traitement, de fixation, de soudure, sont analysées sur ces tubes NOS, et sont copiées afin de retrouver les qualités conférées par ces techniques, mises au point patiemment au fil des ans, depuis les débuts de l'industrie des lampes vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'aux années 70.

Il faut admettre que ces tubes NOS sont le fruit de savoir-faire immenses, et que les recherches menées par les européens et les américains pendant et après la seconde guerre mondiale, ont fait progresser leur technologie de manière insoupçonnée : pas grand chose ne distingue en apparence un tube des années 40 d'un autre construit vers 1960. Pourtant les techniques du vide et les qualités des matériaux n'ont rien de commun.

Ces évolutions technologiques ont des répercussions sur les qualités des tubes NOS que l'on trouve actuellement : les tubes des années 40 ont parfois perdu un peu de leurs performances, car le vide interne ne peut se maintenir aussi longtemps sans se dégrader. Les métaux employés, imparfaitement dégazés, mais aussi les gaz dissous naturellement dans les micas ou le verre, l'étanchéité imparfaite des broches, vont petit à petit libérer des molécules à l'intérieur du bulbe. Si le tube est

utilisé normalement, ces gaz sont absorbés à chaud par les dépôts argentés du getter, et forment des composés stables (oxydes). C'est ce qui fait que la taille du getter-flash – zone à reflets métalliques visible en haut du bulbe – diminue au cours de la vie du tube. Si le tube n'est pas chauffé, ce processus est moins actif et les gaz vont petit à petit attaquer la couche émissive de la cathode, de manière irréversible. Les tubes plus modernes des années 60-70 sont beaucoup moins marqués par ce phénomène, et ne montrent habituellement que très peu de vieillissement naturel.

D'une manière générale, il semble que les tubes NOS d'Europe de l'Ouest des années 60, montrent une qualité de fabrication absolument irréprochable. Les matériaux employés pour la fabrication des cathodes présentent un degré de pureté très poussé, et une stabilité chimique élevée. Ces tubes donnent des résultats de mesure parfaits, souvent supérieurs aux données (105 à... 150 % !) figurant sur les fiches techniques, même après un stockage prolongé de près de 50 ans !

Les tubes NOS américains grand public semblent en comparaison vieillir un petit peu moins bien, et les mesures donnent souvent des résultats situés vers 85 à 95 % des données de la fiche technique. Les causes possibles ne sont pas clairement identifiées, et les matériaux de cathode utilisés ne sont sans doute pas seuls en cause. La concurrence entre les nombreux fabricants américains les amenait à publier des *datasheets* très prometteuses, où les performances du tube étaient un peu poussées, les chiffres publiés gonflés au maximum, à des fins publicitaires. En production de masse, il est probable que les tubes neufs n'atteignaient pas les valeurs annoncées mais se situaient 5 à 15 % en dessous. On peut penser aussi qu'il ne reste aujourd'hui que les moins bons tubes fabriqués

par le passé, les meilleurs ayant été choisis en premier à l'époque !

Il faut noter cependant que les tubes militaires produit par les fournisseurs attirés de l'US Army, comme Tungsol ou Raytheon, présentent des mesures nettement plus précises que les tubes grand public.

Malheureusement, il est impossible de comparer sur un même tube, des valeurs de mesure effectuées lorsqu'il était neuf avec des valeurs obtenues aujourd'hui. Même si on avait accès aux résultats mesurés à l'époque, il serait indispensable de retrouver l'équipement de mesure utilisé alors, et de le réétalonner exactement. C'est ce qui fait qu'on doit se contenter aujourd'hui de tubes testés à 90 % des valeurs officielles. Ces tubes ne sont pourtant pas usés et, même sortis de boîtes scellées (tube NIB, New In Box) quelques tubes américains ne donneront pas des mesures comme *neuf*. Cela laisse place au doute : ce tube était-il déjà à cette valeur lorsqu'il est sorti d'usine ? A-t-il vieilli naturellement dans sa boîte et perdu ainsi un peu de ses performances ? Ou bien donnait-il des mesures plus fortes à neuf, et dans ce cas a-t-il déjà été utilisé ?

C'est le cas pour des références très prisées des audiophiles, comme la célèbre 5751 fabriquée par GE, RCA, Sylvania ou Tungsol, pour laquelle une mesure à 90 % des valeurs officielles doit être considérée comme exceptionnelle.

Une autre tendance très à la mode Outre-Atlantique consiste à faire traiter les tubes par cryogénie, en les plongeant – très lentement – dans de l'azote liquide, à  $-196$  °C. Cryo-Valve, Kühl-tube, Harma-Cryo, proposent des tubes ainsi traités, en précisant que les qualités sonores sont grandement améliorées. Le site [www.tubeworld.com](http://www.tubeworld.com) donne quelques éléments d'explication, très incomplets à mon avis.

De nombreuses hypothèses ont été avancées quant aux effets que ce traitement peut produire : certains parlent de relaxation des contraintes internes dans les métaux, mais cela ne tient pas car c'est par chauffage que ces tensions sont dissipées, tous les métallurgistes le savent ! C'est l'agitation thermique des atomes qui permet la relaxation des contraintes, par déplacement progressif des imperfections du cristal métallique. D'autres soutien-

nent qu'un durcissement est obtenu ainsi qu'une meilleure résistance, mais cela n'est valable que pour les aciers alliés, comme ceux utilisés pour les outils coupants. Ces aciers subissent un durcissement par trempe (refroidissement rapide), qui a pour effet de transformer l'austénite (fer  $\gamma$  existant à haute température) en martensite (structure de paillettes de carbures, très dure). Cette transformation n'est pas terminée à température ambiante, et un refroidissement en dessous de  $-80$  °C permet d'achever ce processus, rendant l'acier moins fragile et plus résistant à l'usure. C'est très efficace, mais voilà... : il n'y a pratiquement pas d'acier dans un tube électronique, et s'il y en a, il n'est pas trempé et ne pourrait l'être, ne contenant pas assez de carbone !

On a avancé également que les gaz présents dans le bulbe étaient adsorbés (collés aux surfaces) lors de leur condensation sous l'effet du froid. Hélas ce processus est réversible et ces gaz sont relâchés dès le retour à température ambiante.

Il me semble qu'il faut chercher ailleurs les bénéfices d'un traitement par le froid sur les tubes électroniques. Il s'agirait plutôt à mon avis d'un effet de nettoyage par le froid, les dilatations différentes des surfaces et des dépôts adhérents entraînant le décollage de ces dépôts, aidées en cela par la condensation puis l'évaporation des gaz résiduels. Les micas, généralement pollués par des condensations provenant de la cathode ou du getter, seraient ainsi épurés, et l'isolation électrique serait renforcée. Les capacités parasites diminueraient également. Des mesures de résistance d'isolement entre électrodes, effectuées sur des tubes normaux puis sur des tubes de mêmes références traités par le froid, semblent confirmer cette hypothèse, qui demande à être approfondie.

## DANS N.O.S. IL Y A... NEW

Cela paraît évident, pourtant on voit une quantité croissante de tubes proposés aux enchères sur Internet, dans des boutiques en ligne, qui sont présentés en NOS, ou testés comme NOS, mesurés *New*, et qui après achat sont décevants. Il y a bien sûr une très petite minorité de vendeurs malhonnêtes, mais dans la plupart des cas, c'est la méthode de mesure qui doit être mise en cause.

Lorsque le tube est contrôlé à l'aide d'un simple *emission-tester*, seul le filament est alimenté, et l'appareil contrôle que la cathode émet des électrons. C'est tout ! Pas de haute tension sur la plaque, pas de polarisation sur la grille de commande, le tube ne débite aucun courant. L'indication de l'appareil se résume à *good* lorsque l'aiguille est en zone verte, *bad* ou *replace* en zone rouge et ? entre les deux.

Un tube qui donne *good* avec déviation complète de l'aiguille est déclaré neuf...

Si on vous propose des tubes NOS avec la mention *test good* ou *measure strong*, le contrôle a été fait avec ce type de testeur et n'a strictement aucune signification : le tube éclaté de la figure 1, sans bulbe, teste *good* !

Mis en situation dans un ampli, ces tubes ne donneront pas nécessairement les débits de courant attendus, et le point de fonctionnement sera peut-être loin des prévisions calculées. Il se peut aussi que l'un des tubes soit incontrôlable car une connexion interne est coupée ! S'il fonctionne, les distorsions seront importantes et audibles, le son sera retenu, déséquilibré vers l'aigu, bouché et brouillé.

Une mesure avec un vrai lampemètre, du type *mutual conductance tube tester* – comme les fameux modèles Hickock **figure 6**, Neuberger, B et K ou Metrix – est beaucoup plus fiable : la présence de gaz ou de courts-circuits est détectée, toutes les électrodes sont alimentées, et c'est la variation du courant débité qui est mesurée, en fonction de la variation de tension sur la grille de commande. On mesure donc la pente dynamique du tube, appelée encore conductance mutuelle ou transconductance  $G_m = \Delta I_a / \Delta V_g$ .

$G_m$  est l'inverse d'une résistance et se mesure donc en mhos, ou en  $\mu\text{mhos}$ . On trouve souvent

une indication de la pente en  $\text{mA} / \text{V}$ , unité équivalente à 1000  $\mu\text{mhos}$  (l'unité légale est maintenant le Siemens).



**Figure 6.** Un véritable lampemètre est du type *mutual conductance tube tester* comme ce Hickock 536 de 1957. En plus d'une mesure de pente dynamique, des tests de court-circuit, de gaz, de durée de vie, de bruit de fond (écoute au casque) et de microphonie sont possibles. Indispensable aux amateurs.

L'affichage indique généralement la valeur de  $G_m$  en micromhos, et la comparaison avec les valeurs de la fiche technique est aisée. Malgré cela il reste quelques sources d'erreurs :

- Les tolérances de fabrication ne sont pas souvent précisées sur cette fiche, sauf pour les tubes spéciaux.
- La limite de fin de vie, fixée par la limite inférieure ( $G_m$  minimale) est rarement indiquée.
- La notice du lampemètre donne pour certains tube des données erronées.
- L'opérateur teste un tube *équivalent* avec des réglages inappropriés.

Pour les deux premiers points, il n'y a pas de solution simple. On peut toutefois rechercher la fiche technique de la version militaire du tube : cette fiche très détaillée donne des tolérances pour les tubes neufs et des limites de durée de vie. Les tubes *civils* étaient souvent produits sur les mêmes

lignes et avec les mêmes processus, mais sans les contrôles poussés imposés par les militaires. Ils avaient souvent des tolérances proches, quoiqu'un peu plus larges surtout vers le bas. Chez quelques fabricants américains (Tungsol, Sylvania) des tubes d'un même lot portaient soit une appellation militaire, soit un code normal, selon les livraisons prévues. On peut donc appliquer ces tolérances militaires à un tube civil sans risque d'éliminer un tube civil vraiment valable.

Pour les deux derniers points, un peu de rigueur suffit à contourner le problème : un coup d'œil à la fiche technique du tube, en particulier les courbes  $I_a / U_a$ , permet de vérifier que les réglages affichés sur le lampemètre sont corrects. On voit ainsi que le test d'un tube américain 5751, prétendu **équivalent** à notre ECC83 / 12AX7, ne doit pas être effectué avec les réglages propres à cette ECC83 : avec une tension plaque et une polarisation grille identiques, le tube 5751 débitera environ moitié plus de courant que la ECC83 !

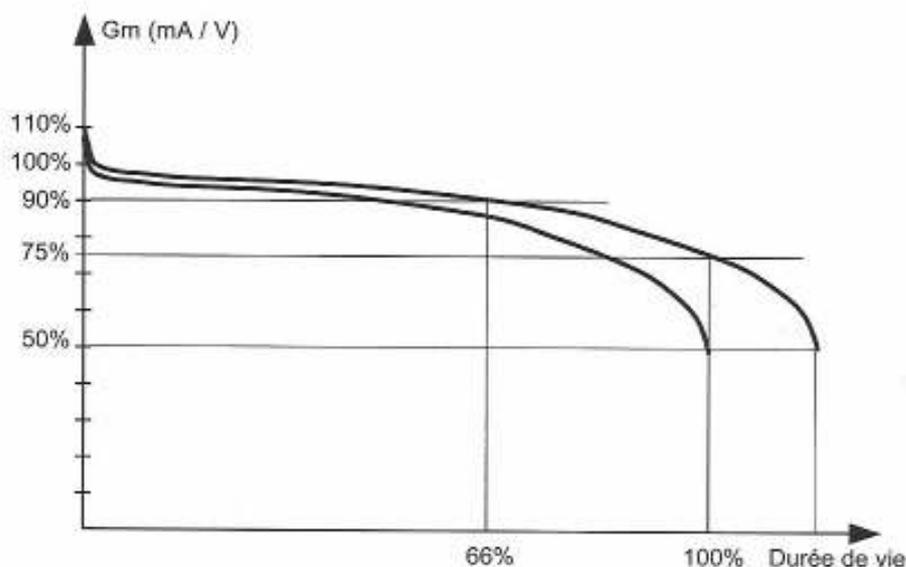
C'est ainsi que de nombreux tubes 5751 sont vendus comme NOS, mesurés à 2 mA en toute bonne foi, et déclarés *ECC83 équivalents* !

Ce sont en réalité des **substituts** à la ECC83 et non des équivalents : ils peuvent la remplacer, mais n'ont pas exactement les mêmes caractéristiques électriques. Là où une ECC83 débite 2 mA, le 5751 doit débiter 3 mA, soit 50 % de plus !

Un 5751 qui débite 2 mA est donc... presque complètement usé ! Il lui reste peut-être encore 30 % de sa durée de vie seulement, voir **figure 7**. Il donnera un son très peu dynamique, plutôt rond et faussement ample. Certains apprécient, mais ce n'est pas une sonorité réaliste ni équilibrée.

Il faut donc se méfier des mesures annoncées si elles ne sont pas accompagnées de détails indiquant les conditions de mesure : matériel utilisé, valeurs nominales et tolérances données par la fiche technique du tube – et non par celle du lampemètre ! – valeur mesurée sur chaque section du tube.

En l'absence de ces détails, on peut conclure que le vendeur est peu compétent ou qu'il masque la mauvaise qualité de ses tubes.



**Figure 7.** Les capacités d'émission de la cathode, et par conséquent la pente (transconductance) d'un tube, diminuent lentement tout au long de sa durée de vie. À sa sortie d'usine, l'émission est très forte mais un rodage (*burn-in*) se produit rapidement au cours des premières dizaines d'heures. Après ce rodage, le tube aura les caractéristiques prévues, mais avec une tolérance plus ou moins importante. L'idée selon laquelle un tube mesuré à 50 % de la valeur nominale possède encore 50 % de sa durée de vie est complètement fautive. La fin de vie se situe en pratique lorsque l'émission cathodique chute en dessous de 70 % à 75 % de sa valeur initiale, selon les modèles. Mesuré à 50 %, un tube est donc mort ! Une mesure à 90 % ne dit pas grand-chose : tube neuf en bas de la tolérance ? Tube ayant vieilli dans sa boîte ? Tube usé à 66 % de sa durée ?

## QUELLES TOLÉRANCES ?

Les lampemètres étaient les outils de travail des techniciens radiotélévision jusque dans les années 70. Leur principal emploi était le test de tubes en service, afin de procéder au diagnostic des pannes, puis à l'échange du ou des tubes défectueux. Par conséquent ils ne servaient pratiquement jamais à mesurer des tubes neufs !

Les notices des lampemètres donnent seulement des valeurs de mesure minimales acceptables. Elles correspondent aux seuils de décision pour le changement du tube : lorsque cette valeur est atteinte **la durée de vie du tube est terminée**.

*Il ne s'agit en aucun cas de la tolérance de fabrication affectée à un tube neuf !*

Par exemple un tube 5687 Tungsol, proche de la double-triode E182CC, présente à l'état neuf une transconductance de 11500  $\mu\text{mhos}$ , avec une tolérance de 10000 à 12000  $\mu\text{mhos}$  mesurée selon la fiche technique, avec 120 V à la plaque et une polarisation de -2 V entre grille et cathode.

La fin de vie est atteinte lorsque cette transconductance chute en dessous de 6000  $\mu\text{mhos}$  et c'est la valeur de seuil indiquée sur la notice d'un lampemètre. Des amateurs non-qualifiés utilisent cette limite comme tolérance inférieure pour trier leurs tubes, et vendent avec la mention *test as new* des tubes 5687 mesurant plus de 6000...

Ils sont de mon point de vue *test as dead* !

J'ai même vu sur un site de vente aux enchères, des tubes 6900 Bendix – version militaire à très haute fiabilité du 5687 – vendus comme NOS et présentés avec 60 % de leur durée de vie restante, pour une mesure de 7200  $\mu\text{mhos}$  !

Pour ce tube la valeur nominale est de 11500 et un tube neuf donne presque toujours entre 12000 et 15000. La fiche technique très complète indique

une fin de vie lorsque le seuil de 8000  $\mu\text{mhos}$  est atteint. À 7200 ce tube est donc déjà mort et ne donne plus du tout le fonctionnement prévu, même s'il n'est pas en panne.

*En aucun cas la valeur de seuil indiquée par le lampemètre ne permet de déclarer un tube neuf ou non : elle indique si le tube est mort ou non !*

D'une manière générale, tout tube mesurant 15 % en dessous de la valeur nominale du tube neuf ne devrait pas être déclaré NOS. Il peut être vendu à bas prix, et ne peut servir qu'à des essais sur prototype : en cas de surchauffe ou de destruction, pas de regret ! et si par chance il dure plus longtemps, personne ne s'en plaindra.

Les revendeurs les plus sérieux fournissent un certificat avec les tubes testés, et une garantie de reprise en cas de non-satisfaction. Par exemple Europatubes, site [www.europatubes.com](http://www.europatubes.com) animé par M. Mionnet, qui fournit les plus beaux tubes NOS qu'on puisse trouver en France (et même en Europe) : seuls les tubes *mesurés comme neufs*, à plus de 100 %, sont appelés NOS, et sur demande les tubes audio livrés par Europatubes sont accompagnés d'un relevé des débits de courant en quatre points, tracés sur la caractéristique officielle issue de la fiche technique du tube. Un petit tour dans sa boutique *Ecotech* vous donnera une idée de la qualité et des prix pratiqués. L'amateur saura exactement comment son tube fonctionne, et lorsqu'il sera mis en place dans le circuit il débitera exactement le courant prévu, et aura le gain calculé. Chez Europatubes, tout tube qui donne 90 % aux mesures est déclaré simplement *très bon* sans être vendu au prix d'un NOS, même s'il est effectivement neuf.

Note: en 2007 le nom de cette boutique est devenu Europatubes-Electronics.

## ANCIENS MAIS PAS ENCORE VIEUX ?

Il est assez étonnant de trouver des tubes anciens datant de 1940 et même avant, et qui présentent des résultats de tests exceptionnellement bons. Et parfois l'inverse se produit, un tube neuf en boîte scellée assez récent, construit après 1980, montre une usure apparente non négligeable alors qu'il n'a jamais été utilisé. En effet, un tube vieillit, plus ou moins vite selon le soin apporté à sa réalisation, mais sa durée de vie est limitée, qu'il soit utilisé ou non.

Plusieurs phénomènes entrent en jeu : les trois plus importants sont une dégradation progressive du

vide interne, une détérioration du revêtement émissif de la cathode, et une destruction du revêtement isolant du filament. On note également une oxydation progressive du métal de la cathode en dessous de la couche émissive, ce qui forme une *barrière de cathode* appelée cathode-interface, et qui agit comme une résistance (non-linéaire) au passage du courant, diminuant le débit du tube. Enfin, une surchauffe peut vieillir et même détruire prématurément un tube.

### DÉGRADATION PROGRESSIVE DU VIDE

On pense évidemment à une étanchéité imparfaite des broches de connexions avec l'embase, mais ce n'est pas la principale source de gaz venant emplir le vide du bulbe. Des gaz dissous dans les matériaux (micas et verre en particulier) s'échappent petit à petit sous l'effet du vide poussé, et les métaux rejettent ainsi les quelques impuretés que les traitements thermiques et chimiques même les plus poussés (bombardement par faisceau d'électrons) n'ont pas pu éliminer. L'acier, alliage de fer et de carbone, est inutilisable sans revêtement dans un tube pour cette raison. Le carbone finit par diffuser hors de l'alliage et la cohésion des grains du métal n'est plus assurée : c'est la corrosion par le vide, à laquelle seuls des aciers à très bas taux de carbone résistent.

Ce phénomène de dégazage est particulièrement sensible sur les tubes qui sont restés longtemps stockés, car la cathode se pollue petit à petit, par réaction chimique entre les molécules de gaz et la couche émissive. Au démarrage, la cathode va se nettoyer, parfois incomplètement, sous l'effet de la température, en libérant de nombreux composés gazeux. Cela se produit également sur des tubes rigoureusement neufs, car la pureté de la couche émissive ainsi que sa cuisson ne sont jamais parfaites. Un tube rôdé, ou ayant subi un *burn-in* ne présente plus ce problème, cependant le fonctionnement normal de la cathode produit une réduction lente, par le courant électrique, des oxydes qui la revêtent. Cette réaction libère de l'oxygène dans

le bulbe et de plus elle diminue progressivement le pouvoir émissif de la cathode.

Cette perte de vide se traduit par la présence d'atomes de gaz (oxygène, hydrogène, dioxyde de carbone, azote) à l'intérieur du tube, qui seront ionisés par le champ électrique (choc des électrons rapides sur les atomes de gaz résiduels) et attirés par l'électrode la plus négative : la grille.

Un courant de grille de quelques centaines de nA à plusieurs  $\mu\text{A}$  se produira et indiquera alors un tube *plein de gaz*. La mesure de ce courant de grille est aisée à l'aide d'un millivoltmètre, aux bornes d'une résistance de forte valeur insérée entre grille et masse. Ce courant ionique produira sur la grille une tension **positive**, que l'on peut mesurer sur un tube froid, au démarrage, avant que l'échauffement ne produise un courant grille négatif (amenant sur la grille une tension négative). Le point de fonctionnement du tube en sera perturbé.

Ce courant de grille devrait disparaître dès que le tube a atteint sa température normale de fonctionnement, ou après rodage de quelques heures pour un tube neuf.

Remarque : un courant de grille peut apparaître de manière normale sur certains tubes, soit parce que la grille devient émissive par son chauffage (proximité de la cathode), soit parce que la grille capte une partie du courant anodique, lorsqu'elle est peu négative (à partir de  $V_{gk} = -1 \text{ V}$  environ et jusqu'à  $0 \text{ V}$ ). C'est donc à froid et avec une polari-

sation assez forte (au moins  $-2\text{ V}$  pour les tubes noval) qu'on peut contrôler le vide par mesure du courant grille, qui devrait être très légèrement positif au début, puis décroître et s'annuler, parfois même s'inverser lorsque le tube est chaud.

La variation du courant de grille lorsqu'on fait varier la polarisation est facile à observer lors de cette mesure. En partant d'une polarisation négative assez forte (tube bloqué) et en remontant vers 0, on doit voir le courant grille positif varier très lentement, puis se stabiliser et enfin s'inverser lorsque la polarisation approche de zéro.

Une variation rapide du courant grille pendant ce contrôle indique des phénomènes incontrôlés dans le tube, émission parasite de la grille ou bien présence de gaz.

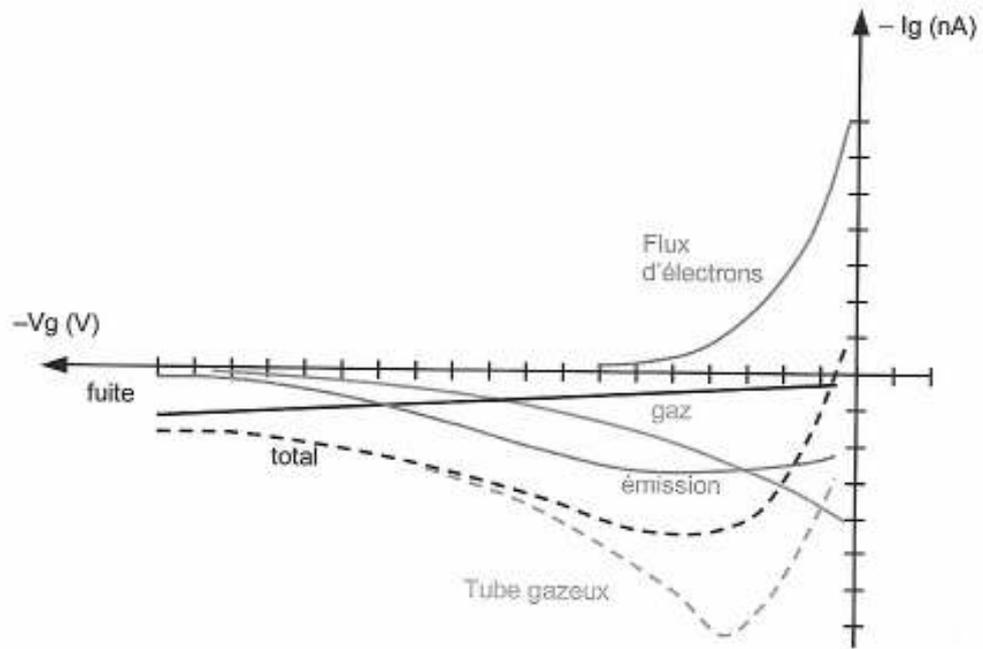
Le rôle du getter est de maintenir un vide parfait dans le bulbe, en absorbant les molécules ou les ions de gaz résiduels. Des oxydes sont formés avec ces gaz, qui se combinent à des métaux fortement réactifs, déposés par vaporisation sur la paroi interne du bulbe. L'opération de vaporisation s'appelle *getter-flashing* et consiste à chauffer par induction haute-fréquence le contenu du *getter-ring*, anneau ou coupelle garnis d'alliages de baryum (choisi car il ne risque pas de polluer la cathode, elle aussi revêtue de ce métal).

À propos des getters, on peut noter :

- Certains tubes ont un *cold-getter* qui n'est efficace que pendant son flashage et plus jamais ensuite. Ce sont les getters à base de magnésium et aluminium-magnésium, utilisés dans les lampes à décharge et les redresseurs à vapeur de mercure. **Pour ceux-ci le vide ne se régénère pas, même en les chauffant.**

- Les métaux titane, tantale, colombium, zirconium, thorium et césium utilisés soit dans certains getters, soit en revêtement de fils ou de tôles, ne sont efficaces qu'à chaud, entre  $400$  et  $1200\text{ °C}$ . Ceux-là nécessitent que le tube soit chauffé. Ils sont utilisés en revêtement des plaques (titane ou dioxyde de titane, gris très clair), des grilles ou des filaments dans le cas de chauffage direct, et contribuent à l'amélioration du vide quand le tube fonctionne, en absorbant les gaz rares et les ions lourds.

- Les autres getters, utilisés en flash, en alliage **baryum-magnésium-aluminium** sont efficaces entre  $20$  et  $200\text{ °C}$  et ont été mis au point au début des années 50, justement pour fonctionner aussi à froid quand le tube est stocké. Si le tube perd de ses performances ce n'est donc pas uniquement à cause du manque d'efficacité à froid du getter.



**Figure 7-bis.** Le courant de grille résulte de quatre effets cumulés :

- Courant de fuite : tracé en noir, dû aux imperfections d'isolement des micas entre supports de grille et cathode. Ce courant est proportionnel à la tension de polarisation de grille  $-V_g$ .
- Courant d'émission : tracé en bleu. La grille chauffée devient émissive. Quand la polarisation augmente, le courant plaque augmente et avec lui l'échauffement du tube, donc de la grille.
- Flux d'électrons : capté par la grille il est constitué d'électrons émis par la cathode, et dont la vitesse initiale est suffisante pour atteindre la grille. Ce courant est d'autant plus fort que le flux d'électrons

(courant plaque) est élevé, donc la tension grille peu négative. Tracé en vert.

- Courant ionique : tracé en rouge, il révèle la présence de gaz qui se ionisent sous l'effet du courant plaque, par collision avec des électrons rapides.

Le courant total, tracé en pointillés, montre une variation lente qui s'inverse lorsque la polarisation grille approche de zéro. Il change de signe pour une polarisation presque nulle. Lorsqu'un tube contient du gaz, la variation du courant de grille suit une courbe montrant un creux accentué, tracé en pointillés rouges.

La détection de ce courant est aisée, par mesure de la tension aux bornes d'une résistance de fuite de grille de forte valeur, 100 k $\Omega$  minimum.

## USURE DU REVÊTEMENT ÉMISSIF DE LA CATHODE

Ce n'est pas seulement par réaction chimique avec les gaz résiduels que la cathode va se polluer et vieillir. En plus de sa dégradation très lente – et hélas irréversible – par le passage du courant, la couche émissive très fragile et friable va se détériorer très rapidement lorsque le courant maximum de cathode sera atteint. En usage normal, le courant débité devrait être fourni par la charge d'espace, nuage d'électrons entourant la cathode et en équilibre entre l'émission (vers l'extérieur) et l'attraction (vers l'intérieur) de la cathode. Lorsque le tube est froid, avant que cette charge d'espace ne soit formée, une haute tension appliquée à l'anode va extraire des électrons directement de la couche émissive, et la corroder rapidement en creusant des cratères.

La photo figure 1 montre le résultat sur un tube GE-6550A après 200 heures de fonctionnement seulement (moins de 100 démarrages) sur un ampli. La haute tension redressée par diodes s'établit immédiatement à 550 V alors que le filament demande 30 secondes pour porter la cathode à

800 °C environ, température de fonctionnement. À chaque allumage de l'appareil, la cathode vieillit autant qu'en plusieurs dizaine d'heures !

La mise en place d'un redressement par valve à chauffage indirect (5AR4 / GZ34) produit une montée lente de la haute tension, et préserve ainsi les tubes de puissance, en reportant cependant le problème sur la valve...

Une temporisation à la mise sous tension est la seule solution valable : l'allumage de l'appareil provoque l'alimentation des filaments, et après chauffage de 1 à 2 minutes, la haute tension apparaît, sur des tubes préchauffés qui n'attendent plus que ça. À l'extinction de l'appareil, il est nécessaire de couper d'abord la haute tension, à l'aide d'un interrupteur dédié, puis de couper l'appareil après quelques minutes pour laisser aux condensateurs de filtrage le temps de se décharger.

Avec ces précautions, le tube GE-6550A montre une durée de vie de 3000 heures minimum.

## DESTRUCTION DU FILAMENT OU DE SON ISOLATION

Sous l'effet de la température et du champ électrique, des atomes de tungstène – surtout s'il y a des traces d'oxydation – migrent à travers la couche d'alumine isolant le filament, et forment un canal conducteur traversant l'isolant. Dans certains cas après de longues heures de fonctionnement, une fuite de courant s'établit entre le filament et la cathode, ce qui peut entraîner un arc aux effets destructeurs (coupure du filament). Souvent un gonflement se produit par passage du courant alternatif de chauffage vers la cathode.

Les filaments torsadés, ayant moins de contacts avec l'intérieur de la cathode, sont moins sujets à ce défaut que les filaments droits pliés en U inversés. Une astuce de fabrication consiste à surchauffer le filament pendant le pré-vieillessement (burn-in). Un peu du revêtement d'alumine est alors vaporisé à l'intérieur de la cathode et forme une chemise isolante. La polarisation du filament entre 20 et 50 V au-dessus de la tension de catho-

de, limite et retarde sérieusement le risque de fuite filament / cathode.

Les connexions du filament posent également un problème de fiabilité : le soudage avec un fil de nickel rend localement le tungstène très fragile et cassant. Sur les tubes les plus fiables, le filament n'est donc pas relié directement aux connexions de l'embase : une chemise en nickel sertie (sans soudure) aux extrémités du filament, ou bien un ruban en molybdène assure la liaison entre filament et connexion de sortie.

Enfin une température de filament trop élevée entraîne une recristallisation du tungstène, avec formation de gros grains aux jonctions fragiles. Une rupture se produit lors de la dilatation, à l'allumage : on observe alors une fusion d'une extrémité du filament, avec formation d'une gouttelette.

Il va sans dire que ces défauts sont irrémédiables.

## FORMATION D'UNE BARRIÈRE DE CATHODE

Certains tubes forment une *barrière de cathode*, couche oxydée en dessous de la couche émissive, et qui se comporte comme une résistance (non linéaire) au passage du courant dans la cathode. Cela se produit surtout pendant les périodes de *cut-off* à débit nul sur les tubes anciens non prévus pour ce travail en commutation. Les tubes étudiés pour l'informatique, les automatismes, les commandes numériques, tous ces circuits travaillant en tout-ou-rien, sont exempts de ce phénomène : E182CC, 5687.

Il n'est donc pas recommandé de laisser un appareil à tubes en *stand-by* pendant plusieurs heures. Quelques minutes d'arrêt ne posent par contre aucun problème et sont même une sage précaution (voir ci-dessus).

Ce phénomène de barrière de cathode se traduit aux mesures par une résistance interne plus élevée que prévue, surtout aux forts courants. Les cour-

bes  $I_a / U_a$  sont donc aplatis et les débits de courant plus bas que prévus, alors qu'une mesure de transconductance (pente  $G_m$ ) donne souvent des valeurs plutôt faibles.

Une réactivation est souvent possible, en appliquant la procédure utilisée pour le burn-in : chauffage filament à 120 / 150 % du courant nominal (selon le modèle de tube), puis débit et dissipation maximale pendant un quart d'heure. Si l'atteinte n'est pas trop grave, cette procédure peut redonner *vie* à un tube faible, et lui permettre de repartir pour quelques centaines d'heures, parfois plus. Cette pratique peut également réactiver un tube dont la cathode a perdu en partie son pouvoir émissif : en surchauffant légèrement, les éléments d'alliage présents dans le nickel de la cathode vont alors migrer vers la couche émissive, où ils agiront comme catalyseurs, libérant du baryum et rendant ainsi à la cathode son pouvoir émissif.

## SURCHAUFFE

Il paraît évident qu'une tension de chauffage trop élevée va entraîner une température de filament et de cathode trop haute, et par conséquent diminuer la durée de vie. Lorsque les alimentations filaments sont régulées, le changement d'un ou plusieurs tubes pour des versions consommant moins de courant filament est sans conséquence. Par contre sur un appareil où la tension filament n'est pas stabilisée, elle risque de varier lors d'un changement de tube. Il faut alors prévoir le changement – ou l'ajout – de la résistance en série afin d'obtenir aux bornes du filament la tension correcte à  $\pm 5\%$ .

Le sous-chauffage n'est pas bon non plus, car si le filament et la couche émissive sont un peu économisés dans ce cas, par contre le nettoyage de la cathode n'a plus lieu et le getter est moins actif à basse température. Il y a donc un risque que les gaz ne soient plus absorbés et que la cathode se polue. Sur un tube neuf le sous-chauffage ne produit aucune diminution de performances, ce qui consti-

tue un excellent test pour déterminer la durée de vie restante d'un tube.

Cependant d'autres problèmes thermiques peuvent apparaître : c'est surtout le courant plaque qui chauffe cette dernière, et il n'est pas rare de la voir rougir sur certains tubes de forte puissance. Elle peut le supporter plusieurs minutes sans conséquences, mais il n'en va pas de même pour la grille-écran des pentodes, grille dont la dissipation est très faible. Un tube 6L6GC par exemple peut dissiper 30 W sur sa plaque mais seulement 5 W sur son écran. Si cette grille-écran est reliée directement à une haute tension, sa dissipation lors des crêtes de modulation dépassera largement les 5 W, et le tube finira par se fatiguer.

La grille-écran surchauffée ne va pas fondre et se couper d'un seul coup, loin s'en faut. Elle va se détendre, perdre sa rigidité et ses spires vont se déformer sous l'effet de la gravité. Elles prendront une forme légèrement *pendante* et ne seront donc plus rigoureusement alignées avec les spires de la grille

de commande. Cette géométrie dégradée du tube se traduira par un courant d'écran plus élevé que prévu : les spires de la grille-écran, non masquées par les spires de la grille de commande, vont intercepter directement une partie du flux d'électrons !

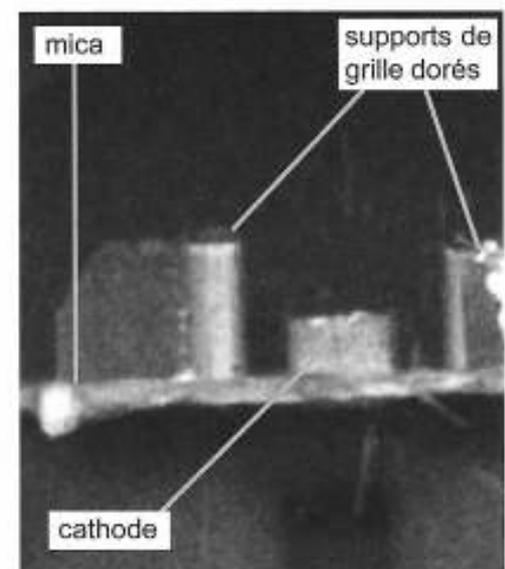
La grille-écran va donc s'échauffer de plus en plus, jusqu'à sa destruction. D'ici-là le taux d'harmoniques trois aura augmenté terriblement, ce qu'un guitariste saura apprécier mais pas un audiophile !

C'est pourquoi cette grille-écran doit être reliée à la haute tension à travers une résistance, dont le rôle sera de limiter le courant d'écran. Une valeur de 470  $\Omega$  à 1 k $\Omega$  convient en général. Comme cette résistance va dissiper elle aussi une puissance non négligeable, elle sera choisie largement dimensionnée, un modèle céramique ou bobiné vitrifié de 5 W convenant parfaitement.

Pour les tubes préamplificateurs, au format noval en général, l'échauffement est souvent négligé car

le concepteur ne s'inquiète pas beaucoup avec des courants de moins de 10 mA. Pourtant avec une tension plaque de 150 V, valeur habituelle, la dissipation plaque atteint déjà 1,5 W avec ce courant !

Les petites plaques des tubes de la série ECC n'y résistent pas longtemps. Pour ceux-ci, il convient de se limiter à une puissance dissipée de la moitié du maximum autorisé par la fiche technique, si on souhaite les conserver quelques années. En effet, ces tubes ont pour la plupart des espacements grille-cathode et grille-plaque très faibles, et une dissipation élevée entraînerait un échauffement excessif de la grille de commande et de ses supports. Les déformations qui s'en suivraient perturberaient la géométrie du tube et ses caractéristiques électriques. Sur les tubes à grille-cadre, dont le fil est en tungstène, le risque existe que la grille en s'échauffant devienne elle-même émissive, c'est pourquoi certaines séries dites de sécurité ont une



**Figure 7-ter.** Pour les Czech-Post, ainsi que pour les applications militaires, Tesla a fabriqué des séries spéciales de tubes ECC, dont les versions E88CC ci-dessus à gauche. Elles portent l'emblème des sabres croisés et présentent des particularités de fabrication très intéressantes : la photo de détail à droite montre les deux supports de grille dépassant du mica supérieur, de chaque côté de la cathode. Ils sont dorés, comme toute la grille d'ailleurs, afin de

la rendre non-émissive. L'or, qui n'est pas lui-même émissif, dissout les éventuels dépôts évaporés de la cathode pendant la fabrication ou le fonctionnement à température élevée. Ces tubes ne montrent aucun courant de grille, et leur getter-flash très sombre indique que le getter a été flashé lentement et sous vide très poussé. La fiabilité et la durée de vie sont exceptionnelles, et les qualités musicales excellentes, liées à l'absence de microphonie.

grille entièrement plaquée or (Tesla E88CC version Czech-Post 1960). **Figure 7-ter ci-contre.**

Lorsqu'on consulte les fiches techniques des tubes de la série ECC, et qu'on observe la taille de leurs plaques, il peut paraître étrange qu'un tube ECC81 puisse dissiper 2,5 W avec ses petites plaques de 12 mm de haut, alors qu'un ECC82 dissipe à peine plus, 2,75 W avec ses plaques de 17 mm, et qu'un ECC83 se limite à 1,2 W avec les mêmes plaques de 17 ou 15 mm !

C'est que la plaque n'est pas seule en jeu, et les échauffements de la grille et des supports ont été pris en compte. Dépasser 1,2 W avec une ECC83 est possible sans que la plaque rougisse, loin s'en faut, mais la grille très fine et très proche de la cathode sera déformée, et le courant grille perturbera le fonctionnement.

Le risque est encore plus grand avec les tubes à grille-cadre de la famille ECC88, pour lesquels une dissipation maximale de 0,8 W par plaque est une limite pratique, alors que la fiche indique 1,8 W pour la plaque.

À propos de l'échauffement des tubes, quelques rappels de physique me semblent opportuns. La conduction thermique du verre n'a aucune importance dans le fonctionnement du tube ! La chaleur est dissipée uniquement par **rayonnement** infra rouge – ou rouge sombre pour les plaques en graphite d'un tube 845 – depuis la plaque, idéalement noire, vers les surfaces situées à l'extérieur du tube, son environnement.

Le verre est traversé par ces infrarouges sans trop de problèmes. Comme il n'est pas parfaitement transparent pour ces grandes longueurs d'onde, il dissipe un peu d'énergie et s'échauffe. D'autre part il n'est pas du tout transparent d'abord au niveau du getter-flash, mais aussi à la base.

Cet échauffement du verre est évacué par convection : courant d'air chaud ascendant autour du tube, sur sa face extérieure seulement, car il n'y a pas d'air à l'intérieur !

L'échauffement du verre a de faibles conséquences sur la température interne des éléments du tube : le verre rayonne une partie de l'énergie qu'il a absorbée, autant vers l'extérieur que vers l'intérieur. Par contre, il n'y a pas de conduction de la chaleur

du verre vers la plaque, car les micas sont presque parfaitement isolants, et les points de contact mica-verre très limités. La seule petite zone de conduction est au niveau de l'embase, où la chaleur du verre est transmise aux broches, qui la conduisent vers les électrodes mais aussi vers le support. Quant à la convection, elle est absente à l'intérieur du tube, car il est... vide !

Donc la structure interne d'un tube n'est pas très sensible à la température **ambiante**, celle de l'air entourant le bulbe, ni à celle du bulbe lui-même. Les composants situés à proximité des tubes sont souvent dégradés par échauffement bien avant le tube : son support en bakélite, qui finit par charbonner ; les condensateurs, chimiques en particulier, qui vieillissent très vite à chaud au-dessus de 55 °C ; les circuits imprimés, dont les pistes brunissent et se décollent.

C'est le bulbe en lui-même qui ne devrait pas être surchauffé, car le risque d'électrolyse existe au niveau de l'embase, entre les broches. Ce risque augmente très vite avec la tension et la température du verre. Une température de 150 à 200 °C semble être une limite acceptable. Le flash du getter craint lui aussi les surchauffes, qui provoquent l'évaporation d'une partie des métaux déposés, qui vont alors se condenser sur une partie plus froide, mica ou embase, et au passage les gaz que le getter avait absorbés sont relâchés dans le tube : c'est le début de gros ennuis !

Un getter surchauffé se reconnaît à son aspect brun pâle estompé, voir **figure 9** plus loin.

Si le tube est entouré de matériaux **réfléchissants**, comme les tubes de protection en aluminium, les infrarouges qu'il rayonne lui seront renvoyés et là il va s'échauffer plus que la normale.

L'idée de l'entourer de quelque chose de **noir** est donc excellente, mais ce quelque chose doit évacuer la chaleur qu'il capte. Une cheminée de **convection** est idéale, tel ce tube-cooler mis au point pour l'US-Army, **figure 8** ci-dessous.

Remarque : du point de vue mécanique, le tube-cooler métallique constitue une masse non rigide et non amortie ! Il résonne (comme tout tube) et peut parfois transmettre ses vibrations au tube. Il faut donc l'amortir, avec par exemple des anneaux

synthétiques extérieurs, ou un bout de gaine thermorétractable (noire, évidemment !).

Il sera donc préférable de monter les tubes sur le dessus du châssis, à l'air libre. Des trous aménagés autour de l'embase assureront un passage d'air. Si les tubes de préamplificateurs sont montés à l'intérieur d'un châssis, prévoir des aérations suffisantes et des parois internes noires. Idéalement le couvercle supérieur du châssis sera en tôle noire perforée avec 75 % de surface de trous (et on évitera de poser un autre appareil dessus...)

**Figure 8.** Radiateur pour tube appelé *tube-cooler* améliorant le refroidissement. Par sa masse, il peut également contribuer à isoler le tube des vibrations, (ou à les transmettre !) et constitue un blindage électromagnétique. Le refroidissement d'un tube est utile seulement s'il n'est pas installé à l'air libre, ou si la dissipation plaque dépasse 50 % du maximum autorisé.



## POUR RÉSUMER

Les moyens de détecter un tube en mauvais état sont nombreux. L'apparence du getter-flash permet un diagnostic immédiat : en cas de flash pâle, transparent, décoloré, bruni ou présentant un arc-en-ciel au bord, le tube a chauffé de longues heures et n'est pas NOS. Si le flash est absent, ou a diminué de taille (comparaison avec un autre tube de même origine) la conclusion est la même. La **figure 9** montre différents états d'usure des getter-flash sur un tube GE-6550A.

Les tubes neufs ont un flash très brillant, opaque, avec des bords indistincts, et masquant en partie la structure supérieure du tube.

Une mesure du courant grille à froid, et de son évolution pendant la montée en température, renseigne sur la présence de gaz. Les lampemètres les plus évolués autorisent la mesure du courant grille, comme le Metrix U61 équipé d'un milli-ampèremètre, et effectuent un test de durée de vie en sous-chauffant le filament.

Cependant le seul vrai contrôle, qui permettra de dire si oui ou non le tube fonctionne normalement, c'est l'essai en situation. Mis en place dans l'ampli

ou le préampli concerné, le tube doit permettre de mesurer les tensions et courants prévus par le montage et généralement indiqués sur le schéma.

Même en l'absence de ce dernier, une mesure des tensions sur l'anode et la cathode, ainsi qu'aux bornes de la résistance d'anode, permettent de vérifier très rapidement le point de fonctionnement, qui doit rester stable même après plusieurs heures :

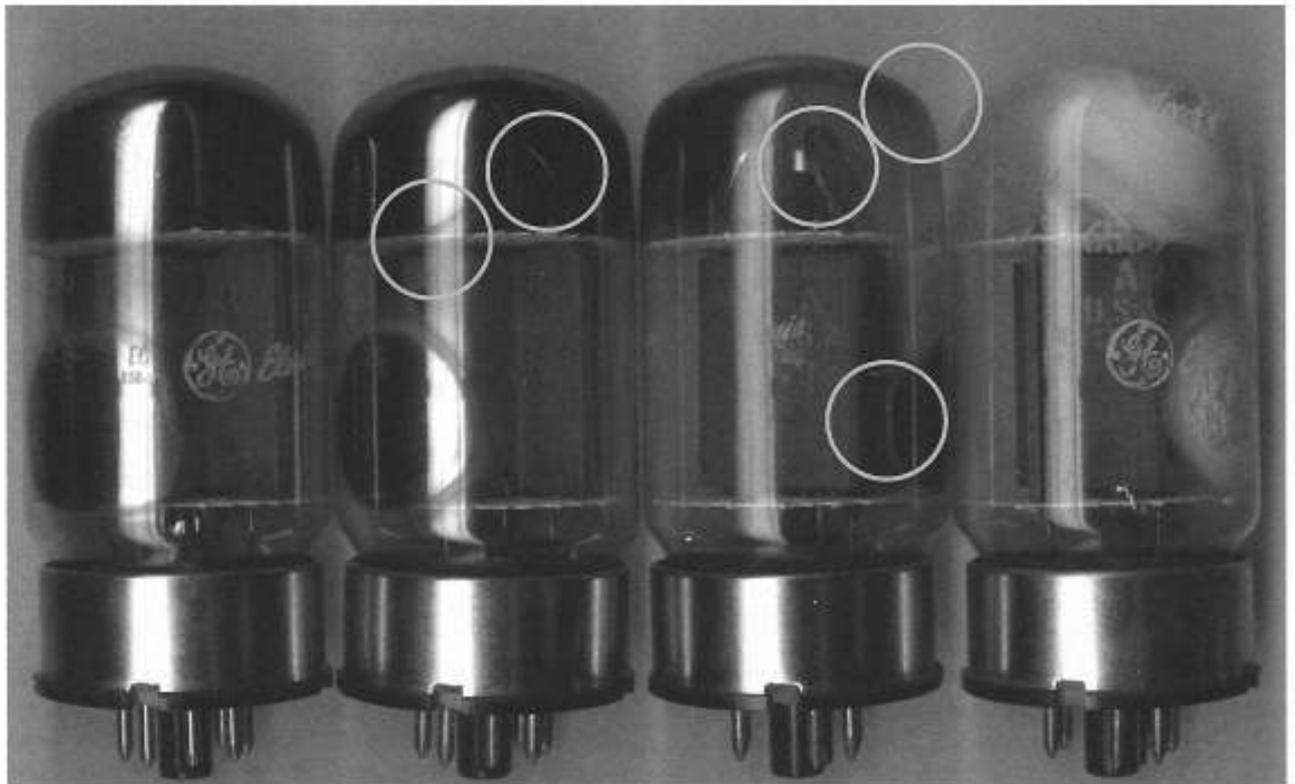
- La tension sur la cathode (aux bornes de la résistance de cathode, celle dont le pied est à la masse) correspond à la polarisation  $V_{gk}$  appelée parfois *bias*. En toute rigueur il faudrait mesurer entre grille et cathode, mais la tension sur la grille est très faible (sauf sur les tubes usés...).
- La haute tension alimentant l'étage est  $V_b$ .
- La tension sur l'anode est la tension *plaque*  $V_a$ .
- La différence de tension ( $V_b - V_a$ ) aux bornes de la résistance d'anode  $R_a$  permet de calculer le courant plaque  $I_a = (V_b - V_a) / R_a$ . On peut aussi le calculer en mesurant la différence de tension aux bornes de la résistance de cathode  $R_k$ .

On a  $I_k = V_k / R_k$  et bien sûr  $I_k = I_a$ , ou  $I_a + I_{g2}$  pour une pentode.

Avec trois mesures de tension très faciles à effectuer, on peut ensuite porter le point sur les caractéristiques  $I_a / U_a$  du tube considéré, voir **figure 10**. On voit tout de suite si le point ainsi tracé est placé sur la courbe correspondant à la polarisation  $V_{gk}$  mesurée. S'il est en dessous, le courant débité

est insuffisant, et le tube n'est probablement pas NOS.

Et s'il est bon, le tube ne sonnera pas forcément très bien : sa sensibilité aux vibrations – microphonie – ainsi que son bruit de fond, parfois crépitant ou chuintant, peuvent ruiner le résultat audible. Mais cela, seul un essai en situation vous le dira !



**Figure 9.** Comment reconnaître au premier coup d'œil un tube neuf d'un tube usé ? En observant le getter-flash. Mais il est préférable d'avoir un tube neuf, si possible du même fabricant, sous la main pour comparer. Avec un peu d'habitude ce n'est plus indispensable.

Le tube de gauche est visiblement neuf : le bord des zones de flash est peu marqué et les deux anneaux de getter en haut sont masqués entièrement. La mesure donne 130 % du débit nominal !

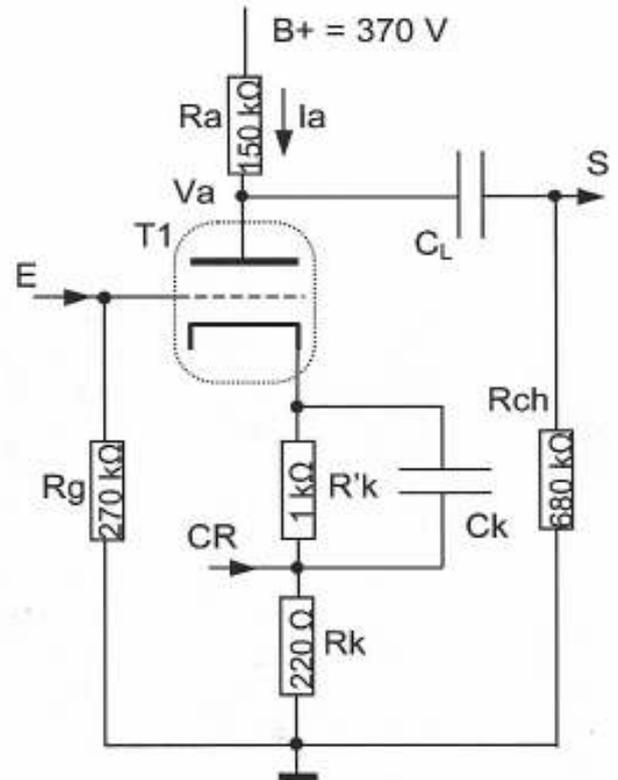
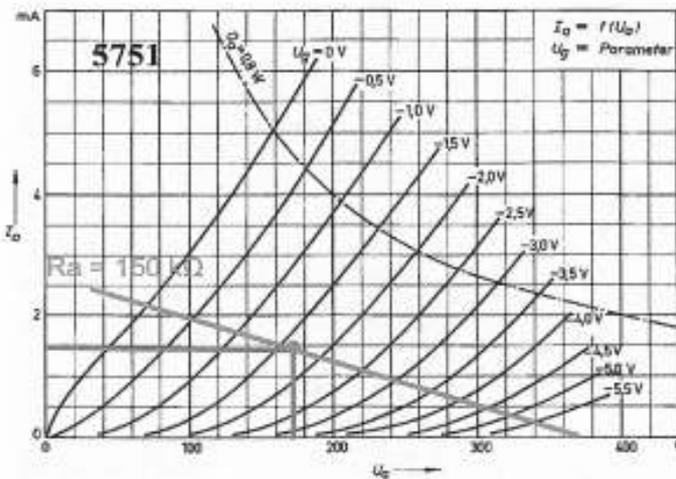
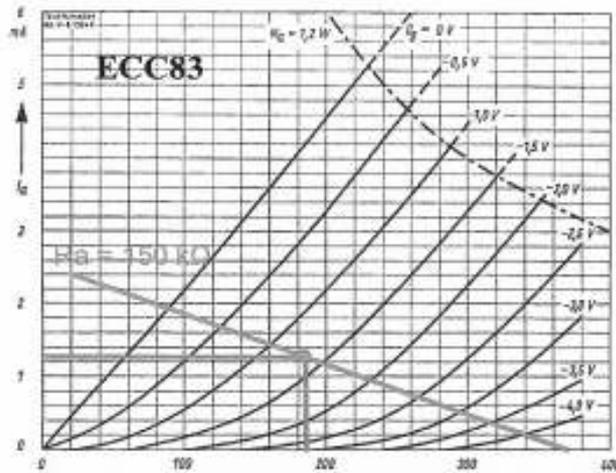
Le deuxième à gauche a déjà quelques mois de service, et un liséré noir bordé de gris commence à apparaître autour des flashes, dont la taille est à peine diminuée, et les anneaux deviennent visibles.

En troisième position, un tube après quelques années de bons et loyaux services : la taille des flashes est nettement plus faible, leur couleur vire au brun et ils sont bordés d'arc-en-ciel. L'un des flashes supérieurs a presque totalement disparu et les anneaux sont bien

visibles. Le tube débite encore normalement mais les gaz échappés lors du fonctionnement ne sont plus complètement absorbés et le vide diminue. Plus que quelques dizaines d'heures avant la fin, qui se manifestera par un courant de grille croissant, et un débit tendant vers zéro. À la mesure au lampemètre, ce tube donne 95 % du débit nominal, alors certains n'hésiteraient pas à le déclarer NOS...

Le tube de droite a pris l'air par une fissure près de la base, et les deux flashes qui restaient sont devenus blancs au contact de l'oxygène. Sur un appareil du type *emission-tester* ce tube donne pourtant un résultat *BON* car son filament est bon (plus pour longtemps car il va s'oxyder à l'air) et sa cathode émet encore des électrons ! Il est inutilisable.

Il semblerait que sur ces tubes GE-6550A les deux getters supérieurs n'aient pas la même composition chimique : en usage normal l'un des deux disparaît systématiquement plus tôt que l'autre.



**Figure 10.** Étage d'entrée de préampli tout à fait classique à tube ECC83. Le point de repos s'établit théoriquement sur le réseau de courbes  $I_a/U_a$  du tube ECC83, d'après le tracé du haut (document Telefunken), avec à peu près  $V_a = 185$  V sur la plaque et un courant de repos de  $I_a = 1,2$  mA environ. Ce courant traversant les résistances de cathode de  $1,220$  kΩ produit une polarisation de  $V_{gk} = -1,4$  V environ. Un tube neuf inséré dans le montage prend ce point de fonctionnement à très peu de chose près, avec en général une tension plaque plus faible (vers  $180$  V) et une polarisation plus forte (vers  $-1,45$  V) à cause d'un débit de courant supérieur aux spécifications annoncées. Avec un tube usé ne débitant plus assez, la tension plaque remonte, et la polarisation diminue. Plus de  $200$  V à la plaque, ou moins de  $1,4$  V de polarisation révèlent un tube âgé...

Attention : avec le tube 5751, les mêmes mesures révéleraient un tube complètement usé ! Il faut en effet utiliser les courbes du bas (document Siemens) qui montrent que le point de repos se situe alors à  $V_a = 170$  V à la plaque, avec  $I_a = 1,4$  mA et une polarisation  $V_{gk} = -1,7$  V.

Des mesures sur des circuits utilisant des résistances de plaque plus faibles feraient apparaître des différences encore plus grandes entre ces deux références, interchangeables mais pas équivalentes : avec la même tension plaque de  $180$  V et une polarisation identique de  $-1,4$  V, le tube 5751 devrait débiter plus de  $2$  mA comme on peut le voir sur les courbes, contre  $1,2$  mA pour la ECC83. Prétendre que ces tubes sont identiques permet de vendre des 5751 presque complètement usées...

## IV. LES TUBES AUDIO

Peu de tubes ont été développés spécifiquement pour l'audio, et une trentaine de références suffisent pour couvrir les besoins de la plupart des amateurs, quels que soient les modèles d'amplificateurs considérés. Une tendance actuelle consiste à établir des schémas autour des tubes combinés pour télévision, genre ECF80, ECL82/6BM8 etc. Ces tubes sans qualité audio particulière sont disponibles à bas prix, ce qui justifie cette pratique, cependant l'appareil ainsi construit n'aura aucune pérennité et ne sera pas modifiable par la suite, alors qu'un appareil construit autour des tubes habituels peut subir des évolutions, et permet d'essayer différentes origines et qualités de tubes. C'est pourquoi les grands constructeurs autant que les audiophiles restent fidèles aux tubes classiques.

Ceux-ci sont récapitulés dans les listes données tableau I à III, qui indiquent les tubes les plus largement utilisés, avec leurs désignations européennes et américaines. Les références à 4 chiffres correspondent à des tubes américains spéciaux, militaires ou industriels. L'amateur devrait connaître au moins deux ou trois tubes communs dans chaque catégorie et posséder les fiches techniques correspondantes.

Pour connaître toutes les caractéristiques électriques, les équivalents et substitutions possibles, et télécharger les fiches techniques, le site *Tube Data Sheet Locator* <http://tdsl.duncanamps.com> vous dirigera vers les pages Internet où ces données sont disponibles, souvent au format pdf. Tout tubiste même débutant ne peut ignorer ce site.



## TABLEAU I : TUBES AMPLIFICATEURS DE TENSION

BROCHAGE NOVAL	
ECC83 / 12AX7A (E83CC, ECC803, 6057, 6681, 7025, Z729, B339, CV4004 etc.)	Tube d'entrée double-triode à grand gain, $\mu = 100$ . Universellement adopté en entrée de préampli.
5751	Tube militaire américain, substitut (non équivalent) du 12AX7 à gain réduit et faible bruit, $\mu = 70$
ECC81 / 12AT7 (E81CC, ECC801, 6201, CV4024, 6060)	Tube double-triode à pente élevée ( $G_m = 5,5 \text{ mA/V}$ ) et faible résistance interne, utilisé en déphaseur ou driver. Depuis 1958 le tube ECC88 plus linéaire et à plus forte pente a supplanté le ECC81 dans de nombreux préamplis.
ECC82 / 12AU7 (E82CC, ECC802, 5814, 6007, 6189, 6680, CV4003 etc.)	Tube double-triode à gain moyen, $\mu = 20$ , utilisé en déphaseur, driver et étage ligne, avec sortie cathode follower
ECC88 / 6DJ8 (E88CC / 6922, E188CC / 7308, CV4108, CV5358, CV2492-2493, Cca)	Tube double-triode à gain moyen $\mu = 30$ , du type à grille-cadre. Forte pente et faible résistance interne en font un tube idéal, très versatile : Audio-research l'utilise à tous les étages depuis l'entrée pré-préampli jusqu'en sortie ligne, en passant par l'étage RIAA.
E80CC / 6085	Tube double-triode à gain moyen $\mu = 35$ . Étage de sortie préampli, driver, déphaseur.
6CG7-6FQ7	Tube double-triode à gain moyen $\mu = 20$ équivalent en noval à la 6SN7. Utilisé en déphaseur, driver, sortie ligne.
12BH7 (CV5042)	Tube double-triode gain moyen $\mu = 18$ utilisé en driver, par Mac-Intosh.
12AY7 / 6072 (CV2650)	Tube double-triode à gain moyen $\mu = 40$ utilisé en entrée par Audio-Note.
5687 (E182CC / 7119, 6900, 7044)	Tube double-triode à gain moyen $\mu = 17$ développé pour l'informatique. Utilisé en sortie ligne sur transfo et en déphaseur.
EF86 / 6CF8 ( 6267, EF806, E80F / 6084, EF804 brochage différent)	Tube pentode à faible bruit pour étage d'entrée. Branchement possible en pseudo-triode. Utilisé sur Quad II.
6AN8	Tube combiné pentode/triode utilisé sur le célèbre Dynaco MKIII.
7199	Tube combiné pentode/triode utilisé sur le Dynaco stéréo 70.
BROCHAGE OCTAL	
6SL7 (VT229, CV1985, 6113)	Tube double-triode à gain élevé $\mu = 70$ étage d'entrée.
6SN7 (VT231, CV1986, CV1988)	Tube double-triode à gain moyen $\mu = 20$ pour étage d'entrée, déphaseur et driver à basse impédance.
TUBES DONT IL FAUT VOUS MÉFIER	
5751	Ce n'est pas un équivalent de notre ECC83 / 12AX7, les débits de courant sont plus élevés et le gain moins fort. Testée comme une ECC83, elle apparaît neuve avec seulement 60 % de son débit nominal !
ECC189	Bien que certains la listent comme équivalente de la ECC88, elle n'a pas du tout les mêmes caractéristiques : c'est un tube à pente variable, pour circuit de CAG en radio

Beaucoup d'autres tubes peuvent bien sûr être employés pour concevoir un ampli audio, mais ce n'est pas un hasard si ceux des listes ci-jointes se sont bâtis une réputation enviable. Chacun d'eux représente un type proche de l'idéal. Par exemple en étage d'entrée où un gain important est requis, on ne voit pas bien ce qui pourrait faire préférer un autre tube que la sempiternelle ECC83 ou l'une de ses nombreuses variantes. Peut-être pour les plus exigeants une E283CC Philips ou une ECC808 allemande ? Cousines de la ECC83 mais avec des

brochages et des filaments différents, elles ont été produites pour des applications spécifiques et sont devenues introuvables aujourd'hui !

Un autre avantage énorme dans l'utilisation des tubes classiques, est que les comparaisons sont possibles, et les fabricants le savent depuis longtemps : ils sont donc tenus de proposer des tubes qui supportent la confrontation à tous points de vue, ce qui est une assurance de qualité et de fiabilité. Les tubes NOS n'échappent pas à cette règle.

## TABLEAU II : TUBES DE PUISSANCE

<b>BROCHAGE NOVAL</b>	
EL84 / 6BQ5 (E84L / 7320, 7189)	Pentode de puissance $V_a = 300$ V maxi, $P_a = 12$ W maxi. Push-Pull 10 à 15 W. Utilisée sur de petits amplis guitare, plus rarement en Hi-Fi
<b>BROCHAGE OCTAL</b>	
6V6 / EL33	Tétrade de puissance $V_a = 350$ V maxi, $P_a = 14$ W maxi. Push-Pull 10 à 15 W. Utilisée sur de petits amplis guitare, plus rarement en Hi-Fi
EL34 / 6CA7	Pentode de puissance $V_a = 800$ V maxi, $P_a = 25$ W maxi. Push-Pull 20 à 100 W. Le tube de puissance le plus courant, tant en ampli guitare que Hi-Fi
KT66	Tétrade de puissance $V_a = 500$ V maxi, $P_a = 25$ W maxi. Push-Pull 15 à 50 W. très réputé.
6L6GB (5881, 6L6WGB)	Tétrade de puissance $V_a = 400$ V maxi, $P_a = 30$ W maxi. Push-Pull 20 à 60 W. La plus utilisée en ampli guitare.
6L6GC (5932, EL37, STR387, 7581)	Tétrade de puissance $V_a = 500$ V maxi, $P_a = 30$ W maxi. Push-Pull 20 à 60 W. La plus utilisée en ampli guitare.
6550 / KT88	Tétrade de puissance $V_a = 660$ V maxi, $P_a = 42$ W maxi. Push-Pull 30 à 100 W. Le tube préféré pour les amplis Hi-Fi puissants.
<b>BROCHAGE DIVERS</b>	
2A3 / 5930	Embase US 4 broches, petite triode de puissance à chauffage direct. $V_a = 250$ V max. Simple-étage de 3,5 W ou Push-Pull de 10 à 15 W.
300B (4300B)	Embase US 4 broches, triode de puissance à chauffage direct. $V_a = 450$ V maxi, $P_a = 40$ W maxi. Simple-étage jusqu'à 10-12 W ou Push-Pull de 10 à 30 W.
845, 845B	Embase jumbo 4 broches, grosse triode à chauffage direct. $V_a = 1200$ V maxi, $P_a = 100$ W maxi. Simple-étage jusqu'à 25 W ou Push-Pull de 25 à 100 W.

## TABLEAU III : REDRESSEURS

BROCHAGE NOVAL	
EZ80 / 6V4	Valve biplaque chauffage indirect $V_a = 350$ V maxi, $I_a = 90$ mA maxi
EZ81 / 6CA4	Valve biplaque chauffage indirect $V_a = 350$ V maxi, $I_a = 150$ mA maxi
EZ90 / 6X4 (6063)	Embase miniature, valve biplaque chauffage indirect $V_a = 325$ V maxi, $I_a = 70$ mA maxi

Ces petites valves conviennent à l'alimentation de préamplis ou d'amplis de petite puissance jusqu'à 10 W.

BROCHAGE OCTAL	
GZ32 / 5V4	Valve biplaque chauffage indirect $V_a = 300$ V maxi, $I_a = 250$ mA maxi
GZ34 / 5AR4	Valve biplaque chauffage indirect $V_a = 500$ V maxi, $I_a = 200$ mA maxi
5R4	Valve biplaque haute tension chauffage direct $V_a = 900$ V maxi, $I_a = 90$ mA maxi
5U4 / 5931	Valve biplaque chauffage direct $V_a = 450$ V maxi, $I_a = 225$ mA maxi
5Y3	Valve biplaque chauffage direct $V_a = 350$ V maxi, $I_a = 125$ mA maxi
274B	Modèle spécifique à Western-Electric, proche de la 5U4

Ces valves conviennent pour la majorité des amplis en simple push-pull jusqu'à une centaine de watts. Le montage de deux valves en parallèle ou en pont est possible pour des puissances supérieures.

## NOS : APPELLATION CONTRÔLÉE ?

Cette appellation NOS – non contrôlée, hélas – et qui s'oppose à la désignation *tubes récents* – réservée aux tubes fabriqués depuis les années 90 et encore en production actuellement – regroupe les tubes anciens et n'ayant jamais été utilisés, fabriqués jusqu'à la fin des années 70 environ. L'électronique à transistors venait d'envahir depuis une dizaine d'années le marché grand-public (radio, télévision, Hi-Fi) pourtant les tubes étaient encore largement utilisés à cette époque, plus beaucoup dans l'électronique audio et la Haute-Fidélité, mais bien plus par les télécommunications (TV, satellites) les matériels de laboratoires ou de mesure (oscilloscopes), l'électronique médicale, l'aérospatiale et l'avionique, l'informatique naissante et les militaires (radars, transmissions) ainsi que l'audio professionnelle, restée fidèle aux préamplis à tubes pour micro, aux amplis à tubes pour instruments, guitare en particulier. Des stocks importants de pièces de rechange ont été constitués, pour la maintenance de ces appareils, et de temps à autre les militaires ou les sociétés de maintenance se séparent d'une

partie de ces composants, lorsque les matériels correspondant sont réformés.

Aussi étonnant que cela puisse paraître, certains tubes militaires conçus vers 1940 sont restés en service jusque dans les années 90. Bel exemple de pérennité ! C'est le cas de la double triode américaine 6SN7, référence militaire VT231, photo **figure 11**, utilisée dès 1940 dans les premiers radars, puis dans les circuits de télévision civils. D'après les listes (slash sheet) émanant du *Department of Defense Standards, Defense Supply Center, 3990 East Broad Street, Columbus, Ohio 43216-5000, USA* — site : <http://www.dscc.dla.mil> — cette double-triode dans sa version 6SN7-WGTA n'a été réformée que le 26 avril 1996 ! (Des détails concernant les suffixes W, GT et autres sont donnés dans l'encadré page suivante) À partir de cette date, des lots ont été vendus, à des distributeurs spécialisés ou aux collectionneurs, par l'intermédiaire des magasins de surplus. Le même tube en version B est probablement encore en service...

À l'opposé, des tubes fabriqués dans des usines encore en activité, même s'ils ont été stockés pendant 10 ou 20 ans, ne sont pas des tubes NOS. Ils ne font pas partie d'un stock *ancien* mais d'un stock *actuel*, que le fabricant ou le revendeur a conservé en vue de réaliser une plus-value : vendu en NOS chaque tube peut être facturé de 2 à 5 fois plus cher qu'en neuf !

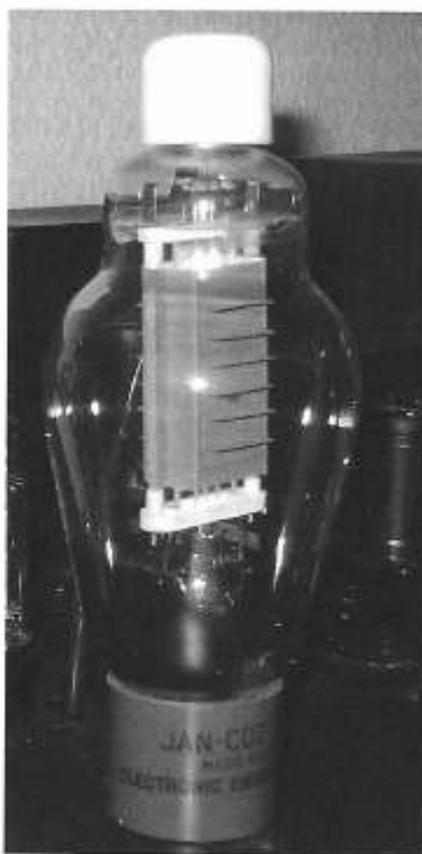
On voit ainsi des fins de stock de tubes chinois, fabriqués entre 1990 et 2000, revendus comme tubes NOS ! Ces tubes sont encore fabriqués

aujourd'hui, sur les mêmes chaînes d'assemblage. Les stocks existant devraient être soldés s'il existe maintenant une version supérieure plus évoluée, ou bien vendus au prix normal s'ils ont les caractéristiques des tubes actuels.

Ce n'est donc pas l'âge en lui-même qui définit un tube NOS, c'est le fait qu'il ne puisse plus être fabriqué à l'identique aujourd'hui, les outillages (gabarits) et matériaux ayant disparus. Il s'agit véritablement d'antiquités au sens noble du terme.



**Figure 11.** Tube double-triode octal 6SN7GT Sylvania de 1944, portant également la désignation militaire VT231. La boîte porte les mentions du contrat passé entre le département des transmissions et la société General-Electric, ainsi que le nom du fabricant Sylvania. Notez le getter-flash situé en bas du bulbe, pratique courante à l'époque, et les plaques noires revêtues de carbone pour améliorer la dissipation et adsorber l'oxygène. Malgré son âge, ses qualités musicales montrent bien que cette technologie est loin d'être obsolète.



**Figure 11-bis.** Quelques amateurs compétents utilisent en audio-fréquence des tubes émetteurs, comme cette Electronic-Enterprise 811A des années 50. Normalement prévus pour utilisation en émission radio (amplification classe C) les tubes de ce type imposent des schémas et des transformateurs spécifiques, réservés aux spécialistes. Font partie de cette catégorie de tubes les DM100, 211, 805, 813, GM70, FU13, 829/3E29, et la célèbre 845. La plupart sont encore en fabrication. Ces tubes NOS de grande qualité mais peu recherchés sont souvent de prix très abordables.

Photo Serge Da Silva

## PRÉFIXES ET SUFFIXES OBSCURS ?

Il n'est pas rare de voir sur certains tubes, en particulier les versions militaires, des appellations à rallonge du style : JAN-CHS 6SN7-WGT / VT231.

On y reconnaît la désignation habituelle du tube 6SN7, mais que signifient les préfixes et suffixes ?

<b>JAN</b>	Joint Army Navy. Les tubes militaires américains étaient construits sous contrats entre l'US Army et l'US Navy d'une part, et un fabricant obligatoirement installé sur le territoire des USA d'autre part. Philips racheta Ampere, situé à Long-Island, puis plus tard Sylvania-ECG à Emporium, justement pour pouvoir s'implanter sur ce marché militaire. C'est pourquoi on trouve des tubes JAN-Philips.
<b>CHS</b>	Contractor Hygrade-Sylvania, c'est le nom de la société ayant passé le contrat. Le fabricant est parfois différent, car le contractant peut sous-traiter. C'est pourquoi la boîte du tube porte la mention manufactured by... RCA par exemple, même si le contrat est passé avec Sylvania. On trouve aussi les acronymes CRC pour les contrats RCA, CTL pour Tungsol, CGE pour General-Electric et bien d'autres plus ou moins évidents à décoder. Le plus étrange étant sans doute ce CBRZ pour Lansdale (ex-Philco) : BRZ pour Brazil ? Philco avait en effet des usines au Brésil...
<b>W</b>	Indique une version renforcée pour usage militaire. C'est souvent le filament qui est renforcé et étudié pour supporter des allumages répétés, des surtensions, des chocs et des vibrations. Parfois le tube est construit avec des supports supplémentaires pour maintenir la structure en cas de chocs. Un troisième mica ou un écran métallique (getter shield, écran de getter) vient encore rigidifier le tout et protéger les électrodes des dépôts condensés lors du chauffage du getter, et qui risqueraient de créer de petits défauts d'isolation.
<b>VT 231</b>	Vacuum Tube 231. Appellation VT utilisée dans les années 40 pour les tubes militaires américains. Les tubes Anglais étaient repérés par un code CV (common valve). Des tableaux d'équivalence permettent de connaître les correspondances entre les codes VT, CV et les désignations habituelles. Les deux codes, civils et militaires, sont notés généralement sur les boîtes d'origine de ces tubes militaires
<b>GT</b>	Glass Tubular, bulbe de forme droite, par opposition aux anciens bulbes ST, dit coke bottle.
<b>A, B, etc</b>	Indiquent des évolutions successives d'une même référence. La 6SN7-GTA est apparue au début des années 50, puis la GTB vers 1955, avec un temps de chauffage garanti à 11 secondes : pour les téléviseurs où les filaments étaient branchés en série, il était indispensable que tous les tubes chauffent à la même vitesse.
<b>Y</b>	Désigne une embase spéciale, en Micanol ou céramique et non en bakélite, afin de résister à l'humidité et à ses conséquences (moisissures).

## LA PÉRIODE NOIRE

À partir des années 80, période noire pour l'industrie du tube électronique, les grands fabricants européens et américains se sont rapidement tournés vers d'autres produits, beaucoup ont fermé leurs usines, et seules quelques petites unités ont continué la production en petits lots, principalement pour le marché militaire, mais aussi pour l'audio professionnelle : **Lansdale** (ex Philco) qui rachetait aux majors de l'industrie électronique les lignes de fabrication de composants devenus obsolètes (tubes, anciens circuits intégrés), ou **Cetron** aux États-Unis, **Brimar** en Angleterre, **RFT** en

Allemagne de l'Est, parmi d'autres. (détails sur ces marques plus loin).

L'URSS et la Chine, mais aussi la Yougoslavie (Elektronska Industrija, filiale de Philips) ou l'Inde (BEL, Bharat Electronic) ont continué leurs productions, souvent en sous-traitance pour des marques prestigieuses, mais les difficultés économiques et l'étroitesse du créneau de marché ont entraîné une chute notable de la qualité de production. Les normes antipollution, protégeant autant l'environnement que les travailleurs contre les métaux lourds et les émanations toxiques, ont

contraint les usines européennes à fermer après des investissements peu rentables, alors que les pays communistes peu soucieux de ces normes, faisaient des économies sur la qualité et la quantité de matériaux nobles mis en œuvre, (nickel, cuivre, magnésium, tungstène) dont les cours montaient. Les tubes fabriqués dans les pays communistes à cette époque et jusqu'à la fin du siècle dernier ont toujours eu une mauvaise réputation, justifiée par des fiabilités très aléatoires et des caractéristiques électriques assez dispersées : trouver un quartet de tubes équilibrés pour construire un ampli push-pull stéréo relevait à cette époque du parcours du combattant...

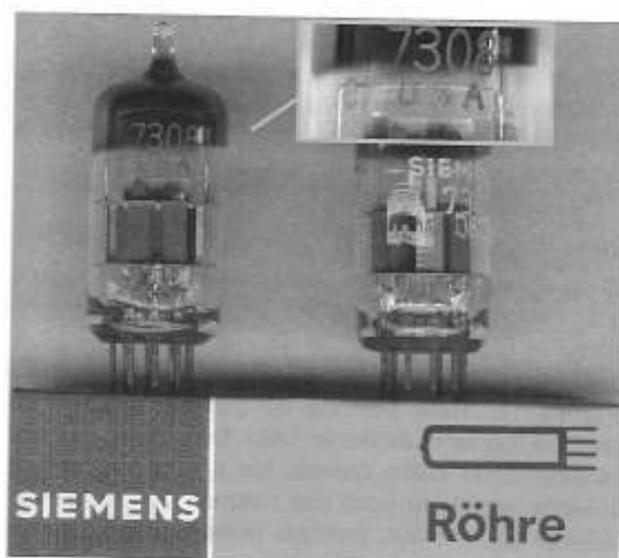
Pour cette période on ne peut même pas se fier aux labels imprimés sur les tubes, car les fabrications étaient la plupart du temps sous-traitées : on trouve des tubes Siemens *made in USA* sortis de l'usine Sylvania, voir **figure 12**, et d'autres fabriqués par RFT en RDA **figure 13**, mais aussi des tubes portant la marque RCA suivie de la mention *made in England* ou *made in Germany* ! Précisons toutefois qu'il s'agit souvent de fabrications est-allemandes ou russes à bas prix, tel ce tube marqué E188CC **figure 14**, mais qui n'a aucune des caractéristiques distinctives de cette référence professionnelle.

Philips NV, le géant hollandais, qui avait racheté depuis les années 20 un grand nombre de marques européennes, acquit aussi l'Américain Amperex

en 1955, et prit vers 1980 le contrôle de Sylvania, qui faisait alors partie du Electronic Component Group, ECG.

Des tubes portant les labels Sylvania-ECG, ou Philips-ECG et parfois les deux marques, **figure 15**, ont été fabriqués encore récemment jusqu'en 87 dans les usines d'Emporium, Pennsylvanie. Ils portent pour la plupart un label militaire de couleur verte ou bleue, avec le préfixe JAN, signifiant Joint Army Navy, L'US Army et la US Navy s'étant accordées pour passer des contrats conjoints auprès des fournisseurs de matériel.

Parmi tous les tubes fabriqués à cette époque entre 1980 et 2000, ces tubes JAN sont de loin les plus recommandables. Ils ont des caractéristiques électriques conformes aux spécifications, une excellente fiabilité, et une construction souvent très robuste : micas épais, supports supplémentaires pour rigidifier la structure, afin de résister aux chocs et aux vibrations qu'ils subissent dans les équipements militaires. Ces qualités ont souvent quelque rapport avec la musicalité (microphonie réduite), et certains tubes de ce type sont intéressants pour l'audiophile perfectionniste, bien que beaucoup soient simplement convenables : de tonalité équilibrée mais sans cette magie attribuée aux tubes NOS, ils ont sur les tubes non militaires de la même période l'énorme avantage de la fiabilité, de la constance des caractéristiques, et surtout d'une



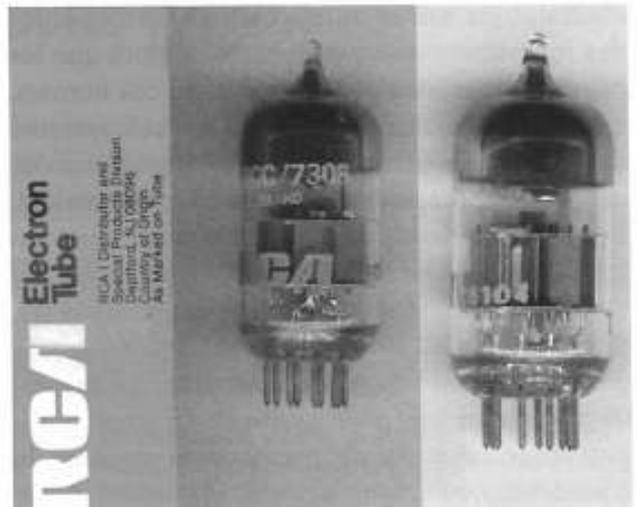
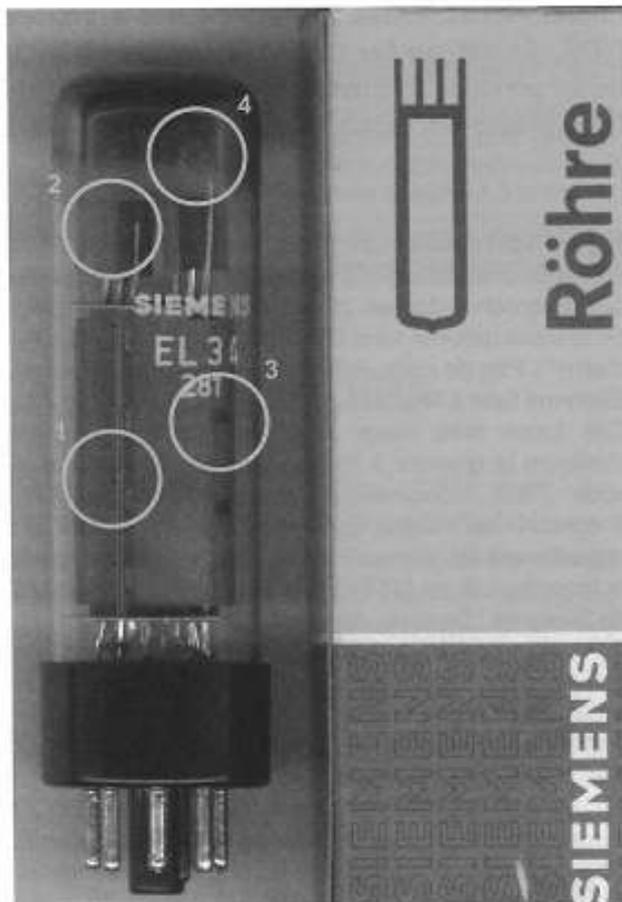
**Figure 12.** Tubes double-triode noval 7308 / E188CC labellées Siemens (RFT Neuhaus), année 82. Hélas pas de broches dorées, ni de code du type gravé près de la base (pour le tube E188CC européen : VR suivi d'un n°). Pas de code usine non plus (≠ pour les tubes Siemens faits à Munich).

Ces tubes sont *made in USA* comme l'indiquent d'ailleurs la gravure à l'acide en haut du bulbe et le code 7308, désignation américaine du E188CC. Il sortent de l'usine Sylvania-ECG de Emporium appartenant au groupe Philips. Osram – qui possède la branche LG de GTE-Sylvania – est la division US de Siemens : on reste dans la maison !

Ces tubes récents sont aussi distribués par Richardson sous le label Amperex-USA. Le disque métallique situé sous le getter (getter-shield, écran visible en vue de détail derrière le mot USA) est parfaitement plat, alors qu'il présente deux embossages carrés diamétralement opposés sur les tubes E188CC européens des années 60, tous construits sur gabarits Philips quels que soient leurs labels, en particulier les vrais Amperex *made in Holland*.

sonorité ni agressive ni trop brillante. Le meilleur exemple est donné **figure 16**.

Cependant tout n'est pas bon à prendre parmi ces tubes militaires, car quelques fabrications cachent des pratiques commerciales discutables. On a vu ainsi des tubes EL34 revendus aux États-Unis par Richardson Electronics Ltd, situé dans l'Illinois à LaFox, avec une appellation Siemens et des boîtes de l'US Army. Ces tubes ont été fabriqués sur commande du gouvernement américain, passée auprès de la société National-Electronic (division de Richardson EL.) qui a sous-traité aux usines RFT-Röhrenwerke. La firme RFT possédait plusieurs unités de production à Berlin (WF) Erfurt (W) Neuhaus (RWN) et Mülhausen (RWM), et si elle a effectivement produit des tubes EL34 pour Siemens dans les années 60, avec une qualité très élevée, les productions des années 80 pour le marché américain n'ont que peu de points communs avec les qualités des vrais tubes Siemens.



**Figure 14** . Ci-dessus, il est précisé sur la boîte *pays d'origine comme indiqué sur le tube*. On doit donc comprendre que ce tube est sensé venir de Hollande. Avec un getter en coupelle (visible derrière le code 7308) et sans écran en dessous, des plaques non fermées (visibles sur la photo de droite, derrière le code 04), des broches fines et pointues, un bulbe au sommet conique et aux épaules très arrondies, de diamètre 22,5 mm, une couleur rouge clair pour l'étanchéité des broches, et des micas sans dents, aucun doute n'est permis : c'est un tube russe, sans doute issu de Saratov, sous-traité en avril 1981 à l'Est par Siemens (liée au groupe Philips) qui l'a revendu aux USA. RCA n'a jamais fabriqué de tubes à grille cadre, et se fournissait en E188CC chez Siemens depuis le début des années 60. Les vraies 7308 RCA *gold pins* de cette époque sont des Siemens parmi les plus recherchées.

Celle-ci vaut surtout pour son originalité...

Toutes les E188CC / 7308 qui n'ont pas les broches dorées, ou pas de getter shield, pas de mica-springs, ou un écran de getter tout plat, sont des copies récentes. Les moins mauvaises étant les JAN-Sylvania nickel-pins (avec écran plat), parfois labellées Siemens USA, des années 80 (voir figure 12).

**Figure 13**. Tube pentode de puissance EL34 de marque Siemens, de février 1981. Des détails, comme le dessus du bulbe creusé, les quatre sertissages (1) très larges au bord des plaques, les radiateurs d'écran (2) en haut, presque plats, les deux fentes larges rectangulaires (3) sur les plaques ou l'unique getter (4) rond et fin, permettent d'identifier ce tube sorti des usines RFT d'Allemagne de l'Est. La qualité de fabrication n'est plus aussi élevée que 25 ans auparavant.



**Figure 15.** Ci-dessus tube combiné pentode-triode 6AN8A de 1985, fabriqué par ECG aux USA. Les trois noms Philips Sylvania et ECG apparaissent sur la boîte !



**Figure 16.** Ci-dessus tube tétrode 6L6 version B militaire américaine renforcée (W) produite par Philips en 1985 dans l'usine de ECG (ex-Sylvania). Très appréciée dans les amplis pour guitare, elle est devenue assez rare aujourd'hui.

**Figure 16-bis.** General-Electric fut avec ECG un des derniers fabricants de tubes aux États-Unis. Les tubes des années 80 à 90 portent souvent un label vert et le préfixe **JAN** indiquant un contrat de fourniture pour l'armée. La mention *made in USA* ne certifie pas que le tube a été entièrement construit aux États-Unis. En revanche le code usine 188-5 assure que le tube sort de l'usine Ken-Rad de Owensboro, Kentucky. Ici, un tube 6189 / 12AU7-WA typique de cette époque, avec plaques grises, seulement deux micas, support supplémentaire et getter en disque plat.



## V. LES TUBES RÉCENTS

### TUBES EUROPÉENS

Les fabrications actuelles sont majoritairement issues de Russie et de Chine, mais les accords commerciaux sont très complexes. Des tubes sortis d'une même usine se retrouvent sur le marché avec des labels différents, des boîtes différentes et des prix... très variables ! Alors qu'ils sont constitués des mêmes matériaux et issus du même processus de fabrication. Parfois, seul un tri plus ou moins serré les distingue.

En Europe, JJ-Electronics en Slovaquie (<http://www.jj-electronic.sk>) et E-I, Elektronska-Industrija en Serbie ([www.eitubes.com](http://www.eitubes.com)) restent les seuls fabricants industriels de tubes. Quelques marques tchèques formées sur les restes des usines Tesla, tels que KR ([www.kraudioproducts.com](http://www.kraudioproducts.com)), EAT (European Audio Team, site [www.audiotuning.com](http://www.audiotuning.com)) ou Emission-Labs (ex AVVT, Alesa-Vaic-Valve-Technology, site [www.emissionlabs.com](http://www.emissionlabs.com)) produisent des références spéciales de la plus haute qualité, en petite quantité uniquement pour un marché audiophile haut de gamme. Il semblerait que ces petits labels aient très peu de distributeurs en Europe : Ceres Electronique en France (site <http://80.11.129.18/~ceresau/index.html>), Jacmusic et Audiotuning en Allemagne.

Les tubes JJ et EI en revanche sont distribués dans le monde entier, et en particulier en France par Audiotriodes ([www.audiotriodes.com](http://www.audiotriodes.com)). La firme JJ a racheté aux usines Tesla certaines lignes de fabrication, pour les tubes KT88 entre autres, ce qui leur permet d'offrir une qualité de construction irréprochable.

Les tubes EI fabriqués dans l'usine serbe de Nis qui appartenait à Philips, ont bénéficié de la puissance industrielle du groupe, et de la récupération de matériel lors des fermetures d'usines en Europe de l'Ouest. EI a pu ainsi remettre en service des outillages Telefunken, et proposait dans les années 80 des tubes ECC83 copiés sur les très réputées

ECC83 de la marque allemande, mais sans doute réalisés avec des matériaux différents.

Quelques tubes récents européens très réputés auprès des amateurs :

- ECC803S JJ : version à plaques longues non traitées. Très dynamique et détaillée. Voir **figure 17**.
- ECC83S JJ : version à plaque courte et grille cadre, inspirée des modèles Telefunken ECC803. Très faible bruit et microphonie minimale, idéale en étage d'entrée de préampli HiFi ou guitare.
- KT88 JJ : excellente tenue dans le grave, rapide et profond. Sans doute une des meilleures KT88 actuelles.
- 6L6GC JJ : parfaite dans de nombreux amplis, Mesa-Boogie, Fender. Son très proche des tubes NOS.
- EL34 JJ : rappelle les EL34 Siemens avec un grave sec et dynamique, et un médium très détaillé.
- KT90 EI : excellent tube tétrode de puissance utilisé sur des modèles Jadis.

Les tubes JJ sont aisément reconnaissables à... leur label rouge ! En effet ils sont rarement relabellés. On les trouve parfois avec la marque Harma, vendus par Watford-Valves ([www.watfordvalves.com](http://www.watfordvalves.com)) qui précise honnêtement leur origine Slovaque : quand un tube est excellent il n'y a aucune raison de taire sa provenance.

Les tubes de puissance JJ se reconnaissent à leur bulbe de forme spécifique, un peu sphérique dans sa partie supérieure pour les EL34, 6L6GC. La KT88 JJ a également un bulbe reconnaissable **figure 17**, ainsi qu'une plaque avec trois trous ronds et des tiges supports reliant les deux micas de chaque côté de la plaque. Elle a été choisie par Jadis pour des montages très hauts de gamme.



**Figure 18.** Un tube EL34 / 6CA7 yougoslave de 1990, fabriqué par EI à Nis en Serbie. La boîte est fortement inspirée des graphismes Philips car l'usine appartient au groupe hollandais. (La mention *magnoval* est erronée). On remarque le queusot situé sur le dessus du tube, ainsi que l'embase courte et le getter double en anneau.

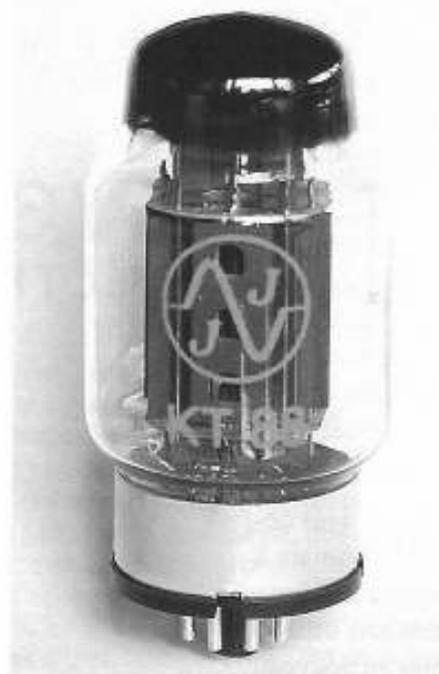
Les gabarits de fabrication semblent inspirés des versions américaines Sylvania : taille des plaques, forme du bulbe *big bottle*

Quant aux tubes de puissance EI ils sont identifiés sans peine par le queusot situé sur le dessus, **figure 18**. Ce petit tube de verre de diamètre 2 mm environ, par où le vide est effectué par pompage, est ensuite soudé par fusion. Habituellement seuls les tubes noval ont leur queusot au-dessus, tous les autres l'ont dans l'embase et il est donc invisible.

On trouve de nombreux labels sur les tubes récents russes, serbes et chinois : Groove-Tube, TAD (Tube Amp Doctor), Billington, National, International-Servicemaster, Sovtek, IEC, Haltron, Ruby, IET, Harma, STR, Tronal, et j'en oublie très certainement. Tous ces labels sont des marques de revendeurs et ne correspondent à aucune usine en particulier, le distributeur pouvant fort bien commander ses lots à plusieurs fabricants. Ce système n'est pas propre aux tubes mais existe également pour d'autres composants électroniques, et les tubes NOS eux aussi étaient quelquefois relabellés avec des marques de revendeurs ou d'OEM, comme Zaerix (Z et I Aero-Services) Selectron, Standard, Brimar ou Marshall en Angleterre, qui mettaient leur label sur des tubes d'origine russe entre autres, ou encore Corvette, Superior, Guaranteed, Triplex, Fender, Mesa-Boogie, Groove-Tube aux USA qui imprimaient leur marque tantôt sur des tubes General-Electric, tantôt sur des tubes chinois.



**Figure 17.** Tubes JJ. Ci-dessus à gauche deux versions de ECC83 : la 803S à plaques longues, à gauche et la 83S à plaques courtes, à droite. Cette dernière utilise une grille-cadre et un écran de getter. Ci-contre à droite la très appréciée KT88.



## TUBES RUSSES

Un bon exemple de tubes récents nous vient de l'usine russe Reflector Corp. de Saratov, qui produit des tubes distribués dans le monde entier par New-Sensor Co. de New-York. Ce distributeur vend sous la marque Sovtek ([www.sovtek.com](http://www.sovtek.com)), abréviation de Sovietik-Tekhnology, en qualité de base, alors que les mêmes tubes sont trouvés sous la marque Electro-Harmonix, parfois avec broches dorées, *platinum matching* lorsqu'ils sont appariés, avec une qualité de fabrication et de contrôle qui justifie la différence de prix importante. L'excellent site <http://www.jacmusic.com> propose sur son catalogue des tubes Sovtek et E-H.

Concurrent direct de Sovtek la marque Svetlana ([www.svetlana-tubes.com](http://www.svetlana-tubes.com)) constitue sans doute le summum de la confusion : l'usine Svetlana originelle est située à Saint-Petersbourg en Russie et a été depuis 1928 un producteur majeur en URSS, fournisseur des armées et des fabricants de téléviseurs. Fondée en 1889, l'usine produisit d'abord des cigarettes, puis des lampes à partir de 1913 (bien que l'usine soit datée de 1912) et enfin des tubes. Ces tubes sont reconnaissables à leur logo appelé *winged-C* voir **figure 19**, et sont d'une qualité irréprochable. Des fabricants renommés d'amplis pour guitare, Marshall pour ne citer que le plus connu, les utilisent pour leurs modèles les plus évolués : le Marshall JCM2000 Triple Super-Lead reçoit d'origine un quartet de tubes EL34 Svetlana C-logo. La réputation de ces tubes, récompensés par un Grand-Prix à Paris en 1937, n'est pas usurpée, et les guitaristes ainsi que les audiophiles les apprécient hautement.

Devenue indépendante après la chute du communisme, la marque Svetlana, recherchant de nouveaux marchés afin de compenser la diminution des demandes militaires, a accepté un partenariat avec R&G International (defense contractor) à Huntsville, Alabama, qui distribua ces tubes sous le label SED, Svetlana Electron Devices.

Plusieurs tubes de nouvelle génération furent développés par R&G (SV811, SV572 fabriqués à Ryazan) puis SED passa sous le contrôle de New-Sensor qui réussit à s'attribuer les droits d'utilisation du nom Svetlana, mais dû inventer un nouveau



**Figure 19.** Logo *Winged-C* imprimé sur les tubes Svetlana fabriqués depuis 1913 (et non 1912) à l'usine de Saint-Petersbourg. Seuls les vrais tubes Svetlana le portent.



**Svetlana**  
ELECTRON DEVICES

**Figure 20.** Logo porté par les tubes Svetlana-USA, commandés par New-Sensor à diverses usines russes et distribués sur le marché nord-américain.

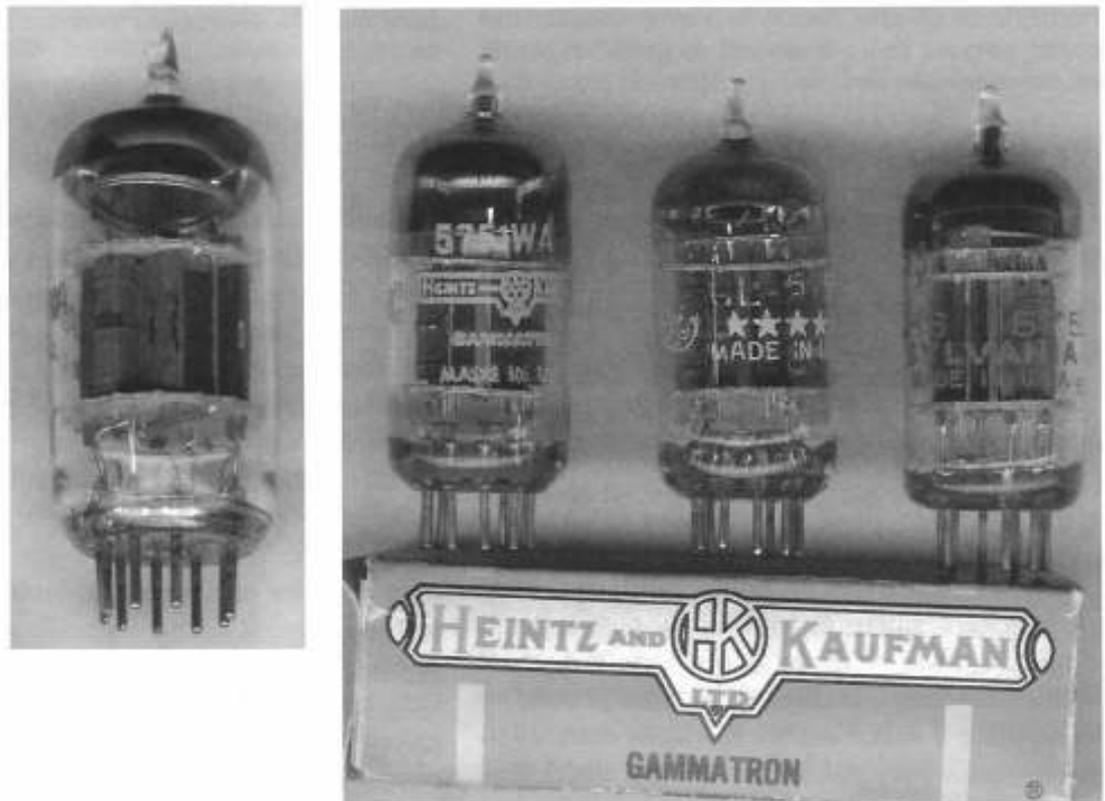
logo sous forme d'un grand S blanc sur fond rouge et noir, **figure 20**. Ces tubes improprement appelés Svetlana-USA sont sous-traités principalement à l'usine Reflector, et sont donc identiques aux tubes Sovtek. Les références précédées des lettres SV permettent de reconnaître aisément ces tubes, distribués presque uniquement sur le marché nord-américains. Les sites et revendeurs américains entretiennent cette confusion des noms, afin de laisser croire que leurs tubes Svetlana viennent de St-Petersbourg : s'ils n'ont pas le *Winged-C* logo ce ne sont pas des vrais SED.

Cette pratique du *relabelling* s'est encore étendue récemment, avec le rachat de labels prestigieux et hautement réputés, par les distributeurs américains : on trouve maintenant des tubes Mullard, Amperex ou Tungsol, tous *made in Russia* ! Richardson en particulier, utilisait le label National pour distribuer aux USA des tubes de toutes origines souvent fabriqués à bas prix. En effet, après 1980 les grands fabricants de tubes américains

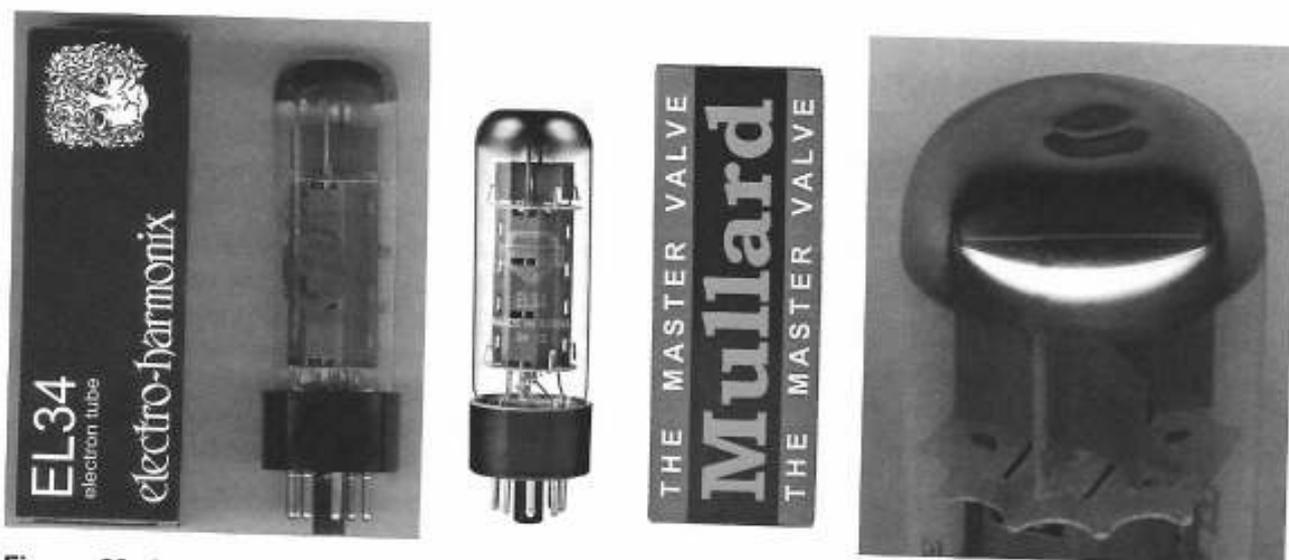
ayant cessé toute activité (sauf ECG-Sylvania-Philips), le problème de la maintenance des appareils militaires à tubes est devenu aigu. Des pratiques commerciales discutables ont permis aux importateurs américains de distribuer sous des marques prestigieuses comme General-Electric (contractant avec l'armée américaine) des tubes fabriqués on ne sait où : la commande était passée à la société National-Electronics chargée de sous-traiter la fabrication, parfois confiée à l'usine de Saratov.

On trouve ainsi des tubes JAN-5751 marqués *USA* de provenance incertaine, **figure 21**. Comparés aux vrais GE-5751, ils ne possèdent aucun des points distinctifs qui ont fait la réputation d'excellence de ce tube :

- pas de plaques noires traitées au carbone mais des plaques grises standard, avec seulement deux agrafages



**Figure 21.** À gauche une JAN-5751 récente, de 1987, d'origine douteuse malgré la mention *made in USA*. Elle est identique à la 5751 Electro-Harmonix fabriquée en Russie ! C'est un tube courant qu'on ne devrait pas payer plus de 15 Euros. Les vraies 5751 sont à droite, avec des plaques noires agrafées en 6 ou 8 points, des micas très épais et un troisième mica en écran sous le getter, des supports supplémentaires entre les plaques, et un getter en D, ou en bague. Au centre l'originale des années 50, labellée GL5751 five stars, à sa gauche la même relabellée par le fabricant de radios professionnelles Heintz and Kaufman, et tout à droite une des dernières versions militaires plaques grises, labellée JHS-5751 de Sylvania, datant de la fin des années 70.



**Figure 22.** Les tubes EL34 russes ci-dessus ont quelques points communs aisément identifiables, malgré les efforts faits pour les *déguiser* en Mullard. Celui du centre, avec son logo et sa boîte, imités tous deux à la perfection, est une copie récente qui porte la mention *made in Russia* (heureusement devenue obligatoire) et la date 2004. À part les micas sans dents, sa construction interne est identique à l'Electro-Harmonix de gauche, venant de l'usine Reflector. Les points typiques sont : le support de getter en cuivre, les bords agrafés des plaques, étroits et munis de 4

agrafes et le dessus du bulbe assez plat et un peu creusé au centre (photo de droite). Les Mullard NOS, donc antérieurs à 1975 ont un bulbe légèrement bombé, un support de getter plus clair et plus fin, des bords de plaques larges et avec 3 agrafes ou soudés, et un mica supérieur avec de fines dents tout autour. Et puis, n'oubliez jamais : les vrais Mullard EL34 ont un code imprimé indélébile, xf suivi d'un chiffre, puis Bxxx ou Rxxx selon qu'ils viennent de Blackburn ou de Mitcham.

- pas de troisième mica en écran de protection sous le getter
- pas de support supplémentaire pour rigidifier la structure, entre les deux micas
- caractéristiques électriques dispersées et souvent quelconques, avec courant de grille assez élevé
- getter en disque plat plein (disc getter) et non en bague (O-getter ou ring-getter)

Ces tubes sont livrés en boîtes militaires, avec un label américain et tout laisse penser qu'il s'agit de tubes NOS de la plus haute qualité. Malheureusement, la date indiquée sur la boîte ne laisse place à aucun doute : fabriqués entre 1980 et 1990 pour National, ils ne sont pas américains mais russes ou est-allemands, et ne doivent pas être vendus au tarifs des tubes NOS. On peut même se demander pourquoi ils ont une désignation militaire JAN, n'étant visiblement pas fabriqués suivant ces standards rigoureux...

Ce label National a acquis assez vite une réputation de bas de gamme, aussi l'acquisition des noms de marques prestigieuses comme Mullard, Amperex, Tung-Sol permet-elle de contourner ce problème, en profitant cette fois d'une réputation très solide et indiscutable.

Amperex avait une usine à Long-Island et importait de nombreux tubes de Hollande, ainsi que des chaînes de fabrication complètes, aussi les tubes Amperex *made in Germany* n'ont-ils rien de commun avec les anciennes productions : ils furent sous-traités en RDA par Richardson, nouveau propriétaire de ces labels, vers 1980.

Quant à Mullard et Tungsol, ces tubes sont actuellement présentés comme *reissue* (littéralement *rééditions*) prétendument copies conformes des tubes originaux. Si c'est exact pour les formes visibles des plaques, leurs pliages et sertissages, et le bulbe de verre, par contre les matériaux employés sont différents, les précisions d'assemblage sont apparemment moins sévères, le pompage du vide est peut-être moins poussé à cause de ma-

tériaux moins purs et de getters moins toxiques, mais moins performants. Ces tubes sont pourtant d'un standard assez élevé, et présentent des qualités indéniables, seulement ce ne sont pas de vrais Mullard ou de vrais TungSol, et ils n'en ont sans doute pas la longévité !

Ils procurent une sonorité de tubes récents, dynamique, ferme, parfois brillante et sèche, et n'atteignent pas l'excellence de certains tubes NOS. Leur fabrication est réalisée par New-Sensor, probablement sous licence de Richardson, dans les usines russes habituelles du groupe, dont celle de Saratov déjà citée. La parenté avec les tubes Sovtek est donc étroite. L'amateur non informé les choisit sur la réputation du nom qu'ils portent, et pense acquérir les qualités d'un tube Mullard. Ce n'est pas la fabrication en elle-même qui est critiquable, c'est l'usage rendu légal d'un nom possédant une signification particulière, un passé, entouré d'une aura merveilleuse. Acheter le nom n'entraîne pas l'acquisition des savoir-faire ! Je suis convaincu que les compétences des manufactures russes leur permettent de construire d'excellents tubes, forcément différents des Mullard et des Tung-Sol mais sans doute aussi nobles si on y met le soin, le temps et donc le prix.

Ce n'est pas en trichant sur le nom que cette production russe va acquérir ses lettres de noblesse.

Tous ces tubes russes sont reconnaissables à des détails de fabrication spécifiques **figure 22** et **23** :

- **Forme du getter** : situé généralement en haut du tube, il est formé d'une petite coupelle, en forme de creuset. Sur les tubes européens ou américains, ce getter est en forme de bague ou de disque, plat ou embossé, ou en forme de lettre D sur les tubes plus anciens.

- **Étanchéité des broches** : l'alliage à base de cuivre, appelé Dumet, utilisé pour la jonction des broches en métal (nickel) avec l'embase en verre, présente sur les tubes russes et est-européens une couleur rouge assez vive. Les tubes d'autres origines montrent une couleur plus sombre, rouge foncé à brun parfois très foncé.

- **Forme du bulbe** : pour les tubes miniatures au format noval (les plus courants, série ECC par exemple) l'enveloppe en verre présente un diamètre un peu plus grand et une forme moins arrondie

en haut. Les tubes européens montrent des sillons en relief sur le dessus. Les tubes de puissance russes montrent un bulbe non parfaitement plat sur le dessus, avec un léger creux au centre, alors que les tubes européens sont lisses et un peu bombé.

- **Forme des broches** : sur les tubes miniatures, elles sont plus fines et plus pointues, et d'une couleur plutôt argentée. Les tubes européens ont des broches au bout arrondi et souvent bleutées.

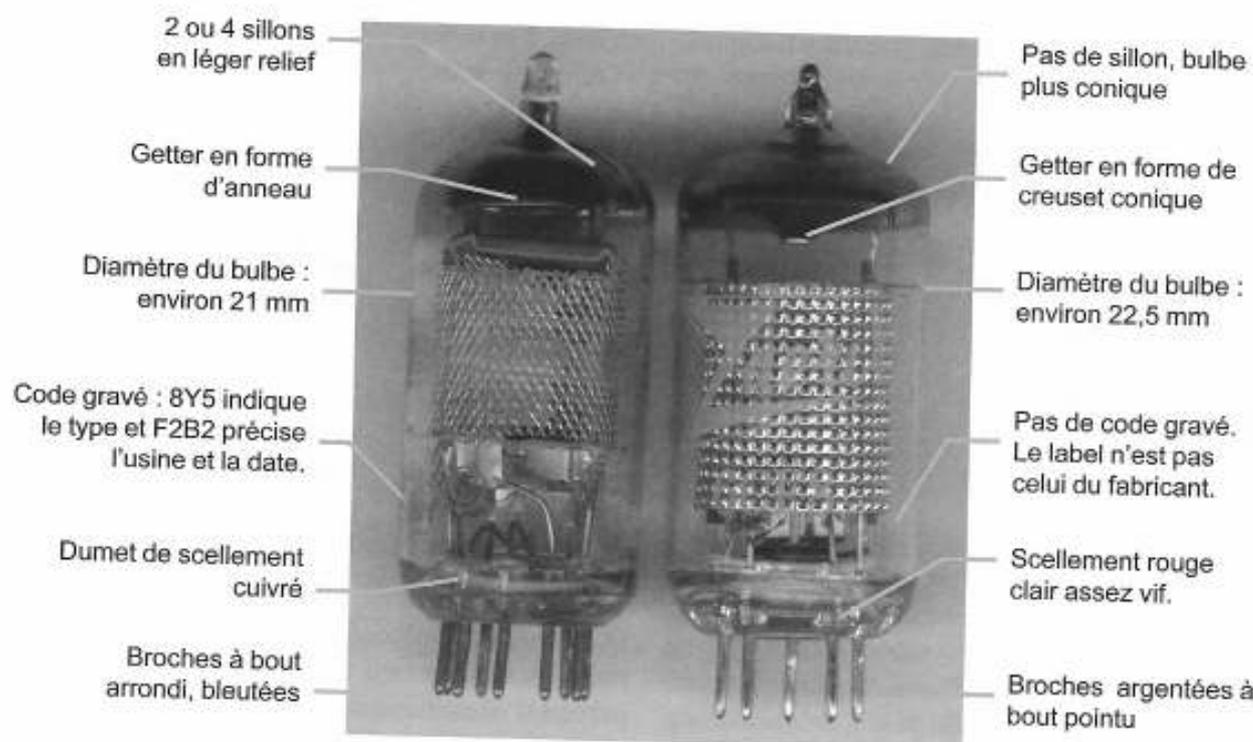
- **Ressorts** : l'espaceur supérieur en mica est muni de petits ressorts en U. Le centrage dans le bulbe est assuré sans que les vibrations ne soient transmises, voir **figure 24**. Sur les tubes européens, les micas sont centrés grâce à des découpes en pointes venant en contact avec le bulbe.

D'autres particularités les distinguent, mais la présence de deux ou trois parmi ces cinq points permet d'identifier sans erreur un tube russe sans label ou relabellé. On préférera acheter des tubes avec des labels sérieux : Svetlana C-logo ou Electro-Harmonix n'apportent jamais de mauvaises surprises.

Par contre, les copies de Mullard, de Tung-Sol ou d'Amperex, fabriquées dans les usines Reflector, ne doivent pas être présentées comme NOS. Les efforts faits pour assurer une ressemblance frappante avec les *vraies* lampes anciennes ne doivent pas faire oublier qu'elles sont construites avec les mêmes matériaux et procédés que les tubes E-H ou Sovtek. Il n'y a aucune raison de les payer plus cher et de leur bâtir une réputation non méritée ! Leur présentation en copie de boîtes d'origine et avec des labels également copiés laisse le champ libre à des revendeurs peu scrupuleux pour les présenter comme NOS, bien que l'usine inscrive très clairement sur ces tubes la mention *made in Russia* suivie de l'année de fabrication, malheureusement non indélébiles...

Les audiophiles s'accordent pour trouver aux tubes Svetlana C-logo une sonorité plus harmonieuse, avec beaucoup de classe, de sérénité et d'ampleur, toujours très équilibrée.

En comparaison les tubes E-H procurent un son plus vif et percutant, plus dynamique mais peut-être un peu moins harmonieux. Ces résultats plutôt subjectifs sont très dépendants de l'appareil où le tube sera utilisé, et l'amateur devra essayer et comparer plusieurs marques avant de trouver laquelle



**Figure 23.** Comparaison de deux tubes pentode faible bruit EF86 / 6CF8. À gauche un Miniwatt-Dario produit en février 1962 en France dans l'usine Radio-Technique de Suresnes. A droite un tube étiqueté

Zaerix (Z&I Aero Services Ltd, London W.2.) importé d'URSS avant 1990. Les détails de construction laissent penser qu'il sort des usines Svetlana de St. Petersburg.

donne, selon son estimation, les résultats les plus homogènes.

Remarquons au passage que plusieurs fabricants anglais choisissent les tubes Svetlana, alors que les réalisations américaines sont souvent équipées d'origine de tubes E-H. Cependant beaucoup d'amateurs préfèrent se tourner vers les tubes JJ lorsque le moment est venu de changer les tubes de leur ampli.

Quelques tubes russes très réputés auprès des amateurs :

- ECC83 / 12AX7-LPS Sovtek : plaque longue (LP) dans le style des années 50, et filament torsadé pour réduire le ronflement. Bien adapté aux amplis Hi-Fi grâce à un très faible bruit, un bon équilibre tonal. Grave ferme et bien tenu, aigu doux et propre.
- ECC83 / 12AX7 Electro-Harmonix : parfois labellée 12AX7-WX. Version à plaques courtes moins microphonique que la précédente. Sonorité plus dynamique et brillante, mieux adaptée aux amplis guitare, ou aux systèmes un peu introvertis.

Les deux tubes ci-dessus seront préférés aux versions de base 12AX7-WA, WB et même WB-Silver à plaques brillantes non traitées.

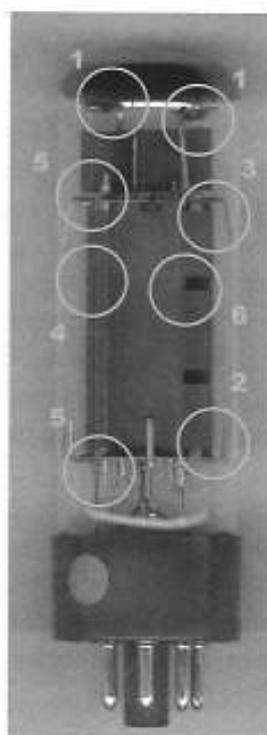
- EL34 Svetlana C-logo : ce n'est pas par hasard que Marshall a choisi ce tube. Une des rares EL34 capable de concurrencer les Mullard ou Philips des années 50-60. (**Figure 24**).
- EL34-WXT Sovtek : le registre aigu semble un peu dur et granuleux parfois, ce que certains guitaristes apprécient.
- EL34 / 6CA7 Electro-Harmonix : clair, détaillé, dynamique et équilibré. Un superbe tube, recommandé.
- KT88 / 6550 Svetlana C-logo : sans doute la plus raffinée des tétrodes de puissance. (**Figure 25**).
- KT90-E-H : imbattable dans le registre grave

De même les tubes ci-dessus seront préférés aux versions antérieures à 2000, qui donnaient parfois des sonorités dures et sèches, aux médiums projetés, sans ampleur ni finesse.

Il existe aussi des tubes NOS russes, car l'URSS n'a jamais cessé sa production de tubes, mais la plus grande partie était constituée de références militaires destinées aux émetteurs HF et aux radars. Les tubes fabriqués par Novosibirsk, Orel, Poljaron, Uljanov, Voshkod ou CCCP-Mashpriborintorg sont quasiment introuvables, pas plus que leur fiche technique à moins que vous ne lisiez le russe, et la plupart n'ont pas d'utilisation en audiofréquences. D'anciennes références russes sont parfois proches des tubes européens, sans être des équivalents exacts. Leur utilisation oblige alors à revoir le circuit. Les sites allemands <http://www.askjanfirst.com>

(en trois langues) et <http://www.jogle-roehrenbude.de> présentent une page d'informations techniques avec un recueil de la marque Elorg donnant les équivalences entre tubes russes et européens, dans les deux sens. Un extrait est donné tableau 4 pour les tubes audio.

Pour plus de détails sur les tubes russes récents, des essais comparatifs complets, sur amplis guitare et Hi-Fi, sont disponibles sur <http://www.watfordvalves.com/reports.asp> pour les anglicistes uniquement.



**Figure 24.** Un tube EL34 russe fabriqué par Svetlana en 2004. Le *Winged-C* logo a disparu, mais l'identification est aisée : double getter (1) en forme de coupelle, mica inférieur (2) centré par ressorts en U inversés, mica supérieur (3) muni également de ressorts. Les plaques sont soudées sur des tiges supports (4), et non agrafées. Ces tiges sont fixées au mica à travers des œillets rivés (5). Grâce à ces particularités de construction, ce tube est très peu microphonique. Les gabarits de fabrication ont probablement été importés de RDA, ou copiés à l'époque communiste, ce qui explique la ressemblance avec les plaques des tubes Siemens – fabriqués par RFT en RDA – au niveau des découpes de la plaque (6). C'est le tube monté d'origine dans les amplis Marshall.



**Figure 25.** Les tubes fabriqués à St-Petersbourg par Svetlana portent le *Winged-C* logo en lettres dorées. La boîte porte également ce logo. Les getters en forme de coupelle et les ressorts de mica permettent de distinguer ces tubes des copies SVKT88 soustraitées à Ryazan ou Saratov par New-Sensor.

12AT7 / ECC81	6H15П
12AU7 / ECC82	6H6П en 6,3 V
12AX7 / ECC83	6H2П en 6,3 V
6DJ8 / ECC88	6H23П
6922 / E88CC / Cca	6H23П-E
EF86 / 6267	6Ж32П
6SL7GT	6H9C
6SN7GT	6H8C
WE310A	10Ж12C
EL84 / 6BQ5	6П14П
E84L / 7320	6П14П-EB
6V6 / EL33	6П6C
6L6GB ou C / KT66	6П3C
6L6XGB / 5881 / 7581	6П3C-E
EL34 (et 6550 / KT88)	6П27C
6X4 / EZ90	6Ц4П
5Y3GT / GZ32	5Ц4П
5U4G	5Ц3C

SUFFIXES	
E	Version longue durée
B	Anti-vibrations, correspond au suffixe W américain
EB	Haute fiabilité (tube militaire)

**Tableau 4.** Quelques références de tubes russes pouvant remplacer les tubes européens ou américains habituels. Les équivalences ne sont pas rigoureuses, en particulier pour les ECC82 et 83.

## TUBES CHINOIS

Lorsqu'un distributeur européen commande un lot de tubes à une usine chinoise, on lui demande quelle marque il souhaite voir, quel logo imprimé sur les tubes. Il est donc extrêmement facile de créer une appellation pompeuse, dans le genre *gold machinchose* pour revendre à un tarif de luxe des tubes de production courante.

Ces tubes sont bien construits mais ne valent pas toujours le prix qu'on les fait payer.

De nombreux exemples se rencontrent chez les revendeurs, comme ces *Golden Dragon*, séries spéciales de la marque anglaise Genalex (Marconi-Osram-Valves, associé de GEC) pour ses références KT88 (tube tétrode de puissance) en particulier. Ce que peu d'audiophiles savent, c'est que dès le milieu des années 70 ces tubes très réputés furent fabriqués, sur cahier des charges très rigoureux, en Chine pour d'évidentes raisons économiques. On trouve maintenant des triodes

845 *Golden Dragon* faites par Liuzhou pour la firme anglaise PM-Components, et qui montrent une fabrication identique aux 845 Valve-Art ou Shuguang chinoises vendues moins cher sans ce label.

Poussés par une demande de qualité et de fiabilité, les fabricants chinois ont fait ces dernières années des progrès considérables. Il faut dire que la réputation de leurs tubes était assez mauvaise après 1990, au point que les guitaristes et les audiophiles les fuyaient comme la peste. Avant même que la garantie soit expirée, on s'empressait de retirer ces tubes chinois de l'ampli qu'on venait d'acquérir, pour les remplacer par des tubes E-H ou Svetlana plus sérieux, ou par des tubes NOS. Les revendeurs européens ont bien transmis le message aux fabricants. Je me souviens des premiers tubes 845 chinois dont certains produisaient un bruit de fond crépitant dès qu'ils étaient chauds, après quelques

minutes de fonctionnement. Je les renvoyai au revendeur, Quarkconcept à Toulouse, qui me les reprit sans difficultés, mais me signala que dans le lot qu'il avait reçu *ils étaient tous comme ça* !.

Le lot entier retourna d'où il était venu, et le revendeur m'envoya une nouvelle paire, de fabrication différente beaucoup plus sérieuse, et qui fonctionne parfaitement sans aucune dérive, depuis plusieurs centaines d'heures.

Ces progrès importants commencent seulement maintenant à faire oublier les mauvaises surprises du passé : une réputation est bien plus longue à construire qu'à détruire !

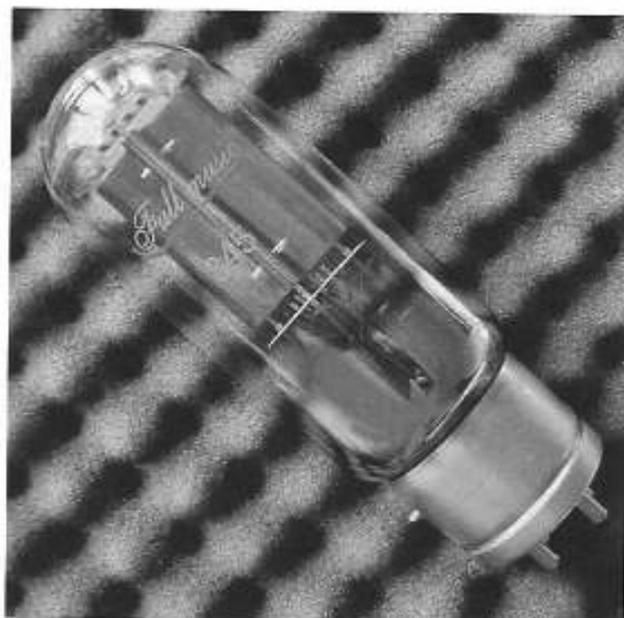
Fondée en 1998 par M. Liu Zhensheng, ayant auparavant travaillé à l'usine de tubes de Pekin, la société Tien-Jin (<http://www.tube-fullmusic.com>) produit actuellement sous le label Full-Music des tubes de très haute qualité, en particulier une version de la triode à chauffage direct 845 très réputée, voir **figure 26**. Les références les plus connues sont les triodes 2A3, PX25, 300B, les valves biplaques 274B. Des versions à plaques grillagées (*mesh-plate*), en plus d'une esthétique plaisante, apportent des caractéristiques intéressantes par leur absence de résonance des plaques. Distributeur en Europe : Jacmusic déjà cité. Pour voir quelques photos prises lors d'une visite de l'usine, allez faire un tour à [http://www.dntrob.com/overlge/brian\\_visit\\_tianjin.html](http://www.dntrob.com/overlge/brian_visit_tianjin.html).

**Figure 26.** Triode à chauffage direct 845 fabriquée par Tien-Jin et vendue sous le label Full-Music. De très haute qualité musicale, elle est capable de concurrencer la KR845 de Kron, mais son prix est plus de 5 fois celui des 845 courantes. À ce prix-là on peut presque avoir des tubes NOS General-Electric... Contrairement aux *vraies* triodes 845, son filament n'est pas en tungstène thorié, mais du type à oxydes, comme la célèbre 300B. Sa consommation est réduite à moins de 1A sous 11 V (0,6 A sur certaines versions), ce qui interdit son adaptation sur beaucoup d'amplis dont l'alimentation filament n'est pas régulée. Son registre médium est de toute beauté, très proche de celui d'une WE300B.

Dans un créneau de marché plus accessible, les tubes fabriqués par O&J-Enterprises sous la marque Valve-Art présentent une gamme plus vaste et une qualité de fabrication également très bonne. On notera en particulier la triode 845B, inspirée des premières versions Amperex des années 30 : base en cuivre poli, absence de mica supérieur, pour diminuer la microphonie, montage de la structure sur deux supports très rigides, connexion d'anode bien étudiée. C'était le point faible des premières versions de ce tube. Les dilatations différentes de la plaque en carbone et des tiges de connexions en nickel produisaient à la longue des contacts erratiques générateurs de bruits irrémédiables. Sur la dernière version 845B la qualité de construction est irréprochable ainsi que les caractéristiques électriques et la fiabilité. (**Figure 27**).

Ces tubes sont disponibles en France chez Quarkconcept à Toulouse (<http://quarkconcept.free.fr>) ou chez Audiotriodes, ainsi que chez Jacmusic en Allemagne.

Les plus connus des tubes chinois sont sans doute les tubes Shuguang (<http://www.shuguangtubes.com>) filiale du groupe coréen Samsung. Presque toutes les références de tubes audio sont fabriquées chez Shuguang, dans l'usine de Changsha, et la plupart des OEM les achètent en lots et les relabellent à leur nom. Jadis, Quarkconcept, Marshall utilisent des tubes Shuguang avec les succès que l'on sait.



Un petit tour sur le site <http://www.thetubestore.com> vous donnera une idée de l'étendue de la gamme et des prix, très corrects. Des classements très clairs apparaissent, avec différents critères : prix, musicalité en amplis guitares, performances Hi-Fi.

Quelques tubes chinois très réputés auprès des amateurs:

- Shuguang KT88 : très grande clarté sur tout le spectre, aération parfaite..
- Shuguang EL34-B : vendue entre autres sous le label Ruby, elle procure un *sustain* et un contenu harmonique appréciés des guitaristes.
- Shuguang ECC83 : c'est la version retenue par Marshall pour son gain très élevé et son mordant sur les attaques. Labellée aussi Ruby, Groove-Tube. (Figure 28).
- Tien-Jin et Valve-Art 300B : magnifique copie de la plus célèbre triode à chauffage direct de Western-Electric. Filament à l'ancienne, revêtu de thorium, matériau dont la manipulation en usine est interdite dans l'union européenne depuis longtemps. (Figure 29).
- Valve-Art 845B : la seule alternative aux tubes NOS 845 devenus introuvables. Musicalité globale très proche des 845 RCA d'époque.
- Valve-Art 6550 : copie conforme des 6550 General-Electric.



- Valve-Art KT66 : copie des tubes GEC des années 50.

De nombreux tubes chinois sont maintenant construits tels des copies conformes des tubes NOS les plus réputés, en respectant scrupuleusement les formes des éléments internes et leurs fixations. L'identification par des détails de fabrication est donc devenue assez difficile. On peut cependant noter la forme particulière des getters, souvent en coupelle carrée, la couleur de la base en bakélite tirant parfois sur le rouge, la teinte assez claire des plaques grises, et les micras découpés presque carrés.

De très bonnes copies chinoises reprennent maintenant les couleurs et textures des matériaux d'époque et sont indiscernables des originaux, même à l'écoute ! Un mauvais exemple de tube chinois *contrefaçon* de 1995 est montré **figure 30** à gauche, ainsi qu'une très belle copie de la GEC KT66 à droite, qui montre bien les énormes progrès accomplis.

Fort heureusement, les concepteurs sont maintenant fiers de leurs copies réussies et tiennent à apposer leur marque dessus. Ces tubes sont de moins en moins cachés derrière des labels de distributeurs, et ces derniers ne masquent plus l'origine chinoise de leurs tubes.

**Figure 26-bis.** Tien-Jin fabrique en petites séries, avec un soin extrême, de magnifiques tubes comme cette 300B/+ à bulbe haut et plaque longue supportant une dissipation de 80 W, ainsi que des versions *mesh-plate* moins puissantes, à plaque grillagée non microphonique.



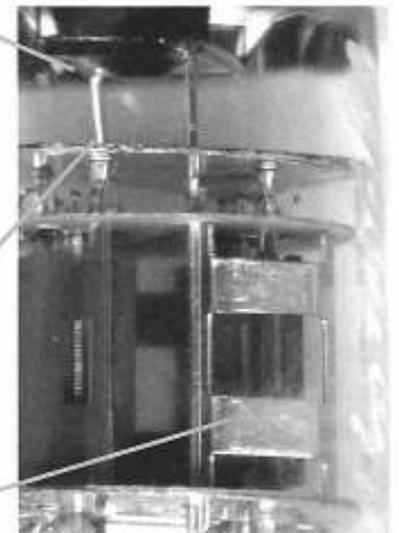
**Figure 27.** La 845B de O&J, labellée Valve-Art est une magnifique copie de la triode Amperex des années 30. C'est la version préférée de nombreux audiophiles. Elle est fabriquée à Changsha, comme la version Schuguang dont les détails de fabrication sont identiques. On la trouve aussi avec les labels Quark, Billington, Audio-Note.



Getter carré en creuset

Troisième mica de protection

Deux blindages découpés en nickel



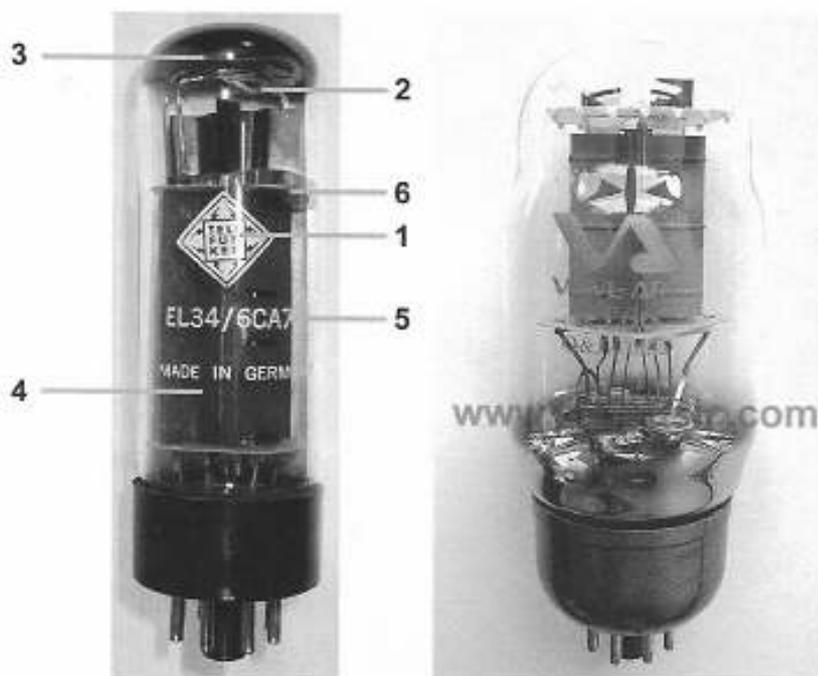
**Figure 28.** La 12AX7 de Shuguang existe en plusieurs versions avec des plaques différentes, mais toutes sont reconnaissables à quelques détails : trois micas – celui du haut servant d'écran protégeant

les électrodes lors du flashage du getter, deux tôles en nickel découpées en  $\square$  et servant de blindage séparant les deux triodes. Les getters chinois sont en général en creuset carré.



**Figure 29.** O & J produit une remarquable copie de la triode à chauffage direct 300B, créée par Western-Electric vers 1930. Les matériaux constituant le filament ont demandé de longues recherches.

Photo Jac-Music.



**Figure 30.** À gauche une mauvaise copie : même le logo (1) est très mal reproduit ! Le vrai est blanc sur fond noir et non l'inverse... Getter carré (2), dessus du bulbe arrondi (3), couleur sombre des plaques (4), avec deux fentes plus fines et rapprochées (5), ressorts-équerres en micas (6) et enfin code 6CA7 américain, autant de points qui dénoncent un faux Telefunken, de 1995. Les fabrications chinoises de l'époque laissaient à désirer... Comparez avec le vrai montré plus loin, figure 48. À droite une copie récente, de 2004, de la fameuse GEC KT66. Tous les points de détails ont été repris, jusqu'aux découpes des micas, et les compositions chimiques ont été approchées au mieux. Presque aussi musicale que l'originale, avec une sonorité à peine plus brillante et moins pleine toutefois.

Photo Jac-Music.

## LES TUBES NOS EUROPÉENS

## PHILIPS HOLLANDE

Aucun amateur ne peut ignorer les tubes **Philips**. Le géant hollandais, fondé en 1891 par le banquier F. Philips et son fils, a commencé par fabriquer des lampes à incandescence, avant de devenir la NV Philips Gloeilampenfabrieken en 1912. Lancé dès 1917 dans la TSF, *Télégraphie Sans Fil* naissante, Philips NV a racheté de nombreuses usines dans toute l'Europe, ainsi qu'en Australie, Canada, Indes, États-Unis et Japon. Ces usines sous-traitaient pour Philips, ou fournissaient des éléments séparés et des matériaux (tôles de nickel, produits de verrerie, fils) aux autres usines du groupe, et bénéficiaient en contrepartie des recherches, des avancées technologiques, et même des machines, outillages et moyens de contrôle développés par Philips.

En Hollande, les usines et laboratoires du groupe furent répartis entre les trois sites de Eindhoven, de Heerlen, et de Sittard.

Fondée en France en 1920, *La Lampe Philips* devenue en 1929 *La Société Anonyme pour l'importation et la vente en France des produits Philips d'Eindhoven* fusionne en 1931 avec la société **Philips Radio** créée en 1925, et devient la **S.A. Philips Éclairage et Radio**

La **Radiotechnique (RT)** créée en 1919 s'accorde en 1931 avec Philips pour fabriquer en France les récepteurs et lampes auparavant importés de Hollande. En 1947 la CSF cédera RT à Philips.

En Allemagne, Philips achète **CHF Mueller** en 1927 et **Valvo** en 1932, puis 25 % de **Grundig** en 1979.



Figure 31. Tube EL34 labellé Miniwatt-Dario, vendu en France et emballé en décembre 1963 : date imprimée 12.3 sous le label. N'étant pas marqué importé de Hollande on le suppose fabriqué par Radio-Technique. Pourtant, les codes gravés xf2-B3G2 visibles dans le rectangle et remis à l'endroit dans la vue de détail, montrent qu'il s'agit d'un tube anglais sorti de l'usine de Blackburn, deuxième semaine de juillet 1963 (code type xf2). C'est donc un vrai Mullard, comme le confirme le double-getter. On remarque aussi les plaques soudées par points, et non agrafées (montage plus rigide) et le mica inférieur n'ayant aucun contact avec le bulbe. Le tube EL34 est apparu en 55 (code KE chez Mullard et SY chez Philips) avec base métal, conservée jusqu'à fin 57 (code KE2). Entre 58 et 61, la base bakélite était plus large (code xf1). Après 61 le code devient xf2 et après 68 le getter devient simple. En 73 le code devient xf3. Les plaques sont agrafées à partir de fin 75 (code xf4) et les radiateurs d'écran en haut ont une découpe en biais, ceci jusqu'en 80, fin de la production Mullard.

USINES PHILIPS EN HOLLANDE	
T, 1, 2, 7, 8	Philips Eindhoven
3	Eindhoven jusqu'au 01/01/1970
6	sous-traitance en URSS
9, Δ	Heerlen
X, Y, +	Sittard, NL
USINES MULLARD EN GRANDE-BRETAGNE	
B	Blackburn. Fabriquaient les fameuses EL34 code KE, KE2 puis Xf1 à Xf4 entre 1955 et 1980 environ. Production de très grandes séries
G	Fleetwood. G inversé partir de 1954
J	Tottenham. Auparavant usine Tungstam, passée sous contrôle de Mullard en 1952
R	Mitcham. Production de moyennes séries
Λ	Mullard Radio Valves Co Ltd, Croydon
Φ, □	Whyteleafe, usines A et B
∩	Salfords
FOURNISSEURS DES USINES MULLARD EN GRANDE-BRETAGNE	
≡	Electronic Tubes Ltd
ε	Marconi, Chelmsford UK
⋈	English Electric Valve Co
ċ	Cinema Television
Ω	Ferranti
∨	EMI, Electrical and Musical Industries
I	Thorn-AEI Radio-Valve Co du groupe Ediswan, UK
U	Thorn-AEI Radio-Valve Co, du groupe BTH. (Brimar)
USINES PHILIPS EN EUROPE	
f	STC, Standard Telephones and Cables Ltd, UK (Thorn-AEI)
∩	Marconi-Osram-Valve Co, UK
D	Valvo, Hambourg, RFA
F	La Radiotechnique RT-Dario, Suresnes, F
=	La Radiotechnique Néotron, Clichy, F
±	La Radiotechnique Chartres, F
>	Visseaux, Lyon. Pologne après 01/01/1970
J	CIFTE Courbevoie, F
L	MBLE, Manufacture Belge de Lampes Électroniques (Mazda) Bruxelles. Logo Adzam
3	Fivre, Italie depuis 01/01/1970
Δ	Philips Copenhague, DK
≠	Siemens et Halske, Munich, RFA
⊥	Telefunken Ulm et Berlin, RFA
☉	Elektronska Industrija, Nis, Yougoslavie

Tableau 5. Les codes des usines du groupe Philips.

En 1941, le canadien **Rogers-Majestic** passe dans le groupe Philips. Aux USA, Philips, par sa filiale **Norelco**, achète Amperex en 1955 et les groupes **CEG** et **ECG** (lampes Sylvania) en 1980.

Tous les tubes sortis des usines rattachées à Philips possèdent un code imprimé indélébile de couleur gris pâle, tirant parfois sur le jaune, près de la base. La première ligne indique le type et le lot, et la seconde l'usine de fabrication, suivie de la date. L'usine est parfois différente de l'indication du logo : un tube labellé Miniwatt / Philips peut sortir de l'usine Mullard anglaise, ou de l'usine Radiotechnique française. La liste du **tableau 5** donne les principaux codes et usines correspondantes.

Ces codes indiquent la date de sortie d'usine : dernier chiffre de l'année, mois dans l'ordre alphabétique (janvier = A) et numéro de semaine. Ainsi, un tube codé B3G2 est issu de l'usine Mullard de Blackburn (B) en 1963 (3), deuxième semaine (2) de juillet (G), tel ce EL34 **figure 31**.

Ce tube anglais, ayant été fourni à Philips, a été emballé en Hollande en décembre 1963 – comme le précisent les chiffres 12-3 sous le label – et il était destiné au marché français.

Cette pratique était habituelle chez Philips : lorsque le marché d'un pays était demandeur pour un type de tube, on le faisait venir – sans label – d'une usine déjà opérationnelle sur ce type, plutôt que de relancer une production sur place. C'était (déjà !) le début de la mondialisation...

Évidemment, un label *local* et une date étaient imprimés sur ces tubes, car l'acheteur d'un poste Radiola fabriqué en France aurait eu du mal à comprendre pourquoi un tube anglais vieux de plusieurs années était utilisé dedans ! À l'époque *Made in France* impliquait 100 % in France.

On trouve ainsi plusieurs labels de distribution de Philips : Miniwatt-Dario en France, Impex en Grande-Bretagne, Pope en Hollande, Amperex aux USA, cachant parfois des tubes très recherchés faits par Mullard ou Siemens, ou bien de vrais tubes Philips venus de Heerlen.

Il faut donc se fier uniquement aux codes gravés pour établir l'origine d'un tube, le label ne renseignant que sur le pays où ce tube fut vendu ou utilisé.

Les photos **figures 32 à 35** montrent un assortiment de tubes audio Philips fabriqués en Hollande. Ils sont tous d'une musicalité extraordinaire.

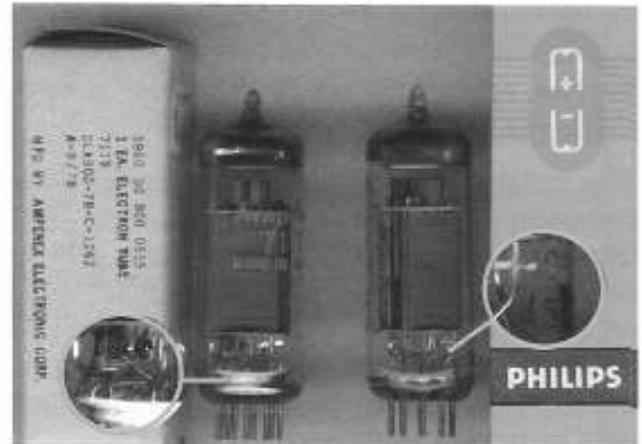
Le **tableau 6** donne les codes de type rencontrés sur les tubes européens les plus utilisés en audio.

ECC81 / 12AT7	Tk, VF, YK
E81CC / 6201 / 12AT7-WB	Df, VG, r5
ECC801S / 6679	ACZ
ECC8100	ABR
CV4024 / VX8162C	65
ECC82 / 12AU7	Gf, k6
12AU7S	mH
E82CC / 6680	mX
ECC802S	ABS
6189 / 12AU7WA	
5814	r4
CV4003 / M8136	63
ECC83 / 12AX7	i6, m9, mC, f9
7025	i+
E83CC / 6681	Hf
CV4004 / M8137	64
5751	AAZ
ECC808	C6
E283CC	m5
ECC88 / 6DJ8	Cm, GA
E88CC / 6922	7L
E188CC / 7308	VR
CV4108	dY
E80CC / 6085	VB, WK
E180CC / 7062	IV, 6T
E182CC / 7119	ID
5687	AAY
6CG7	dE
EF86 / 6267	tE, 8Y
EF804 / EF804S	tm, rA
EL84 / 6BQ5	kM, rX
E84L / 7320	Xr
EZ80 / 6V4	kB, kC
EZ81 / 6CA4	8t
5Y3GT	PY
GZ34 / 5AR4 / CV1377	rS, f3, CE, mN, tV
5R4G	ABP, kZ
6SN7GT	r9
6V6	FP, FR
6L6GA	9K
KT66	0S
EL34	KE, KE2, Xf1 à 4
6CA7	SY

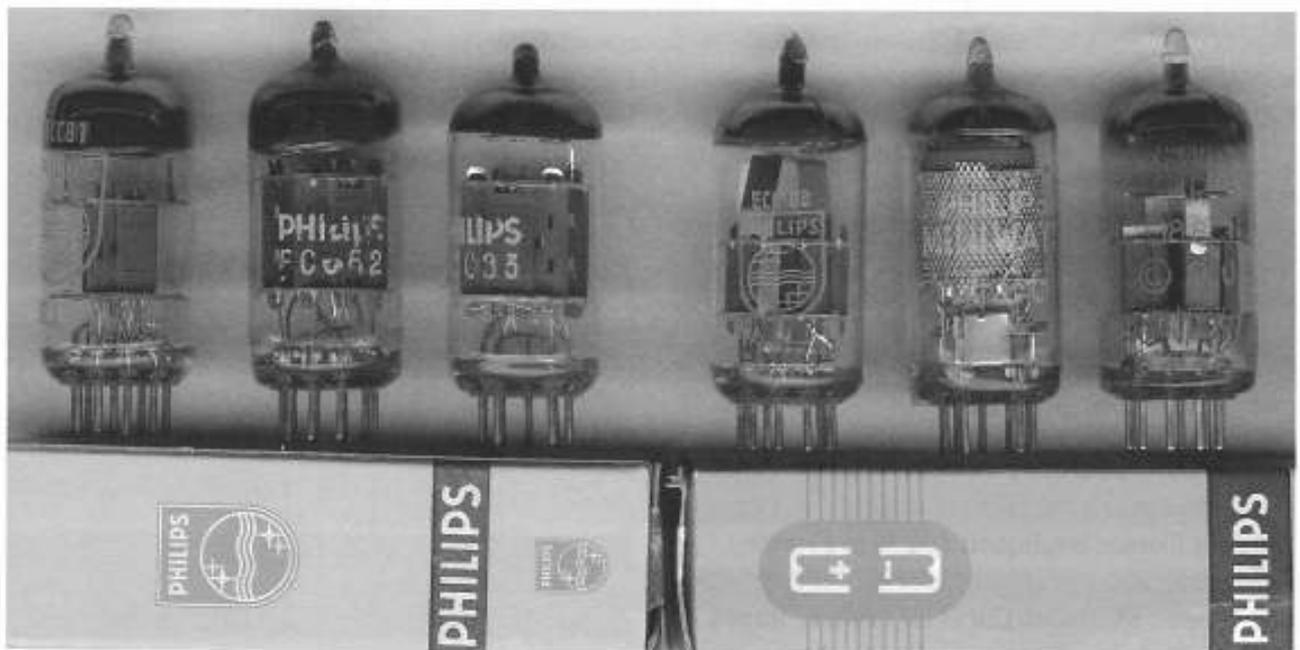
**Tableau 6.** Codes Philips des tubes les plus utilisés.



**Figure 32.** Une EL34 de 1957 fabriquée à Eindhoven. La base en métal porte le code gravé SY1-57C. Très difficiles à trouver en bon état, ces versions à base métal ont été fabriquées à partir de 1954 avec base plus haute, code SY0, puis base comme ci-dessus de 1955 à 1957. Le getter est en disque plat sur deux supports et les plaques soudées.



**Figure 33.** Les codes gravés sur ces deux tubes E182CC / 7119 apparaissent dans les vues de détail, ID6-17G2 pour celui de gauche, labellé Amperex made in Holland et ID4-15i2 pour celui de droite, labellé Philips. De fabrication identique, ils sortent tous deux de l'usine de Heerlen, et portent le même code de type ID mais deux numéros de lot différents, 4 pour le Philips de 1975 et 6 pour l'Amperex de 1977, réservé au marché militaire américain, comme le précise sa boîte, elle-même datée de 1978.



**Figure 34.** De gauche à droite, une ECC81 de 1971 avec double support de getter et petites plaques, une ECC82 de 1963, plaques grises nervurées et mica-ressorts, puis une ECC83 de 1972 du lot l66, à tolérances serrées, avec un getter portant 8 embossages (*dimple-getter* visible à ras du flash) et mica-ressorts. Malgré des plaques identiques, la ECC83 supporte une dissipation deux fois plus faible que la ECC82. En quatrième position une ECC88

de 1971 avec un support de getter de type A-frame (cadre en A), elle aussi avec *dimple-getter* et mica-ressorts, contrairement à la majorité des ECC88, puis une EF86 à plaque grise et blindage grillagé, et enfin à droite une des premières E188CC de 1960, labellée Miniwatt-Dario importé de Hollande, avec un getter en forme de D, et un code VR2 Δ0 = . C'est un modèle très rare et hautement réputé. Tous ces tubes sortent de l'usine de Heerlen.

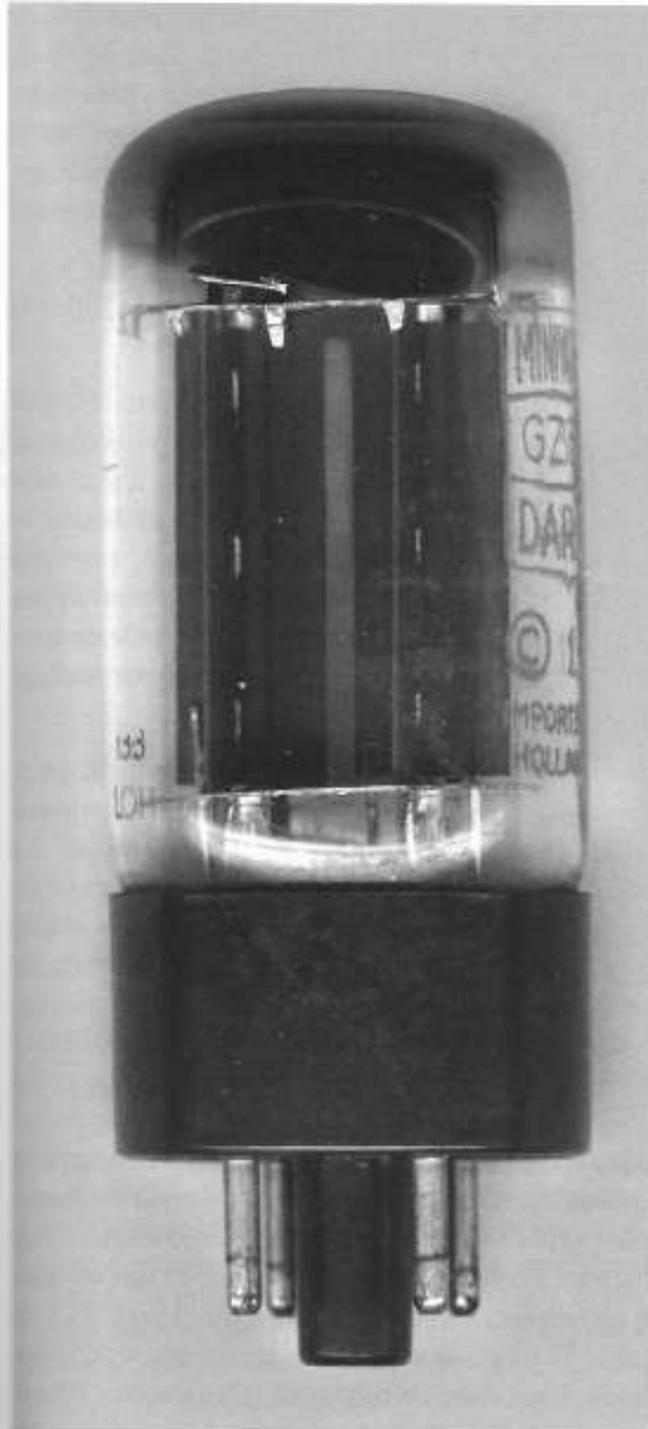


Figure 35. L'usine de Sittard, située à l'extrême sud de la Hollande, non loin de Heerlen, faisait parfois venir des tubes de Belgique, comme cette valve triplaque GZ34. Le code visible en bas du bulbe à gauche est f33 (type) suivi de LOH. Ce tube destiné au marché Français a été fabriqué en août 1960 par la MBE à Bruxelles (Adzam), et non par Philips-Sittard, où il n'a subi que l'impression de son label Miniwatt-Dario, contrôle et emballage. La mention *importé de Hollande* est donc légale !

Voir les sites [www.doctsf.com/grandlivre/marques](http://www.doctsf.com/grandlivre/marques) ou <http://pascalsimeon.free.fr>.

Les avancées technologiques sont très nombreuses à cette époque, Mullard ainsi que les laboratoires Philips de Eindhoven et Heerlen ayant mené des études poussées sur les sensibilités microphoniques des tubes, et les dispersions dues aux tolérances de fabrication.

Des tubes soumis aux vibrations étaient macrophotographiés en détail pour visualiser les mouvements des éléments internes, ce qui a mis en évidence des résonances dans la bande bas-médium vers 500-600 Hz (cathode, filaments, supports de getter) et aiguë vers 2-3 kHz (grilles) mais aussi ultrasonore (grille-cadre vers 30-40 kHz).

D'après le bulletin d'information publié par Mullard, *Mullard Technical Communications* de novembre 1962, les progrès les plus notables sont sans aucun doute:

- **Les cathodes *locked seam*** formées à partir d'une feuille de nickel découpée et pliée (sur plieuse 4 plis) puis sertie en tube rectangulaire, au lieu des cathodes embouties. La précision dimensionnelle de ces nouvelles cathodes est de l'ordre de  $\pm 4 \mu\text{m}$  ! et la planéité parfaite permet de diminuer la distance grille / cathode, augmentant l'action de la grille (pente et gain élevés).
- **Revêtement de cathode** à base de poudres ultrafines, contrôle microscopique de l'épaisseur de l'enduit et de sa répartition, afin de permettre la diminution de la distance grille-cathode sans risque de contact.
- **Filaments** en fils triple pouvant être torsadés et logés dans les nouvelles cathodes minces sans contrainte excessive. Fiabilité des filaments nettement accrue.
- **Micas** revêtus d'alumine améliorant l'isolement des électrodes.



Mica-spring en forme de L

Double support de getter



Deux micas superposés

**Figure 36.** La sensibilité microphonique des tubes est combattue par des dispositions astucieuses, qui empêchent toute vibration de la cathode, tels les *finger-mica* ici en forme de L sur un tube Mullard CV4108 de 1967 (E188CC / 7308).

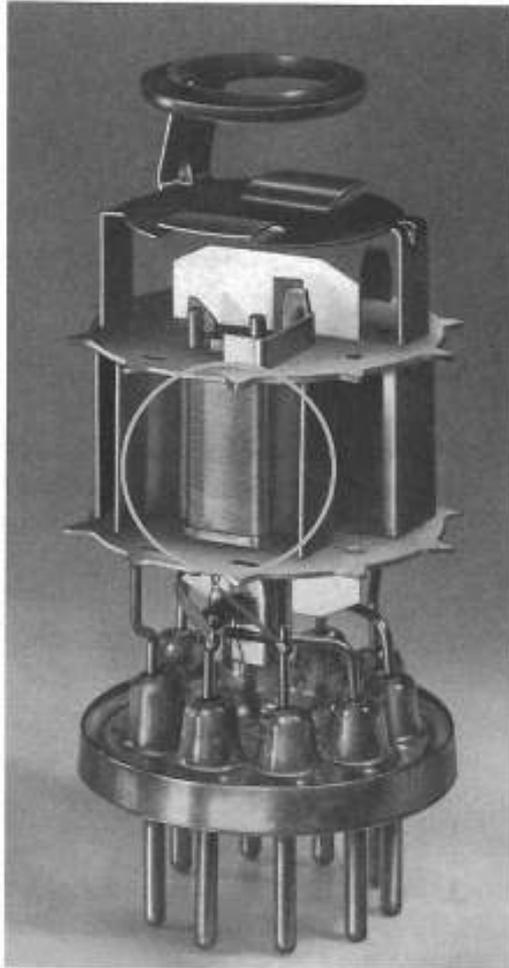
- **Micas-springs**, disque de mica supplémentaire ajouté sur le mica supérieur. Ce disque présente des découpes en forme de L, ou parfois plus complexes, et dont une extrémité vient appuyer sur la cathode, ou sur l'électrode sensible aux vibrations. Appelés aussi *finger-mica*. Microphonie nettement réduite. Voir **figure 36** ci-contre.

- **Supports de getter** double afin de rigidifier la structure.

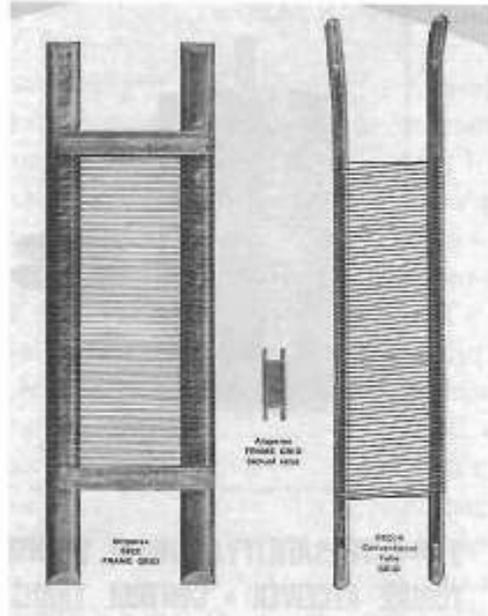
- **Plaques symétriques** formées de deux moitiés identiques, toutes deux serties et verrouillées sur les micas. Les anciennes plaques dont une moitié est plane et fixée au mica, et l'autre emboutie et sertie à la première mais non au mica, sont peu rigides et donc microphoniques. L'évolution des plaques ira jusqu'à la fameuse *box-anode* en tube rectangulaire sans agrafes, mais sertie par roulage sur toute sa longueur, donc très rigide.

- **Grille-cadre** : les deux tiges supports de la grille (fil enroulé en hélice ovale à pas fin) étaient auparavant maintenues seulement par les micas. La grille seule avant son montage n'avait aucune rigidité et son placement autour de la cathode n'était possible qu'avec un espacement grille / cathode suffisant. La grille cadre voit ses deux tiges supports reliées entre elles par deux double-barres horizontales (parfois trois) formant un cadre. La grille est enroulée en hélice plate, les deux supports en fil de molybdène ayant un diamètre précis (tolérance  $\pm 5 \mu\text{m}$ ) choisi pour obtenir l'espacement grille / cathode souhaité, de 0,04 mm. Cette distance peut être réduite de moitié, ce qui améliore nettement l'effet de la grille (pente) mais impose que le fil de grille supporte la température de la cathode. Il est donc en tungstène, de diamètre  $10 \mu\text{m}$  avec une tolérance de  $\pm 0,2 \mu\text{m}$  ! La grille-cadre (*frame-grid* **figure 37** et **38**) est apparue en 1958 sur le tube PCC189, double-triode à pente variable pour montage cascade dans les téléviseurs, ancêtre de la famille ECC88. (les ECC189 / 6ES8 et PCC189 ne sont pas utilisables en remplacement des ECC88, à cause de cette pente variable)

- **Inspection optique à 100 %** des grilles-cadres avant assemblage, avec projecteur grossissant et gabarit permettant de contrôler le pas de la grille et sa régularité.



**Figure 37.** Les premiers tubes à grille-cadre ont été développés pour les téléviseurs, où ils étaient utilisés dans des circuits cascades à faible bruit et grand gain. Ici, un dessin publicitaire des années 60, montrant la structure d'un PCC88 avec une demi plaque enlevée afin de voir la grille-cadre, dont le fil très fin est quasiment invisible. Le pas très serré rend la grille presque opaque, on distingue à peine la cathode à travers. On remarque aussi le getter-shield, écran en nickel sous le getter, et le blindage brillant disposé entre les deux triodes.



**Figure 38.** Vue de détail d'une grille-cadre, d'après documents Amperex de 1960. Le fil de tungstène utilisé est de diamètre 0,01 mm et le pas de grille de 0,07 mm est deux à trois fois plus fin que celui d'une grille classique, à droite. Taille réelle 3 x 10 mm environ.

Pour plus de détails, les lecteurs anglicistes pourront visiter les sites [www.thevalvepage.com/valve-tek/wheatip/p2/wheatip2.htm](http://www.thevalvepage.com/valve-tek/wheatip/p2/wheatip2.htm) (technologie Mullard) qui montre des photos d'époque, où l'on voit les vibrations des éléments internes des tubes, et les mesures de spectres correspondants, et <http://www.vintagetubeservices.com/page9.html> (détail des tubes Amperex-Philips à grille-cadre).

L'histoire des fabricants de tubes en Europe est incroyablement complexe, et de très nombreux accords croisés, des regroupements, des prises de participation, rendent les choses encore plus floues. Après la Hollande et Philips, je vous propose un petit tour d'horizon des productions de quelques autres pays les plus représentatifs.

## LES FABRICANTS FRANÇAIS

C'est au colonel Ferrié qu'on doit la première industrialisation de lampes radio, inspirées des Audions de l'Américain Lee de Forest. Pour l'anecdote, c'est Pichon, chef des brevets chez Telefunken – et considéré comme traître pour cela – qui en rentrant en France en 1914, apporta des Audions à Ferrié et se racheta ainsi. Ferrié a suivi de très près les travaux de Marconi et il devient responsable de la Télégraphie Militaire (TM, l'ancêtre des Transmissions). Il s'installe à Lyon en 1915, loin du front, pour mettre au point des lampes de réception, les fameuses TM à pointes, qui seront fabriquées en série par les usines **Grammont** toutes proches, à Croix-Rousse. Ferrié fondera en 1919 le Laboratoire National de TSF. Après la guerre les lampes TM fabriquées par Grammont seront commercialisées sous la marque **Fotos**.

La CGE, **Compagnie Générale d'Électricité** fondée en 1898 à Paris, produit également ces lampes dès 1916 à Ivry sous la marque **Métal** pour faire face à la demande des militaires : jusqu'à 1000 lampes sont construites chaque jour en 1918 !

D'autre part, en 1879 Elihu Thomson, alors professeur de chimie à la Central High School de Philadelphie crée, en association avec Edwin Houston, une des plus importantes sociétés d'électricité du dix-neuvième siècle, Thomson-Houston, qui installe des filiales en Europe. En 1893, est formée à Paris la CFTH, **Compagnie Française Thomson-Houston**, ainsi que la **British-Thomson-Houston**, BTH au Royaume-Uni en 1896.

Après l'arrêt des hostilités, les lampes continueront d'être produites pour la radio, par la **Radio-Technique** dès 1919, et la **Société Indépendante de TSF**, la **SIF**, ainsi que par la **Compagnie des Lampes**. Cette dernière est créée en 1921 par association de la CFTH et de la Compagnie Générale d'Électricité (CGE). La CFTH commence à commercialiser des émetteurs et récepteurs radio. Les lampes Métal produites par la CGE prendront plus tard la marque Mazradia puis **Mazda**, nom créé par la branche anglaise BTH. Elles seront aussi produites à Bruxelles par la **Manufacture Belge de Lampes Électroniques**, **MBLE** sous le label **Adzam**.

La **Société Française de Radio-Électricité**, **SFR** créée en 1910 passera sous contrôle de La Compagnie Générale de TSF, devenue **CSF**, en 1919, puis associée au groupe Thomson en 1968.

En 1920, Philips s'accorde avec la Radiotechnique pour importer les composants et récepteurs, puis en 1931 pour fabriquer en France les appareils Philips. RT devient filiale de Philips à part entière en 1947, avec les usines de Clichy (Néotron), Suresnes puis Chartres ouverte en 1953. Les tubes construits en France sous licence Philips depuis 1927 portent le label **Miniwatt-Dario**. La Radiotechnique produit cependant des tubes sous son propre label **RT**, pour des applications de sécurité, puis sous le label **RTC**, Radio-Technique-Compelec, à Joué-les-Tours jusqu'en 1981.

Ces mêmes tubes exportés en Angleterre portent le label **Impex**, parfois **Impex-Dario**, qui n'est qu'une marque de distribution, d'après les informations que j'ai pu obtenir.

**En 1931** La Compagnie des Lampes (capitales CFTH) et Philips forment une joint-venture : Fabriques Réunies de Lampes Électriques, qui exploite les marques Mazda et Ultron.

En 1952 le rapprochement des sociétés Grammont-Fotos, et **Claude, Paz et Silva** aboutit à la SARL **Belvu**. Puis **Visseaux**, qui a collaboré avec Sylvania depuis 1948, sera intégré par Claude Paz en 1956.

Mazda et Belvu fusionnent en 1967 et forment la **Compagnie Industrielle Française des Tubes Électroniques**, **CIFTE** qui sera associée à la filiale **Orega** du groupe Thomson-CSF.

On peut donc considérer que deux concurrents principaux fournissent le marché français : les sociétés rattachées au groupe Philips d'une part, et celles appartenant à la Thomson-Houston d'autre part. La filiale française du hongrois Tungstam, voir **figure 39**, restera le seul fabricant indépendant.

Les photos **figures 39 à 42** montrent quelques tubes NOS français réputés, avec les labels Miniwatt-Dario, RT (ou RTC) et Mazda-Belvu-CIFTE-Orega qui ne réservent jamais de mauvaises surprises.



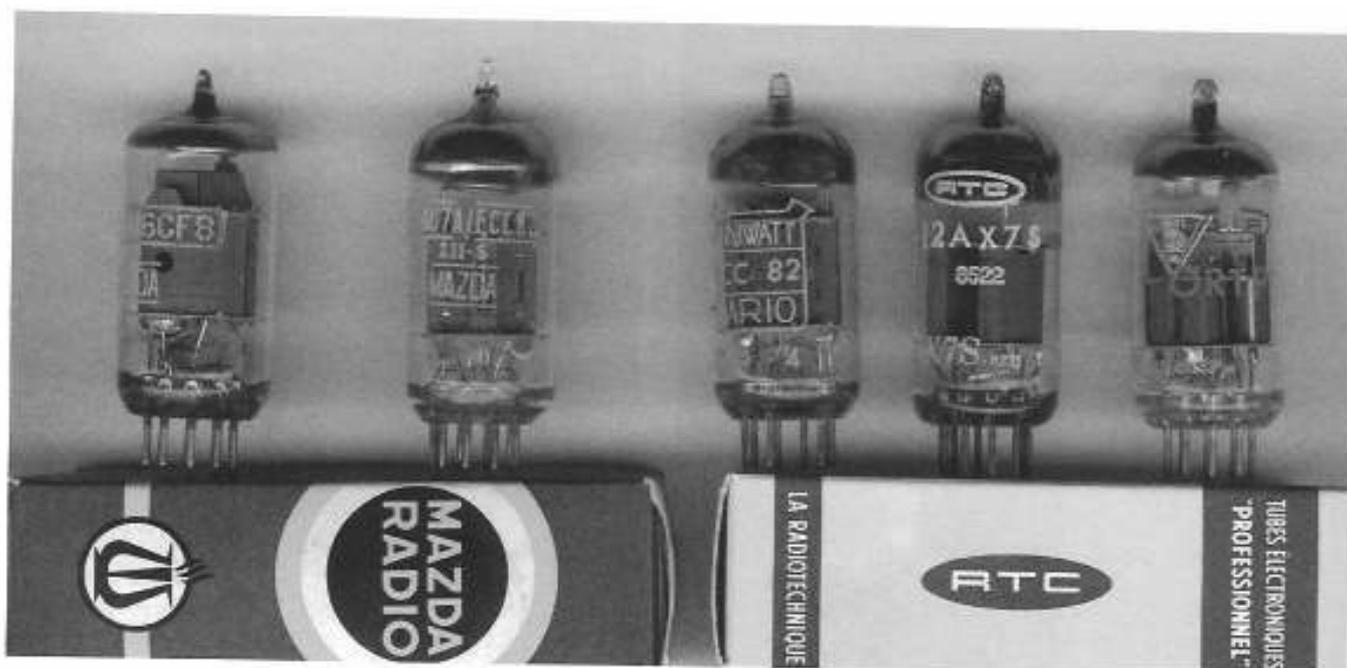
**Figure 39.** À gauche une valve biplaque 5Y3G de Tungram, fabriquée en France en Avril 1952. Le bulbe est encore de forme ancienne, ST. On remarque le getter-flash en bas et les ressorts *canne à pêche* qui tendent les filaments, tout en haut. Sur ces tubes à getter en bas, toute trace de noir en haut du bulbe, à la verticale des filaments, trahit un tube usé. La 5U4-G de droite, grande sœur de la précédente, est sortie

de l'usine RT de Clichy en avril 1958, avec le label Néotron. On voit, derrière le getter-flash, l'embase en verre aplatie, avec les connexions en ligne. On remarque en haut les mêmes supports *canne à pêche*, des ressorts antichocs en mica, et des halos sombres sur le bulbe : ce tube a fonctionné 600 heures. Tous ces détails montrent une construction sur des gabarits RCA anciens, des années 40.



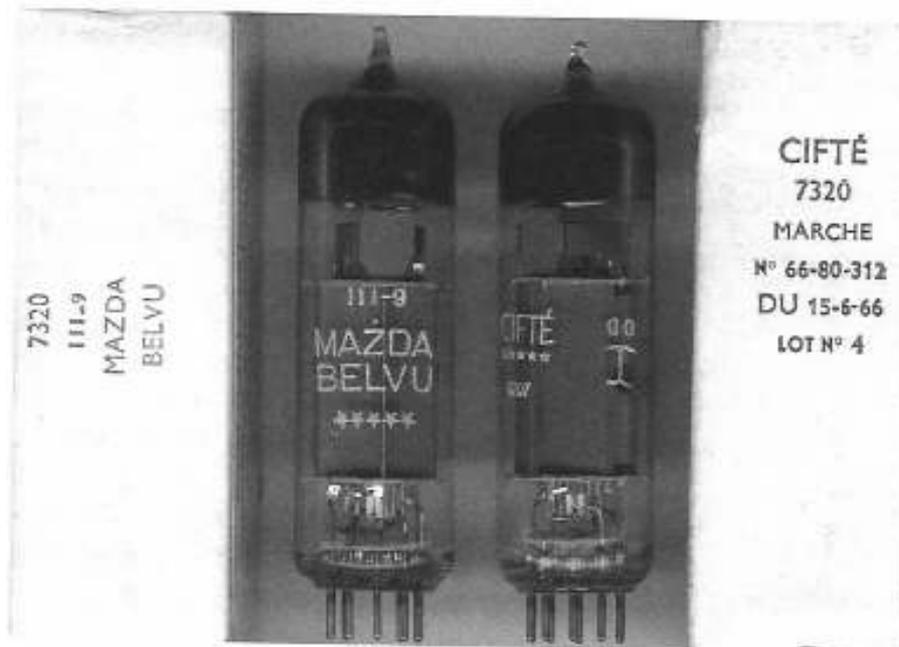
**Figure 40.** On trouve de magnifiques Mazda ECC83, comme cette vraie... Telefunken (!) de 1967 relabellée ci-dessus, à plaques lisses, embase bleutée et carré gravé entre les broches (voir plus loin les signes distinctifs des tubes Telefunken), ou ces deux

versions à plaques argent, ci-dessus, montrant un troisième mica, des mica-springs et un double support de getter. L'une est labellée Mazda 5 étoiles 1966 et l'autre Orega-CIFTE 5 étoiles 1972.



**Figure 41.** Deux tubes Mazda à gauche, une EF86 / 6CF8 de fabrication Telefunken (carré entre les broches) reconnaissable à son écran gris plein (non grillagé) et à son blindage sous le getter, et une ECC82 de 1965, dont les plaques présentent des découpes rectangulaires laissant voir la grille. Les ECC82 ont habituellement de longues plaques grises nervurées, comme cette Miniwatt-Dario au centre, code F4F2 fabriquée en France en juin 1964 par La RadioTechnique. RT marquait de son propre label les tubes professionnels, telle cette 12AX7-S de sécurité,

fabriquée en 1985, avec des *box-plates*, plaques de formes rectangulaires assez larges mises au point par Mullard. À droite, un tube E188CC / 7308 fabriqué par RT à Suresnes (code FRS) pour l'ORTF en 1974, et qui porte un label triangulaire d'un laboratoire de contrôle. On peut remarquer que tous ces tubes ont des bulbes avec de petits sillons en relief sur le dessus, ce qui est typique des fabrications hollandaise, anglaise et française. La Mazda-Telefunken à gauche n'en a pas et son bulbe est plus plat en haut, et un peu plus large.



**Figure 42.** La pentode 7320 / E84L est la référence professionnelle et militaire de la bien connue EL84 / 6BQ5. La Mazda-Belvu 5 étoiles à gauche (code FEC-66424-HF) est de mars 1969, et la CIFTÉ 5 étoiles à droite (code FEC-66104-HF), de construction rigoureusement identique, est de juillet 1967. Voilà un exemple de tubes sortis d'un même lot en 1966 mais labellés à des dates éloignées, avec des marques différentes ! (La date de juin 1966 sur la boîte de droite est celle de passation de la commande)

## LES FABRICANTS ANGLAIS

C'est sans doute au Royaume-Uni que les imbrications des différentes sociétés sont les plus nombreuses, à tel point qu'une commission fut chargée dans les années 50 d'étudier cette question afin de vérifier qu'une libre concurrence existait.

Le rapport d'étude, disponible sur le site [http://www.competition-commission.org.uk/rep\\_pub/reports/1950\\_1959](http://www.competition-commission.org.uk/rep_pub/reports/1950_1959) (en anglais uniquement) a servi de base à l'historique résumé ci-dessous.

Il faut remonter à 1883 pour trouver le point de départ de l'industrie électrique au Royaume-Uni, avec la fondation de Edison-Swan United Electric Light Co Ltd, baptisée ensuite Edison-Swan Electric Co en 1916, créatrice du label **Ediswan**.

La société AC **Cossor** Ltd naquit en 1890 – elle construisit les premières lampes de Fleming – et la **Marconi Wireless Telegraph** Co apparut en 1897. Ces trois compagnies furent les seuls producteurs de tubes et de matériel de radio et télégraphie jusqu'à la première guerre mondiale.

La demande s'accrut brutalement à cette période et le gouvernement passa de grosses commandes de matériel militaire, ce qui amena d'autres sociétés à s'intéresser à ce marché : la **General-Electric-Company** GEC fondée en 1889, la **British-Thomson-Houston** BTH datant de 1896, créatrice de la marque **Mazda**, et la **British-Westinghouse Electrical and Manufacturing** Co Ltd, formée en 1899 et plus connue comme **Metropolitan-Vickers** (**Metrovick**).

À la fin 1918 seuls deux clients constituaient le marché des tubes : d'une part Marconi pour la radio civile et les télécommunications, d'autre part le gouvernement pour les militaires.

**Robertsons Lamps** fondée en 1890 à Brook Green, Hammersmith, fabriqua des lampes d'éclairage à filament de carbone (obtenu à partir de fils de coton), avant d'être rachetée par l'Allemand Osmium-Wolfram GmbH (voir plus bas), nom qui sera contracté et anglicisé en **Osram**. L'usine, qui fabriqua les premières lampes à filament d'osmium puis de tungstène (voir le site <http://www.bulbcollector.com/story1.html>) sera reprise par GEC au titre des dommages de guerre, en 1919. Jusqu'à sa fermeture vers 1984, on pouvait voir sur le côté d'un des anciens bâtiments, une image d'une lam-

pe peinte de 5 m de haut, avec en dessous le label *Robertson's Lamp*.

Cette même année 1919, Marconi s'associe avec GEC, **General-Electric-Co** Ltd pour former **Marconi-Osram-Valves, M-O.V.**

En 1920 le capitaine **Mullard**, ayant travaillé dans les transmissions, crée la Mullard Radio Valves Co Ltd.

Philips acquiert la moitié de Mullard en 1924, puis en prendra le contrôle total en 1927. Les deux plus importantes unités de production de tubes situées à Blackburn et à Mitcham ont arrêté définitivement leur production en 1988.

La **Western Electric** s'implante au Royaume-Uni en 1883 avec un petit distributeur à Londres. En 1925 la branche internationale de WE passe aux mains de ITT, la branche anglaise devient sa filiale **STC**, Standard Telephone and Cables. Les tubes portent alors la marque **Standard**. En 1932-33 le label devient **Micromesh**, puis **Brimar** à partir de 1934 et jusqu'en 1960 (**British Made American Range**). La branche téléphone de la CFTH passera également sous le contrôle du trust américain ITT, qui possède à l'époque des usines de composants électroniques en Europe de l'Est (SEL, Standard Electric Lorenz), participera industriellement à l'effort de guerre des nazis, et soutiendra les franchistes afin de conserver le marché du téléphone public en Espagne. De nombreux tubes sortis des usines STC (Brimar, Footscray et Rochester) sont en fait importés et relabellés, leur origine restant parfois mystérieuse.

L'usine Brimar sera vendue au groupe Thorn-AEI en 1960.

Presque tous ces fabricants anglais s'associent au sein de la **British-Valve-Association** en 1926. Les tubes porteront alors le logo **BVA** ovale, en plus du logo du fabricant.

Seuls Ediswan (en partie), BTH et Metrovick restent en dehors de la BVA et forment le groupe AEI (Associated-Electrical-Industries Ltd) en 1928.

En 1930, Ferranti, Hivac (High Vacuum Valves) et surtout **Tungram** concurrencent la BVA. Puis MOV et la GEC forment en 1946 la English-Electric-Valves **EEV** puis E2V, et Philips Electrical

Industries est formé en 1947 et contrôle une grande partie de la BVA.

British Tungstam passe sous le contrôle de Mullard en 1952, et intègre ainsi la BVA qui possède alors un quasi-monopole pour la fourniture de tubes électroniques.

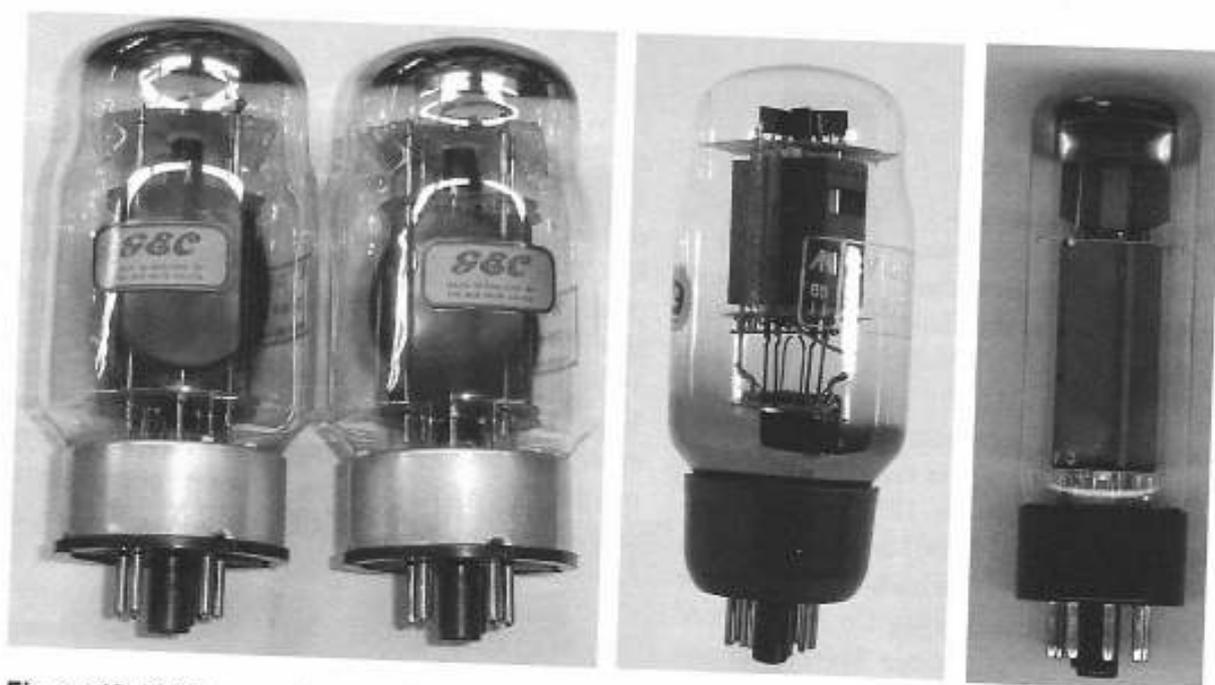
À partir de 1955, le groupe Thorn-AEI passe des accords avec l'Américain Sylvania pour concurrencer la BVA.

On retiendra surtout que Philips-Mullard produit en 1954 environ 60 % des tubes électroniques

anglais, la BVA couvrant 97 % de ce marché. Pouvaient-on parler de concurrence?

Les figures 43 à 45 montrent quelques tubes audio anglais réputés.

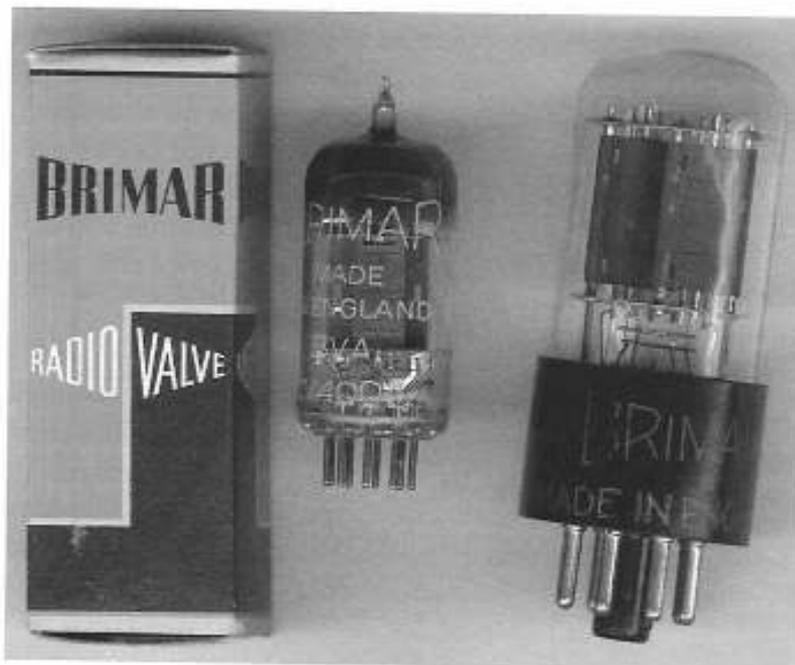
Un petit tour sur le site [http://www.tubemanager.com/NOS\\_Tubes\\_Picture\\_Library](http://www.tubemanager.com/NOS_Tubes_Picture_Library) vous fera découvrir une galerie de photos des tubes les plus recherchés, en particulier les ECC83 Mullard dans leurs versions *long-plates* des années 50, et *box-plates* de 70 à 80.



**Figure 43.** KT66 au centre et KT88 à gauche sont avec la EL34 Mullard à droite les trois reines des tubes de puissance anglais. Les premières KT66 de 1950 labellées Osram ou MOV avaient un verre traité gris opaque, et parfois une référence militaire CV1075, comme celle-ci. GEC en a fabriqué jusqu'en 1980, avec label Genalex sur un autocollant bleu clair. La KT88 à gauche, kinkless-tetrode ou tétrode sans creux (dans les courbes) a été développée pour concurrencer la 6L6, avec une dissipation plaque supérieure, et une robustesse à toute épreuve : trois micas, des colonnes support supplémentaires, triple-getter (parfois CV5220). Très rares à l'état neuf, comme celle-ci avec des flashes parfaits. La EL34 à droite est une des dernières versions, de 1975, avec un getter simple et plaques agrafées en trois points. Les radiateurs d'écran sont coupés en biais. Code xf3 / B5F3, Mullard usine de Blackburn juin 1975.



**Figure 44.** À gauche une E188CC / 7308 / CV4108 à broches dorées, code dY0 / R7E4 sortie de l'usine de Mitcham en mai 1967. Au centre la fameuse ECC83 Box-plates, avec ses larges plaques rectangulaires, code 64i / R5D3 de Mitcham également en 1975. Ses plaques n'ont pas d'aile, contrairement aux séries plus anciennes. On en trouve avec le label RTC datée de 1981 à 85. Mullard a également produit des versions à plaques longues, nervurées de 17 mm, jusqu'en 1956, puis plaques nervurées de 15 mm jusqu'en 1966. Les *box-plates* sont apparues ensuite. À droite une ECC81 code tk3 / B5F1 qui malgré son label Miniwatt de décembre 1965 sort bien de l'usine Mullard de Blackburn en juin de la même année. On remarque la plaque avec 3 trous ronds sur la tranche, du côté opposé au sertissage.



**Figure 45.** Brimar a fabriqué d'excellentes ECC83 avec la référence militaire CV4004. Construites comme une Mullard, celle-ci a des plaques version 66 à 75, avec une seule aile sur le côté, où se situe l'agrafage. Les versions postérieures *box-plate* seront serties par roulage, sans agrafe, et plus larges, voir figure précédente. À droite, une des très rares 6SN7 GT fabriquées en Europe, sur gabarits Philips, avec des plaques ovales nervurées (code 1B5 / MBA / i12). Les tiges support sont serties par œillets dans les micas pour une rigidité absolue. Getter en bas et *flat-stem* ou embase pressée aplatie, avec connexions en ligne à l'ancienne, pour ce tube pourtant fabriqué en 1972. A cette époque la base *button stem* avec les connexions en cercle était universellement utilisée. On en trouve (rarement) labellée Fivre ou Philips.

## LES FABRICANTS ALLEMANDS

L'histoire des tubes en Allemagne commence avec Emil Rathenau, qui a acquis les droits concernant les brevets d'Edison, et fonde en 1883 la société *Deutsche Edison Gesellschaft für Angewandte Elektrizität*, rebaptisée AEG, **Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft** en 1887.

La compagnie **Telegraphenbauanstalt von Siemens & Halske** créée en 1847, a tout d'abord fourni des équipements d'éclairage public à Berlin en 1879, ainsi que le tout premier train électrique, des ascenseurs (1880) et des voitures électriques (1881).

En 1919, AEG, Siemens & Halske AG, et **Auer-Gesellschaft** fondent la société **Osram GmbH**, contraction de **Osmium/Wolfram**, nom déposé par Auer en 1906. (Wolfram est le nom allemand du tungstène). AEG et Siemens s'associent pour prendre le contrôle de la société **Telefunken**, fondée par le comte Arco en 1903, et qui met à la disposition de AEG certaines de ses usines. AEG rachètera en 1941 les parts qu'avait Siemens dans **Telefunken**, qui devient ainsi indépendant de Siemens.

Depuis 1966 le groupe porte le nom **Siemens AG**. On peut légitimement se demander comment des tubes Siemens peuvent porter la mention *made in USA* et montrer des ressemblances frappantes avec des références Sylvania ? (exemple : E188CC/7308 nickel pins made in USA, labellé Siemens ou Sylvania indifféremment)

C'est que la division *Amérique du Nord* du groupe Siemens prend ses racines sur les terres de Sylvania, dont on trouvera l'historique un peu plus loin.

La branche **Ligthing Group (LG)** du groupe GTE, qui possède Sylvania, est achetée en 1993 par **Osram GmbH** – citée plus haut – **Osram-Sylvania** devient donc la division nord-américaine de Siemens, et les tubes Sylvania encore en stock ou importés peuvent légalement recevoir le label Siemens !

**Telefunken** est un autre grand nom de l'industrie des tubes, créé en 1903 par le comte Arco. La société passe en 1919 sous contrôle de Siemens et AEG, lequel rachètera les parts de Siemens en 1941, puis absorbera Telefunken en 1966.

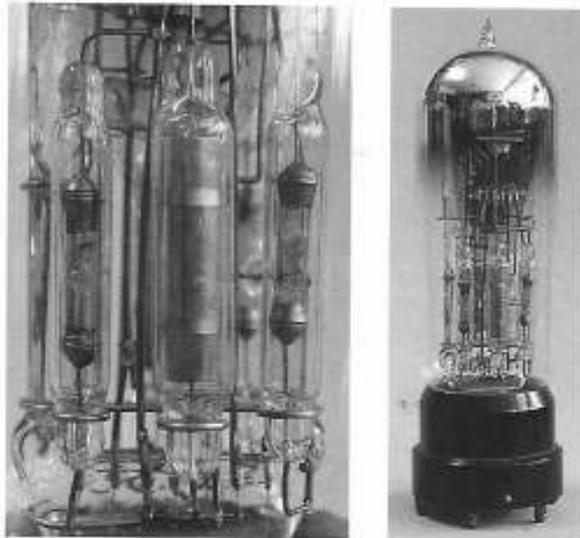
En 1983, le groupe Thomson-CSF achète à AEG la branche grand public de Telefunken. Daimler-Chrysler (Mercedes-Benz) achète à AEG la division semi-conducteurs de Telefunken, qui deviendra Temic.

La compagnie **CHF Mueller GmbH** (Hamburg) qui fabriquait des tubes à rayons X avant 1914, crée en 1924 la filiale **Radio-Roehren-Fabrik GmbH (RRF)** renommée Valvo en 1926. Philips achètera CHF-Mueller en 1927 et Valvo en 1932.

L'histoire des tubes en Allemagne ne serait pas complète sans parler de **Loewe**, qui n'a pourtant jamais fabriqué de tubes pour l'audio ou la Haute-Fidélité, mais seulement des tubes radio et télévision. Le docteur Sigmund Loewe ouvre en 1918 à Berlin un petit laboratoire de fabrication de tubes, qu'il équipe avec du matériel racheté à la RRF de Hambourg et à DeForest aux USA. Parallèlement son frère David fonde en 1923 la **Radiophon GmbH**, rebaptisée un an plus tard **Radiofrequenz GmbH**, entreprise qui sera dirigée en commun par les deux frères. C'est à cette époque qu'un étudiant, Manfred von Ardenne, se fournit chez Loewe pour mener ses recherches. Il deviendra collaborateur de la firme, qui compte en 1924 environ 600 employés. Le troisième des frères Loewe crée la société **Ortophon**.

En 1925, Telefunken revendique la paternité des brevets face à ses concurrents, mais cela n'empêche pas Von Ardenne de développer des tubes combinés, le 2HF puis le 3NF en 1928, qui contiennent dans une seule enveloppe de verre presque tous les éléments indispensables à la construction d'un récepteur radio. Ce sont les premiers circuits intégrés ! En plus des diodes, d'une triode et d'une pentode, les résistances et condensateurs sont moulés dans des enveloppes en verre afin qu'ils ne libèrent pas de gaz dans le tube. La **figure 46** montre un tube 3NFB et le récepteur UO333 qui sera produit dès 1926, et à 1 million d'exemplaires !

Le premier téléviseur est produit en 1931, mais deux des frères émigrent aux USA en 1933, face à la montée du nationalisme. En 1938, Sigmund Loewe est exproprié et rejoint ses deux frères, l'usine est rebaptisée Loewe-Opta et fournit les



**Figure 46.** Le premier circuit intégré date de 1925, avec le tube 2HF. Son descendant le 3NFB de 1928 est visible à gauche, avec à l'intérieur du bulbe, des ampoules contenant les composants passifs nécessaires en plus des diodes et triodes, ainsi que toutes les connexions. Il suffit d'une antenne, d'un circuit d'accord variable et d'un boîtier pour construire un récepteur complet, comme le UO333 ci-dessus, conçu en 1926. L'apparence de ce



tube est très moderne, avec getter en haut, bulbe droit, miniaturisation des éléments, ce qui montre l'incroyable avance technologique de Loewe à cette époque.

Photos H.-T. Schmidt

<http://www.hts-hornepage.de/>

armées. Cette usine sera détruite en 1943 sous les bombardements, puis reconstruite en 1944 pour des fabrications militaires. Sa production dépasse alors celle de Telefunken, avec par exemple le tube RV12P2000 produit à 1 million d'unités !. Restituée à S. Loewe en 1949, Loewe-Opta AG devient une SARL en 1964.

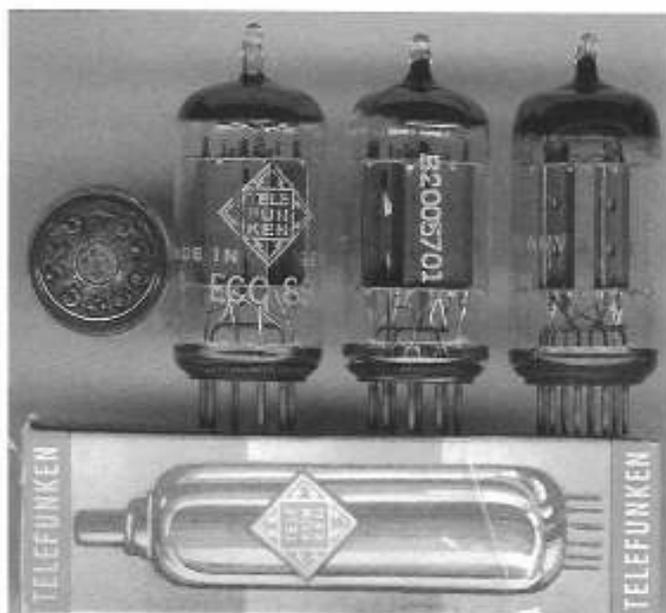
Pour plus de détails le lecteur pourra visiter le site <http://www.hts-homepage.de/loewe/loewe.html> ainsi que <http://www.hts-homepage.de/Tfkprod1.html> pour interpréter les codes des tubes Telefunken.

Les photos **figures 47 à 50** montrent un assortiment de tubes NOS Telefunken, Siemens et Valvo. Les codes inscrits sur les tubes Telefunken indiquent l'usine (B : Berlin, U : Ulm) et la date, d'une manière mystérieuse. La date du jour est inversée, suivent les deux chiffres du mois entre lesquels est inséré le dernier chiffre de l'année. Par exemple le tube ECC83 **figure 47** portant le code B 2005701

a été fabriqué à Berlin le 02 / 07 / 65, et 01 est un numéro de type correspondant au tube ECC83.

Le site <http://www.tube-classics.de/> montre toutes les versions des tubes Siemens, Telefunken et Valvo, ainsi que des tubes Philips en détaillant leurs labels, particularités de fabrication, codes et dates : indispensable pour identifier à coup sûr certains tubes européens d'origine inconnue, ou pour repérer une copie de Telefunken ECC83, et il y en a !

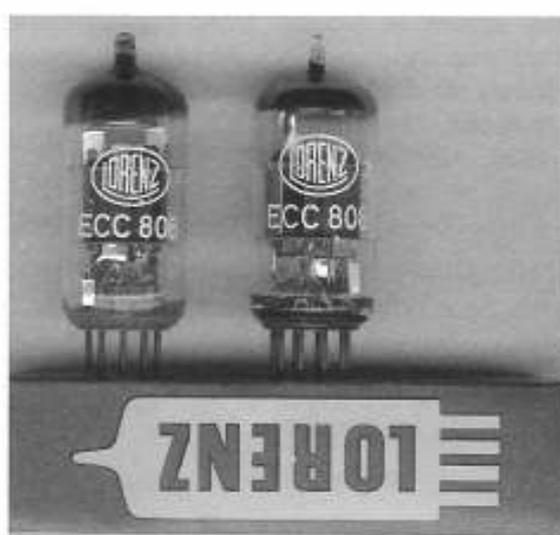
Et pour tout savoir de l'histoire de la pentode EL34, le site <http://www.jogis-roehrenbude.de/> en allemand nous apprend que les usines RFT d'Allemagne de l'Est ont produit ce tube pour le monde entier !



**Figure 47.** Telefunken a fabriqué les plus réputées de toutes les ECC83, avec les ECC803S à grille-cadre, et également cette version ci-contre à longues plaques lisses, devenue très rare et très prisée des audiophiles. De nombreuses copies circulent, avec de faux labels trop beaux pour être vrais : les vrais s'effacent facilement avec le doigt !

On reconnaît les authentiques à plusieurs détails :

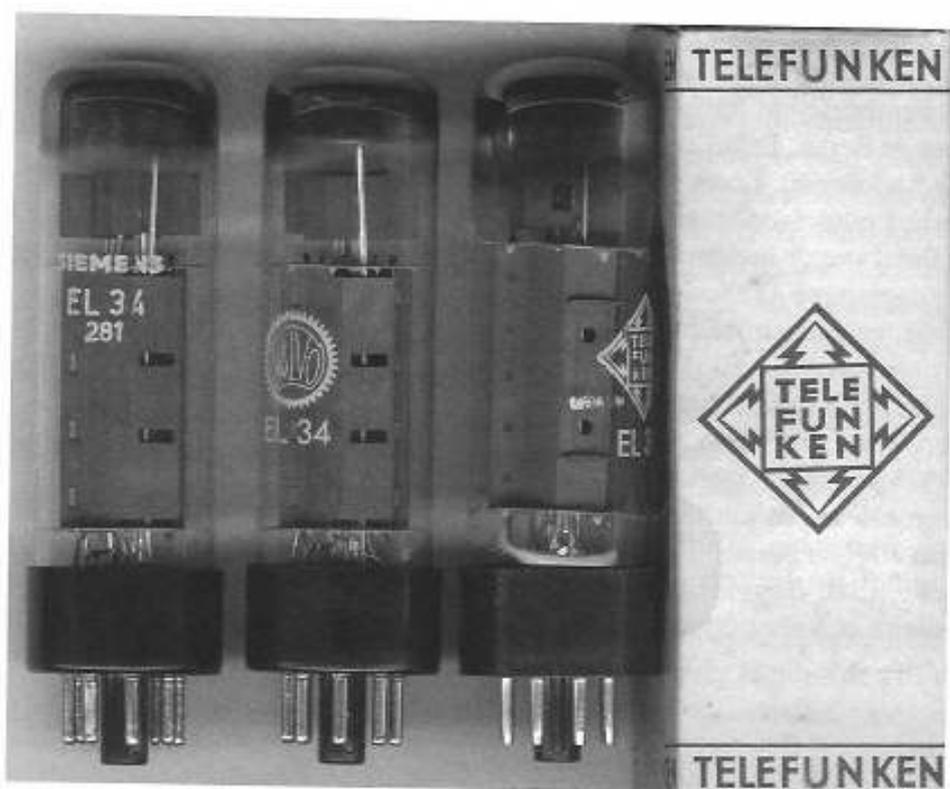
- Carré gravé entre les broches.
- Embase bleutée (en verre à faible fuite).
- Anneau de getter aplati au niveau de sa soudure.
- Agrafage des demi-plaques orienté vers le mica le plus proche.
- Pattes de verrouillage des plaques non repliées sur les micas.
- Mica supérieur double avec mica-springs.
- Trous rectangulaires au bord des plaques (plusieurs versions avec 2, 3, ou 4 trous, plus ou moins espacés)



Au centre du socle, entre les broches, sont gravés le signe <math>\leftrightarrow</math> propre aux tubes Telefunken, et parfois un code chiffré, ici 18/1

**Figure 48.** Valvo étant entrée dans le groupe Philips, on retrouve de nombreuses fabrications communes. La pentode EF86 à gauche est construite sur gabarits Philips, avec plaque argentée et blindage grillagé, son code est 8Y3 – D9A1, usine de Hambourg 1ère semaine de janvier 1969. Le tube ECC808 Valvo est typiquement allemand : c'est un tube proche de la ECC83 mais avec des blindages, un filament torsadé et un brochage différent, afin de minimiser le

ronflement et les bruits de fond. Il a été développé pour les étages d'entrée à très faible bruit des enregistreurs professionnels. En RDA, Lorenz en a fait fabriquer également, chez RFT-Mülhausen (ancienne usine Lorenz !), qu'on reconnaît à leur base claire (deuxième à droite) mais certains ont été sous-traités chez Telefunken, comme l'attestent le carré gravé entre les broches et la base bleutée du tube tout à droite.



**Figure 49.** Siemens n'a jamais produit de EL34, mais les sous-traitait chez Valvo, puis plus tard chez RFT. Les deux EL34 de gauche sont sorties de la même usine Valvo : fentes dans les plaques plus larges que chez Philips / Miniwatt ou Mullard, 4 agrafages larges de chaque côté des plaques, dessus du bulbe plat, et embase noire au bord inférieur arrondi. L'ensemble de la structure est situé assez bas dans le bulbe. La Telefunken de droite est plus ancienne, de 1971. Ses plaques ont des pattes soudées à trous ronds

(winged-plates) et 5 petits agrafages. Les radiateurs d'écran, au-dessus du mica supérieur, ont un trou carré. Double getter en anneau, dessus du bulbe plus arrondi, et embase brun foncé à bord droit. Les versions plus anciennes, de 60 à 66 avaient une ou deux fentes fines dans la plaque, et celles de 54 à 59 seulement 3 agrafages, ainsi qu'une embase métal, qui passa en bakélite en 1959. Telefunken apposa également son label sur des EL34 Valvo identiques à celle du centre.



**Figure 50.** À gauche, deux valves GZ34. La Siemens qui porte le code f33 – L1i a été fabriquée en 1971 par MBLÉ à Bruxelles, et labellée par Siemens en mars 74. Les GZ34 Siemens et Telefunken proviennent toutes de la MBLÉ. La Valvo à embase métal est vraiment allemande, faite à Hambourg en 1954, code

54rSB. Elle a un getter plat. Ci-dessus une ECC88 code GA1 #9L faite à Munich en décembre 1969, et deux très rares CCa, code A01 #1 sorties de la même usine en 1961. C'est l'ancêtre des E188CC, avec des triodes à faible bruit, triées et appairées.

## LES AUTRES EUROPÉENS

En RDA, les communistes exproprièrent après 1945 AEG-Telefunken (usines de Berlin, Erfurt et Neuhaus), Siemens (usine de Rudolstadt), Lorenz (Mülhausen) et Loewe (Berlin) pour fonder les usines **RFT** (Radio Funk Technik) avec le matériel abandonné, complété de technologie russe. D'excellents tubes y ont été fabriqués, en particulier en sous-traitance pour Siemens, dans les années 60, de superbes séries de EL34. En plus des labels propres à RFT, tels que **FWE** (Funk-Werk-Erfurt), **RWN** (Röhren-Werk-Neuhaus), **RWM** (Röhren-Werk-Mülhausen), **WF** (Werk-Fernmeldewesen Berlin) on en trouve, datant des années 80 (voir figure 13), sous de nombreuses marques : **RSD**, **Hoges**, **SB** (UK), **ITT** et bien sûr **Siemens** et **Valvo**, mais

aussi **Zaerix** (GB), **Haltron**, et **National** (USA), **Edicron**, **Calvert**, **Westinghouse**, **Mazda** et même **Sylvania** !

En Belgique, la **Manufacture Belge de Lampes Électriques**, **MBLE** fut la plus grande fabrique de composants électroniques belge. Fondée en 1911, cette entreprise fabriqua tout d'abord des ampoules d'éclairage à incandescence sous la marque **Mazda**, licence de **BTH**. À partir de 1924 certains types de tubes électroniques furent produits. Ce fut les débuts de la marque de lampes **ADZAM**.

La **MBLE** se fit remarquer par ses efforts sur le plan social : le personnel était tenu au courant de la vie de l'entreprise par un journal. La direction



**Figure 51.** Les sabres croisés, emblèmes de la Czech-Post, figurent sur ces E83CC construites sur le modèle Telefunken ECC803S. Écran de getter, grille-cadre dorée, broches en rhodium, filament à double isolation, triodes appairées à faible bruit et durée de vie de 10000 heures, tout cela pour un prix dix fois inférieur aux Telefunken ECC803S !

On reconnaît immédiatement ces tubes d'Europe de l'Est à la couleur rouge vif des scelléments des broches, et à la teinte du verre de l'embase, très clair, alors que les tubes d'Europe de l'Ouest ont des embases en verre foncé parfois bleuté.

Le flash très sombre est un indice de qualité.

générale accordait une grande importance au climat social, et défendait une politique généreuse. La M.B.L.E. reçut le *Prix Industriel* de la Société Royale Belge des Ingénieurs et Industriels, en 1955. On se souvient surtout des panneaux didactiques de la marque, avec modules enfichables, très appréciés dans l'enseignement, et que vous avez peut-être manipulés en travaux pratiques.

En Pologne, les usines communistes produisirent sous licence Philips, avec les marques **Polam, Polamp, Telam**. Aucun tube audio réputé n'est jamais sorti à ma connaissance de ces usines. Toutefois il semblerait que certains tubes français RT-Dario postérieurs à 1970 soient d'origine polonaise.

En Hongrie, **Tungfram Radio Works** à Ujpest produisait aussi sous les labels **Orion** et **Sator**. À la fin de la période communiste, le géant américain GE prit le contrôle de Tungfram à 55 %, le reste étant détenu par le groupe Ungarn (17 %), l'Allemand Osram GmbH (13 %), Philips (10 %) et l'Anglais GEC/BTH (5 %). Les tubes Tungfram fabriqués en France et au Royaume-Uni portent parfois des codes Philips.

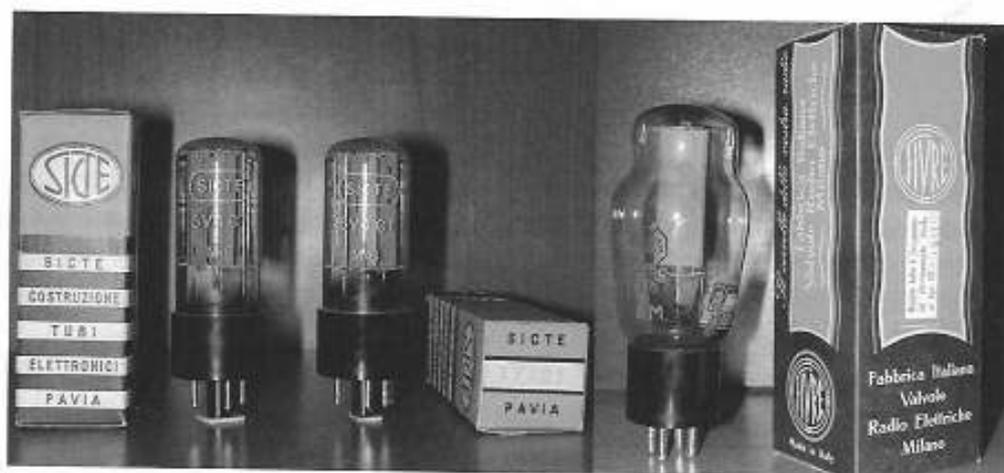
**Tesla** en Slovaquie produisit d'excellentes EL34, dont des versions à bulbe bleu, et des tubes noval pour les Czech-Post, en particulier des ECC82, 83 et 88, que l'on reconnaît à l'emblème des sabres croisés. Leur qualité de construction est extraor-

dinaire, avec filaments à double isolation, parfois des grilles entièrement dorées y-compris les supports, broches dorées ou rhodium (voir sur le site [jacmusic.com](http://jacmusic.com), page tube NOS). On trouve aussi une version Tesla de E83CC à grille-cadre, voir **figure 51**, fabriquée probablement sur les mêmes gabarits que la fameuse ECC803S de Telefunken mais sans le carré gravé, avec broches dorées ou non, ainsi qu'une ECC802S de très haute qualité. Tous ces tubes fabriqués pour les télécommunications ont une durée de vie de 10000 heures et sont testés en bruit, microphonie, appairage des deux triodes d'un même tube.

**Fivre** et **Siete** en Italie fabriquaient sur spécifications Philips.

**Lorenz** devenu SEL (Standard Electric Lorenz) sous le giron de ITT produisit quelques excellents tubes, malheureusement dispersés au milieu d'une production hétéroclite, de provenance très variée : STC puis AEI au Royaume-Uni, usines au Japon, en Amérique du Sud. Il est difficile de trouver deux boîtes ITT ou Lorenz, portant la même référence et renfermant des tubes de construction identique ! C'est une loterie qui peut réserver de bonnes surprises (origine Telefunken, voir **figure 48**) comme de mauvaises...

Et en Espagne les usines **Dario** de Barcelone fabriquaient sous licence Philips-Miniwatt.



**Figure 51-bis.** Les tubes de fabrication italienne Siete et Fivre étaient souvent construits sur gabarits Philips ou RCA, rarement de conception locale comme la 2A3 monoplaque. Ici des valves redresseuses assez peu courantes.

# LES GÉANTS AMÉRICAINS

## GENERAL ELECTRIC ET RCA

Aux États-Unis, l'histoire des tubes électroniques se déroule sur la côte Est, et commence évidemment avec Thomas Alva Edison, qui produisit dès 1876 dans son laboratoire de Menlo Park, New Jersey, les premières lampes à incandescence. En 1890 les diverses activités d'Edison furent regroupées dans la **Edison General Electric Company**. Des accords croisés établis en 1892 avec la Thomson-Houston déjà citée aboutirent à la formation de la **General Electric Company**, GE à Shenectady NY. La société fut cotée au Dow Jones dès 1896, et ses secteurs d'activités se diversifièrent, allant de l'électroménager aux transports ferroviaires et aériens, sans oublier son laboratoire de recherche créé en 1900.

Le réseau de distribution électrique s'étendit petit à petit à partir de 1890, et l'industrie électrique de l'époque était axée sur la production de matériel de distribution et d'éclairage. Mais les lampes à filament de carbone, au prix pourtant très élevé, avaient une durée de vie plutôt réduite, quelques dizaines d'heures seulement !

De nombreuses petites sociétés furent créées pour réparer ces lampes : démontage, changement du filament, ressoudage de l'embase et pompage. C'est sur cette base de petites entreprises que se développa l'industrie du tube électronique.

Edison qui avait travaillé pour la compagnie de télégraphe Western-Union, développa son phonographe pour enregistrer les messages télégraphiques, et créa en 1901 la **Victor Talking Machine Company**, à Camden NJ, avec l'image du chien Nipper pour logo, d'après une peinture du londonien Francis Barraud.

En 1907, **Lee de Forest** en ajoutant une grille entre les deux électrodes d'une lampe, réussit à créer l'**audion**, nouveau récepteur pour la TSF naissante de Marconi.

Pendant la première guerre, GE avait pris le contrôle, à des fins militaires, des émetteurs transatlantiques de Marconi, et les avait dotés d'alternateurs plus puissants. À la fin des hostilités, et à la demande de F. Roosevelt, alors secrétaire à la US Navy, et qui souhaitait que les brevets en rapport

avec la radio restent sous contrôle des USA et ne soient pas cédés à la Marconi, une association entre GE et la **American Telephone & Telegraph (AT&T)** donna naissance en 1919 à la **Radio Corporation of America**.

**RCA**, située à Harrison, New-Jersey, reprit les activités de Marconi-Radiotron établie au Canada.

Le partenariat entre GE et RCA inclut aussi **Westinghouse**, fondée en 1869 à Pittsburgh, et connue pour sa centrale électrique exploitant la Niagara River en amont des célèbres chutes, et fournissant du courant alternatif jusqu'à la ville de Buffalo... sauf pendant les hivers rudes lorsque les fameuses chutes étaient prises par le gel ! Tandis qu'Edison défendait la distribution en courant continu, Westinghouse, qui s'était fait connaître dès 1868 avec des systèmes de frein à air comprimé pour les trains, démontra la supériorité des courants alternatifs et des lignes haute-tension avec transformateurs HT/BT aux extrémités. L'invention de la chaise électrique mit fin au débat... Westinghouse eut la première licence d'émission radio en 1920, et ce fut les débuts de la célèbre station KDKA de Pittsburgh. C'est GE qui fabriqua en décembre 1919 les premiers tubes équipant le matériel RCA, puis Westinghouse fournit également des tubes à partir de la fin 1921.

Un accord fut passé en 1925 avec **Elmer Cunningham** pour distribuer les tubes RCA dans les états de l'Ouest. Ces tubes portaient parfois le label Cunningham en plus des labels GE ou Westinghouse, ceux produits plus tard par la filiale **Radiotron**, créée en 1930, étant marqués Cunningham-Radiotron et rigoureusement identiques aux tubes labellés RCA-Radiotron.

En 1929 RCA racheta **Victor**. À cette époque, l'usine d'Indianapolis produisait 20000 tubes par jour !

Alors que GE abandonna la production de tubes en 1930, à cause des lois antitrust, RCA-Radiotron devint rapidement le leader dans la fabrication des tubes, jusque dans les années 70, et imposa ses standards aussi bien dans les embases et brocha-

ges, que dans les matériaux et procédés de mise en œuvre. De nombreux fabricants dans le monde produisirent sous licence RCA (Néotron à Clichy). Des tubes comme les 6L6GC à plaques noires **figure 52** ou les triodes 845 fabriquées par RCA, **figure 53** servent encore aujourd'hui de références incontournables. Cependant RCA ne produisit jamais de tubes à grille cadre, et les ECC88 portant le label RCA **figure 54**, sont des fabrications Siemens (RFA) de la plus haute qualité, souvent sous-estimées. C'était une pratique courante, et RCA acheta aussi des tubes au Canada, au Mexique, au Brésil, au Chili et au Royaume-Uni, et même en URSS dans les années 80, comme en témoigne ce tube 7308 / E188CC de fabrication Svetlana, référence russe 6H23Pi déjà vu figure 14.

Les nombreux manuels et documents techniques édités par RCA constituent encore à l'heure actuelle une bible indispensable pour les spécialistes des tubes. Des copies au format pdf sont disponibles sur <http://www.frank.pocnet.net>

Dès les années 30, RCA monopolisa presque tous les brevets liés aux tubes et à leur fabrication. Quelques petites sociétés se spécialisèrent dans les tubes particuliers pour branchement sur secteur alternatif : Arcturus, Cardon, Kellogg, ainsi que Rogers (Label Majestic) au Canada. En 1932 le gouvernement fédéral imposa une séparation afin de briser le monopole, et RCA se diversifia dans le cinéma avec le procédé Photophone, les studios RKO puis la Radio City, ainsi que dans la télévision et le disque.

C'est pour contourner les brevets RCA que les Européens mirent aux point le tube EL34, concurrent de la 6L6 américaine, puis le KT88 concurrent de la 6550.

L'activité tube de RCA cessa en 1976, et les contrats de fabrication furent cédés à Sylvania, Hytron, et Western-Electric. RCA fut ensuite intégrée à GE, elle-même rachetée vers 1980 par Thomson.

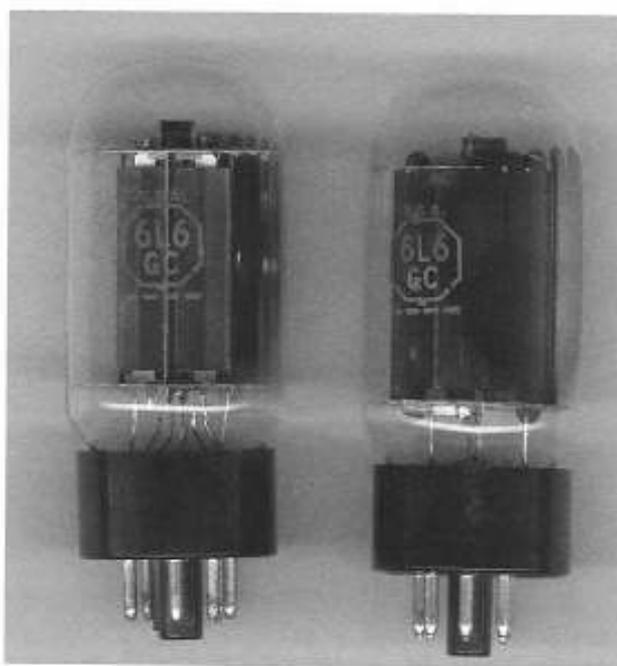
Quelques tubes RCA parmi les plus recherchés sont montrés **figures 54 à 59**, et les **figures 60 et 61** montrent les principes du codage de la date sur les tubes RCA.

Maintenant, savez-vous comment les techniciens RCA reconnaissent un tube d'origine d'un tube déjà changé ? Les tubes montés d'origine dans les

équipements étaient imprimés en blanc, ceux livrés en pièce de rechange en rouge. Donc si on vous en propose avec logo blanc, ils ont probablement déjà servi... À moins qu'ils ne soient extraits d'un appareil militaire n'ayant pas ou peu servi (dans ce cas on parle de tube *Pull-out*).

On peut donc acheter en confiance un tube JAN-CRC label blanc testé comme neuf, mais pas un tube grand public imprimé en blanc, qui sort probablement d'un vieux téléviseur !

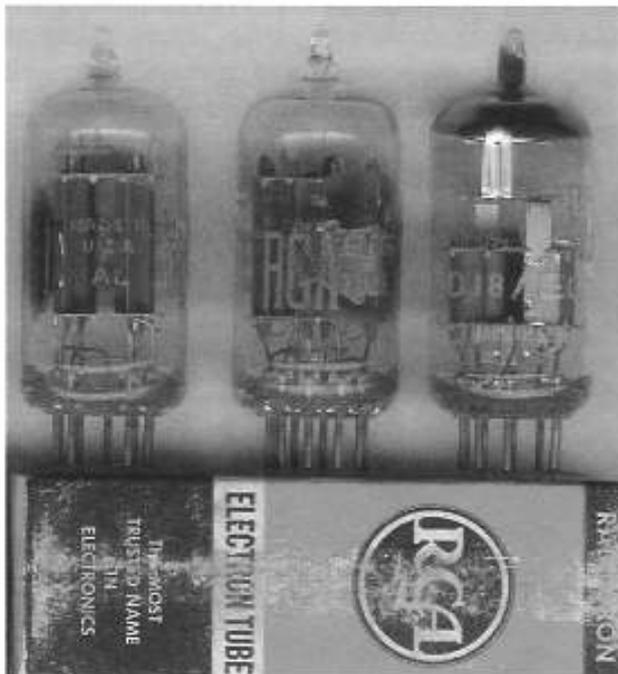
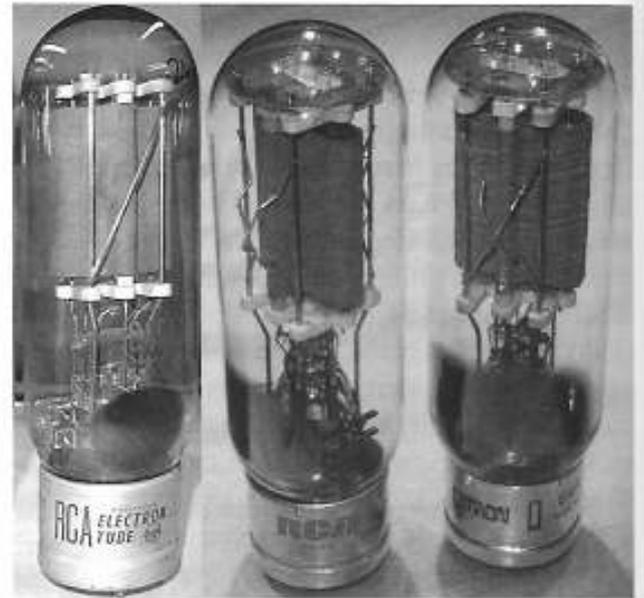
Quant aux tubes GE, seuls ceux produits avant 1930 sont peut-être issus des usines GE, quoique déjà à l'époque RCA et Westinghouse fournissaient des tubes à GE. Après 1945, le label GE fut inscrit sur des tubes produits à Owensboro, dans une usine appartenant à GE, et dénommée Ken-Rad.



**Figure 52.** Les 6L6GC de RCA, versions anciennes à plaques noires, des années 50, sont les plus réputées auprès des amateurs. Là aussi le getter est latéral et on voit un radiateur de grille (*grid-fan*) au-dessus du mica supérieur. Celle de gauche a été vendue en France avec le label Néotron, l'usine RT de Clichy ayant passé des accords avec RCA et fabriquant même sous licence certains modèles. L'octogone du logo RCA est particulier, avec deux coupures dont les positions servent à coder la date : coupure dans un coin pour l'année, au milieu d'un côté pour le mois. Ici l'une est sur le bord inférieur droit, l'autre en haut dans le coin sous le U de USA. Date probable : juillet 1960.

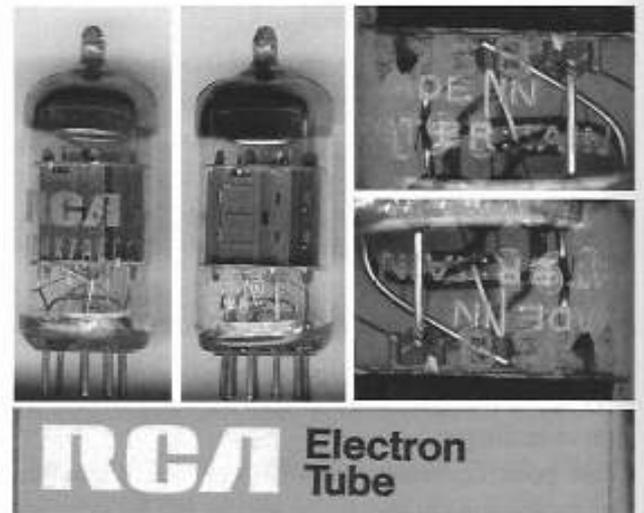
**Figure 53.** La grosse triode d'émission 845 a été produite jusque dans les années 60 par RCA. Pas de mica supérieur, et une seule tige en diagonale pour rigidifier. Les audiophiles classent ce modèle au plus haut niveau, avec les Amperex années 40-50 et les National-Union 50-60. Par la suite, des 845 de production Cetron ont reçu le label rouge RCA, mais pas l'octogone. On reconnaît ces 845 des années 80 par les deux tiges en diagonale croisées et le mica supérieur, photo de droite. Les premières 845 chinoises seront copiées sur les Cetron, que l'on trouve avec tous les labels...

Taille réelle 6 x 20 cm



**Figure 54.** Au centre, la fameuse 12AU7A clear-top (dessus clair) de RCA, ainsi appelée à cause de son étonnant bulbe transparent. C'est en effet un des rares tubes noval avec getter latéral (side-getter), visible derrière le logo RCA sous des traces d'autocollant. La photo de gauche montre le getter en forme de D et son flash, sur le côté gauche du tube. Cette disposition évite les dépôts métalliques sur le mica supérieur et sur le haut de la structure des grilles. C'est une des meilleures ECC82, très recherchée, avec plaques noires des années 50.

Le tube de droite est une ECC88 sur laquelle on peut lire *made in Germany*. Le code GA2 / #6H n'est pas bien visible, mais des détails comme les mica-springs attestent qu'elle est construite sur gabarit Philips. Origine Siemens Munich août 66, datée 68-09 par RCA, boîte d'origine.



**Figure 55.** Cette 12AX7-A ressemble étrangement à une Philips, avec trous ronds au bord de la plaque. Un examen à la loupe montre, photo en haut à droite, un code à demi caché par cette mention *made in Great-Britain*. On devine, après avoir remis à l'endroit, photo à droite en bas : I63 / B5K4.

C'est donc une Mullard faite à Blackburn en décembre 1965. Une des plus réputées ECC83 européenne, cachée derrière un label américain. Ces tubes sont proposés à des prix intéressants par des vendeurs américains qui ne savent pas ce qu'ils contiennent : la crème de la crème ! Attention : si le code est absent, c'est une copie de fabrication russe.



**Figure 56.** RCA a produit quelques-unes des plus fameuses versions de la 5751, avec plaques noires et supports supplémentaires. Les versions militaires JAN-CRC (ou JRC) et *Command* ci-contre datent des années 50. On peut voir au-dessus des micras supérieurs, les tiges supports repliées et prenant appui sur le mica, pour une rigidité absolue. L'usage dans les appareils de transmissions US-Navy, US-Air-Force, soumis aux chocs et vibrations, imposait cette construction imperturbable.



**Figure 57-bis.** En Australie, AWW (Amalgamated Wireless and Valves Co. Pty. Ltd. Sydney) fabriquait, pour le marché local, des tubes sur gabarits Marconi puis RCA, avec le label AWW-Super-Radiotron. AWW se fournissait aussi chez Telefunken. Le seul concurrent dans cette région était Philips (usine de Hendon Works, Alberton), les tubes parfois d'origine Mullard portant un label Miniwatt-Australie.



**Figure 57.** Dans la série octal (standard de support inventé par la marque) RCA a produit d'excellents tubes, comme la 6SN7GT des années 50 à gauche, avec plaques nervurées en échelle, noires mates, et getter latéral (ici un modèle 56).

Le tube au centre est une 6SL7GT, tube pour étage d'entrée à fort gain ( $\mu$  de 70) un peu l'ancêtre de la ECC83. La version montrée ici date des années 40, avec des plaques cylindriques, une embase *flat press stem* et un getter en bas. Les plaques rondes sont identiques au modèles Tung-Sol, RCA ayant peut-être sous-traité cette production. Le tube de droite

est la mythique 5692 *red-base* année 60, version militaire (artillerie) de la 6SN7GT. Triple mica, double getter, et cinq supports supplémentaires entre les micras, bien visibles sur le gros plan à droite (tiges brillantes). Plaque noires et embase faibles pertes en matériau résistant à l'humidité. Sa construction est d'une robustesse à toutes épreuves, ce qui en audio se traduit par une absence totale de microphonie, apportant une sonorité particulièrement douce et ouverte, détaillée et ample à la fois, que certains jugent à tort retenue. Formidable sur les voix...

**Figure 58.** Le tube 807, sorte de 6L6 prévue pour des tensions élevées, était très utilisé dans les années 40-50 comme tube de puissance pour émetteur, et pour ampli de sonorisation. Les deux tubes ci-dessus sont rigoureusement identiques, à part l'état de surface de la plaque, plus rugueuse sur celui de gauche. Ils sortent tous deux de Marconi-Radiotron Canada, filiale de RCA, mais portent des labels différents. On en trouve marqués GE, Westinghouse, RCA, Cunningham, ou même Néotron. Chaque tube a deux getters en bas, l'un avec un flash brillant, l'autre avec un flash plus sombre et irisé, indiquant des compositions chimiques différentes. Le tube de gauche montre un de ses deux flashes, et inversement pour celui de droite. La construction montre des ressorts mica en haut, des isolateurs céramique sous les micas, des colonnes supports latérales rivetées, et une embase *flat pressed stem* portant deux getters en D. Un formidable tube audio !

J'ai pu en avoir 4 appairés provenant de l'ERGM de Toulouse (établissement militaire) qui les avait commandés et stockés en 1970, mais leur fabrication est probablement autour de 1960.



**Figure 59.** Quelques excellentes valves RCA, avec à gauche une 5V4 militaire de 1956 avec bulbe ST14, et à droite une 5U4G de l'US-Navy de juillet 1943 (code K4E) toutes deux avec getter en bas et embase en ligne. Avec les petits ressorts autour du mica supérieur et les supports de filament de type *canne à pêche*, elle ressemble étrangement à la Néotron française...

Au centre deux 5U4GB de 1973 et 1975, version JAN militaire, avec getter latéral et embase bouton. Ces valves à chauffage direct permettent une arrivée rapide de la haute tension, en 5 à 10 secondes, contre plus de 30 secondes pour les valves à chauffage indirect. L'appel de courant au démarrage fatigue vite la valve, aussi la version B est-elle plus résistante sur ce point.



1936	Z	1942	S	1948	F	1954	X	1960	V	1966	Z	1972	S
1937	U	1943	K	1949	J	1955	R	1961	A	1967	U	1973	K
1938	T	1944	H	1950	C	1956	Y	1962	N	1968	T	1974	H
1939	X	1945	V	1951	Z	1957	S	1963	F	1969	X	1975	V
1940	R	1946	A	1952	U	1958	K	1964	J	1970	P	1976	A
1941	Y	1947	N	1953	T	1959	H	1965	C	1971	Y	1977	

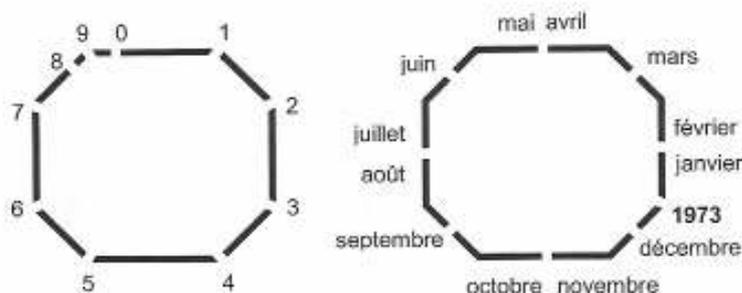
**Figure 60.** À partir de 1936, la date d'emballage des tubes RCA est codée par un système de lettres, suivant une séquence se répétant sur 15 ans (sauf pour les lettres R et P). La lettre est suivie d'un chiffre de 1 à 6 indiquant le mois par groupe de 2 mois : 1 pour janvier-février, 2 pour mars-avril et ainsi de suite. L'ordre d'écriture indique clairement le mois, T2 pour mars 1953 et 2T pour avril 1953. Un E suivant ce code indique un tube vendu à un équipementier. Ce code laisse un doute sur l'année, mais l'examen des détails de fabrication permet de lever l'ambiguïté : un tube codé H4 n'a pas du tout la même structure selon qu'il est de juillet 1974 ou de 1959, sans parler de 1944 ! Il semble que Sylvania ait utilisé également ce type de code.

Entre 1946 et août 1956, un code à trois chiffres fut également utilisé (sauf sur les tubes militaires), avec

le dernier chiffre de l'année suivi du numéro de la semaine (1 à 52). Un tube codé 352 date donc de décembre 1953, ce que l'octogone confirmera s'il est visible.

Enfin à partir de septembre 1956, les tubes fournis en pièces de rechange sont codés avec deux lettres commençant par KC pour ce mois, puis KD pour octobre, et ainsi de suite jusqu'à NM en janvier 1964, après quoi le codage reprend à AA en février 1964.

On trouve des tubes RCA portant un codage avec l'octogone, une date en trois chiffres sur l'embase, et un groupe de lettres sur le dessus, ces trois codes pouvant indiquer des dates différentes de quelques semaines, selon le parcours que ce tube a suivi dans la chaîne de distribution. La boîte elle-même peut porter une date ultérieure !



**Figure 61.** Les coupures dans l'octogone du logo RCA indiquent la date de fabrication. Les coupures aux coins ou très près des coins donnent le dernier chiffre de l'année, en partant de zéro en haut, et en tournant dans le sens horaire, voir schéma ci-dessus à gauche.

Les coupures au milieu des segments indiquent le mois, en partant du repère de l'année et en tournant en sens anti-horaire. Par exemple pour l'année 1973, schéma ci-dessus au centre, le premier segment correspond à janvier ou février. Selon que la coupure est plutôt d'un côté ou de l'autre du centre du segment, on saura s'il s'agit de janvier ou de février. Ce dernier point est souvent difficile à éclaircir, car sur la plupart des tubes la coupure est quasiment centrée. À droite trois photos de détail des logos de tubes RCA :

• À gauche une JAN-CRC-5U4GB que l'on peut dater mai 1975 avec le principe décrit ici. L'autre face du

tube, photo du bas, montre un code chiffré 75-22 qui indique la 22ème semaine (fin-mai, début-juin) de 1975, ce qui confirme le décodage. D'après mes constatations, la petite barre sur le bord inférieur de l'octogone est visible seulement sur les tubes postérieurs à 1960.

• Au centre une autre JAN-5U4GB datée d'octobre 1973 (la coupure en bas n'est pas au coin mais dans le segment inférieur, décalée à cause de la petite barre) Les chiffres indiquent 73-43 donc fin octobre 1973.

• À droite une 5692 *red-base* datée de juin 1960 et dont les codes chiffrés 60-30 indiquent qu'elle fut labellée en fin-juillet début-août 1960.

Sur les tubes plus anciens, des années 50, l'octogone est souvent très peu ou pas visible, et les dates chiffrées sont parfois remplacées par des codes de lettres et chiffres expliqués figure 60.

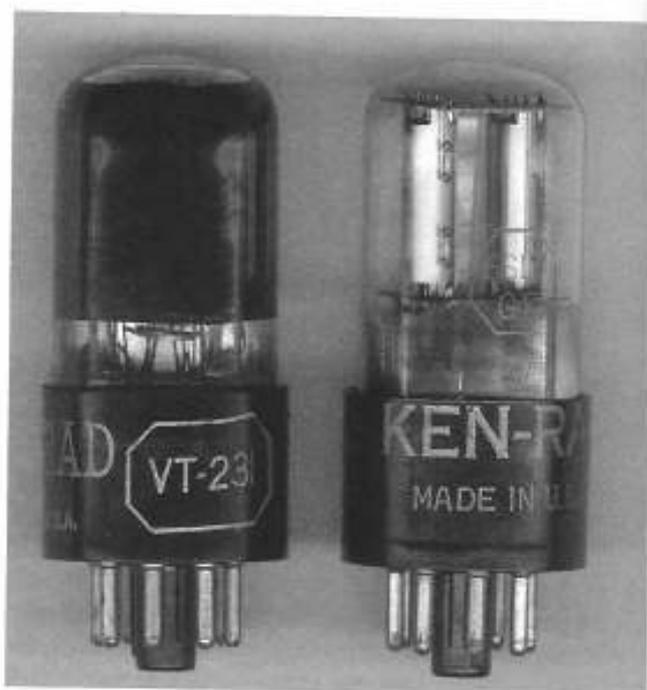
## KEN-RAD

Fondée en 1902 à Owensboro, la Kentucky Lamp Company fabriqua d'abord des lampes d'éclairage avant de passer à la radio, puis aux tubes en 1925. Devenue Kentucky Radio abrégé en **Ken-Rad**, la division tubes fut achetée en 1945 par GE qui souhaitait se relancer dans cette production, et Westinghouse acquit la division éclairage. Pendant la seconde guerre, Ken-Rad réalisa quelques productions militaires très réputées comme ces tubes octals **figure 62**. L'usine de Owensboro fabriqua entre autres les fameuses tétrodes GE-6550A **figure 63** jusqu'en 1987, mais c'est avec les 6L6, d'abord en version métal, puis modèle militaire 5881, et enfin version plus puissante 6L6GC, que l'usine de Owensboro acquit sa réputation de qualité. Ses différentes versions sont montrées **figure 64**, et leurs caractéristiques sont récapitulées **figure 65**.

L'activité tube se poursuivit jusqu'en 1992, un groupe d'employés ayant racheté l'usine qui continua de produire des magnétrons. Qu'est-ce que ce tube au nom étrange ? Celui que vous trouvez dans votre four à micro-ondes !

La plupart des tubes GE que vous trouverez sont en fait sortis de l'usine Ken-Rad de Owensboro et portent un code 188-5 (voir le **tableau 7**) qui désigne l'usine Ken-Rad, comme les fameuses GE-5751 **figure 66** ou les 6550. Quelques autres viennent de Westinghouse comme la GE-845 **figure 67** ou ont été fournis par RCA (également des 6L6 plaques noires).

Les tubes portant le label Ken-Rad sont antérieurs à 1945. Les versions 6SN7-GT *black-glass* au bulbe traité noir, les premières 6L6 en métal et leur équivalent militaire 1614, sont des tubes très recherchés.



**Figure 62.** Ken-Rad a produit d'excellents tubes militaires avant d'être racheté par GE en 1946. On trouve entre autres les fameux VT231 à verre noir, celle-ci à gauche portant un code C3. Sa structure de plaque est invisible, mais des détails comme les supports cuivre, les supports supplémentaires rivés, indiquent une qualité de fabrication très élevée. À droite une 6SL7 à plaques rondes, comme les fameuses Tung-Sol. Ici les plaques ne sont pas traitées (c'est le cas pour tous les tubes à très haute fiabilité). Sur le côté gauche de l'embase on lit un code 8-22 suivi de 188-5, qui indique une fabrication à Owensboro en juin 1938 ou 1948 (quoique dans ce dernier cas, le label serait celui de General-Electric).

**Figure 63.** La grosse tétrode 6550A, avec 42W de dissipation plaque, fut rendue célèbre dès avant les années 60, tant en ampli d'instrument (Ampeg) qu'en Hi-Fi (Conrad-Johnson, Audio-Research).

Le code 188-5 indique l'usine de Owensboro, Kentucky (ex Ken-Rad). On remarque au-dessus du getter latéral, une écriture à l'acide indiquant 6550-A USA et une série de points. Je recherche toujours une explication sur le code permettant de déchiffrer ces points. Le tube présenté date de 1984, avec plaques agrafées, et peut encore se trouver en version militaire JAN-GE-6550.

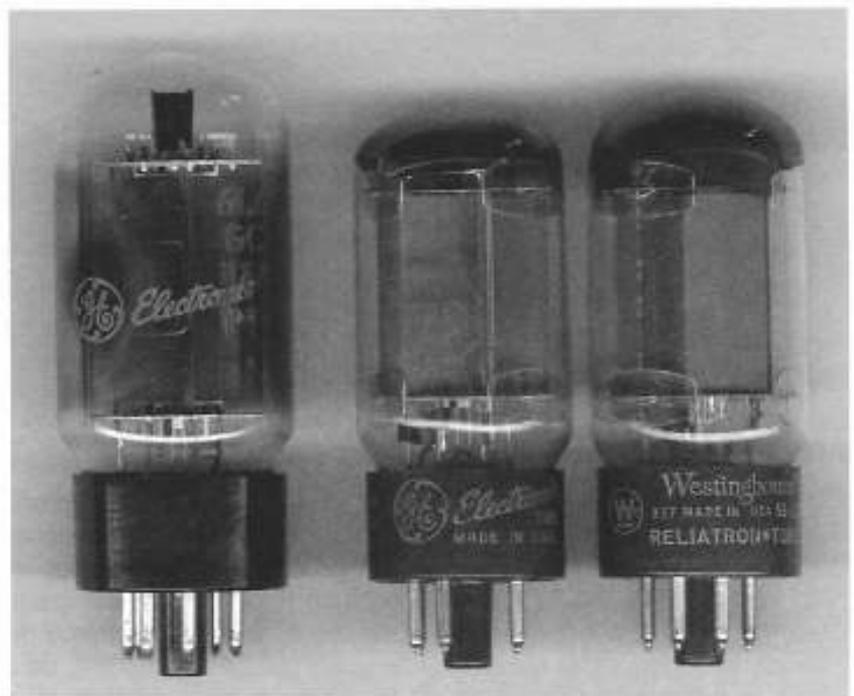
À droite une valve 5U4GB de 1987, qui ne porte pas le code 188-5 et dont le label vert indique une fabrication plus récente.

En vue de détail le groupe de points indiquant date et lieu de fabrication.



**Figure 64.** À gauche une 6L6GC à plaques grises et getter latéral en D. C'est avec les RCA et les Sylvania une des plus réputées. Au centre la fameuse 5881, appellation militaire de la 6L6WGB, un peu moins puissante mais aux qualités musicales très élevées. Elle est très peu microphonique grâce à ses nombreux ressorts mica, trois pour chaque espaceur, et ses plaques soudées. Elle porte un code 188-5 et une date 63-39, septembre 1963, ainsi que USA3 sous l'octogone.

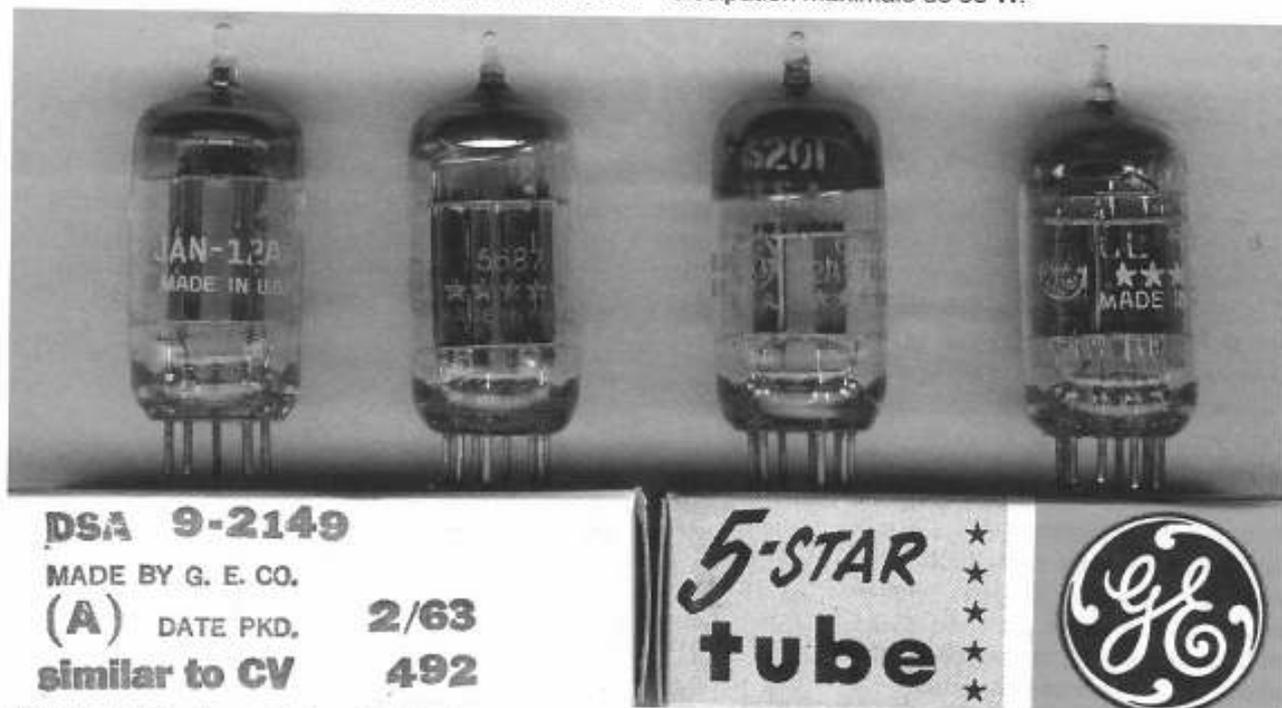
À droite, le même tube sorti de chez Westinghouse sous la marque Reliatron, daté 59-22 pour juin 1959. Construction absolument identique et code 3 sous l'octogone semblent indiquer la même usine.



Références	Métal : 1622, 6L6, VT115, CV1947/8 Verre : 6L6G, 6L6GA bulbe ST	6L6GT, 6L6GB, 5881 bulbe droit	1614 métal	6L6WGA, 6L6WGB, 5932 5881WXT	6L6GC, 7581, STR387, EL37, KT66, CV3618
Tension plaque maxi Va max	360 V	360 V	550 V	400 V	500 V
Puissance plaque maxi Pa max	19 W	23 W	25 W	26 W	30 W
Tension écran G2 maxi Vg2 max	270 V	270 V	400 V	300 V	450 V
Puissance écran G2 maxi Pg2 max :	2,5 W	3 W	3,5 W	3,5 W	5 W

**Figure 65.** Caractéristiques comparées des différentes versions de la 6L6. La plupart des amplis guitare, depuis les années 60, sont prévus pour la 6L6GC, aussi avant de les équiper avec des 5881 ou des 6L6WGB, toutes deux très musicales, il est important de vérifier les tensions et puissances mises en jeu dans l'appareil concerné. Le dépassement des valeurs maxi indiquées est parfois possible, car les méthodes servant à définir ces maxima ont varié au

fil des ans : des 6L6WGB (militaires) données pour 400 V, utilisées en lieu et place des 6L6GC alimentées sous 450 V, ne posent aucun problème même après des années de service. Par contre ne jouez pas à ça avec des tubes anciens et non militaires, donc moins solides. Les versions militaires tout métal 1614 sont absolument fiables mais... extrêmement rares, tout comme que la version A de la 7581, améliorée avec dissipation maximale de 35 W.



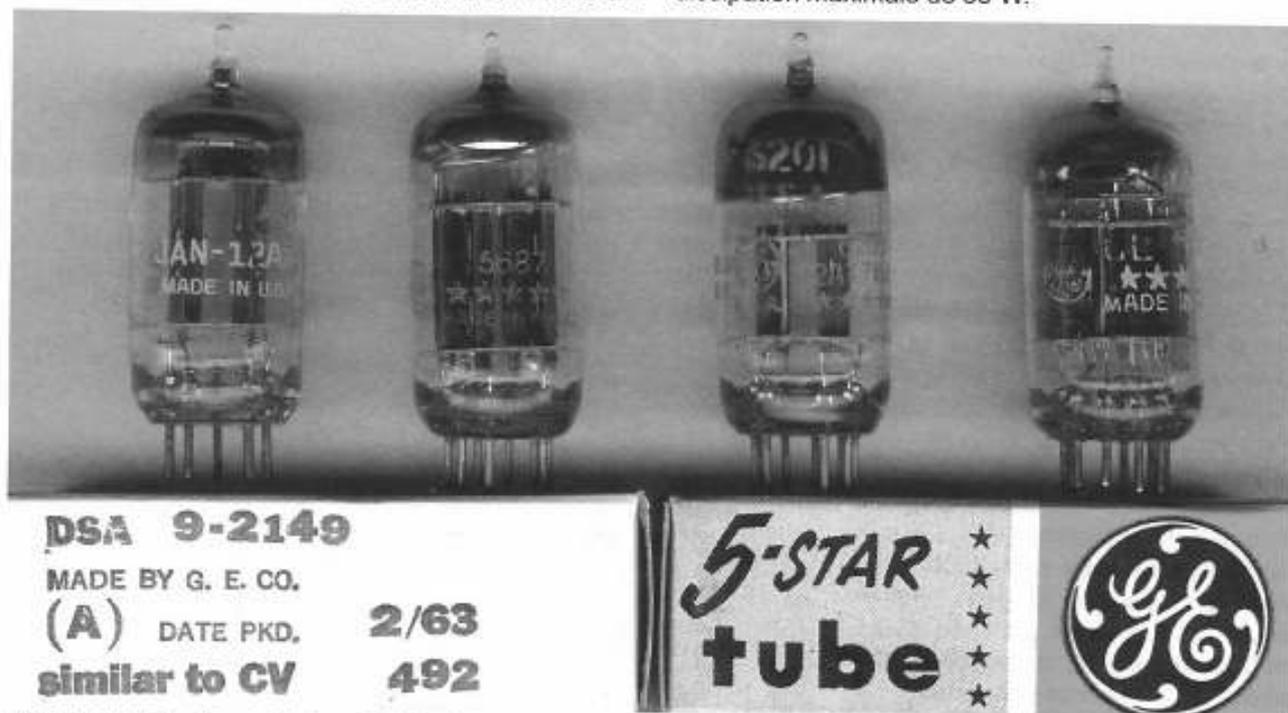
**Figure 66.** Quelques tubes GE de la série noval, avec à gauche une 12AX7A de 1963, code 63-06 à longues plaques grises. En deuxième à gauche une 5687 codée 188-5 / 61-52, datée de décembre 1961. C'est un tube développé pour l'informatique, avec cathode ne formant pas d'interface, longues plaques noires et micas très épais. Elle est idéale en étage de sortie ligne sur transformateur. La série *five stars* ou *cinq étoiles*, désignait des tubes professionnels très, de très haute qualité, avec des particularités de

construction leur donnant une haute fiabilité : supports supplémentaires, tiges de grille en cuivre, mica triple épaisseur. Même série pour la 6201 / 12AT7WA, W désignant la série renforcée, codée 188-5 / 63-26, datée de juin 1963. C'est un équivalent à notre ECC81, de qualité bien supérieure. Enfin à droite la célèbre GL-5751 *five stars* triple mica, extra-rods, black-plates et D-getter, code 188-5 / 58-21, de 1958, tube d'entrée de préampli à très faible bruit et non microphonique.

Références	Métal : 1622, 6L6, VT115, CV1947/8 Verre : 6L6G, 6L6GA bulbe ST	6L6GT, 6L6GB, 5881 bulbe droit	1614 métal	6L6WGA, 6L6WGB, 5932 5881WXT	6L6GC, 7581, STR387, EL37, KT66, CV3618
Tension plaque maxi Va max	360 V	360 V	550 V	400 V	500 V
Puissance plaque maxi Pa max	19 W	23 W	25 W	26 W	30 W
Tension écran G2 maxi Vg2 max	270 V	270 V	400 V	300 V	450 V
Puissance écran G2 maxi Pg2 max :	2,5 W	3 W	3,5 W	3,5 W	5 W

**Figure 65.** Caractéristiques comparées des différentes versions de la 6L6. La plupart des amplis guitare, depuis les années 60, sont prévus pour la 6L6GC, aussi avant de les équiper avec des 5881 ou des 6L6WGB, toutes deux très musicales, il est important de vérifier les tensions et puissances mises en jeu dans l'appareil concerné. Le dépassement des valeurs maxi indiquées est parfois possible, car les méthodes servant à définir ces maxima ont varié au

fil des ans : des 6L6WGB (militaires) données pour 400 V, utilisées en lieu et place des 6L6GC alimentées sous 450 V, ne posent aucun problème même après des années de service. Par contre ne jouez pas à ça avec des tubes anciens et non militaires, donc moins solides. Les versions militaires tout métal 1614 sont absolument fiables mais... extrêmement rares, tout comme que la version A de la 7581, améliorée avec dissipation maximale de 35 W.



**Figure 66.** Quelques tubes GE de la série noval, avec à gauche une 12AX7A de 1963, code 63-06 à longues plaques grises. En deuxième à gauche une 5887 codée 188-5 / 61-52, datée de décembre 1961. C'est un tube développé pour l'informatique, avec cathode ne formant pas d'interface, longues plaques noires et micas très épais. Elle est idéale en étage de sortie ligne sur transformateur. La série *five stars* ou *cinq étoiles*, désignait des tubes professionnels triés, de très haute qualité, avec des particularités de

construction leur donnant une haute fiabilité : supports supplémentaires, tiges de grille en cuivre, mica triple épaisseur. Même série pour la 6201 / 12AT7WA, W désignant la série renforcée, codée 188-5 / 63-26, datée de juin 1963. C'est un équivalent à notre ECC81, de qualité bien supérieure. Enfin à droite la célèbre GL-5751 *five stars* triple mica, extra-rods, black-plates et D-getter, code 188-5 / 58-21, de 1958, tube d'entrée de préampli à très faible bruit et non microphonique.



**Figure 67.** Après les RCA et les Amperex, les GE-845, ici en version militaire JAN-CG appelées aussi VT-43, sont les plus réputées. On les trouve avec label Westinghouse, de fabrication identique reconnaissable aux deux longues tiges supports, soudées ensemble en haut de l'espaceur supérieur. Comme toutes les 845 de l'époque (Amperex, RCA, GE, NU) elles n'ont pas de mica supérieur. La taille du flash donne une référence pour juger de l'état des tubes qu'on vous propose à la vente : ceux qui montrent un flash moins étendu et aux bords nets et décolorés ne sont pas NOS. Dans l'état présenté ici, comptez 600 à 1000 €...

322	<b>CAHG</b> : Chatham Electronics (ex Tung-Sol)
194	<b>CAG</b> : General Radio Co
337	<b>CAY</b> : Westinghouse Co
125	<b>CEA, CJEA</b> : Bendix
	<b>CEX</b> : Emerson Radio and Phonograph Co
111	<b>CEP</b> : Amperex
	<b>CF</b> : deForest Radio Tel. & Tel. Co
188	<b>CG, CGE</b> : General Electric Co
312	<b>CHS</b> : Hygrade Sylvania Electric Co.
210	<b>CHY</b> : Hytron-CBS Corp
158	<b>CIA, CDU</b> : Dumont Radio & Aircraft Corp.
162	<b>CIM</b> : Eimac. Eitel - Mc-Culloug
738	<b>CKH</b> : Heintz & Kaufman, Lewis & Kaufman
194	<b>CKR</b> : Ken-Rad (avant 1946)
	<b>CMW</b> : Majestic puis Rogers-Majestic
749	<b>CN, CDR</b> : National Electric Supply Co. (Cetron-Taylor)
423	<b>CNY</b> : North American Philips Co Inc
	<b>CPR</b> : Philco Radio
	<b>CQ</b> : Rogers Electronic Company
274	<b>CQN</b> : RCA Cunningham
274	<b>CRC</b> : RCA Radiotron Div.
280	<b>CRP</b> : Raytheon Products Inc.
274	<b>CRV</b> : RCA Victor
322	<b>CTL</b> : Tung-Sol Co.
713	<b>CTY</b> : Taylor Tubes Inc
323	<b>CUE</b> : United Electronics Co
169	<b>CVG</b> : Electronic Tubes Corp.
336	<b>CW</b> : Western Electric Co
337	<b>CWL</b> : Westinghouse Lamp Div.
343	<b>CZR</b> : Zenith Radio Corp

**Tableau 7.** Liste – non exhaustive – des codes EIA (Electronic Industries Association) et acronymes des fabricants de tubes américains. Quelques-uns n'ont pas produit de tubes audio mais seulement des tubes cathodiques (Dumont, Zenith). Si les tubes militaires portent obligatoirement ce code EIA à trois chiffres, ainsi que l'acronyme indiquant le contrat (JAN-CGE par exemple, parfois abrégé en JGE) sur l'embase et sur la boîte, en revanche les tubes civils sont souvent sans indication, et portent un label de distributeur local. Les détails internes permettent l'identification.

## WESTERN ELECTRIC

Après le duo RCA-GE, pionnier de la distribution électrique et de la radiodiffusion, **Western-Electric** est un autre géant, dont les racines remontent aux premiers temps du télégraphe. En 1856, plusieurs petites compagnies fusionnent, pour mettre en commun leurs savoir-faire et leurs installations, en formant la **Western-Union Co.**

Leurs fournisseurs se regroupent en deux unités, l'une à Cleveland, Ohio, et l'autre à Ottawa, Illinois.

George Shawk achète l'usine de Cleveland, et prend pour partenaire en 1869 Enos Barton, chef opérateur au bureau de Rochester, New-York.

À cette époque, la petite manufacture produit non seulement du matériel télégraphique, mais aussi des alarmes incendies et des prototypes de laboratoire, en particulier pour le professeur Elisha Gray, qui étudie la physique au fameux Oberlin College. Gray acquiert en 1869 la moitié de la société, qui prend alors le nom de **Gray & Barton.**

Cette même année, le général Anson Stager – qui débuta comme opérateur télégraphiste en 1846 à Philadelphie et fut chef des US Military Telegraph pendant la guerre de sécession – devient le troisième associé, et décide de transférer l'usine à Chicago.

En 1872, William Orton, président de la Western-Union, acquiert 1/3 de Western-Electric, Stager fait de même, et W-U décide de fermer son usine d'Ottawa, mettant W-E dans une position dominante de fournisseur exclusif !

En 1875 Gray revend ses parts pour se consacrer à ses recherches sur le téléphone, que Graham Bell, fondateur de la **American Bell Telephone Co.**, brevetera hélas quelques heures seulement avant lui en 1876.

Bell vend les droits d'exploitation du brevet l'année suivante à Western-Union, qui fonde la **American Speaking Telephone Co.**, pour laquelle Western-Electric fabrique le matériel. Après une sévère bataille juridique les droits d'exploitation de téléphone sont accordés à Bell en 1879, et finalement Bell intègre la Western-Electric en

1881. À nouveau, Western-Electric obtient l'exclusivité de la fabrication du matériel téléphonique. La American Bell Telephone Co devient **A-T&T** en 1899.

Après avoir acheté en 1900 le brevet de Michael Pupin (inductance répartie sur les lignes) le service Recherche et Développement devient plus actif en 1907. Sous l'impulsion de John Carty le laboratoire Bell recrute dès 1911 les plus brillants chercheurs jusqu'à en compter plus d'une centaine en 1916 !

Malgré cela, cette industrie naissante des télécommunications se heurta assez vite au problème des liaisons longues distances, et c'est l'invention de **Lee deForest** qui apporta une solution : l'Audion fut mis en application en 1914 par Harold Arnold du laboratoire Bell, pour créer les premiers amplificateurs, testés en 1915 entre New-York et San-Fransisco, puis en 1927 entre New-York et Londres.

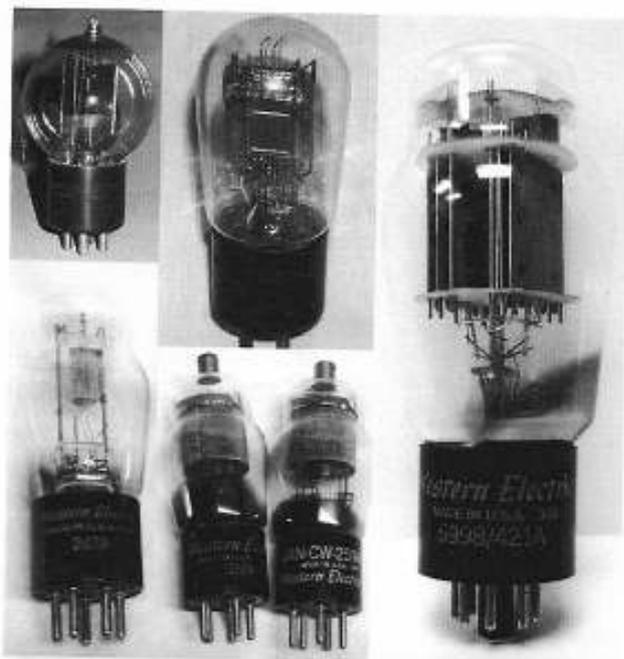
À partir de cette époque, les lignes transatlantiques sous-marines furent équipées de répéteurs immergés de loin en loin, contenant des amplis à lampes (!) chargés de restaurer le niveau du signal, atténué par la distance. Aujourd'hui remplacés par les liaisons satellites, ces répéteurs sont restés en place et pourraient encore fonctionner !

Pourquoi s'étendre aussi longuement sur ces débuts des télécommunications ? Parce que sans ces inventions la Haute-Fidélité n'existerait pas : le haut-parleur électrodynamique fut développé par Rice et Kellog comme complément direct de l'ampli à lampe, et leur utilisation conjointe s'étendit rapidement dès 1920 à la sonorisation, au Public-Adress et au cinéma parlant avec le procédé Vitaphone (1924) développé en partenariat avec la Warner-Brothers.

Les studios de cinéma d'Hollywood ainsi que les salles de cinéma et de spectacle s'équipèrent rapidement avec des matériels fournis par ERPI, **Electrical Research Products Inc.** filiale de Western-Electric. ERPI deviendra plus tard All-Technical-Products contracté en **Altec**, mais ça c'est une autre histoire...

Curieusement, assez peu de tubes WE furent développés spécifiquement pour une utilisation audio : les lampes bien connues 417A, 396A parmi d'autres montrées **figure 68** et **69**, sont un peu comme les tubes PTT fabriqués par la CSF française. On en trouvait dans les matériels téléphoniques mais pas dans les amplis guitare, contrairement aux 6L6, EL34 et autres.

La célèbre 300B par exemple, **figure 70**, répondait au besoin d'un tube de puissance ultra-fiable à longue durée de vie, pour lequel on recherchait non pas un  $\mu$  élevé, inutile ici, mais un démarrage très rapide et une faible consommation, ce qui imposa un chauffage direct à basse température.

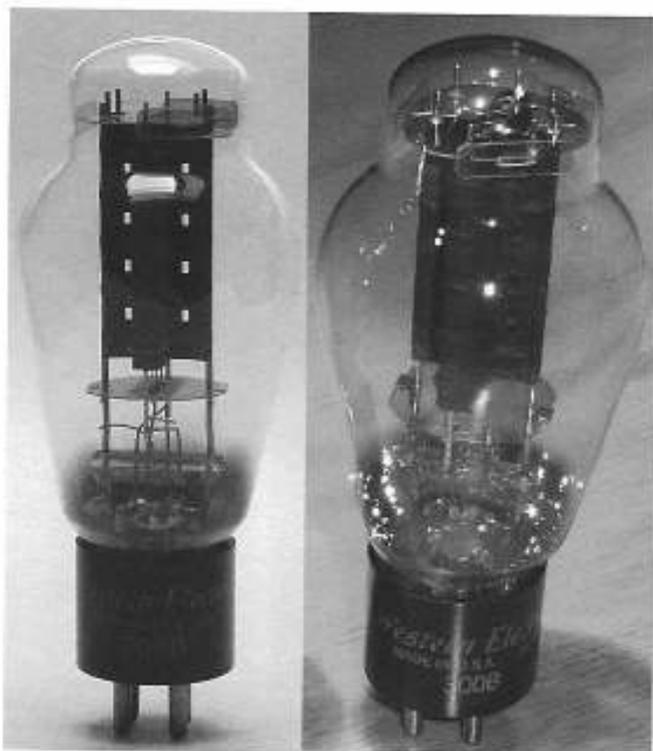


**Figure 68.** À partir de l'Audion, Western-Electric a développé les premiers tubes, comme cette 205D en haut à gauche, de 1920. À sa droite une tétrode 235D à embase gravée, des années 30, à chauffage direct 2,5 V et bulbe aubergine, utilisée en ampli RF. À gauche, pentode de puissance 247 A de 1937, avec bulbe ST16 et toujours chauffage 2,5 V. On obtient 2 à 3 W en sortie BF. Au centre deux tétrodes 259A, à chauffage indirect, utilisées en ampli de tension AF vers 1940. La version B est à faible bruit. À droite une double triode de puissance 421 A de 1943, proche de la 6080/6AS7. Sa très forte pente de 15,5 mA/V et sa résistance interne de seulement 350  $\Omega$  la rendent idéale pour alimentation stabilisée. Déjà à cette époque, on trouve une construction avec trois micas, supports supplémentaires et ressorts-mica en haut du bulbe. Mais tous ces tubes ne sont pas très utiles en audio...



**Figure 69.** La valve préférée des amateurs d'ampli monotriode est cette WE-274B, à gauche, modèle proche de la 5U4GB. La petite triode 417A au centre, équivalente à la 5842, présente sous un format très réduit, un  $\mu$  de 43 et une pente énorme de 24 mA/V.

Elle est utilisable en préampli, ainsi que la 396A à droite, double-triode avec  $\mu$  de 35 et pente de 5,5 mA/V. Tungsol et RCA en ont fabriqué sous les références 2C51 et 5670.



**Figure 70.** Vous avez dit obsolète ? Conçue vers 1928, la triode de puissance 300 A à chauffage direct évolua rapidement en 300B. Son filament-cathode revêtu fonctionnant à basse température, et sa dissipation plaque de 40 W maxi lui assurent un rendement exceptionnel. Les audiophiles japonais ont redécouvert dans les années 60 les vertus du montage simple-étage, la 300B permettant de délivrer 8 à 12 W dans ce circuit. Le Monotriode 300B se répandit ensuite en Europe grâce à la Maison de l'Audiophile. La version de juin 2002 ci-dessus (2-26) est en tous points identique à son aînée de juin 1956 (56-26), à gauche. Ce tube est à nouveau fabriqué en 2006, voir le site officiel de Western-Electric. Les connaisseurs lui trouvent les qualités de l'originale, avec encore plus de dynamique et de punch, et peut-être un petit peu moins d'aération. Les copies, Cetron en particulier, paraissent rugueuses en comparaison. Quelle technologie actuelle aura encore des applications, même marginales, dans plus d'un demi-siècle ?

Pour revenir à l'histoire de Western-Electric, les fabrications furent centralisées en 1914 dans le grand complexe de Hawthorne – en banlieue de Chicago – connu pour les recherches qui y furent menées sur les statistiques de qualité, l'ergonomie et la psychologie. Elton Mayo y créa le mouvement des Relations Humaines entre 1927 et 1932. Sans rejeter le Taylorisme, il cherchait les conditions d'une plus grande efficacité.

L'une des plus étonnantes de ces études aboutit à la conclusion que seule l'attention portée aux employés influence la productivité, indépendamment des conditions de travail !

Entre 1918 et 1924 le docteur Shewhart met en place le *Process Quality Control* et les cartes de contrôle statistique par échantillons, encore en usage aujourd'hui dans de nombreuses usines.

1925 voit la restructuration de la compagnie : indépendance du laboratoire Bell, chargé de la conception, fabrications exclusives par Western-Electric (le catalogue de 1300 pages rivalise avec ceux de GE et Westinghouse) dont le département Fournitures devient **Graybar Electric Company**, et enfin exploitation du réseau par A-T&T. La branche internationale est vendue à ITT (sauf la filiale canadienne Northern Electric) en particulier les usines STC de Footscray et Anvers.

L'influence de ITT s'étendit à tous les pays ayant un réseau téléphonique : l'Europe entière, Amérique du Sud et même Japon, où WE était présent dès 1890 et contribua en 1899 à former la **NEC**, Nippon Electric Corporation.

Après la grande dépression de 1933, les années de la seconde guerre virent une croissance importante des télécommunications, et WE produisit des équipements radio et filaire pour l'armée et la marine, et installa en 1942 le central de communication des

armées, au Pentagone, avec 13000 lignes et 125 opérateurs.

Inventé en Angleterre vers 1935, le RADAR fut utilisé contre la Luftwaffe dès 1940, et en 1941 les États-Unis s'y intéressèrent, si bien qu'à la fin de la guerre, WE était devenu leader sur ce marché, équipant les navires, les avions, les stations côtières. Pendant la guerre froide, ses contrats avec la défense s'étendirent aux domaines des missiles radioguidés, du nucléaire tant civil que militaire.

L'un des plus gros contrats jamais passés par les militaires porta, entre 1954 et 1959, sur l'installation de la DEW-Line, un système de surveillance

Radar de plus de 3000 miles à travers l'arctique, entre l'Islande et les îles Aléoutiennes.

Grâce à ces contrats, les lois antitrust, votées à cette époque pour éclater les groupes industriels et libérer ainsi la concurrence, épargnèrent WE qui bénéficia du *Consent Decree* protégeant les fournisseurs des armées.

C'est encore WE ou plutôt le laboratoire Bell qui créa les premiers transistors : Mervin Kelly en 1936, aidé de Shockley, Brattain et Bardeen, aboutit en 1947, et l'équipe reçut le prix Nobel en 1956.

## SYLVANIA

C'est en 1901 que Franck Poor débute, à Middleton (Massachusetts) puis Danvers, dans la réparation de lampes d'éclairage. Associé à son frère il crée la Bay State Lamp Company, qui devient en 1909 la **Hygrade Incandescent Lamp Company**, fabriquant et réparant les ampoules à filament de carbone.

Les filaments de tungstène sont utilisés dès 1911, puis en 1916 une nouvelle usine est implantée à Salem. La cadence atteint alors 16000 lampes par jour !

La **NILCO, Novelty Incandescent Lamp Company** fondée en 1906, est achetée par Bernard Erskine et associés en 1922 et prend le nom de **Nilco Lamp Works**.

En 1924, Erskine crée à Emporium la **Sylvania Products Company** pour fabriquer des *tubes radio*. Le nom est inspiré de sa situation en Pennsylvanie, et le logo est naturellement au début une feuille de chêne. La fabrication des tubes électroniques est confiée en 1927 à Roger T. Wise, venu de RCA. On raconte qu'il préféra les collines boisées (de chênes, bien sûr, d'où la feuille du logo) de Pennsylvanie aux fumées du New-Jersey pour sa famille et son tout jeune fils.

En 1931, Nilco, Sylvania, et la Hygrade Company fusionnent pour former la **Hygrade Sylvania Corporation** qui deviendra en 1942 **Sylvania Electric Products Inc.**

Les productions de cette époque sont parmi les plus recherchées, en particulier les tubes double-triode, **figures 71 et 72**. Plus tard dans les années 50 et 60, la série *Gold-brand* consolidera la réputation d'excellence de Sylvania, voir **figure 73**.

En 1959, General Telephone and Electronics (GTE) achète **Sylvania**, puis réorganise en trois branches:

- **Consumer Electronics Group (CEG)**
- **Electronic Components Group (ECG)**, qui vend les tubes radio sous la marque **Sylvania ECG**.
- **Lighting Group (LG)**

Les groupes **CEG** et **ECG**, donc les lampes Sylvania ECG, sont rachetés par Philips en 1980. Bien que les fabrications de tubes cessent en 1987, la vente sous le label Philips-ECG continuera quelques années.

La troisième branche **Ligthing Group (LG)** est achetée en 1993 par **Osram GmbH** – citée plus haut – **Osram-Sylvania** devient donc la division nord-américaine de Siemens, et les tubes Sylvania encore en stock ou importés peuvent légalement recevoir le label Siemens.

Sylvania a fait progresser la technologie des tubes, et les processus de fabrication, de manière décisive. De nombreux fabricants de tubes, aux USA autant qu'en Europe, se fournissaient en tôles, fils et rubans Sylvania. En particulier les getters Sylvania étaient très performants et universellement adoptés. En 1948 Sylvania était devenu le plus gros fournisseur de matériaux pour tubes, et fut même choisi par Western-Electric.

Le site <http://www.vintagetubeservices.com> propose un très intéressant tour photo des usines Sylvania parmi d'autres, avec des images d'époque.

La **figure 74** montre quelques tubes de puissance Sylvania très appréciés des audiophiles. Les té-

trodes 6550 à plaques soudées sont sans doute les plus musicales qui soient avec les Tung-Sol plaques noires des années 55-58 malheureusement introuvables aujourd'hui. C'est en comparant ces tubes avec les productions récentes qu'on mesure le chemin restant à faire pour retrouver les qualités musicales de ces tubes : l'aération de la scène, la présence et la focalisation des sources, la dynamique jusque sur les plus petits signaux, tout y est avec ces Sylvania ! Mais soyez patients, des comparaisons plus complètes seront données plus loin. Comment les techniciens reconnaissent-ils un tube d'origine d'un tube changé ? Vous avez deviné : logo vert pour les premiers, et jaune pour les seconds (rouge par la suite).

Pour plus d'informations concernant le groupe GTE et l'histoire du téléphone, on consultera le site <http://www.privateline.com/TelephoneHistory4/History4.htm>



**Figure 71.** À gauche une paire de 6SL7-WGT à plaques noires cylindriques courtes, getter en D en haut. Le label est soit jaune sur le bulbe, soit gris sur l'embase, pour ces tubes pourtant sortis d'un même lot, daté de 1957. Les plus musicales de toutes les

6SN7 sont sans doute ces Sylvania des années 40, à droite. Ici, une paire datée 2-52, décembre 1942, avec plaques noires en vis à vis, getter en bas et label vert. Aération de la scène, ouverture et dynamique extraordinaires.



**Figure 72.** La lignée des 6SN7 de Sylvania. En 1944 les premières 6SN7-GT militaires, à gauche, portaient soit un label militaire VT231 sur la base, soit un label plus complet JAN-CHS-6SN7GT-VT231. La référence 6SN7 apparaît dans un octogone, sur le bulbe, avec un code à deux rangs pour la date. Le deuxième tube à gauche est ainsi codé I-4 pour septembre 1944. La construction interne des deux tubes de gauche est rigoureusement identique, avec les plaques noires en vis-à-vis, le getter en forme de D est en bas près de l'embase *flat pressed stem* et les micras rectangulaires. La troisième est un modèle de 1948, avec la même structure mais un getter carré en haut, et une embase *button-stem*. Elle donnera l'appellation *chrome-dome* à toute la lignée qui suivra. L'octogone avec la référence passe sur le haut du bulbe, ainsi que le code (ici H8B) avec maintenant 3 digits, le second indiquant

l'année. La GTA en quatrième position avec label vert est de 1952 (code J2B), toujours avec les plaques en vis-à-vis, et des caractéristiques améliorées pour utilisation en balayage ligne des téléviseurs. C'est en 1954 qu'apparaissent les plaques montées en triangle pour augmenter la rigidité, des micras ronds, et des caractéristiques encore améliorées, comme le temps de chauffage garanti à 11 secondes, pour branchement des filaments en série, et des valeurs de tension plaque et de dissipation plus élevées : c'est la version GTB, avec un bulbe plus haut, avant-dernière à droite (code J4B). La dernière à droite avec label jaune est de 1960, après quoi le getter-flash sera plus petit et laissera voir le mica supérieur. Les versions des années 60-70 surnommées *silver-top* sont moins réputées.



**Figure 73.** Quelques tubes noval Sylvania, avec à gauche une 12AU7 à longues plaques grises (17 mm), de la fin des années 50, avec getter en D. On remarque que sur la plupart des tubes double-triode américains, les deux triodes sont montés avec leurs grilles dans un même plan, le relief des plaques étant très marqué (*pinched plate*) alors que les modèles européens sont montés avec les grilles parallèles, et des plaques plus plates. En deuxième, une 7025 – qui est une 12AX7A à faible bruit – de la même époque, longues plaques, très recherchée pour étage phono. À côté une JHS-5751 triple mica, plaques grises, avec

support supplémentaire, puis une GB-6189-12AU7 professionnelle – avec les mêmes particularités, une GB-5687 avec broches dorées, idéale en sortie de préampli. Tous ces tubes ont des supports de grille en cuivre, et délivrent des sonorités superbes. À droite enfin, une petite valve 6CA4, équivalente à notre EZ81, pour alimentation de préampli. Celle-ci date des années 70 et porte un code kC0-V4H, qui indique une origine Philips, usine *Bharat Electronics* de Bangalore en Inde, août 1974, mais correspond à un tube EZ80 / 6V4.



**Figure 74.** Parmi les meilleures 6L6GC, voici à gauche une Sylvania *Tall-Bottle* des années 70. Son label étant effacé, c'est la boîte qui permet de la dater. On devine encore le type 6L6GC imprimé en gris en haut du bulbe. Elle se distingue par son double getter incliné, constitué de deux disques plats. Les 6L6GC habituelles n'en ont qu'un, horizontal, avec un bulbe plus court et un radiateur de grille, absent ici. Au centre la valve biplaque 5V4, 375 V / 175 mA, moins connue que la 5U4 mais tout aussi intéressante. À droite, une magnifique 6550-A à plaques soudées et triple getter. Seule une Tung-Sol plaques noires est plus musicale ! Sur les mêmes gabarits, Sylvania a construit des EL34 / 6CA7 (tétrodes et non pentodes) surnommées *Fat-Boy* à cause de leur bulbe plus gros que les EL34 européennes. On les reconnaît à leur plaque à trois trous ronds, identique à celle-ci.

## TUNGSOL

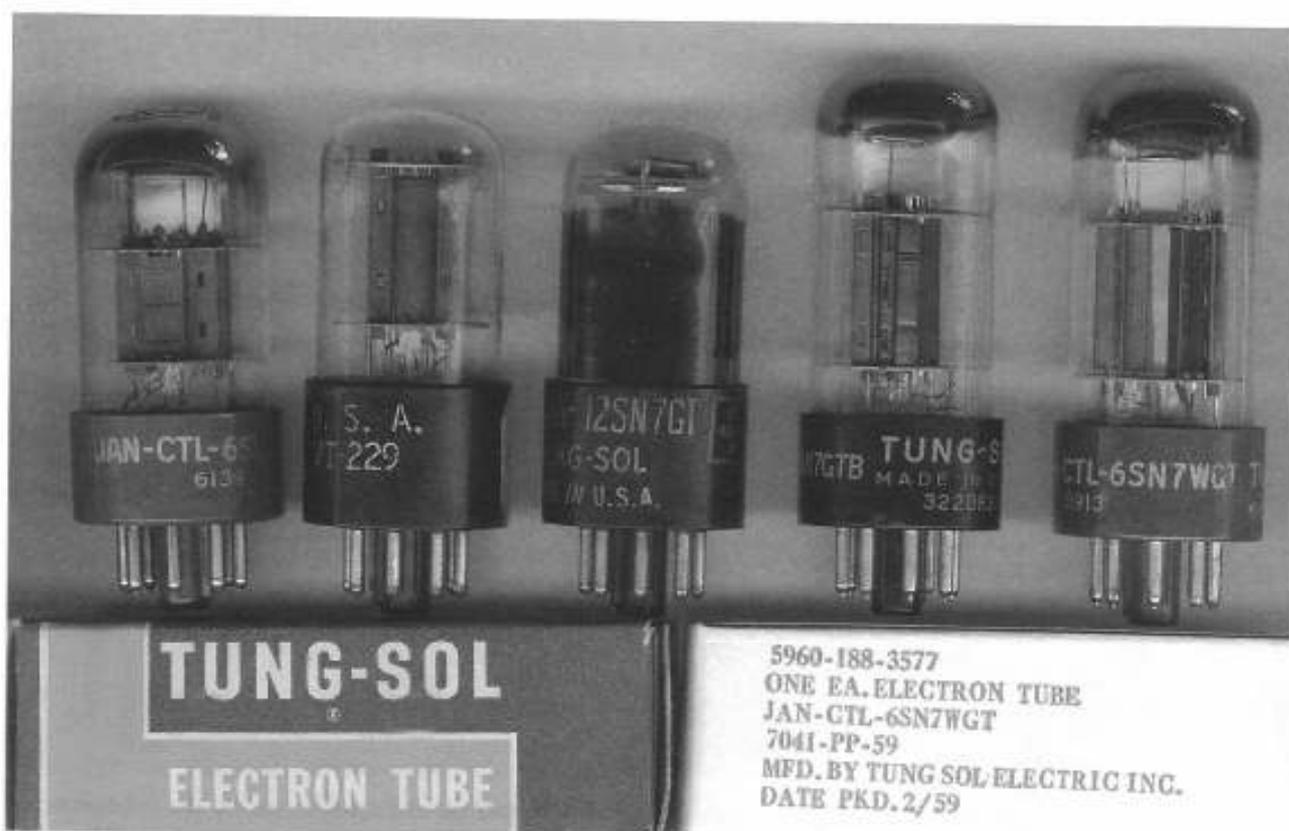
Une autre compagnie ayant débuté avec l'éclairage est **Tung-Sol**. Plusieurs idées circulent quant à la signification de ce nom : si un consensus se dégage autour de **tungstène**, par contre on hésite entre **solar**, **solidity**, et même **solénoïde** ! Personnellement j'opterais pour cette solution...

C'est un assistant d'Edison qui décida en 1907 de créer sa propre entreprise de lampes, à Newark dans le New-Jersey. Après de nombreuses mises au point pour améliorer la résistance aux vibrations, les premières lampes électriques pour automobile sont produites. En 1913 on passe au double filament code/phare. D'autres innovations sui-

vront : centrale clignotante, gyrophare, et surtout vibreur. Ces vibreurs étaient utilisés pour découper la tension continue de 12 V issue de la batterie, afin d'alimenter un transfo élévateur. La haute tension obtenue alimentait bien entendu les autoradios à lampes de l'époque !

Les principes de l'alimentation à découpage ne sont donc pas nouveaux...

Les contrôles statistiques très poussés permirent à T-S de décrocher des contrats pour la défense, et les tubes militaires T-S sont d'une robustesse et d'une précision absolues, **figure 75**.



**Figure 75.** Encore des 6SN7 ? Vous l'avez compris, c'est mon tube fétiche. Normal : il est imbattable dans de nombreux circuits. Celui de gauche est une 6SL7WGT avec plaques nervurées en échelle. Elle date de septembre 1961. À côté, son ancêtre des années 40, VT229 militaire avec plaques rondes et ressorts mica en haut. Les bonnes 6SN7 étant devenues rares et chères, pourquoi ne pas se rabattre sur les 12SN7, identiques à part la tension filament de 12,6 V ? Au centre une version *black-glass* avec plaques rondes (difficiles à distinguer) et ressorts acier en haut. Elle porte une estampille de l'US-Navy avec l'ancre de marine et un code 4830 (juillet 1948),

et coûte 4 fois moins qu'une 6SN7 identique ! À droite enfin, deux tubes fort ressemblants, l'un à base noire noté 6SN7GTB, l'autre à base brune noté 6SN7WGT, tous deux de mars 1959. En tous points identiques, avec plaques noires brillantes, disposées en angle, et getter en fer à cheval, l'un est dit *renforcé* (suffixe W) et l'autre *amélioré* (suffixe B). Ils sont tout cela à la fois, et sortent de la même chaîne, peut-être du même lot. On les trouve indifféremment avec l'une ou l'autre base. En bas à gauche, ancienne boîte des années 40-50.

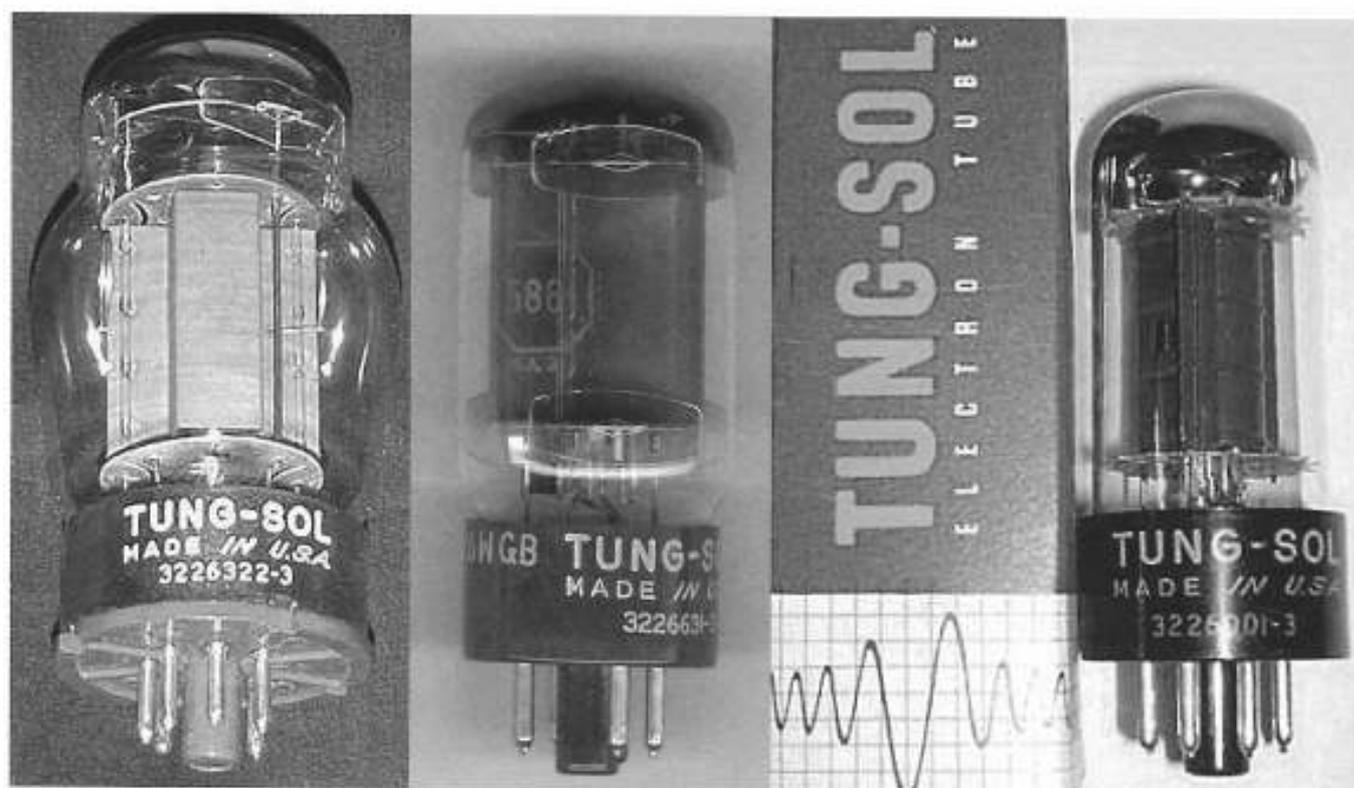
Il n'y a jamais de surprises avec les tubes Tung-Sol, les caractéristiques électriques sont très peu dispersées et ces tubes ne semblent pas vieillir. La durée de vie des versions militaires était garantie à 10000 heures, même sous utilisation intensive, avec allumages répétés des filaments, tension filament *variable*, chocs et vibrations intenses. Normal dans l'aéronavale... Inutile de dire que dans votre préampli, la durée de vie passe à quelques siècles...

La principale contribution de Tung-Sol à l'audio est évidemment le tube 6550 sorti en 1955, avec un bulbe à l'ancienne, **figure 76**.

Devenue Tung-Sol Electric Inc. en 1951, la marque passa sous contrôle de Wagner Electric Corp. en 1966, fut achetée par Studebaker (Worthington) en 1967, et incorporée à GE en 1969 !

On préférera par conséquent les tubes T-S produits avant 1966.

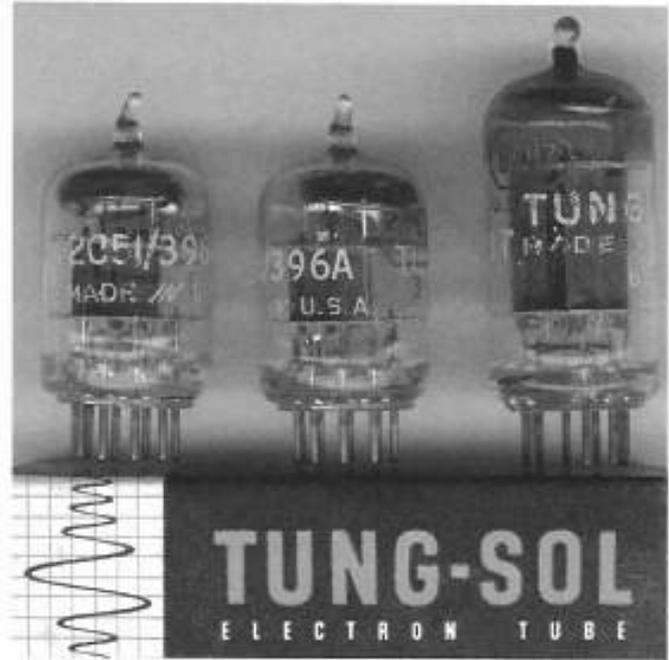
Le nom Tung-Sol (mais pas les usines ni les savoir-faire ! ) est maintenant propriété de New-Sensor, qui imprime ce label sur des tubes fabriqués par Reflektor en Russie.



**Figure 76.** La reine des tétrodes de puissance, la 6550, à gauche, fut développée par Tung-Sol en 1955, à partir des gabarits de la 6L6, avec 42 W de dissipation plaque, et une construction très robuste. La première version est reconnaissable à ses plaques noires sans trous, son troisième mica avec ressorts et son bulbe à l'ancienne. C'est la plus musicale de toutes les 6550, avec la KT88 de GEC, fort ressemblante. Les copies russes récentes, en étant supérieures aux productions russes et chinoises habituelles, restent encore à mon

avis un cran en dessous en terme de présence, de relief et d'équilibre. Au centre, une 6L6WGB / 5881 que l'on trouve aussi labellée GE ou Westinghouse, de construction antichoc avec trois ressorts pour chaque mica ! Très musicale car absolument pas microphonique. À droite (à côté d'une boîte des années 60) la petite 6V6 est assez peu utilisée, dans des amplis guitare peu puissants. Les plaques noires bombées et nervurées se retrouvent chez Sylvania.

**Figure 77.** Les tubes préamplificateurs type 12AX7 ou 12AU7 sont difficiles à trouver en Tung-Sol. On peut se rabattre sur la 6AU7, identique à la 12AU7 sauf le chauffage filament en 6,3 V. Celle de droite a des plaques grises nervurées ressemblant fort aux modèles Philips-Amperex, mais elle se vend à des tarifs très bas. Ses qualités sont pourtant celles d'une 12AU7 Tung-Sol ! Les deux petits tubes de gauche sont des double-triodes pour étage d'entrée, type 396A mis au point par WE, et proches de la ECC180 mais avec brochage différent. RCA et Tung-Sol en ont fait sous les références 2C51 et 5670.



## RAYTHEON

**Raytheon** débuta en 1922 à Cambridge dans le Massachusetts sous le nom de American Appliance Company. Le premier produit fabriqué était un redresseur à gaz appelé *the raytheon*, lumière des dieux, il était utilisé pour remplacer les batteries d'alimentation des premiers récepteurs radio. Ce nom fut adopté par la compagnie en 1925, car le nom d'origine AAC était déjà utilisé par une autre société.

À l'époque, Raytheon avait pour concurrent **Galvin Manufacturing Corp.** rebaptisée **Motorola** en 1930, fondée par les frères Galvin, qui fabriquaient eux aussi un *adaptateur secteur* pour les postes de radio à batteries.

Pendant la seconde guerre mondiale, Raytheon fournit à l'US Army des magnétrons pour les radars, puis des systèmes de radar complets. C'est un ingénieur de Raytheon, Percy Spencer, qui inventa par hasard le four à micro-ondes en 1945, en constatant que le magnétron pouvait cuire la nourriture (son sandwich !) placée à proximité !

Devenu un fournisseur important pour l'US Army, Raytheon fabriqua à partir de 1948 des missi-

les guidés, avec électronique de commande à tubes, évidemment. Les **figures 78 à 80** montrent quelques tubes Raytheon très réputés auprès des audiophiles.

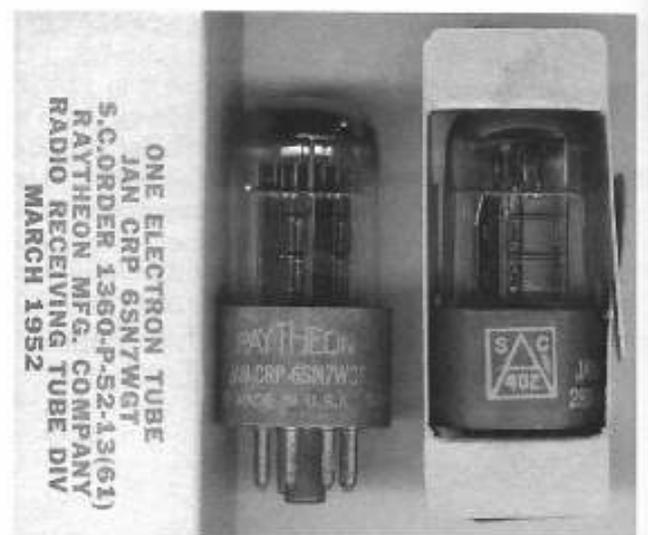
De nombreuses branches de l'électronique militaire, dans plusieurs sociétés telles que Texas-Instruments, Hughes, Delco, Magnavox, sont passées sous contrôle de Raytheon, dont 90 % du chiffre d'affaires est lié à des contrats pour la défense. Raytheon possède également les publications D.C. Heath, connues pour les fameux kits d'apprentissage Heathkits.

Les tubes Raytheon fabriqués jusqu'à la fin des années 60 sont du plus haut niveau de qualité imaginable. Mais ensuite les standards de qualité diminuèrent progressivement jusque vers 1975 comme pour la plupart des fabricants américains. Par la suite le label fut apposé sur des tubes de provenance étrangère, japonais en particulier, et de qualité très variable.



**Figure 78.** La plus musicale de toutes les 12AX7 américaines est cette Raytheon militaire, à gauche, datant de mars 1962, longues plaques noires nervurées et mica ressort en forme de T. Bruit et microphonie ultra-faibles, sonorités de très grande classe. Pour un étage d'entrée on peut utiliser aussi la 5755 (à droite). Ce tube peut fonctionner avec polarisation nulle sans pour autant montrer de courant de grille. Cette caractéristique exceptionnelle rend possible un couplage direct en entrée de préampli, avec cathode à la masse, ce qui est appréciable dans les étages phono. La vue de droite montre la forme particulière des plaques, montées en ligne et non en parallèle.

**Figure 80.** D'après les recherches effectuées, restées vaines pour l'instant, Raytheon n'a pas à ma connaissance fabriqué de tubes de puissance audio, du genre 6L6 ou EL34. On trouve rarement des 6550 Raytheon qui sont en fait des Tung-Sol relabellées. De même les 6L6 sont d'origine RCA, ainsi que les EL84. Les tubes de grand format sont rares sous ce label, en voici deux beaux exemples, avec à gauche une JAN-6080WC, qui est une double-triode de puissance pour alimentation stabilisée, version militaire de la 6AS7. On remarque les plaques très particulières, ouvertes sur les côtés et laissant voir la grille sur son support en cuivre, et la cathode avec son revêtement blanc, voir la vue de détail. Trois micras bien sûr, avec entre les deux du haut des radiateurs de grille dignes de ce nom. Embase claire en micanol et renfort métal. Code 29-73 de juillet 1973. Construction très robuste également pour la 5U4GB à droite, cette Raytheon-Uniline étant la seule à montrer deux getters, un de chaque côté, pour une durée de vie améliorée (plaques type RCA). Code K24 de type RCA, de juin 1958. Boîte d'origine assez rare aussi, la plupart des tubes Raytheon étant présentés en boîte militaire.



**Figure 79.** Encore des 6SN7 ? Ben oui, il en faut pour faire des comparaisons... Celles-ci sont magnifiques avec plaques noires brillantes, nervurées en échelle, ressorts acier autour du mica supérieur, getter en D, radiateurs de grille et embase faible perte. L'une date de mars 1952, et porte une estampille de l'US-Army (SC402). Même la boîte est d'une qualité irréprochable, avec un support interne antichoc. L'autre est de 1960, mais en tous points identique. Une des plus musicales parmi les 6SN7 de toutes époques.



## CBS-HYTHRON

Le cas de CBS est un peu particulier, car ce n'était pas au départ un fabricant de matériel électrique. Cette chaîne de radiotélévision débuta en 1927 sous le nom **United Independent Broadcasters** et connut rapidement des difficultés financières. **Columbia Phonographic Manufacturing Company** (Disques Columbia) puis **Paramount** investirent en 1928 dans la compagnie qui fut renommée **Columbia Phonographic Broadcasting System**. Ces investissements permirent l'achat de la petite station de radio WABC de Brooklynn, devenue WCBS en 1946.

Le CBS-Radio-Network établit rapidement ses stations dans la plupart des grandes villes, mais après le crack boursier de 1929, Columbia Phonographic vendit ses parts à William Paley, fils d'un fabricant de cigare de Philadelphie. Paley changea le nom en **Columbia Broadcasting System, CBS**.

CBS se rendit célèbre avec l'adaptation radiophonique du roman de H.G. Wells *La guerre des mondes*, racontée par Orson Welles, et dont la diffusion sur les ondes avait semé la panique dans le New-Jersey.

Quel rapport avec les tubes ? Pour l'instant, un seul : pour la radio-diffusion, CBS est le grand concurrent de RCA, et il le restera avec les débuts de la télévision. Cependant CBS ne fabrique pas son matériel, c'est pourquoi en 1939 la marque décide l'acquisition de **Hytron-Laboratories**, petit fabricant de tubes établi depuis 1921 à Danvers, dans le Massachussets. CBS-Hytron ouvrira d'autres usines à Salem, Newburyport et Lowell.

Ces terres sont celles du géant Sylvania, c'est pourquoi de nombreux tubes CBS ont une construction interne identique aux modèles Sylvania, fournisseurs de nombreuses pièces constitutives.

Lorsque CBS implanta sa nouvelle usine de Danvers – ouverte en mars 1952 – le célèbre Poirier *Endicott Pear Tree* situé sur le terrain et

plus que bi-centenaire fut protégé par une clôture en bois pendant les travaux.

On peut encore voir cet arbre, planté en 1628 par John Endicott, en visitant la vieille ville de Danvers.

Les tubes CBS sont relativement rares, et la plupart de ceux que vous trouverez sont des tubes de téléviseurs, quelques-uns des tubes émetteurs. Les références utilisables en audio sont donc celles que l'on trouve dans les étages d'amplification des téléviseurs : en préampli 12AU7 et 6SN7, 6V6 en sortie, valve 5U4G, voir **figure 81**.

Les 6L6GC labellées CBS montrent des plaques en tous points identiques aux modèles Sylvania *plaques grises* très appréciés. La seule différence se situe au niveau de la composition du verre qui ne présente pas, en fonctionnement, de halo bleu sombre au bord des micas, contrairement aux Sylvania. On doit donc supposer que Sylvania fournissait les éléments de construction, mais que le scellement du bulbe était effectué chez Hytron. Les 6SN7 CBS montrent également des plaques identiques aux 6SN7GT Sylvania, mais un bulbe un peu plus court.

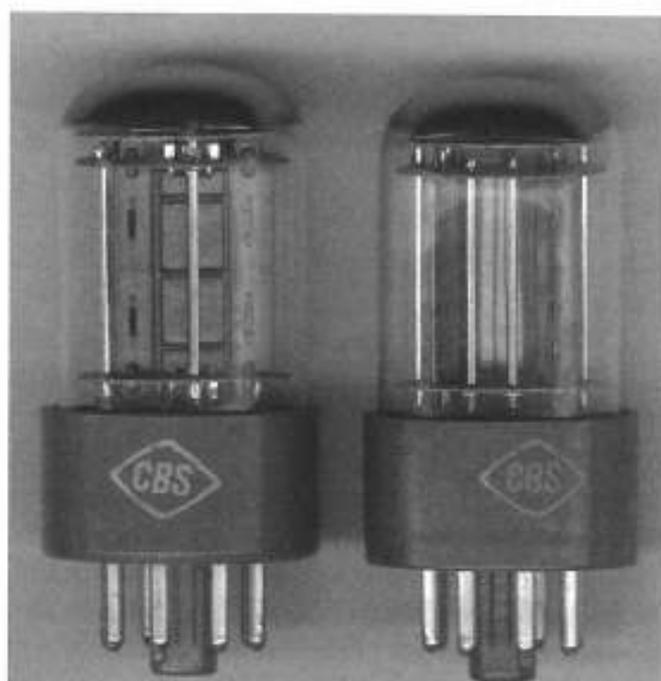
On trouve également des 807 et des 6BG6 cousines des versions RCA.

Le plus recherché des tubes CBS est sans aucun doute la double-triode 5692, **figure 82**, qui porte généralement un label militaire JAN-CHY car elle était utilisée dans l'artillerie.

Plus tard en 1965, CBS acheta Fender, mais la qualité de fabrication des célèbres guitares laissant à désirer, la marque Fender fut revendue à quelques passionnés en 1985, et rebaptisée **FMIC**, Fender Musical Instrument Corporation.



**Figure 81.** Cette valve 5U4GB labellée CBS montre des détails de fabrication propres aux valves RCA : formes et sertissages des plaques noires, avec 6 agrafes de chaque côté dont deux ne sont pas alignées, et une plaquette métallique brillante, avec une nervure, en dessous du mica inférieur. On trouve également sur le bulbe une écriture gravée et en dessous un code par série de points, tout comme chez GE. Par contre le bulbe est plus haut que les RCA ou GE, et le getter est en haut, alors qu'il est latéral pour les RCA et GE. Ces particularités laissent encore supposer que les éléments étaient fournis par les grands constructeurs et que CBS réalisait l'assemblage, le pompage et le flash.



**Figure 82.** CBS a fabriqué de magnifiques versions de la 5692, tube militaire par excellence, construit comme un char d'assaut ! On remarque les cinq colonnes supports épaisses entre les micas : une en face de chaque plaque, photo de gauche, deux entre les plaques, d'un côté, photo de droite, et la dernière à l'opposé. Plaques noires mates nervurées en échelles, ressemblant aux RCA mais avec des ailes plus larges. Double getter en D, triple mica, verre très épais, et embase faible perte. Ce tube très proche de la 6SN7 fait merveille dans certains montages audio. Mais ce qui surprend le plus, c'est tout simplement son poids !

## AMPEREX

Curieusement, il est très difficile de trouver quelques données sur l'histoire de la marque Amperex : quand et par qui fut-elle fondée ? Quelles furent les premières réalisations ?

Située à New-York, avec ses bureaux au 79 Washington Street, Brooklynn, et une usine installée vers 1955 au 230 Duffy Avenue, Hicksville, Long-island, Amperex fabriqua d'abord des tubes d'émission, comme la grosse triode 845 et d'autres de la même famille. En 1955, Philips NV acheta la marque afin de distribuer sur le marché US des tubes fabriqués en Europe. À l'époque, pour passer un contrat de fourniture avec la défense, les matériels devaient être produits sur le sol américain, par mesure de sécurité.

Avec l'acquisition de Amperex, Philips pouvait donc prendre part à ce marché.

L'usine de Long-Island, photo **figure 83**, équipée avec des lignes de production complètes, **figure 84**, et du matériel de contrôle venu tout droit de Hollande, fabriqua principalement des tubes à grille-cadre de la famille 6DJ8, **figure 85** et **86** puis des références militaires 6922, 7308, 7119.

Les tubes Amperex antérieurs à 1955 sont donc tous *made in USA* et portent le nom imprimé en rouge (rarement en noir) sur l'embase, mais pas de code gravé. Le plus connu est sans doute la triode 845 **figure 87**. Après 1955, les tubes sont soit fabriqués à New-York, et portent alors – comme tous les tubes issus d'usines appartenant à Philips – un code gravé avec le symbole \* désignant l'usine de Long-Island, soit importés de Hollande, la mention *Holland* apparaissant alors en toutes lettres.

Bien sûr, ces tubes Philips vendus sous la marque Amperex peuvent provenir de n'importe quelle usine du groupe hollandais. On en trouve donc beaucoup avec le  $\Delta$  de l'usine de Heerlen, mais aussi avec le  $B$  de Blackburn ou le  $\neq$  de Munich. Tous sont cependant labellés *Amperex Hollande*.

C'est en consultant des rapports de commissions chargées d'étudier la dépollution de sites industriels, qu'on apprend que Amperex a produit des tubes à Long-Island dès 1958 – en particulier les 6922 et 7308 – et jusqu'au début des années 70, et en d'autres usines dans l'état de Rhode-Island à



**Figure 83.** L'usine de Hicksville à Long-Island, New-York, fut bâtie en 1955 après le rachat de Amperex par le géant Philips. Des chaînes de fabrication complètes ainsi que des bancs de contrôle très sophistiqués furent importés de Hollande afin de fabriquer sur place les tubes à grille-cadre, qu'aucun fabricant américain ne proposait. Les modèles professionnels 6922 / E88CC et 7308 / E188CC sortirent tous de cette usine, qu'ils soient labellés Amperex, Sylvania, Philips-USA, RCA ou autre. Long-Island était à cette époque la zone industrielle de New-York, et il y reste encore aujourd'hui de vieux bâtiments désaffectés sur des sites qui posent de gros problèmes de dépollution.



**Figure 84.** Un technicien met en œuvre une machine Sealex, transfert circulaire entièrement automatisé. Les pompes à vide sont situées dans la cabine en tôle insonorisée visible à l'arrière plan à droite. Une fois le processus stabilisé, ce qui pouvait demander plusieurs jours et des centaines de tubes ratés, la production était ininterrompue pendant des semaines entières, et des lots de plusieurs milliers de tubes quasiment identiques pouvaient ainsi être produits.

Slatterville, Cranston, et North-Smithfield de 1960 jusqu'à 1978.

Les tubes vendus sous la marque Amperex après 1978 ne sont donc ni des Amperex USA, ni des Amperex Hollande. Philips se fournissait alors auprès des fabricants encore en activité – Sylvania-ECG, Europe de l'Est, URSS – pour alimenter ses réseaux d'approvisionnement, y-compris les fournitures militaires US. Les tubes Philips de cette époque viennent donc pour la plupart de Sylvania-ECG avant 1987, et de n'importe où après cette date...

Curieusement, les audiophiles, européens comme américains, portent plus de considération aux tubes Amperex qu'aux références Philips-Miniwatt-Dario. Ce sont pourtant la plupart du temps des tubes issus de mêmes lots ! Les Amperex sont rares et chers en Europe, ce qui est normal puisqu'ils n'y étaient pas vendus, il n'y a donc pas de vieux stocks. De même les Philips-Miniwatt sont rares aux États-Unis.

C'est vers 1980 que la marque Amperex fut rachetée par National, et à partir de cette date, le nom Amperex fut imprimé sur toutes sortes de tubes, sans rapport avec les usines Philips. J'ai vu dans un ampli Fender Bassman restauré en 1995, des 12AX7 Amperex *made in Germany* mais sans code gravé, et qui avaient tous les signes distinc-

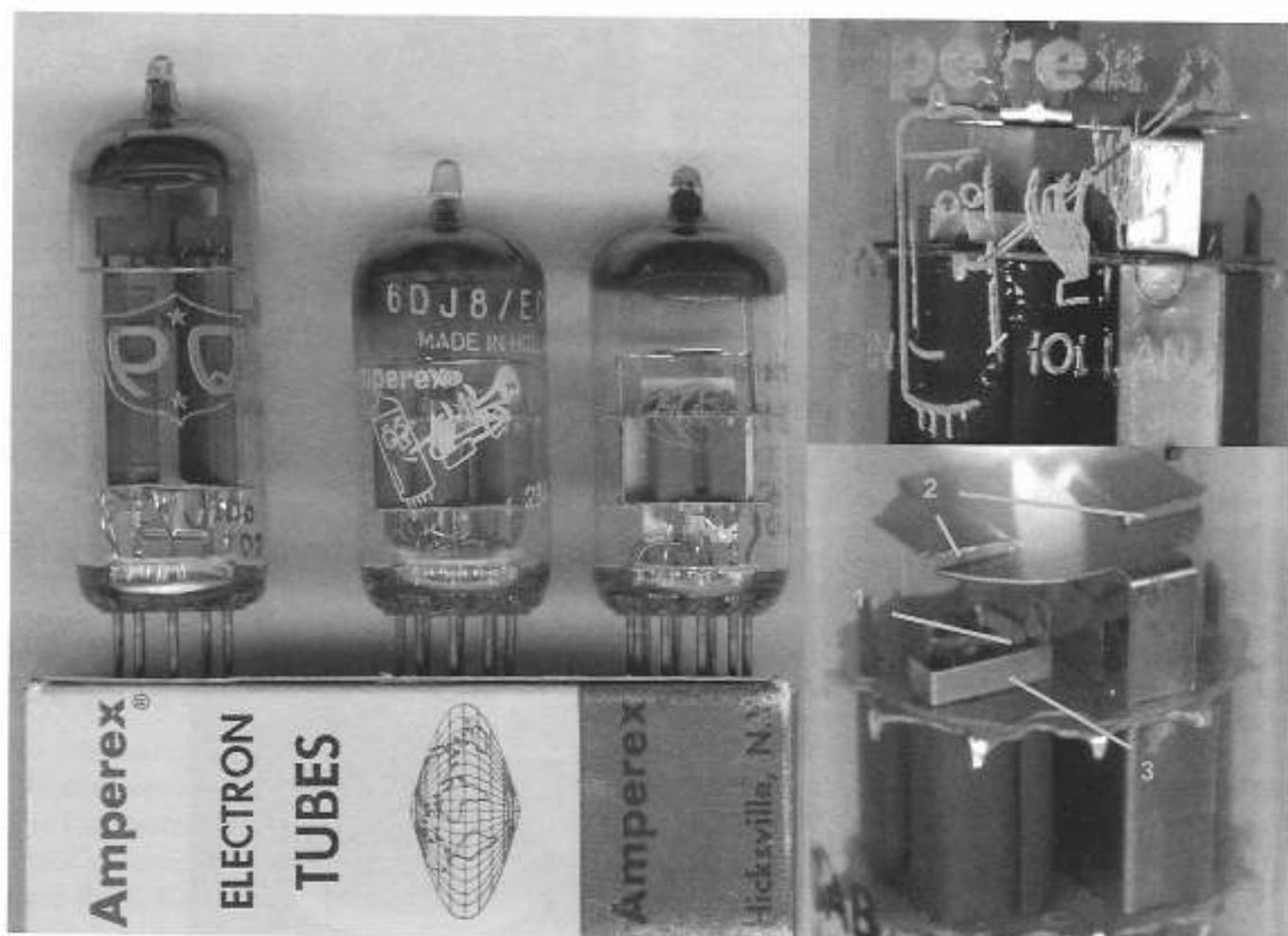
tifs des tubes d'Europe de l'Est. Le seul problème était le prix que le guitariste avait payé : plus de 4 fois le tarif d'un bon tube RFT, juste pour un label orange ! Aussi, si on vous propose des Amperex *made in Germany* ou *made in Great-Britain* ne vous fiez pas à la boîte, vérifiez qu'ils portent les codes Philips des usines Siemens ou Valvo pour les premiers, et Mullard pour les seconds. Si oui, vérifiez également les détails de construction interne, qui doivent être en tous points identiques aux tubes Philips. Dans le cas contraire vous avez affaire à un Amperex moderne *made in Russia* et le tarif devrait être celui des tubes Sovtek.

La division semi-conducteurs d'Amperex fut intégrée en 1972 à Micro-Components Corp. dirigé par Alfred Budnick, puis revendue en 1977 à Cherry-Semiconductors, et enfin cédée en 2000 à ON-semiconductors, division de Motorola.



**Figure 85.** Aux États-Unis, les tubes Philips étaient distribués sous la marque Amperex, quelque soit leur origine, précisée par les codes gravés (Mullard, Valvo, Siemens, RT ou... Philips). Ils portent tous la mention *made in Holland* ainsi que les deux références, américaine et européenne. S'ils n'ont pas de code, ils sont postérieurs à 1980 et leur origine n'est pas Philips, mais Europe de l'Est ou URSS, importés par National. Les deux ECC83 ci-contre montrent des plaques grises nervurées avec un trou sur le côté, et un large anneau de getter : ce sont bien des Philips. Codes 165, r3L2 et Δ311, elles sont toutes deux de 1963, mais l'une vient du Canada et l'autre de Hollande.

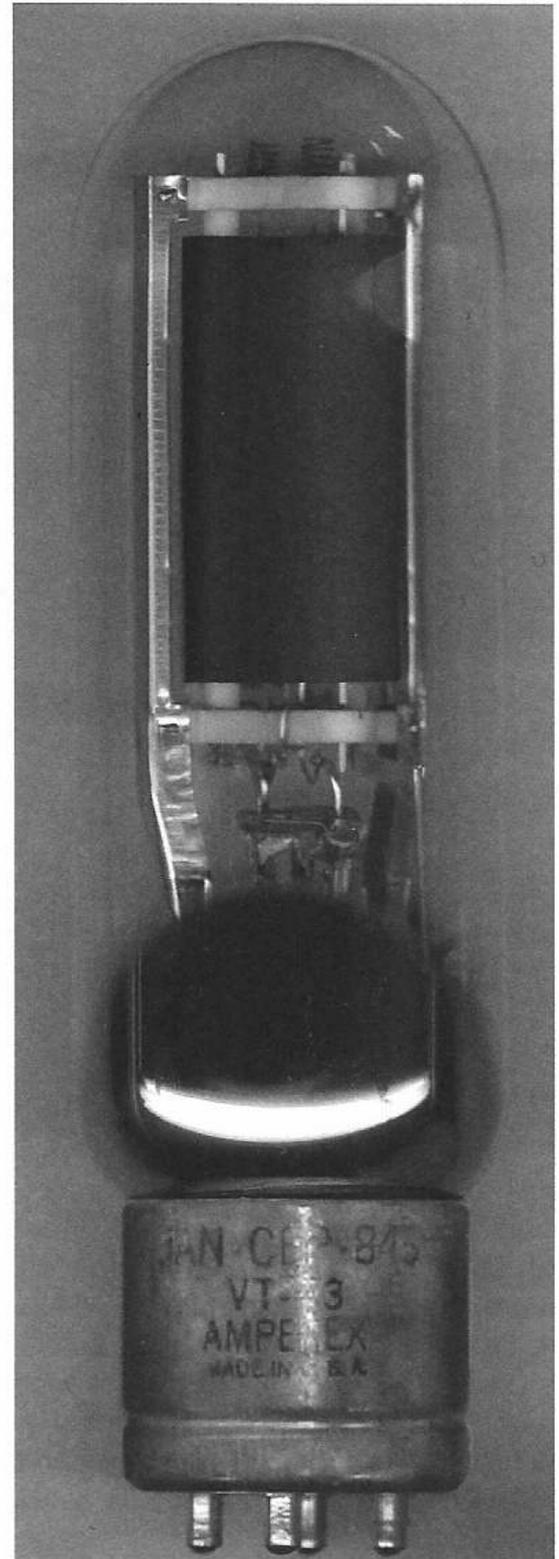
Le logo *Bugle-Boy* si célèbre fait monter leur prix, alors qu'on trouve des Miniwatt du même lot nettement moins chères, sans parler des Rogers du Canada ! La forme du logo a changé dans les années 60 (en 65 ou 66), voir figure suivante.



**Figure 86.** À gauche une E182CC de Hollande avec le logo PQ réservé aux tubes professionnels triés. (SQ chez Philips). Code ID6-Δ7D2 indiquant Heerlen avril 1967. Au centre une ECC88 de 1962 code GA7-Δ2D2 qui montre l'ancien logo *Bugle-Boy*, et à côté le même modèle GAB-Δ7E2 de 1967 avec le *World-Logo* appelé aussi *Orange-Globe*. En gros plan à droite le nouveau logo *Bugle-Boy* plus expressif car il hausse les sourcils ! En bas à droite une vue de détail mettant en évidence les particularités de construction qui font les qualités des ECC88 Philips et de leurs dérivés E88CC et E188CC. On remarque le ressort mica *finger-mica* en L prenant appui sur la cathode (1), la tôle de blindage sous le getter, avec deux

embossages carrés (2), la barrette qui relie les deux demi-plaques (3). Sur les tubes plus anciens cette barrette était grise et soudée en bas des plaques. Ces ECC88 sont aussi silencieuses, non microphoniques et musicales que les versions professionnelles E188CC, la seule différence étant leur tension plaque maxi de seulement 130 V... et leur prix ! Les ECC88 qui ne présentent pas ces dispositions sont nettement moins intéressantes. Par la suite vers 1970 le support de getter prendra une forme de cadre en A, *A-Frame* supportant un getter plein embossé *dimple-getter*, mais les *finger-micas* seront heureusement conservés.

**Figure 87.** Amperex a fabriqué dès les années 30 une excellente version de la grosse triode d'émission 845. Elle est reconnaissable à son embase en cuivre et à ses deux colonnes en tôle fine de section U et qui tiennent la structure de chaque côté. C'est, après la RCA, la plus musicale des 845. Remarquez les ressorts, au-dessus de l'espaceur supérieur en céramique, qui tendent le filament. Valve-Art en fabrique une excellente réplique, identique aux détails près, même le petit trou latéral dans les colonnes, à mi-hauteur de la plaque. Seule la couleur de plaque est différente, plus grise sur les copies car revêtue de titane. L'absence de mica supérieur met la structure à l'abri des vibrations du bulbe. Les autres triodes d'émission de la même famille, comme la 805 ou la 813, sont pour la plupart prévues pour travail en classe C avec grille positive, ce qui les rend difficilement utilisables en audio, l'étage driver devant fournir une puissance non négligeable. C'est pourquoi cette 845, parfaitement linéaire pour des tensions grilles négatives jusqu'à  $-400\text{ V}$  a trouvé une application inattendue en montage simple-étage. Le monotriode, parfois critiqué, atteint enfin une puissance confortable et une réponse dans le grave non limitée.



## BENDIX

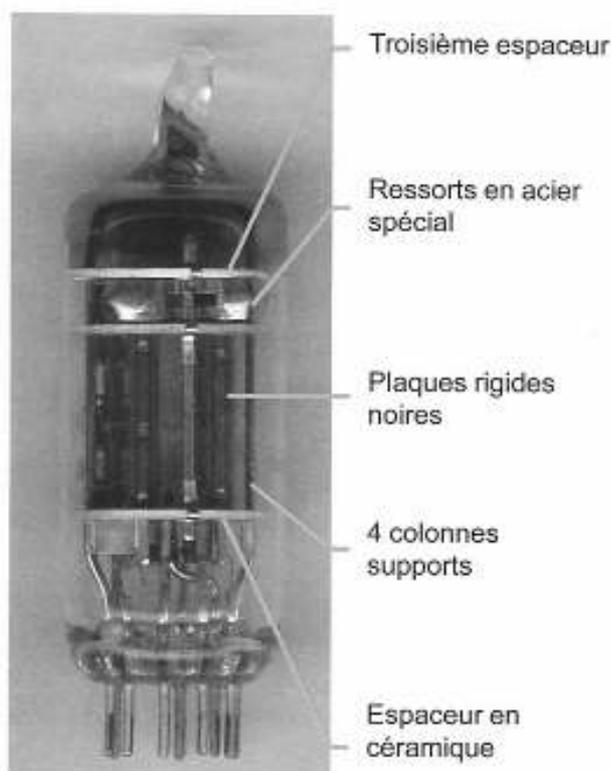
Vincent Bendix commença en 1924 dans la fabrication de freins hydrauliques pour véhicules. Dès 1929, les systèmes hydrauliques sont étudiés pour l'aéronautique (trains d'atterrissage) et la division Bendix-Aviation est créée, ainsi qu'une branche électronique, travaillant sur les commandes automatiques de ces systèmes (ABS).

En 1937 commence l'activité radio-aviation, et les  $\frac{3}{4}$  des appareils de la USAF seront équipés de radios Bendix dès la seconde guerre mondiale. Cette branche produira également des radars et des systèmes de télécommunication pour la NASA.

Un des premiers ordinateurs fabriqué en (petite) série fut le Bendix G-15 en 1956, et la branche Bendix-Computer est reprise en 1963 par Control-Data-Corporation.

Entre 1950 et 1959 Bendix produit des téléviseurs, ainsi que des autoradios pour Ford.

La fabrication de tubes est donc très limitée chez Bendix, cependant les exigences de fiabilité posées par l'aéronavale ou la NASA sont telles que des tubes spéciaux furent développés dans l'usine de Red-Bank, Eatontown, NJ. Construction en verre haute température Nonex (*no-expansion*, sans dilatation) incassable, espaceurs en céramique pressée, construction hyper-rigide montée sur ressort en acier spécial : un tube comme la double-triode 6900, **figure 88** ci-contre, est réputé indestructible, et peut durer des dizaines de milliers d'heures dans un préampli audio, en procurant une sonorité extrêmement dynamique et une ouverture totale de la scène.



**Figure 88.** Un tube mythique, ce 6900 Bendix-Red-Bank. Sa fiabilité est totale, et sa cathode permet des courants pulsés de 4 A !

Sa grille tungstène plaquée or, donc non émissive, assure une stabilité parfaite. Un étage driver ou sortie ligne sur transfo se trouve transcendé par l'usage d'un tel tube, en place des 5687 habituels. Avec  $V_a = 120$  V et  $V_{gk} = -2$  V, les caractéristiques à l'état neuf sont au minimum de 11500  $\mu\text{mhos}$ , et  $I_a = 36$  mA. Ne pas acheter si les mesures annoncées sont en dessous de 30 mA ou 9500  $\mu\text{mhos}$ .

## LES AUTRES

Le Canadien **Rogers-Majestic** résulta de la fusion de la société Rogers, fondée à Toronto par Ted Rogers, –inventeur en 1934 d'un tube capable de fonctionner sur courant alternatif – avec Majestic de Chicago. En 1941 Philips-Canada racheta l'usine, dont les productions portèrent alors le code *r* et furent copiées sur les gabarits fournis par Philips NV.

On trouve parfois des tubes Miniwatt marqués *r*, donc importés du Canada, mais portant la mention *importé de Hollande* et de construction interne rigoureusement identique aux productions hollandaises.

Les tubes estampillés Rogers ou Rogers-Majestic n'ont aucune réputation auprès des audiophiles. Pourtant ils sont identiques aux Amperex-Hollande portés aux nues, ainsi qu'aux Philips-Miniwatt très appréciés. Les Rogers sont vendus à des prix très abordables mais peu de gens savent vraiment ce qu'ils contiennent. Maintenant vous le savez !

Citons également **Chatham Electronics Corporation**, Livingston, New Jersey, connu pour ses compteurs Geiger, et d'autres instruments de contrôle des radiations, ainsi que ses tubes redresseurs 5R4W militaires, **figure 89**. On trouvera aussi les labels **Dumont**, **figure 90**, **Zenith** (parfois **Rauland**), **Philco** (puis **Lansdale**), **Daven**,

**Victoreen** et j'en oublie sans doute, sur des tubes américains.

Toutefois ces fabricants de téléviseurs, de radar, ou d'équipements militaires ne fabriquaient pas leurs propres tubes – sauf les CRT – mais se fournissaient en grande quantité chez les grands constructeurs (Sylvania, RCA, Amperex) et faisaient appliquer leur propre label sur ces séries de tubes.

Les mêmes pratiques se retrouvaient chez les constructeurs d'appareils de laboratoire et de mesure, comme **Hewlett-Packard**, **Tektronic**, **General-Radio**, **Victoreen**, et les fabricants de radio, talkies-walkies, autoradio comme **Motorola**, **Admiral**, **Collins**, **Crosley**, **JP-Seeburg** (les fameux juke-box) d'instruments comme **Fender**, **Gibson**, **Baldwin**, **Hammond**, **Epiphone** ou de matériel Haute-Fidélité comme **Dynaco**, **Fisher**, **McIntosh**, **Harman-Kardon**, **Marantz**.

Tous les tubes portant ces labels sortent des usines des grands fabricants, et un rapide coup d'œil permet de les identifier, en les comparant aux grands standards sortis de GE, RCA, Sylvania, ou même Telefunken, qui fournissait Fisher en tubes avec ce label.

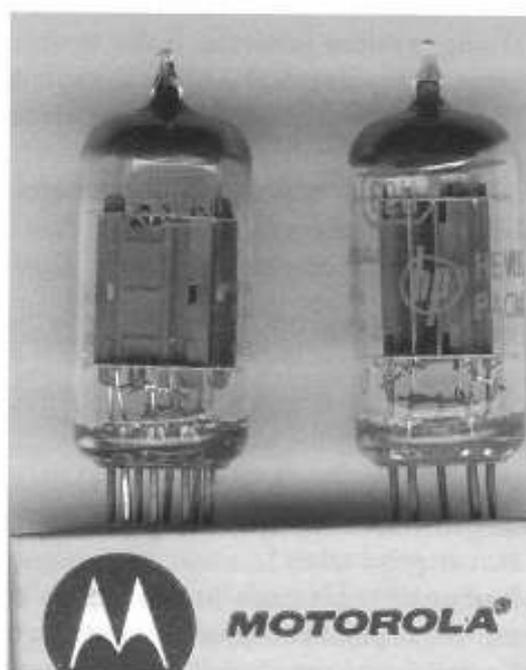
**Figure 90-bis.** Page de droite, quelques tubes américains portant des labels d'équipementiers : de gauche à droite, Motorola 5963 et H-P 6211, fabriqués par RCA et tous deux proches du 12AU7, et à droite Zenith 6F7 probablement d'origine Sylvania.



**Figure 89.** Encore fabriquée jusqu'à une date récente, probablement 1995, la valve 5R4 peut redresser 900 V et fournir 150 mA. Elle est idéale pour les amplis monotriodes, en particulier ceux à base de triode 845, qui demandent 1200 VDC et 90 mA. L'embase est en Micanol haute tension, le bulbe très épais supporte un vide très poussé et est collé au silicone à l'embase. La structure interne est celle de la 5U4GB, avec deux colonnes supports supplémentaires.



**Figure 90.** Les laboratoires Allen B. DuMont étaient situés à Clifton, New-jersey. Les téléviseurs DuMont, très réputés, étaient équipés de tubes Sylvania ou RCA, comme ces 12BH7A à plaques bombées noires brillantes. DuMont faisait seulement les tubes cathodiques.



## VII. SON NOS OU NOS... TALGIE?

Maintenant que vous en savez autant que moi sur les tubes NOS, peut-être serez-vous impatient d'en acquérir, en espérant une amélioration décisive de votre système. Il est possible en effet qu'un simple changement de tubes apporte un progrès, mais l'expérience a montré que certaines conditions devaient être respectées pour que l'équipement en tubes NOS soit profitable.

### DES NOS POUR QUI ?

Si vous êtes guitariste de punk-rock, que vous utilisez votre ampli à lampes avec une forte saturation, et que vous le promenez avec vous de concerts en répétitions, sans précautions particulières, les tubes NOS vont vous coûter très cher car ils ne dureront pas longtemps à ce train-là. Quel dommage !

Plusieurs précautions simples leur assureront une durée de vie maximale:

- Faites préchauffer votre ampli pendant 2 ou 3 minutes avec la haute tension coupée, grâce à l'interrupteur de *stand-by*. S'il n'y en a pas faites-en installer un avant d'aller plus loin. Vous me remercerez plus tard...
- À l'inverse, quand vous l'éteignez, coupez d'abord la haute tension puis attendez 1 minute avant d'éteindre l'appareil, afin que la tension sur les anodes ait disparu avant que le chauffage des filaments ne soit interrompu.
- Ne faites jamais subir de chocs, de vibrations intenses, ou de déplacement à votre ampli lorsque les tubes sont chauds. S'il doit être posé sur une enceinte, intercalez des pieds amortisseurs en caoutchouc.
- Ne retirez jamais un tube chaud, ou pire sous tension !
- Ne posez pas votre verre sur l'ampli !

Ces conditions portent évidemment sur l'appareil concerné, mais aussi sur votre manière d'écouter, vos habitudes et votre sensibilité. En particulier, vos critères personnels d'appréciation de la qualité musicale, sont prépondérants dans le choix des tubes qui vous conviennent.

Mais vous savez déjà tout cela. Cependant, sous de telles contraintes, les tubes poussés à leurs limites de tension, de puissance, et de saturation, auront une durée de vie assez courte, souvent 1 an ou 2. Dans ces conditions, l'usage de tubes récents, relativement économiques, me paraît incontournable. Le choix est assez large, et je vous conseille de faire un tour sur le site <http://www.watfordvalves.com> où vous trouverez des comparatifs précis des différents tubes. Je donne plus loin mon opinion sur les tubes les plus courants, ECC82, 83, 88 et EL34, 6L6.

D'une manière générale, il me semble que les tubes JJ représentent à l'heure actuelle ce qui se fait de mieux en tube de remplacement. En plus de performances mesurées très élevées, ils donnent des sonorités très dynamiques et équilibrées, et sont très robustes et bon marché. Que demander de plus?

En revanche, si vous avez un jeu plus mélodique, que vous utilisez le canal *Clean* ou une distorsion douce, pas trop poussée, il est possible que les tubes NOS vous procurent une grande amélioration.

En ce qui concerne les amplis Haute-Fidélité, c'est un peu plus compliqué, car il y a *amplis à tubes* et... *amplis à tubes* !

Pour sacrifier à la mode du tube, certains fabricants mettent au point des appareils à lampes, mais avec *l'esprit transistor*, c'est-à-dire avec une philoso-

phie de conception qui n'est pas adaptée aux tubes (ni à la musique, d'ailleurs). Le circuit est étudié à l'aide de puissants outils informatiques, qui permettent d'optimiser les paramètres de distorsion, de puissance, de bruit, de bande passante, et même la disposition des composants, mais pas la musicalité (non, ce n'est pas lié).

Dans ces appareils, les composants passifs ne sont pas choisis pour leurs qualités musicales, et en particulier les transformateurs de sortie, en tôles au silicium et circuits EI, limitent sérieusement la transparence et l'ouverture de la scène sonore. Qu'importe : la contre-réaction réduit toutes ces distorsions !

Puisqu'on vous dit que cet ampli est parfait...

Pour couronner le tout, les enceintes associées sont elles aussi de conception récente, c'est-à-dire miniaturisées. Elles ont une haute (!) sensibilité de... seulement 90 dB / 1 W, ce qui fait que l'ampli devra en crête sortir une cinquantaine de watts. La dynamique et la transparence de ces enceintes est souvent fort limitée, et on ne devrait pas les associer à des amplis à tubes, mais c'est à la mode !

Des tubes NOS dans ce type d'appareil et de système ne changeront rien ou presque, et c'est normal car le circuit a été étudié pour être insensible aux variations des composants !

## LE SON NOS

N'attendez pas des tubes NOS qu'ils vous apportent une différence nette de timbre, de sonorité. Ce n'est pas là que se situent leurs avantages. De même que sur le plan des mesures de laboratoire, les tubes NOS sont moins bons que les tubes récents, sur le plan du respect strict du signal électrique, les tubes récents font mieux !

Malheureusement, ce n'est d'aucune utilité ou presque pour la reproduction musicale : la reconstitution de la scène stéréophonique, en largeur et en profondeur mais aussi en terme de positionnement des sources, de focalisation, ainsi que la transmission de l'expression de l'artiste, n'obéissent pas à des mesures de laboratoire.

Restituer parfaitement l'espace de l'enregistrement, la présence des sources sonores et de leur matière qui rayonne des vibrations, suggérer le

Par contre, les amplis à tubes conçus par des spécialistes qui connaissent les tubes depuis plus d'un quart de siècle (voire un demi) obéissent à une philosophie différente : c'est la recherche de musicalité qui dirige la conception et le choix des composants. En particulier les transformateurs de sortie sont étudiés soigneusement, et font usage de matériaux nobles très performants (non, l'acier à 3,5 % de silicium en épaisseur 0,3 mm n'est pas performant). L'usage de contre-réaction est limité ou absent, et les circuits d'alimentation sont parfaitement séparés. Les amplis audiophiles appartiennent à cette catégorie, et sont associés à des enceintes à très haute sensibilité (pavillons) supérieure à 100 dB / 1 W, extrêmement dynamiques et très transparentes.

Dans ce cas le changement des tubes apporte des modifications très marquées.

Pour résumer : les tubes NOS s'adressent aux mélomanes-audiophiles plus qu'aux *hifistes* coupeurs de décibels en quatre.

geste par lequel l'expression se transmet, demande avant tout le respect de la dimension dynamique du signal, et de son évolution temporelle.

À ce petit jeu, les tubes NOS s'en tirent merveilleusement. Ils apportent souvent une dimension supplémentaire, un relief, un côté vivant, bref un réalisme saisissant, à la reproduction musicale. Leur *son* n'est peut-être pas rigoureux (qu'est-ce qu'un son rigoureux ?) mais leur musicalité est évidente.

Si vous êtes attentif à l'événement musical plus qu'aux sonorités, à l'expression plus qu'aux timbres, à l'aération de l'espace plus qu'à la réponse en fréquence, les tubes NOS sont pour vous. Ce qui ne veut pas dire que les tubes NOS donnent des timbres faux ou des sonorités déséquilibrées ! Non,

mais leur bénéfice n'est pas là, il se définit plus en terme de réalisme qu'en terme de fidélité. Il vous reste à trouver lesquels vous conviendront !

Car dans ce monde des tubes NOS, tous ne donnent pas la même présentation. Souvent les qualités sont concentrées dans un registre, qui se trouve alors favorisé, comme mis en relief, attirant l'attention de l'auditeur. On peut les diviser en quatre familles en fonction des résultats obtenus :

- Les premiers arrondissent un peu les sonorités et présentent une **scène ample et profonde**, avec des sources peu focalisées. L'aigu en particulier est doux et feutré. C'est le son vintage appelé *son tubes*. Il correspond à une mise en relief du registre grave / bas-médium.

- Les seconds apportent une brillance dans le haut du spectre, qui éclaire la scène et **précise les contours**, mais au détriment de la profondeur et de l'ampleur. Cela correspond à une mise en relief du registre aigu.

- Les troisièmes reproduisent une **scène sonore en avant**, avec une **présence** accentuée des solistes et une dynamique marquée. Cela correspond à une mise en relief du registre médium.

- Les quatrièmes enfin présentent une scène sonore très **ouverte, aérée, profonde** avec justesse, c'est-à-dire avec des solistes présents et focalisés mais pas projetés, et des arrière-plans nets et précis bien que lointains. Aucun registre n'étant mis en avant, l'équilibre et l'harmonie sont parfaits.

Les classements que je donne plus loin sont effectués avec ces quatre catégories, et vous permettront de faire votre choix en fonction de votre système, de vos préférences, et de l'évolution que vous souhaitez obtenir. Le choix des tubes NOS peut en effet établir une compensation. Par exemple, un ampli des années 60, procurant un son rond, chaud et ample, peut retrouver un peu de clarté avec des tubes Siemens ou Telefunken, alors qu'un ampli récent, un peu trop analytique, retrouvera une tonalité équilibrée avec des tubes Mullard ou Brimar. Il n'y a donc pas de *meilleurs* tubes NOS, tout est affaire de choix individuel.

Dans les tableaux qui suivent, je présente un classement établi à la fois à partir d'expériences personnelles et de comptes-rendus d'écoute issus de revues ou de sites Internet spécialisés. Des recou-

pements d'informations ont permis de dégager des tendances, des consensus, sans pour autant généraliser. Quelques tubes récents, de haute musicalité, ont été placés dans ces tableaux.

Le premier tableau appelle quelques remarques : si chaque tube est assez facile à positionner dans l'une ou l'autre catégorie, par contre le classement dans chaque catégorie est très difficile. Le tube classé en tête de chacune des catégories est celui donnant le meilleur ensemble. Par exemple la Siemens années 60 est celle qui, dans le style *piqué, détaillé* procure globalement la meilleure musicalité, le plus bel équilibre (mais moins qu'une Miniwatt), avec une scène sonore agréable (moins qu'une Mullard) et de l'impact (moins qu'une Tesla). Au contraire la Philips ECG, tout en étant détaillée, est un petit peu moins neutre, moins musicale, et se démarque assez nettement des trois autres catégories.

Tous ces tubes ECC83 présentent une résistance interne élevée, les circuits les utilisant auront donc une impédance de sortie élevée, responsable en grande partie de la sonorité peu focalisée, un peu floue, de beaucoup de préamplis. Sans entrer dans la discussion des schémas, on peut remarquer que le remplacement de la ECC83 par le tube Américain 5751, d'impédance interne nettement plus faible (et de gain réduit) apporte une nette amélioration, surtout en sortie de préampli. C'est d'autant plus vrai dans un étage phono avec correction RIAA active, le réseau de contre-réaction étant une charge sévère pour le tube de sortie, créant une remontée de distorsion dans le registre aigu.

Une ECC83 à fort gain, faible bruit, non microphonique, et à l'aigu fin et soyeux est donc idéale en entrée d'étage RIAA, alors qu'une 5751 est idéale en sortie de cet étage. La 5751 ayant un gain plus faible (60 à 70 au lieu de 100), son usage en entrée de préampli RIAA n'est pas toujours idéal, il faut essayer.

Les tubes de la famille ECC88 sont tous compatibles mais certaines précautions doivent être observées. Tout d'abord, le courant filament est légèrement différent selon les versions, ce qui amène une tension filament non optimale si l'alimentation n'est pas régulée. La tension plaque maximale est différente, ce qui fait que certains appareils ne

peuvent être équipés des versions de base, mais demandent les modèles professionnels.

En utilisation audio, la microphonie réduite des versions E188CC / 7308 est évidemment très intéressante, cependant il faut savoir que cette caracté-

ristique est due à l'utilisation de *finger-mica*, et de barrettes reliant les demi-plaques. Ces dispositions se retrouvent sur certains tubes référencés ECC88, comme les Philips-Miniwatt, Mullard ou Siemens des années 60.

## TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC83

TONALITÉ	RONDEUR	BRILLANCE	PRÉSENCE	ÉQUILIBRÉE
RELIEF	Scène en arrière, ample	Très focalisé, peu profond	Scène en avant, impact	Scène très aérée, ouverte et large
<b>ECC83</b>	Son ample, chaud, aigu doux et fin	Son clair, détaillé, défini, aigu piqué	Son articulé, ferme, dynamique, plein	Son aéré, profond, présent et clair
CLASSEMENT	Mullard LP 50	Siemens 60	Mullard CV4004 box-plates M8137	Telefunken ECC803
	RCA CBS Raytheon plaques noires	CIFTE triple mica 12AX7S silver plate	Tesla ECC803	Tesla ECC83S
	Brimar ECC83	Siemens triple mica	Philips Valvo E83CC	Philips, Miniwatt Valvo Hollande 60
	Brimar CV4004 box-plate	Telefunken plaques nervurées	Telefunken plaques lisses 60 (et Mazda)	Miniwatt-Dario France 60
	Sylvania 7025	Sylvania GE et HK 12AX7WA	JJ ECC803S	Amperex Bugle-Boy
	RCA et Raytheon plaques grises	Philips-ECG	Tung-Sol plaque grise 50-60	Miniwatt Canada
	Tungsram 70-80		G-E plaques grises 60 - CV492	JJ ECC83S
	RFT 60			
CONSEILS	Étage d'entrée de préampli phono Pour les systèmes un peu brillants	Pour les systèmes un peu introvertis, sombres Éviter en entrée de préampli	Ampli de tension, Déphaseur Pour les systèmes un peu retenus, manquant de relief	Entrée Étage RIAA Étage ligne Modèles les plus recherchés

## TABLEAU DE CHOIX TYPE 5751

TONALITÉ	RONDEUR	BRILLANCE	PRÉSENCE	ÉQUILIBRÉE
RELIEF	Scène en arrière, ample	Très focalisé, peu profond	Scène en avant, impact	Scène très aérée, ouverte et large
<b>5751</b>	<b>Son ample, chaud, aigu doux et fin</b>	<b>Son clair, détaillé, défini, aigu piqué</b>	<b>Son articulé, ferme, dynamique, plein</b>	<b>Son aéré, profond, présent et clair</b>
CLASSEMENT	Sylvania Gold-Brand plaques noires 50-60 triple mica	Siemens triple mica plaques grises	Sylvania JAN-CHS triple-mica 50-60	GE et HK triple-mica plaques noires 50
	Raytheon plaques noires 50-60 getter hélice	Philips-ECG et Bel années 80	GE plaques grises triple-mica 60	RCA command triple mica plaques noires
		GE plaques grises 80	Tung-Sol plaques grises	Sylvania WA 60-70 deux micas
			RCA et GE deux micas	
CONSEILS	Étage d'entrée de préampli phono Pour les systèmes un peu brillants	Pour les systèmes un peu introvertis, sombres Éviter en entrée de préampli	Ampli de tension, Déphaseur Pour les systèmes un peu retenus, manquant de relief	Entrée Étage RIAA Étage ligne

## TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC81

TONALITÉ	RONDEUR	BRILLANCE	PRÉSENCE	ÉQUILIBRÉE
RELIEF	Scène en arrière, ample	Très focalisé, peu profond	Scène en avant, impact	Scène très aérée, ouverte et large
<b>ECC81</b>	<b>Son ample, chaud, aigu doux et fin</b>	<b>Son clair, détaillé, défini, aigu piqué</b>	<b>Son articulé, ferme, dynamique, plein</b>	<b>Son aéré, profond, présent et clair</b>
CLASSEMENT	Mullard CV4024 ou M8162 - 70	Siemens E81CC trimica 60	Telefunken ECC801S	Philips Miniwatt Valvo Hollande 60
	Brimar 50	Mazda-Cifté triple mica	Mazda E81CC	Amperex 60
	Sylvania GB 70		GE et RCA 6201 five stars 60	GEC CV6091 D-getter 50
	Tung-Sol black plates 50-60		Siemens E81CC	
	Raytheon black plates 50			
CONSEILS	Étage d'entrée de préampli phono Pour les systèmes un peu brillants	Pour les systèmes un peu introvertis, sombres	Ampli de tension, Déphaseur, driver Pour les systèmes un peu retenus, manquant de relief	Étage ligne

## TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC82

TONALITÉ	RONDEUR	BRILLANCE	PRÉSENCE	ÉQUILIBRÉE
RELIEF	Scène en arrière, ample	Très focalisé, peu profond	Scène en avant, impact	Scène très aérée, ouverte et large
<b>ECC82</b>	Son ample, chaud, aigu doux et fin	Son clair, détaillé, défini, aigu piqué	Son articulé, ferme, dynamique, plein	Son aéré, profond, présent et clair
CLASSEMENT	Amperex Philips Hollande 7316	RCA clear-top	Mullard ECC82-70	Philips, Miniwatt Valvo Hollande 60
	RCA plaques noires	Siemens E82CC	Mullard CV4003 box-plates	Miniwatt-Dario France 60
	GE et RCA 5814	Siemens 5814 triple-mica	Mazda 6189 et 12AU7WA	Amperex Bugle-Boy
	Sylvania GB-6189	Mazda-Cifté silver	Telefunken plaques lisses	Raytheon plaques noires 50-60
	Sylvania GB5814	Telefunken ECC802S	CBS/Hytron et Tung-Sol 5814	
	Mullard 50-60	Tung-Sol	GE plaques grises 60	
	Brimar ECC82	Sylvania grey plate		
	Brimar CV4003			
Tungsram E82CC red label				
CONSEILS	Étage d'entrée de préampli phono Pour les systèmes un peu brillants	Pour les systèmes un peu introvertis, sombres Sortie RIAA	Ampli de tension, Déphaseur, driver Pour les systèmes un peu retenus, manquant de relief	Étage ligne

## TABLEAU DE CHOIX TYPE ECC88

TONALITÉ	RONDEUR	BRILLANCE	PRÉSENCE	ÉQUILIBRÉE
RELIEF	Scène en arrière, ample	Très focalisé, peu profond	Scène en avant, impact	Scène très aérée, ouverte et large
<b>ECC88</b>	Son ample, chaud, aigu doux et fin	Son clair, détaillé, défini, aigu piqué	Son articulé, ferme, dynamique, plein	Son aéré, profond, présent et clair
CLASSEMENT	Mullard CV4108 dimple getter 70	Siemens E88CC	Telefunken E188CC	Siemens CCa
	Mullard E188CC O-getter 60	Telefunken E88CC	Siemens ECC88-60	Telefunken CCa
	Mullard E88CC	Philips Miniwatt Valvo Mullard E88CC-SQ Amperex PQ 6922, 60-66	RCA 6DJ8 Germany	Philips Miniwatt RT Valvo Mullard Amperex Bugle-Boy E188CC-58-61 D getter
	Sylvania GB 6922	JAN-Sylvania 7308	Telefunken ECC88	Idem 60-62
	RCA 7308 UK	Siemens USA 7308	Mullard CV2493	Philips Mullard Amperex BB ECC88-60 O getter
		Philips ECG-7308		
		Siemens 6922		
	RCA 6DJ8 UK	RCA 6922 Germany	Ediswan CV5358	Philips SQ, Amperex PQ globe-logo A frame 68-76
			Tesla E88CC	Philips 6922-70
			Tungstram E88CC	
CONSEILS	Étage d'entrée de préampli Pour les systèmes un peu brillants	Pour les systèmes un peu introvertis, sombres Sortie RIAA	Ampli de tension, Déphaseur, driver Pour les systèmes un peu retenus, manquant de relief	Étage ligne

Le tableau ci dessous récapitule les différences de caractéristiques dans cette famille ECC88.

## TABLEAU DE CARACTÉRISTIQUES TYPE ECC88

	GRAND PUBLIC, TÉLÉVISION	MILITAIRE, INDUSTRIEL	PROFESSIONNEL, STUDIO, TÉLÉCOM
Référence			
Européenne	ECC88	E88CC	E188CC
Américaine	6DJ8	6922	7308
Équivalents	CV5358	CV2492 CV2493	CV4108 CCa
Courant filament	365 mA	300 mA	335 mA
mA min-max		285–315 mA	318–352 mA
Tension plaque	130 V	220 V	250 V
Va maxi		250 V si Pa < 0,8 W (400 V sans débit)	(400 V sans débit)
Puissance plaque	1,5 W	1,5 W	1,65 W
Pa maxi	1,8 W si total Pa1 + Pa2 < 2 W	1,8 W si total Pa1 + Pa2 < 2 W	2 W si total Pa1 + Pa2 < 2,2 W
Courant cathode			
Ik maxi DC	25 mA	20 mA	22 mA
Ik crête	n.c.	100 mA (pol. fixe : Ik < 5 mA)	110 mA
Tension filament/cathode Vkh maxi	50 V	120 V	150 V
Tension grille Vgk maxi	- 50 V	- 100 V	- 110 V
Pente S mA / V	12,5 mA / V	12,5 mA / V	12,5 mA / V
Tolérance		10 – 15 mA / V	10,5 – 14,5 mA / V
Fin de vie	< 9 mA / V	< 9 mA / V	< 9 mA / V
Amplification $\mu$	29 à 33	26,5 à 39,5	29 à 33
Autres	Faible bruit	Faible bruit Test chocs et vibrations Faible résistance d'interface Durée de vie 10000 h si Pa1,2 < 0,8 W Broches dorées	Faible bruit Test chocs et vibrations Faible résistance d'interface Durée de vie 10000 h si Pa1,2 < 0,8 W Broches dorées Microphonie réduite Triodes appairées

## TABLEAU DE CHOIX TYPE 6SN7

TONALITÉ	RONDEUR	BRILLANCE	PRÉSENCE	ÉQUILIBRÉE
RELIEF	Scène en arrière, ample	Très focalisé, peu profond	Scène en avant, impact	Scène très aérée, ouverte et large
<b>6SN7</b>	Son ample, chaud, aigu doux et fin	Son clair, détaillé, défini, aigu piqué	Son articulé, ferme, dynamique, plein	Son aéré, profond, présent et clair
CLASSEMENT	5692 CBS 60	6SN7WGT Tung-Sol D getter 60 (et GTB)	VT231 Tung-Sol plaque ronde 40	Sylvania W chrome-dome fin 40 - 50
	5692 RCA red base 50 à 60	GE side getter 60	VT231 Ken-Rad 40	Sylvania W bottom getter 40, VT231
	Brimar CV1988 50 à 70	Sylvania 70	VT231 RCA 40	Sylvania GT-A-B, WGT 40 - 50
	Brimar 6SN7GTY 50 à 70 bottom getter	Phillips 70-80	6SN7GT-A-B RCA side getter 50-60	Raytheon black plate WGT 50-60
	6SN7-EH gold pins	RCA fin 60		
CONSEILS	Étage d'entrée de préampli Pour les systèmes un peu brillants	Pour les systèmes un peu introvertis, sombres	Ampli de tension, Déphaseur, driver Pour les systèmes un peu retenus, manquant de relief	Étage ligne

Les autres tubes pour amplification de tension ne font pas partie de familles aussi vastes, aussi le choix est-il nettement plus aisé. Voici mon classement :

#### **TYPE 6SL7**

- Tung-Sol round plates 40 (équilibre)
- Ken-Rad VT229 round plates 40 (équilibre)
- Sylvania 6SL7WGT short black plates 50-60 (présence)
- Tung-Sol 6SL7WGT grey plates 60 (brillance)
- Brimar CV1985 (rondeur)
- RCA black plates 50 (rondeur)

#### **TYPE 5687**

- Bendix 6900 gold pins 50 (présence, impact et équilibre)
- Tung-Sol 6900 50-60 (présence, impact et équilibre)
- 5687 Tung-Sol ou Raytheon black plates 50 (présence et rondeur)
- Sylvania Gold-Brand 5687 60 (rondeur)
- Amperex-Philips E182CC / 7119 années 65-75 (présence, impact)
- GE five stars 5687WB (présence et brillance)
- Sylvania-philips-ECG 5687WA/WB année 70-80 (présence et rondeur)

Pour ce qui est des tubes de puissance, les trois types suivants ont été comparés et classés :

#### **FAMILLE 6L6**

- 1614, 6L6G, GA, GB, 5881 / 6L6WGB, 7581 / 6L6GC, EL37, KT66

#### **FAMILLE EL34**

- 6CA7, EL34, E34L

#### **FAMILLE 6550**

- 6550A, KT88

## TABLEAU DE CHOIX TYPES 6L6, EL34, 6550

TONALITÉ	RONDEUR	BRILLANCE	PRÉSENCE	ÉQUILIBRÉE
RELIEF	Scène en arrière, ample	Très focalisé, peu profond	Scène en avant, impact	Scène très aérée, ouverte et large
	Son ample, chaud, aigu doux et fin	Son clair, détaillé, défini, aigu piqué	Son articulé, ferme, dynamique, plein	Son aéré, profond, présent et clair
<b>6L6</b>	GEC KT66	GE 6L6GC side getter	GE 7581	6L6GB RCA black plate 50
	EL37 Mullard	6L6WGB Sylvania ECG Philips 70-87	6L6GC Sylvania grey plate 60-70	6L6GC Néotron black plate 60
	RCA 1614 metal	5881 Sylvania	Tung-Sol 5881 brown base	6L6GC Sylvania tall bottle 2 getters
	Shuguang KT66		EH 5881 WXT	
<b>EL34</b>	KT77 Genalex 70	Telefunken wing plate 67-71	Siemens (RFT) 80	Philips Amperex Valvo Hollande metal base 55-58
	Mullard double getter 62-68	Telefunken slot in plate 60-67	6CA7 GE fat boy	Idem 57-62 brown base
	Mullard single getter 68-73	6CA7 Sylvania 2 getters	JJ EL34 – E34L	Idem large base 58-61
	Mullard staple plate 73-80	EH EL34		Philips Valvo Siemens 60-70
	Svetlana C-logo	RFT 60-72		
<b>6550</b>	GEC KT88 60-70	Gold-Lion KT88 –70	JAN-GE 6550A 84-85	Tung-Sol black plate 55-60 (et Raytheon)
	Svetlana KT88 C-logo	Genalex –70	JJ KT88	Tung-Sol grey plate 3 holes 62-68
	Svetlana 6550C	EH6550	GE 6550A staple plate 70-80	Sylvania welded plate 70

Les tubes de la famille EL84 / 6BQ5, que je n'utilise pas personnellement, suivent de près le classement des EL34. Ils sont du même type bien que plus petits, ils sortent des mêmes usines, sont construits avec les mêmes matériaux et procédés, et présentent par conséquent les mêmes caractéristiques musicales.

Enfin, pour les lecteurs qui ne pratiquent pas la langue de Shakespeare, voici page suivante un petit lexique des termes techniques utilisés pour désigner les particularités des tubes NOS. Les boutiques en ligne, la plupart étant en langue anglaise, présentent des descriptifs qui font apparaître l'un ou l'autre de ces termes barbares, aussi je conseille au lecteur de faire le petit jeu suivant : pour chaque terme du lexique, vous devriez retrouver dans ce livre au moins une photo qui montre l'élément concerné.

Les informations présentées ici ont été vérifiées autant que possible, en les recoupant à partir de trois sources indépendantes. Malheureusement, l'indépendance des sources, en particulier celles disponibles sur les sites Internet consacrés aux tubes (la plupart en langue anglaise) n'est pas facile à établir : beaucoup d'informations sont simplement reprises par différents sites, depuis un même article de départ. C'est pourquoi certaines erreurs deviennent des certitudes établies. J'en ai

corrigé quelques-unes, mais il en reste sans doute, et quelques informations n'ont pas pu être recoupées, aussi je vous suis par avance reconnaissant de me les indiquer, en précisant vos sources. Les témoignages de personnes qualifiées et les sources bibliographiques sont préférables, ainsi que les documentations officielles des fabricants.

Les tubes présentés ici sont issus de la collection personnelle de l'auteur, excepté quelques photos provenant de sites Internet cités en légende, et d'autres, anciennes, d'origine inconnue. Les tubes photographiés ont été si possible choisis pour la qualité de leur label, la lisibilité des codes, ou la visibilité de leur structure interne. Toutefois, dans certains cas il n'a pas été possible de réaliser une photographie vraiment correcte, aussi je prie le lecteur de m'excuser pour la piètre qualité de certaines images. Toute information permettant la mise à jour des documents présentés ici sera bienvenue, ainsi que toute question relative aux tubes NOS ou récents, que vous pouvez me poser sur le forum accessible depuis le site Elektor.

*Merci de partager cette passion.*

**Francis IBRE**

# LEXIQUE

## PLAQUES

smooth plate	plaque lisse
ribbed plate	plaque nervurée
ladder plate	plaque avec nervures en échelle
round plate	plaque cylindrique
tri-plate	plaques montées en triangle (Sylvania 1954)
stapled plate	plaque agrafée
welded plate	plaque soudée
mesh plate	plaque grillagée
wings plate	plaque avec ailettes
long plate	plaque longue (17 mm pour ECC)
short plate	plaque courte, genre ECC88
holes in plate	trou(s) dans la plaque
side hole	trou latéral
slot in plate	fente dans la plaque
box plate, box anode	plaque en forme de boîte
black plate	plaque noire mate
shiny black plate	plaque noire brillante
grey plate	plaque grise
silver plate	plaque argentée, non traitée
trimetal plate	plaque multicouche (Al-Ni-Cu-Ni-Al)
pinched plate	montage de la plaque perpendiculaire à la grille (sur tube noval US)

## EMBASE

flat pressed stem	culot pressé plat (connexions en ligne)
button stem	culot pressé rond (connexions en cercle)
metal base	embase cerclée de nickel
bakelite base	embase bakélite
micanol base	embase composite haute tension
black base	embase noire
brown base	embase brune
dark brown base	embase brun foncé
light brown base	embase brun clair
clear base	embase beige clair
red base	embase rouge (faibles pertes)
coin base	embase plate en verre mince
large base	embase plus large que le bulbe

wafer base	embase plastique faible épaisseur (RCA 70)
low-loss base	embase faibles pertes
diamond base	carré gravé dans l'embase (Tfk)
code between pins	code gravé entre les broches

## STRUCTURE

top mica spacer	espaceur supérieur
mica-spring	ressorts en mica autour de l'espaceur
finger mica	mica découpé en L appuyant sur la cathode
chrome-dome	flash couvrant tout le dessus du bulbe
silver-top	flash couvrant le centre en haut du bulbe
double rod	double support de getter
extra rod	support supplémentaire entre les micas
triple mica	troisième mica entre le getter et la structure
getter shield	tôle de protection sous le getter
dimple shield	blindage embossé
eyelet	œillet de fixation des tiges supports
pin shield	blindage entre les broches
grid post	support de grille
copper (grid) post	support de grille en cuivre
gold grid	grille plaquée or
grid fan	radiateur de grille (au dessus du mica)
heater bus	barre de connexion du filament

## BULBE

coke bottle	bulbe ancien forme ST
ST shape	bulbe ancien avec épaules
tubular	bulbe moderne droit (GT : glass tubular)
tall bottle	bulbe haut
fat bottle	bulbe large, plus grand que l'embase
short bottle	bulbe court
medium glass	bulbe normal
pinched waist	bulbe cintré au milieu
pinched base	bulbe cintré en bas
chrome-dome	dessus du bulbe couvert par le flash
silver-top	flash réduit en haut du bulbe
clear glass	dessus du bulbe sans flash
black glass	verre traité noir (carbone)
grey glass	verre traité... gris !

**GETTER**

getter	<i>attrapeur de gaz ! (to get : attraper)</i>
getter flash	zone brillante de dépôts du getter
top getter	getter en haut
bottom getter	getter en bas
lateral getter	getter latéral
side getter	getter sur le côté (idem ci dessus)
ring getter	getter en anneau
halo getter	idem
round getter	idem
O getter	idem
double-O getter	le même, en double
D getter	getter en barre droite au bout d'un demi-cercle
DD getter	le même en double
cup getter	coupelle contenant l'alliage du getter
horse-shoe getter	getter en fer à cheval
square getter	getter carré
declined getter	getter incliné
flat getter	getter plat
plain disc getter	getter en disque plein
dimple getter	getter en disque embossé (8 reliefs)
capsule getter	getter en capsule (cylindrique)
black getter	flash sombre, car déposé lentement
rainbow flash	arc-en-ciel au bord du flash (surchauffe)
stain getter flash	flash taché (normal si au centre)
A frame getter	getter supporté par un cadre en A
double rod getter	double support de getter
getter shield	blindage sous le getter
getter arm	bras support du getter
faded getter	getter estompé, effacé (tube usé)

**BROCHES**

nickel pins	broches en nickel, standard
tungsten pins	broches en tungstène, tubes militaires
gold pins	broches dorées
guiding pin	broche centrale pour tube octal
hole in guiding-pin	broche centrale percée

**DIVERS**

spiraled heater	filament torsadé
smearred printing	impression effacée (illisible)
close section	triodes appairées pour un tube double
matched pair	tubes appairés
ruggedised construction	construction renforcée (W)
ceramic spacer	espaceur céramique

# BIBLIOGRAPHIE

1. *Radioélectricité générale, Tome II : fonctionnement des lampes ; fascicules I et II*, R. Mesny, professeur à l'École Supérieure d'Électricité, Éditions E. Chiron, Paris, 1935
2. *Schémas d'électronique, Tomes 1 et 2*, J. Mornand, Dunod 1967
3. *Amplification – Méthodes graphiques, procédés de calcul, contre-réaction*, M. Mounic, Éditions Foucher, Paris 1967
4. *Initiation aux amplis à tubes*, J. Hiraga Éditions Fréquences, diffusion Eyrolles 1991
5. *Radio tubes*, E. Aisberg, L. Gaudillat, R. Deschepper SECF Éditions radio 1981
6. Collectif d'auteurs :
  - *Techniques de l'ingénieur – Électronique*, 1972
  - *Dispositifs à haute-fidélité*, P. Loyez
  - *Récepteurs radioélectriques*, J. Swaenepoel
  - *Tableaux numériques*
7. *Getting the most out of vacuum tubes*, Robert B. Tomer, ingénieur CBS, Howard W. Sams and Co, Indianapolis, juillet 1960
8. *Theory of thermionic vacuum tube*, E.L. Chaffee, McGraw-Hill, 1933
9. *Principles of electron tubes*, Herbert J. Reich, McGraw-Hill, 1941
10. *Electronic transformers and circuits*, Reuben Lee, advisory engineer Westinghouse Electric Corp, John Wiley and sons, New-York, 2ème édition, 1955
11. *The materials and shapes of vacuum tube heaters*, W. A. Hasset, senior engineer Western Electric Co. Lauderdale, Pa *Electronic Industries magazine*, décembre 1961
12. *Tube filament and heater characteristics*, Cecil E. Haller *Electronics*, July 1944
13. *Ken-Rad engineering bulletin*, 27 avril 1936
14. *Beam power tubes*, O.H. Schade RCA, Harrison NJ, mars 1938
15. *Taschenbuch – Röhren – Halbleiter – Bauteile*, AEG Telefunken, 1969
16. *RCA Electron Tube Handbook, receiving tube manual HB3*, 1971
17. *Report on the Supply of Electronic Valves and Cathode Ray Tubes*, chapitre 1 à 16, [http://www.competition-commission.org.uk/rep\\_pub/reports/1950\\_1959](http://www.competition-commission.org.uk/rep_pub/reports/1950_1959), Competition Commission, Information Centre, Victoria House, Southampton Row, London WC1B 4AD.
18. Datasheets : Amperex, Bendix, Cifté-Belvu-Mazda, General-Electric, GEC-Osram, JJ-Tesla, Ken-Rad, Marconi-Osram-Valves, Mullard, Philips-Miniwatt, Radio-Technique, Raytheon, RCA, RFT, Siemens, Svetlana, Sylvania, Telefunken, Tungsol, Valvo, Western-Electric.
19. *The valve techie page 2000-2005*, J. Evans <http://www.thevalvepage.com/valvetek/valvetek.htm>
20. *Valve microphonics* Mullard Technical Communications, novembre 1962
21. *Getter materials* magazine *Electronics*, octobre 1950.
  - Werner Espe, Tesla National Works, Prague Czechoslovakia
  - Max Knoll, Department of electrical engineering, Princeton University, and RCA laboratory division, Princeton, New-Jersey
  - Marshall P. Wilder, Tele-Radio, Stamford, Connecticut.



# SITOGRAPHIE

mises à jour et révisions disponibles sur le site de l'éditeur [www.elektor.fr/nos/](http://www.elektor.fr/nos/)

## INFORMATIONS TECHNIQUES SUR LES TUBES

Thèse présentée en 2001 par Daniel Cheever à l'Université du New-Hampshire :

[http://www.mit.edu/cheever/www/cheever\\_thesis.pdf](http://www.mit.edu/cheever/www/cheever_thesis.pdf)

National Valve Museum, articles techniques de fabrication des tubes :

<http://www.r-type.org>

Recherche de fiche technique de tube *Tube Data Sheet Locator* :

<http://tdsl.duncanamps.com>

Documentation technique très complète :

<http://www.frank.pocnet.net> (voir les documentations par marque) et <http://www.akh.se/tubes/>

Technologie des tubes Mullard :

<http://www.thevalvepage.com/valvetek/whootip2/whootip2.htm>

*Department of Defense Standards*, Defense Supply Center, 3990 East Broad Street, Columbus, Ohio 43216-5000, USA : <http://www.dscc.dia.mil>

Histoire des fabricants de tubes au Royaume-Uni :

[http://www.competition-commission.org.uk/rep\\_pub/reports/1950\\_1959](http://www.competition-commission.org.uk/rep_pub/reports/1950_1959)

Fabrication des premières lampes : <http://www.bulbcollector.com/story1.html>

Galerie de photo de tubes NOS : [http://www.tubemonger.com/NOS\\_Tubes\\_Picture\\_Library](http://www.tubemonger.com/NOS_Tubes_Picture_Library)

Galerie de photos de tubes Philips, Siemens, Telefunken, Valvo : <http://www.tube-classics.de/>

H. T. Schmidt, collection de lampes, documentation technique : <http://www.hts-homepage.de/>  
ainsi que <http://www.hts-homepage/Tfkprod1.html> pour interpréter les codes des tubes Telefunken.

Histoire des tubes <http://www.jogis-roehrenbude.de/>

Généralités sur les radios à lampes :

<http://www.doctsf.com/grandlivre/marques> et <http://pascalsimeon.free.fr/>

Histoire brève de quelques fabricants de tubes, avec tour photos :

<http://www.vintagetubeservices.com/page9.html>

Histoire des télécommunications : <http://www.privateline.com/TelephoneHistory4/History4.htm>

Tout sur les lampemètres : [http://tone-lizard.com/Tube\\_Testers.html](http://tone-lizard.com/Tube_Testers.html)

mises à jour et révisions disponibles sur le site de l'éditeur [www.elektor.fr/nos/](http://www.elektor.fr/nos/)

## REVENDEURS DE TUBES NOS OU RÉCENTS

France : <http://www.delcampe.fr/boutiques/europatubes.com>

Ceres Electronique, France : <http://80.11.129.18/~ceresau/index.html>

Audiotriodes, France [www.audiotriodes.com](http://www.audiotriodes.com)

Tubes récents, HiFi et guitare : <http://www.audiotubetech.com/>

Royaume-Uni : Watford-Valves <http://www.watfordvalves.com>

Comparatifs de tubes sur : <http://www.watfordvalves.com/reports.asp>

Allemagne : tubes récents Sovtek, EH et Chinois, Jac-Music <http://www.jacmusic.com>

Tubes NOS <http://www.askjanfirst.com/> ou <http://www.die-wuestens.de/> (même site) ou <http://www.tubetown.de/ttstore/> et <http://www.btb-elektronik.de/>

Belgique : <http://www.diyparadiso.com/> et <http://www.halpin.com/html/accueil.asp>

Pays-Bas : <http://www.tubesworld.com/> (ne pas confondre avec tubeworld)

États-Unis : <http://www.tubeworld.com> et : <http://www.tubedepot.com/>

Comparatif des 300B sur <http://www.enjoythemusic.com/channel/ch300b>

Canada : <http://www.thetubestore.com>

## FABRICANTS DE TUBES

Svetlana <http://www.svetlana-tubes.com>

JJ-Electronics, Prague, Slovaquie : <http://www.jj-electronic.sk>

Pour de vraies 300B : <http://www.westernelectric.com/>

Tien-Jin <http://www.tube-fullmusic.com>

Visite guidée des usines : [http://www.dhtrob.com/overige/brian\\_visit\\_tianjin.htm](http://www.dhtrob.com/overige/brian_visit_tianjin.htm)

Shuguang <http://www.shuguangtubes.com>

E-I, Elektronska-Industrija, Nis, Serbie : <http://www.eitubes.com>

Riccardo Kron, KR : <http://www.kraudioproducts.com>

EAT, European Audio Team : <http://www.audiotuning.com>

Emission-Labs (ex AVVT, Alesa-Vaic-Valve-Technology) : <http://www.emissionlabs.com>

New-Sensor Co. New-York : Sovtek : <http://www.sovtek.com>

## RÉALISATIONS À TUBES

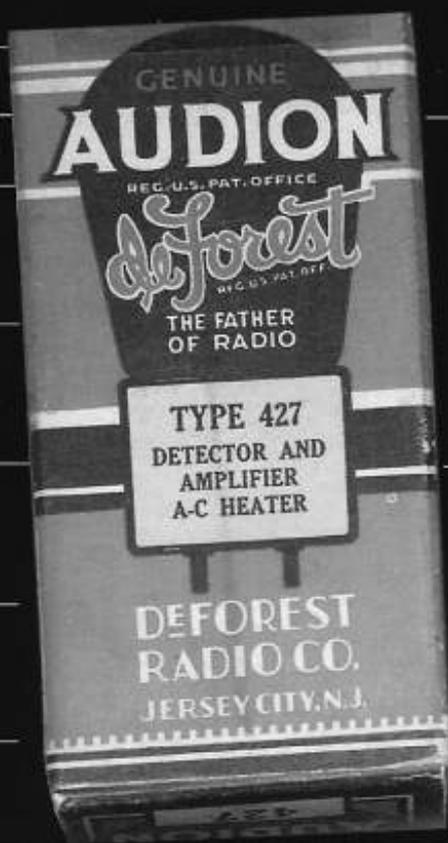
Jean-Luc Ballar, <http://bjl.audioconcept.free.fr>

Avec de très nombreux liens, vers des forums, des artisans, des fournisseurs.

Et pour trouver d'autres liens, il suffit de passer par ce portail :

<http://www.worldtubeaudio.com/>

# deForest



Il y a tout juste cent ans, Lee de Forest eut la merveilleuse idée d'ajouter une troisième électrode, une grille, entre le filament et la plaque d'une lampe détectrice : l'Audion était né, et avec lui, débutait l'ère de l'électronique. Que de progrès depuis !

Et pourtant cette technologie vieille d'un siècle n'est pas encore obsolète : aujourd'hui, à l'heure des nano-technologies et de la très haute intégration des circuits électroniques, Western-Electric fabrique toujours la triode 300B.

Quelle est donc cette magie des tubes de verre qui nous enchante encore ? Quels secrets les rendent irremplaçables à nos oreilles de mélomanes ? Rien que le savoir-faire d'hommes passionnés, transmis et enrichi sur plus de quatre générations.

Découvrez ici ce qui se cache au cœur des "lampes", à travers une centaine de photos et d'illustrations, un tour d'horizon des productions actuelles et un historique des fabricants anciens les plus connus.

Apprenez à reconnaître et à choisir les tubes NOS les plus réputés, grâce aux codes et à leurs particularités de construction.

isbn 978-2-86661-155-2

diffusion GEODIF



[www.elektor.fr/nos](http://www.elektor.fr/nos)

ELEKTOR | PUBLITRONIC

