

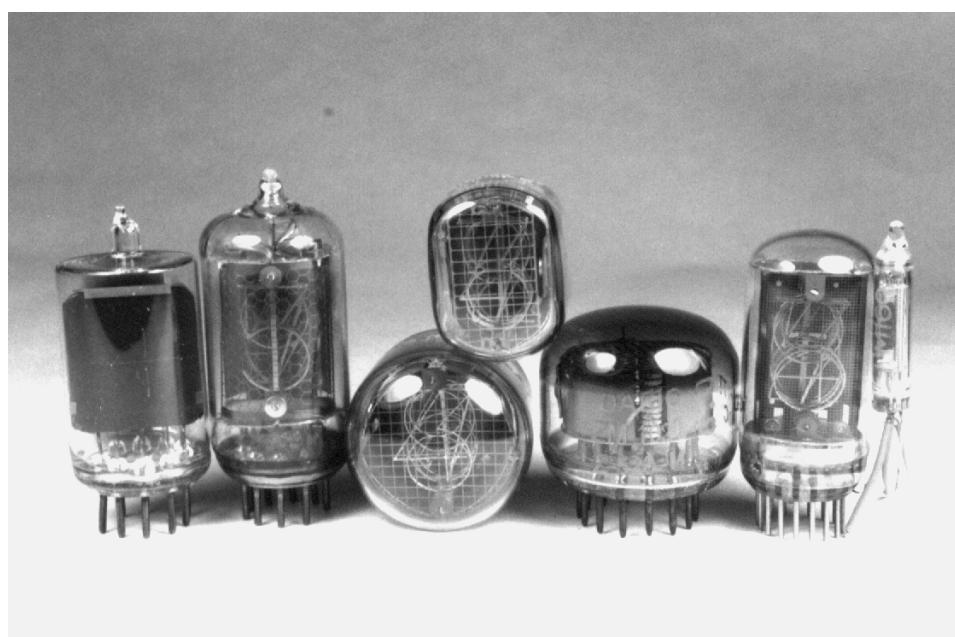
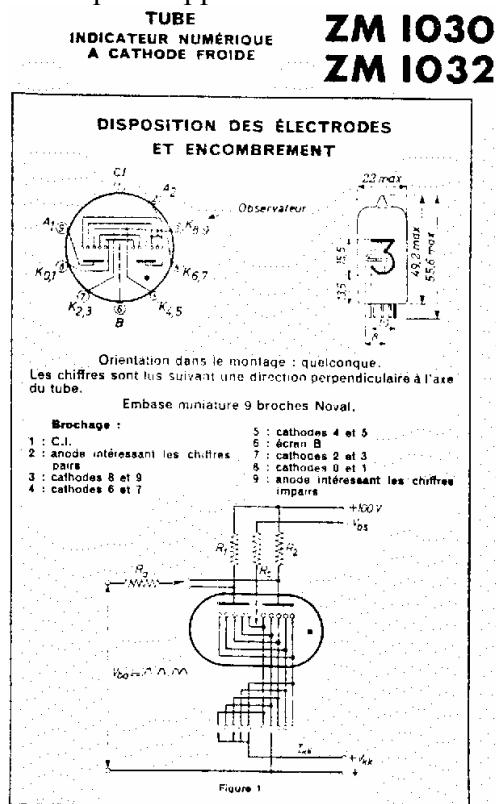
Très rapidement les transistors prennent la relève et ramènent encombrement et consommation à des valeurs acceptables; la visualisation de l'état des bascules s'effectuant sur des tubes dérivés de la famille NIXIE de BURROUGHS à laquelle appartient le B5441.

Sur une embase ne comportant pas moins de 16 broches il présente les chiffres 0 à 9 sur la hauteur du tube, son cadet B5441A est dépourvu du queusot de vidage supérieur. Toujours avec la présentation latérale des chiffres, le ZM1032 offre la particularité d'utiliser un culot noval classique, donc un support courant et peu coûteux. Comme il faut normalement 10 connexions reliées aux chiffres 0 à 9 en plus de l'anode commune, on contourne la difficulté en utilisant le décodage "biquinaire" du compteur: une anode étant activée pour les chiffres pairs, une seconde pour les chiffres impairs, il reste à grouper deux par deux les chiffres pairs-impairs sur 5 cathodes. Ci-contre la feuille des caractéristiques du ZM1032 montre sa disposition générale. Passant aux tubes à vision frontale, en bout coté opposé aux connexions, nous trouvons nombre de modèles présentant une certaine similitude:

-F9057AA CSF hauteur des chiffres 15,5mm.

-Z560 dans la même présentation ronde.

Le ZM1020/Z520, toujours avec chiffres de 15mm. de haut, existe dans une version munie de deux plats latéraux au lieu de la forme ronde habituelle. Il s'agit du ZM1162 qui autorise l'assemblage plus compact d'un groupe de six à huit tubes mis côte à cote; ce tube MULLARD 14 broches est par ailleurs électriquement équivalent au ZM1020/Z520. En dehors de l'affichage de chiffres 0 à 9, certains tubes présentent des graphismes différents, ou utilisent un autre mode de fonctionnement. Le DR2030 R.C.A, afficheur NUMITRON, est muni de petits filaments analogues à ceux de lampes d'éclairage pour tracer les signes + et -.



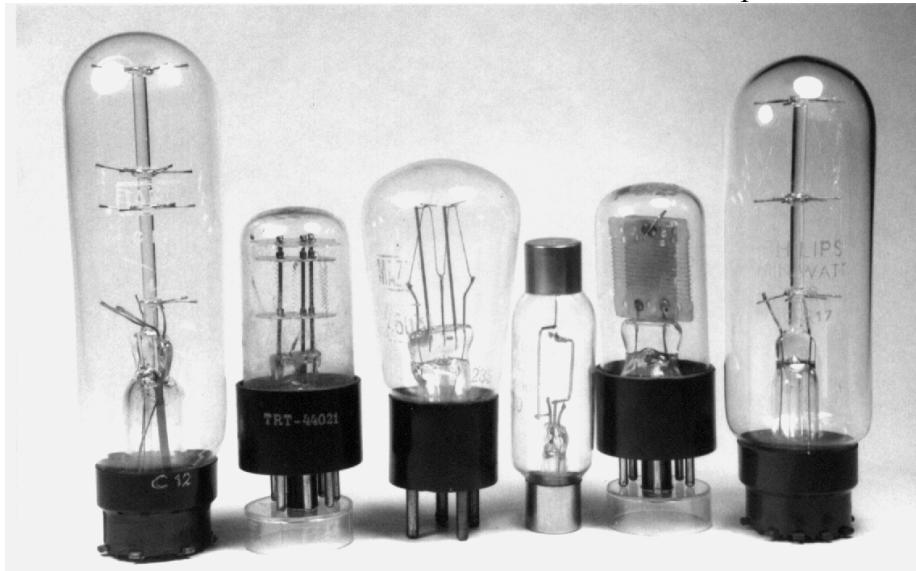
NUMITRON DR2030 – ZM1032 – ZM1162 – F9057AA – Z560 – B5441A – DM160

Enfin, à mi-chemin entre l'afficheur conventionnel et "l'oeil magique" du genre DM70/DM71, on trouve le DM160: C'est une triode subminiature diamètre 5,5mm. longueur 25mm. dont la luminosité du gaz de remplissage varie avec la tension appliquée à sa grille, entre 0 et -3 volts, par certains montages à transistors.,

"Fluctuat Nec Mergitur"

Vers 1930, à peine libérés des contraintes de l'alimentation par batteries en passant au 'secteur' alternatif, les récepteurs doivent faire face à un autre problème: les fluctuations de la tension secteur, en un temps ou de multiples compagnies distribuent un courant alternatif (ou continu....) dans des lignes plus ou moins bien adaptées aux variations de la consommation.

Avec une tension variant parfois de 20% autour de la valeur nominale, il est difficile d'espérer un bon service de tubes dont les filaments sont mis à rude épreuve.



C12 – TRT44021 (en fait Ampérite 10-4A) – 4603 MAZDA – RC15/45-300 – 1H20 – C8

La solution est apportée par les tubes régulateurs 'Fer-Hydrogène' dans lesquels un filament de fer maintient constant le courant le traversant, ce pour des tensions appliquées pouvant varier, en général, dans un rapport 1 à 3. L'ampoule est remplie d'hydrogène, gaz ne présentant pas d'affinité avec le fer tout en permettant une bonne conduction thermique.

Le coefficient de température de l'ensemble est positif: la résistance tend à augmenter avec le courant traversant, d'où la stabilisation recherchée. La série 'Transcontinental C' des tubes PHILIPS, dont les filaments alimentés en série consomment 200ma., utilisent avec profit les régulateurs C8 (200ma. 80 à 200 volts) ou C12 (200ma. 80/200v avec prise à 35/100v.), tous deux sur culot transcontinental. On trouve aussi les 4603 MAZDA et C23 RADIO CELSIOR.

Hormis le culot, la présentation habituelle de ces régulateurs les fait ressembler à une banale ampoule d'éclairage bien que certains en diffèrent notablement: 1H20, culot octal, avec filament enroulé sur une plaque mica (comme une résistance de fer à repasser...), RC15/45-300 en forme de fusible. Certaines Sociétés voient leur nom indissociable de ces tubes: RADIO CELSIOR en produit de nombreux modèles, les 12-500 et 6-500 étant caractéristiques, de même l'AMPERITE 6-4 se trouve sur nombre d'appareils de mesure. Les TRT 44021 (3 à 10v sous 1A) et TRT 44022 (2 à 14v sous 0,5A) sont ainsi directement référencés, par leur fabricant, pour l'alimentation secteur de l'émetteur-récepteur AN/GRC9 fabriqué dans les années 50 par la Sté T.R.T. A la limite, on peut raccorder à cette famille les tubes ballast placés en série sur les lignes téléphoniques par les P.T.T. (P.T.T 268-23). 76

Si, pour les récepteurs classiques, le problème des fluctuations secteur est réglé par les tubes Fer-hydrogène, certains équipements professionnels demandent, en plus, une régulation de la haute tension.

En particulier les oscillateurs des récepteurs ondes courtes ou autres générateurs de signaux font grand emploi des régulateurs de tension à gaz. Leur tension de fonctionnement dépend de la nature et de la pression du gaz de remplissage qui est, dans le cas général, du néon.

La gamme allant d'environ 50 à 150 volts, nous devons citer les plus modestes de ces tubes qui, bien que n'étant pas des régulateurs au sens strict, sont très employés: les témoins au néon incorporés dans les boutons des minuteries de garages et autres caves obscures.

Leurs cousins CV2208/G50/1G (50v) ou NE2 (67v) sont ceux présentant les tensions les plus basses et, bien qu'incapables de réguler un courant notable, ils sont largement utilisés comme tension locale de référence, ou en liaison entre tubes dans les oscilloscopes TEKTRONIX dont ils assurent les couplages en 'continu'. Au delà commence la vaste gamme des régulateurs classiques:

-85A2 étalon de tension sur culot miniature 7 broches, donne 65v sous 1 à 10ma.

-0B3, culot octal, 90v 5 à 30ma dont la version militaire est le VR90.

En version renforcée 'W" le tube dispose d'un culot remontant plus haut sur le bulbe pour une meilleure résistance mécanique et aux vibrations. 0C3W, toujours culot octal, 105v 5 à 30ma., VR105 en version militaire. La liste est longue; les variantes portent tant sur la tension qui monte jusqu'à 150v (0B2/VR150) que sur le support: 7 broches du STV85/10-0G3, locktal du 85A1, transcontinental du 4687 (que l'on trouve également, sous la même référence..... en culot octal), ancien culot 4 broches des 7475, ST130 MAZDA, VS110A, voire subminiature du CK5787.

LMT propose certains régulateurs sur le culot B14 des ampoules d'éclairage.

Le STV150-15 utilise le support militaire Allemand à contacts latéraux.

Si la forme classique coaxiale des deux électrodes est respectée par la plupart des tubes, on rencontre des exceptions notables: les électrodes annulaires (coaxiales toutefois) du 7475, ou les tiges imbriquées en spirales dans la belle ampoule sphérique du 4357.

En fonctionnement la couleur rose violacé de certains est du plus bel effet. Dans la documentation MAZDA de 1964 (page34) on trouve mention d'une caractéristique peu connue des tubes régulateurs à gaz: Leur tension **d'amorçage** dépend légèrement de l'éclairement externe des tubes (gamme 0-550 lux) qui provoque une pré-ionisation du gaz de remplissage.



Avec changement du gaz de remplissage, par de l'hydrogène, on passe aux tensions nettement plus élevées requises par les tubes Geiger-Muller utilisés au milieu de leur tension de "plateau" (quelques centaines de volts).

Nous trouvons les 3901A de L.C.T ou GV5A/1500 de VICTOREEN utilisant la décharge par "effet corona", suivant la loi de PASCHEN liant la tension d'isolation à la pression du gaz contenu dans une enceinte. Dans cet emploi les courants se chiffrent toutefois en microampères au lieu des milliampères habituels.

S'il est possible d'obtenir des tensions plus élevées par mise en série de plusieurs tubes, il existe une autre solution, prêtée à l'emploi, la série des "Stabilovolts" Allemands (STV), dont les "RT" de la Sté L.M.T. sont les équivalents.

PTT 3000
RT 75STV

STV280-40
Kriegsmarine



RT280-80 L.M.T

P.T.T3000
RT 75-15

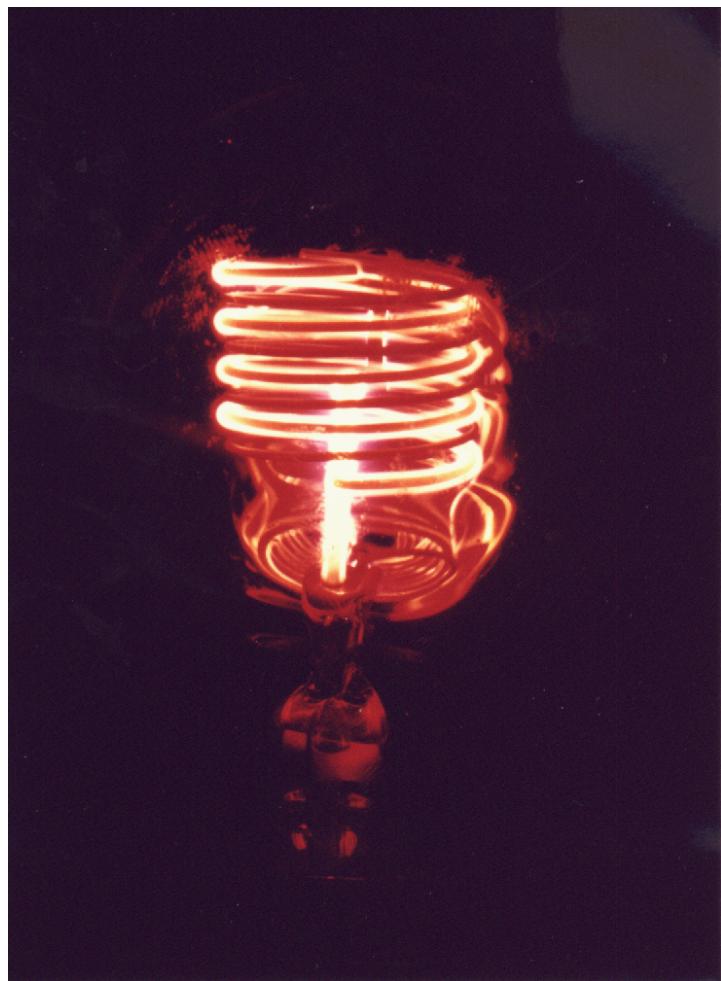
STV 150-20

Remplis de néon, et constitués comme une chaîne de régulateurs à partir d'électrodes concentriques en forme de coupelles à fond plat, ils délivrent simultanément 4 tensions échelonnées tous les 70 volts (70-140-210-280 volts). Suivant leurs dimensions le courant maximum réglé est de 40ma. (STV280-40) ou 80ma. (RT280-80).....voire 150ma.

Leur mise en oeuvre demande une série de résistances en pont pour assurer l'amorçage et l'équilibrage des courants entre les électrodes (cf. RADIO-REF 1947 et Emetteurs de petite puissance sur ondes courtes, Tome 2)

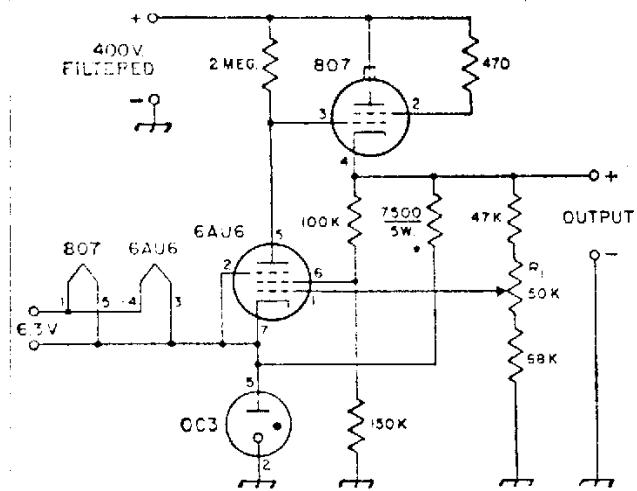
A noter l'avertissement sur l'emballage des Stabilovolts interdisant leur exportation aux U.S.A.....en ce temps là.....

Ces tubes, surtout les modèles 80ma., sont mécaniquement assez fragiles, et il n'est pas rare de trouver des fêlures dans leur verrerie. D'autres tubes de la gamme STV ou RT ne délivrent qu'une tension (RT75-15 STV150-20) le premier nombre indiquant la tension, le second le courant maxi. Certains tubes LMT portent également leur référence PTT (PTT3000 pour RT75-15).



Le 4357 en action...

Pour employer au mieux les tubes modernes des années 50/60, dans les équipements professionnels, il faut leur fournir des tensions d'alimentation stables, quelles que soient les variations de la tension secteur ou du courant consommé par les différentes sections de l'appareil, ce qui n'est pas totalement obtenu par les régulateurs à gaz cités précédemment.



On utilise alors des alimentations stabilisées suivant le schéma ci-contre qui est très représentatif
Noter la présence d'une robuste 807 montée en pseudo-triode...

Afin d'obtenir une bonne régulation de tension ces alimentations utilisent en 'régulateur série' des tubes de puissance, généralement des triodes de faible résistance interne, bien que des tubes ordinaires puissent convenir pour les intensités modérées.

Le 6AS7, premier en date, est largement utilisé, sa dissipation maximale de 13 watts par triode suffisant dans de nombreux cas, il délivre jusqu'à 125ma

Sa version professionnelle, 6080, directement interchangeable, se distingue par une verrerie plus compacte, les caractéristiques électriques sont identiques; à tel point qu'une 6080 d'origine Anglaise en notre possession est également référencée 6AS7....

Des versions renforcées existent au 6080WA et 6080WB.

Ces tubes, très robustes, peuvent trouver d'autres emploi tel que le "balayage lignes" cité pour la 6080 dans une documentation de la RADIOTECHNIQUE. Leur faible résistance interne (280 ohms) jointe à un coefficient d'amplification très modeste (2) sont typiques de cette famille.

Pour certains montages plus gourmands en courant haute tension d'autres tubes sont proposés 6528 et 6336. Cette fois la dissipation plaque passe à 30 watts par triode, pour un courant maximum de 185ma., le courant de chauffage, double de la 6AS7, passe à 5A sous 6,3 volts, la résistance interne tombe à 200 ohms pour le 6336.

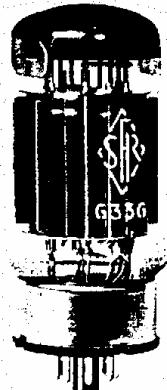
Cela donne plus de 30 watts au filament qui chauffe déjà beaucoup, auxquels il faut ajouter les 60 watts plaques; soit près de 100 watts à évacuer sous forme de pas mal de calories.

En considérant la température maximale de 230 degrés pour le bulbe de la 6080WA et 300 maximum pour celui de la 6080WB, qui dissipent 'seulement' 2x13 watts, on n'est guère étonnés de trouver des ventilateurs dans nombre de générateurs ou oscilloscopes utilisant ces tubes. Et on peut faire encore mieux avec la 6336A dont chaque anode en graphite supporte 45watts



6AS7 6528 6080 6336A 12E1
(Le 6080 est également marqué 6AS7, les 6528 et 6336A avec anodes graphite)

Il existe également des tubes ne comportant qu'une tétoide dans l'ampoule verre :12E1 EDISWAN, équivalent du 4Y75R de MAZDA, dissipation 35 watts.



Double-Triode C.S.F. 6336

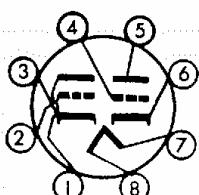
6336

DOUBLE-TRIODE DE PUISSANCE A FAIBLE RÉSISTANCE INTERNE

Le tube 6336 à chauffage indirect est constitué de 2 éléments triodes à forte pente électriquement indépendants. Sa faible résistance interne et le pouvoir de dissipation élevé des anodes permettent son utilisation comme tube régulateur dans les alimentations stabilisées de puissance.

Ce tube est spécialement destiné à l'équipement de matériels militaires et professionnels. Sa structure interne renforcée lui confère une grande robustesse mécanique et une sécurité de fonctionnement élevée.

BROCHAGE



- 1 — Grille élément 2
- 2 — Anode > 2
- 3 — Cathode > 2
- 4 — Grille > 1
- 5 — Anode > 1
- 6 — Cathode > 1
- 7 — Filaments
- 8 — Filaments

Montage: toutes positions

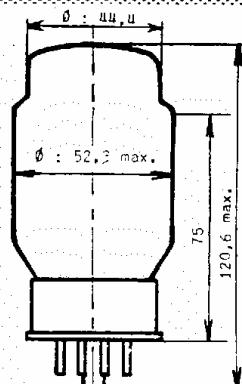
CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Cathodes à oxydes, chauffage indirect
Tension filament (V) $6,3 \pm 10\%$.
Courant filament (A) 4,75

Capacités entre électrodes ($\mu\mu F$)	Par élément sans blindage ext.
Grille à anode	16
Entrée	14
Sortie	5
Filament à cathode	14

 Tube antérieurement fabriqué par la Société Française Radio-Electrique fusionnée avec C.S.F.

ENCOMBREMENT



Culot octal 8 broches
à pastille, grand modèle
et chemise métallique.

Poids net 130 g

Compagnie générale

Société Anonyme du Capitole Porté à N° 40 608 900
Siège Social : 79, Boul. Haussmann - PARIS (8^e)
JUILLET 1960



de télégraphie Sans Fil

DIVISION TUBES ÉLECTRONIQUES
Direction Commerciale: 79 Bd Haussmann, PARIS 8^e - ANJ 84-60

6007-D3-1/3

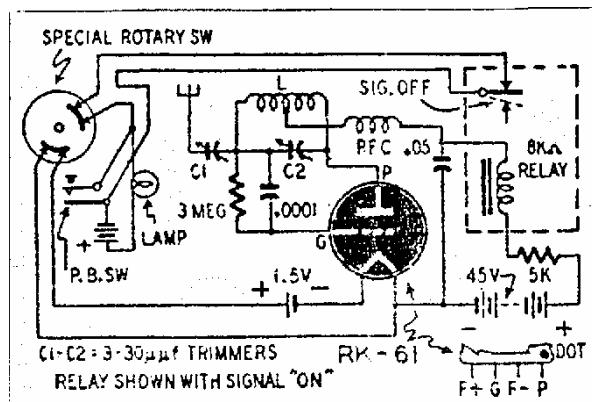
THYRATRONS

Cette famille de tubes offre une très grande variété dans le domaine des puissances contrôlées.

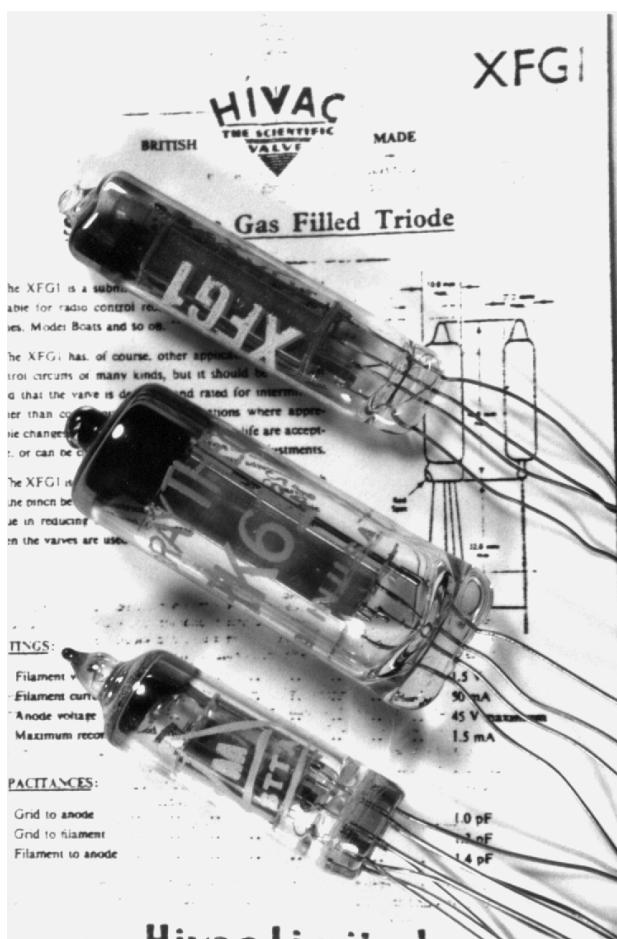
Cela va de quelques milliwatts pour les plus petits tubes jusqu'aux Mégawatts des gros générateurs d'impulsions pour les Radars.

Débutons modestement.....

Descendantes directes des tubes utilisés dans les fusées de proximité des obus de D.C.A. de la guerre 39-45 nous trouvons les 'triodes à gaz' subminiatures: en mai 1948 RADIO CRAFT donne des schéma de commande à distance qui utilisent une RK61 dans un montage des plus simples, proche de la super-réaction conventionnelle. Peu après, dans son numéro 827, le HAUT PARLEUR reproduira ce même schéma.....



Très utilisée vers 1947/1950, en radio-commande des modèles réduits, la XFG1 HIVAC fait le bonheur de certains modélistes dans les concours MINIWATT de l'époque....



Seul défaut son courant plaque qui doit rester faible (1,5 ma.) pour obtenir une longévité acceptable, ceci impose l'emploi de relais très sensibles, donc fragiles.....Nous sommes en monocanal tout ou rien, bien loin des multicanaux proportionnels actuels. GRASSE-CANNES 1951 souvenir... souvenir...

Toujours en subminiature nous passons au 5643 qui est, lui, véritablement un thyatron tétrode, capable de fournir 100 ma. crête.

A peine plus gros le 2D21 tétoode, sur embase classique miniature 7 broches, est très utilisé pour les bases de temps d'oscilloscopes et commandes de relais où il donne 500ma. crête.

On le trouve déjà durant la guerre 39-45 dans le Radar APS13 opérant vers 450Mcs., placé dans la queue des bombardiers il signale l'approche des chasseurs ennemis. En version professionnelle il devient 5727.

De puissance comparable, mais sur culot octal, les 2050W ou 2051 (militaire Américain VT109), ces tubes, de même que le PL6574 ou T100G, sont dans la zone des 500ma. crête.

La wermacht utilise le LG998 cité dans les lampes Allemandes.

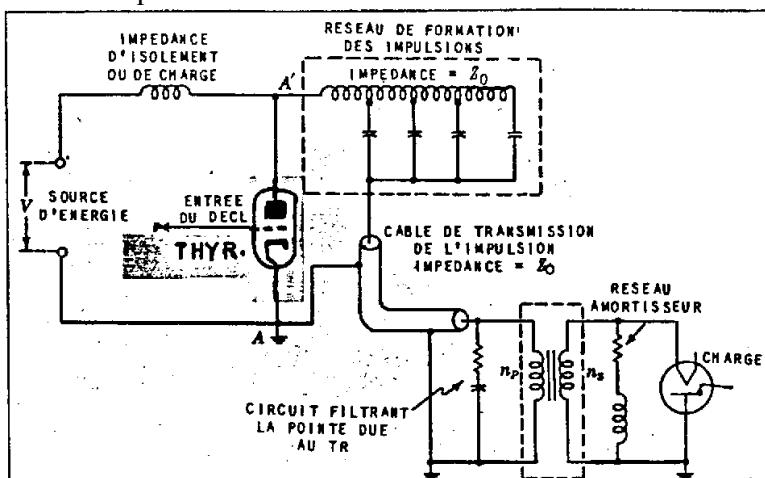
Le 6012 RCÀ monte d'un cran dans la gamme des courant contrôlés, avec 5A. en crête, tout en résistant à 1300 volts en inverse.

Maintenant nous arrivons dans le royaume des 'grosses bêtes' capables de déclencher des centaines de kilowatts.

Les 3868 et 3870 de LCT/LMT, mentionnés par ailleurs, sont, tout comme le 6587 Anglais à même de contrôler de gros moteurs électriques.

Le développement du Radar vers 1940-1945 amène la mise au point de tubes capables de contrôler des puissances se chiffrant en centaines de kilowatts crête. Pour les modulateurs utilisant une ligne à retard, dont le schéma ci-contre est un exemple, on emploie des thyratrons à remplissage par de l'hydrogène.

L'énergie stockée dans les condensateurs de la ligne est transmise au magnétron lors du déclenchement du thyratron, ce dernier se comportant comme un court-circuit aussi franc et rapide que possible.



F5008

4C35A

3C45

F5025

(le F5025 est tout retourné de supporter le PL5727/2D21 qui donne l'échelle...) 83

Le 3C45 résiste à 3000 volts en inverse tout en délivrant 35 ampères crête. Les HP45B et 6130 lui sont équivalents.

Le 4C35, avec 8000 volts en inverse et 90 ampères crête est doté d'une verrerie déjà imposante..... Par l'emploi de céramique au lieu de verre on réduit la taille des tubes:

F5025 ou F5008A CSF, ce dernier est capable de faire des étincelles avec 150 ampères crête sous 16000 volts en inverse.

Tous les tubes précédents sont pourvus d'une cathode chauffée par un filament alors que la famille des tubes à cathode froide, non chauffée, bien que cantonnée dans les petites puissances, est très utilisée, tant en redressement qu'en 'thyatron' classique.

Un avantage de cette technologie est la très longue durée de vie attendue de ces tubes qui ne dissipent rien au repos, non amorcés, et répondent instantanément puisqu'il n'y a pas le délai consécutif au chauffage du filament. Les premiers en date sont les redresseurs monoplaque ou biplaques, avec remplissage initial par de l'hélium: La lampe 'S', sans filament, de la société Américaine AMRAD est décrite dans le QST Français numéros 1 et 8 de 1924. Le tube dont les électrodes en charbon (?) sont placées dans une atmosphère d'hélium raréfié, est capable de redresser 1000 volts sous 100ma.

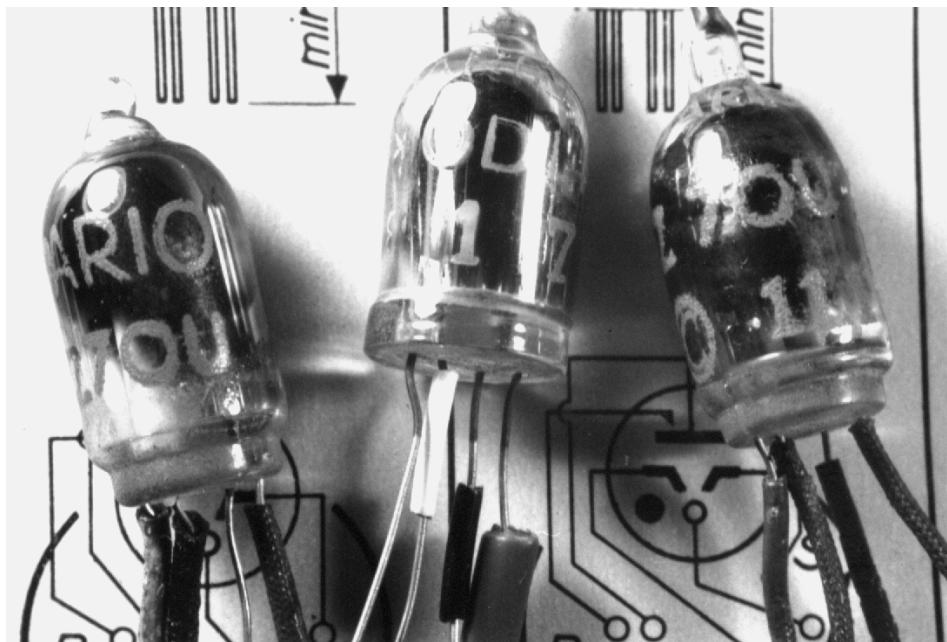
La valve biplaques 0Z4, sortie vers 1935, redresse 300 volts sous 90ma. culot octal.

Plus récent, le CK5517 RAYTHEON est doté d'une embase miniature 7 broches et résiste à 2800 volts inverses pour un débit moyen de 12 ma. (100ma. crête). Son amorçage s'effectue via une électrode auxiliaire reliée à la plaque par une résistance de forte valeur (10 mégohms); accessoirement ce tube est à ranger dans les curiosités avec son queusot latéral.

En passant aux thyatrons nous trouvons le 0A4G, également référencé RL1267 ou Z300T, dont l'emploi courant est la commande de relais avec un débit moyen de 25ma., culot octal.

Le 5823 (PL5823) lui est pratiquement équivalent, mais sur culot 7 broches. N'oublions pas les productions de LCT/LMT dont le 3313CA mentionné par ailleurs est représentatif dans cette famille.

Au début des années soixante diverses améliorations éloignent ces thyatrons du modèle de base simple comprenant une cathode, une anode plus une électrode d'amorçage (starter), soit grossièrement une triode. On rajoute, selon les cas, un deuxième starter ainsi qu'une électrode de pré-ionisation pour un total de cinq électrodes.



OD14 encadré par deux Z70U

Les applications se diversifient: en plus de la commande de relais, directement à partir du secteur alternatif non redressé, on les utilise en comptage ou dans les standards téléphoniques.

Le Z804U sur embase novale est comparable au 5823 mais avec des tensions ou courants plus élevés (350 volts et 40ma.).

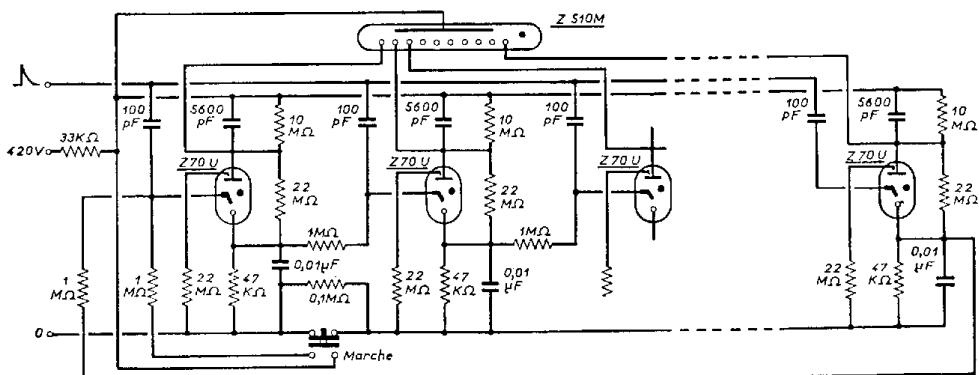
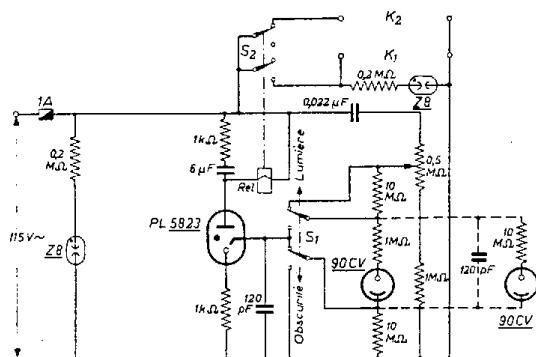
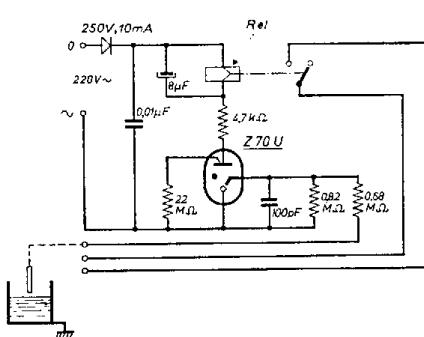
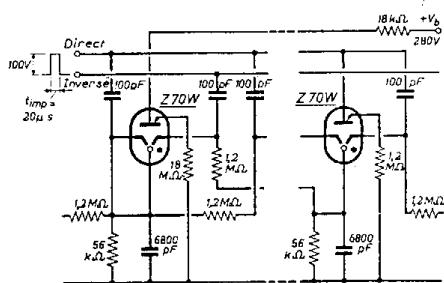
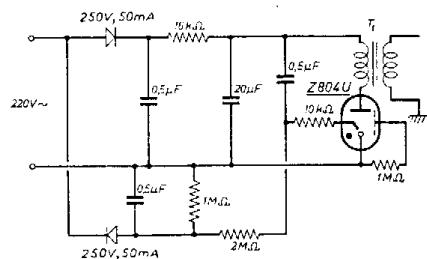
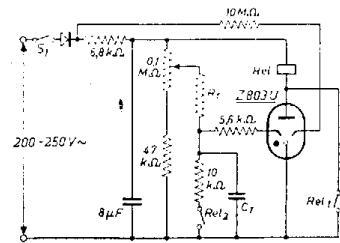
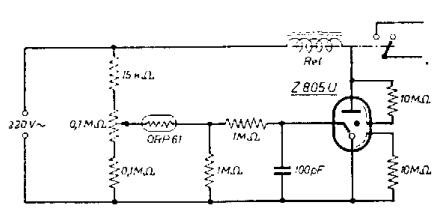
Limité à 4ma. moyens, le Z70U, qui dispose d'une électrode de pré-ionisation, est massivement utilisé dans certains équipements.

Le fréquencemètre FERISOL HA3OO en comporte plus de cinquante dans les circuits associés aux tubes afficheurs ZM1032.

Il est vrai que sa très petite taille (15mm de long pour 9mm de diamètre) et ses sorties par fils facilitent les choses.

Il existe également le 0D14 de mêmes dimensions et toujours sorties à fils. Dans certains emplois on utilise la luminescence de la décharge pour indiquer si le tube est activé ou non.

Divers schémas, extraits d'une notice RADIOTECHNIQUE de 1962, montrent quelques applications typiques.



QUO NON ASCENDET ?.....

La devise de FOUQUET peut également s'appliquer à la triode : jusqu'où ne montera t-elle pas ?.....La famille des tubes "acorn" flirte déjà avec les 1000Mcs., mais cela est insuffisant pour franchir nettement la frontière qui la sépare des UHF. Diverses études, débutées vers 1935, sont reprises et développées dans plusieurs pays, avec pour objectif la réalisation de Radars sur ondes décimétriques, voire centimétriques.

Deux voies de recherche sont prises simultanément: perfectionnement des tubes conventionnels.... amélioration ou création de tubes utilisant des principes différents.

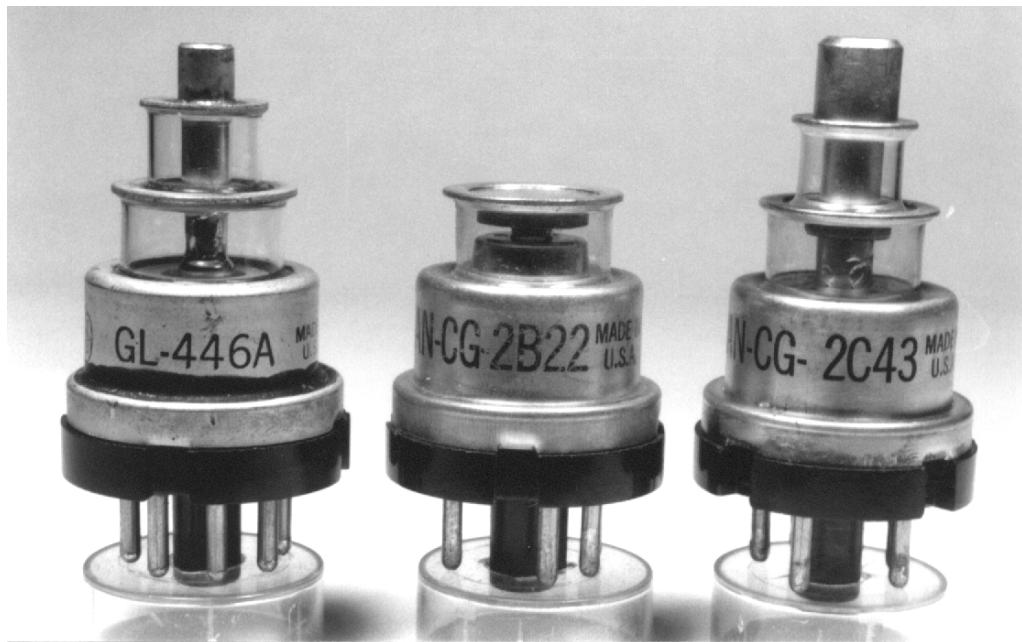
Commençons par les tubes classiques:

Il est évident que, pour monter nettement plus haut en fréquence, il faut perfectionner la technique mise en oeuvre pour les tubes 'glands': réduction des dimensions physiques pour diminuer le temps de transit des électrons entre cathode et plaque et minimiser les capacités parasites; augmentation du nombre ou de la surface des connexions pour éliminer les inductances parasites Le fruit définitif de ces recherches sort de la GENERAL ELECTRIC sous forme de la GL446: Baptisée "Lighthouse", en raison de sa ressemblance avec les phares côtiers américains, cette triode est la première de la famille des tubes dits "à disques scellés".

Au centre de trois disques métalliques, montés parallèlement, on trouve:

- la plaque constituée d'un simple téton de métal plein.
- la grille réalisée par un tamis de fils très fins.
- la cathode creuse chauffée par un filament classique.

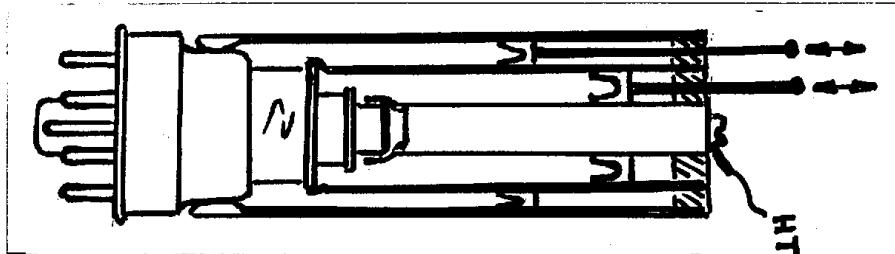
Ces trois disques sont séparés par des anneaux de verre dans lesquels ils sont scellés, le tout monté sur un culot octal conventionnel.



Si dans les tubes classiques les distances inter-electrodes se chiffrent en millimètres, en dixièmes dans les tubes glands, ici on approche les centièmes de millimètre.

Malgré cette proximité les capacités internes restent modérées en raison du petit diamètre de la partie active des électrodes (1,3pf. entre grille et plaque, 2pf. entre cathode et grille et 0,03pf. entre cathode et plaque) nous allons voir que ces capacités ne sont en fait pas vraiment gênantes. Du coté des inductances parasites cela devient totalement négligeable en raison de la grande surface des disques qui, de plus, sont argentés pour réduire les pertes et servent de liaison vers les circuits accordés coaxiaux.

C'est justement l'emploi de ce type de circuit accordé qui met le mieux en valeur les qualités du tube: les disques deviennent partie terminale, côté 'chaud', des circuits dont les faibles capacités internes du tube ne provoquent qu'un raccourcissement modéré de la longueur (on utilise des circuits 1/4 ou 3/4 d'onde suivant la fréquence de travail). Dans ces conditions le fort coefficient de surtension inhérent à ces circuits est conservé, autorisant une bonne stabilité de fréquence en auto-oscillateur ou un gain appréciable en amplificateur.



La 2C40, identique a la GL446, grimpe allègrement à plus de 2000Mcs. dans un montage dont le croquis donne une idée: 500 milliwatts à 2300Mcs. ou 75 milliwatts à 3300Mcs. sont obtenus avec seulement 250 volts plaque.

Si les fréquences atteintes autorisent l'emploi en réception Radar décimétrique (bande 10cm./3000Mcs.) la puissance atteinte est par contre nettement insuffisante du coté émission de la chaîne.

En augmentant quelque peu le diamètre de la plaque, la dissipation maximum passe de 6 à 12 watts dans la 2C43, largement utilisée en régime d'impulsions sous tension plaque de quelques milliers de volts. Dans ces conditions on obtient les centaines de watts suffisant au fonctionnement d'un radar à courte portée. Par exemple, dans la tourelle de queue du bombardier B29 on utilise un tube phare qui donne 500 watts sur 12cm. dans le Radar AN/APG15 de portée 1800mètres. De nombreux autres tubes suivent avec des différences minimes: 2C42 – 2C46 etc.....en effet le principe même du tube 'phare' impose une disposition et des dimensions quasiment immuables, les tubes étant souvent interchangeables. La différence la plus sensible se trouve dans le courant de chauffage et la partie interne de l'anode, ceci permettant d'ailleurs de distinguer une 2C40 d'une 2C43, cette dernière étant sensiblement plus grosse. Dans la même famille on trouve la 2B22 diode également a structure plane, pour détection ou changement de fréquence dans la même gamme de fréquences. Ce tube est nettement moins répandu que les triodes, en raison notamment de l'arrivée des diodes hyperfréquences 1N21-1N23, très performantes, et dont la forme et les dimensions s'intègrent parfaitement dans la 'plomberie' radar. Par contre la 2B22 (ou la TA40 TELEFUNKEN qui monte à 5000Mcs. en mélangeur) résistent beaucoup mieux aux surcharges importantes. De très nombreux équipements, tant civils que militaires, utiliseront ces tubes; nous nous bornerons à en citer deux : le récepteur de signaux radars APR-1 (ou AN/SPR-2) destiné à l'écoute des radars ennemis pour analyse et contre-mesures ; dans le tiroir CPR-46ACJ on emploie trois GL446 pour le radar ASB sur 400Mcs. Enfin le générateur VHF. GENERAL RADIO 1208 couvrant, en une seule gamme au moyen d'un circuit 'papillon', de 65 à 500Mcs. avec une 2C40 (FERISOL fera de même.....).

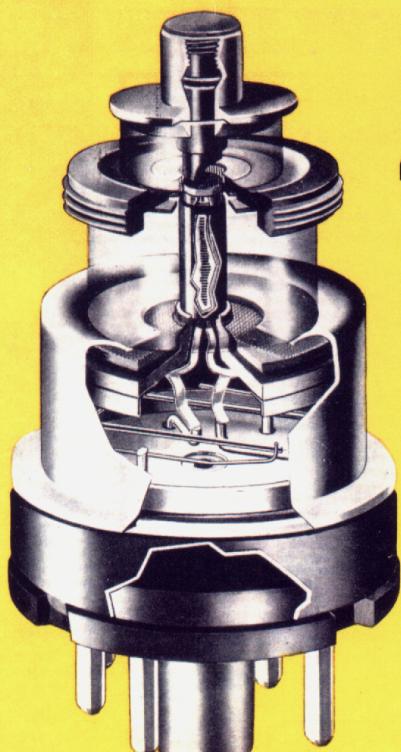
Les tubes phares seront encore améliorés pour atteindre 4000Mcs. où une 8108 ou EC157 PHILIPS présentent un gain de 13Db. sur les petits signaux, tout en étant capables de sortir au moins 1,5 watt avec encore un gain de 8Db....Une particularité de ces tubes réside dans le filetage du diamètre extérieur du disque de grille, au pas de 32 filets au pouce, système Sellers... réminiscence de l'origine Américaine de la famille de ces tubes..?.. Légèrement plus puissante la EC158 offre un gain de 11Db. dans les mêmes conditions, mais monte à 5 watts toujours pour 8Db de gain. Ce tube est également pourvu d'un disque de grille fileté; a noter sa dissipation plaque maximale qui monte a 30 watts.

TUBES ÉLECTRONIQUES
ET SEMICONDUCTEURS

POUR
TÉLÉCOMMUNICATIONS
ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE
ÉNERGIE NUCLÉAIRE

3

TUBES HYPERFRÉQUENCES



4000 MHz

1.8 W
5 W
LONGUE DURÉE



LA RADIOTECHNIQUE



A propos de dissipation.....c'est justement une des limitations des tubes 'phares' conventionnels, puisque l'encombrant culot octal est nécessairement situé en partie externe des circuits coaxiaux, la plaque se trouve enfouie à l'intérieur de deux ou trois tubes métalliques avec une mauvaise évacuation des calories, affluent jusqu'au moment où il y a risque de fêlure des isolements verre. La solution consiste à renverser l'étagement des éléments du tube: l'anneau de l'anode, de gros diamètre, en haut; celui, moyen, de la grille au milieu, pour terminer par les liaisons au filament, devenues coaxiales, la cathode reliée au tube externe. Le tout, surmonté de disques de refroidissement par air forcé, donne la 2C39 qui dispose d'une dissipation plaque de 100 watts.



La 2C39 et ses soeurs, L.M.T - PHILIPS et compagnie

Dans cette présentation le tube est descendu dans les circuits coaxiaux en débutant par les connexions du filament avec, au final, ses ailettes de refroidissement au sommet des circuits accordés. Cette fois il est facile de refroidir le tube dont les ailettes émergent des circuits coaxiaux....on peut donc le pousser nettement plus.

Si ce tube est bien de la famille des disques scellés, il ne fait plus partie des tubes 'phares' auxquels certains le rattachent abusivement. Les Américains l'appellent le plus souvent 'oil can'; sans doute par analogie avec la burette à huile des anciennes machines à coudre avec laquelle il a une vague ressemblance. Nous pensons également aux systèmes de lubrification des vieilles machines outils, telles que les tours, dans lesquels les paliers de l'arbre principal étaient surmontés de petits réservoirs ayant l'aspect de la 2C39....? De mémoire, il nous semble que le terme 'oil can' pour la 2C39 est apparu pour la première fois dans "Radars Beacons" de la collection du M.I.T. Voir également la page 163 du volume 7 de la même série.....Quoi qu'il en soit un pas en avant est franchi dans le domaine de la puissance: sortant une vingtaine de watts à 2500Mcs. sous 800 volts plaque, il s'utilise aussi très bien en impulsions où il délivre plusieurs kilowatts sous des tensions atteignant 3000 volts.

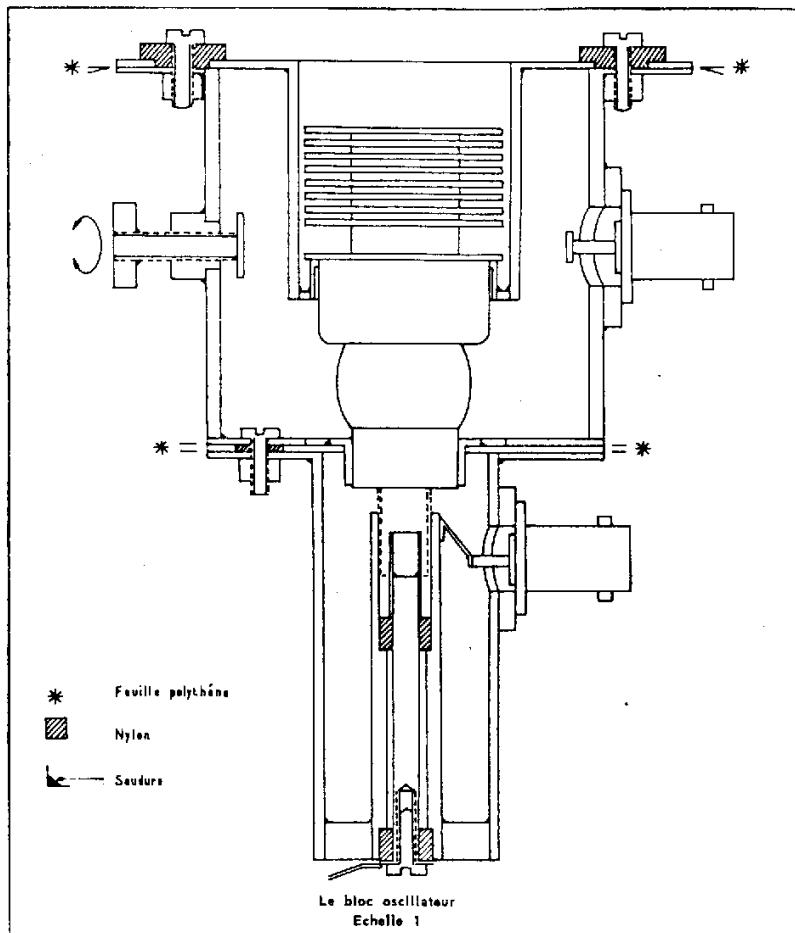
Nous l'avons personnellement utilisé, avec des impulsions d'une microseconde pour la première liaison 'Amateur' France-Angleterre sur 2300Mcs. Il est à noter qu'il convient de réduire la tension appliquée au filament à mesure que la puissance, donc le courant, traversant le tube contribue à l'échauffement de la cathode: on a seulement 4,8 volts (au lieu du 6,3v. nominal) à 2500Mcs. pour 100ma. plaque sous 600 volts, sortie 21 watts HF.

Dans son livre 'Les Hyperfréquences' (collection du C.N.E.T) J. VOGÉ donne de bons exemples de ces tubes en version Américaine, Anglaise, Allemande, voire Russe... 90

Comme pour ses soeurs ainées la 2C39 aura de nombreux descendants qui diffèrent très peu du modèle d'origine: ML322 (Machlett Laboratories).... 3852A (L.C.T./L.M.T.).

La différence la plus notable est la version céramique des isolements: 7289.

La photographie de la page précédente montre quelques tubes de cette famille à laquelle appartient également la grosse LD7 Allemande déjà mentionnée. A nouveau la 2C39 est largement utilisée dans divers équipements annexes des Radars, par exemple les I.F.F AN/UPX-6 dans la gamme 990-1130Mcs qui seront fabriqués en très grand nombre.

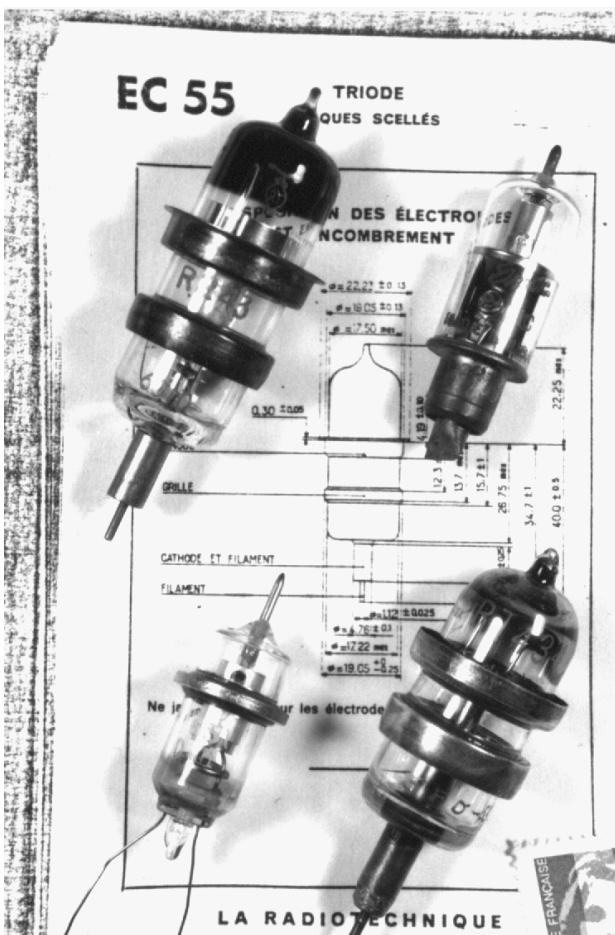


Le montage d'une 2C39 dans une cavité ré-entrant, suivant croquis ci-dessus, est un exemple.... à ne pas suivre de trop près. En effet dans ce cas précis les ailettes de plaque sont particulièrement mal ventilées ce qui restreint l'emploi du tube à des applications de petite puissance, ici un oscillateur local de récepteur 2300Mcs,... néanmoins muni d'un petit ventilateur....

La famille comporte, toujours sur la base des disques scellés, des modèles d'aspect légèrement différent, de faible puissance car démunis de radiateurs. De plus petit diamètre extérieur et également dépourvus du support octal ils sont plus aptes à l'incorporation dans de petits circuits coaxiaux. La triode SYLVANIA RT434 est typique de cette présentation avec ses larges anneaux de plaque et de grille ainsi que l'arrivée coaxiale filament/cathode.

La EC55 est de caractéristiques voisines, tout comme la R243/6010. Coté diode on trouve la 2-01 EIMAC miniature, ou encore la EA52 MINIWATT plus spécialement destinée à la mesure des tensions VHF (jusqu'à 1000Mcs.) dans les têtes des voltmètres électroniques.

Rappelons toutefois, pour relativiser, que la LG1 Allemande, bien que de structure conventionnelle, est donnée comme encore 'utilisable' à 3000Mcs. Le principe des disques scellés est ensuite appliqué à d'autres tubes, miniatures ou de taille normale:

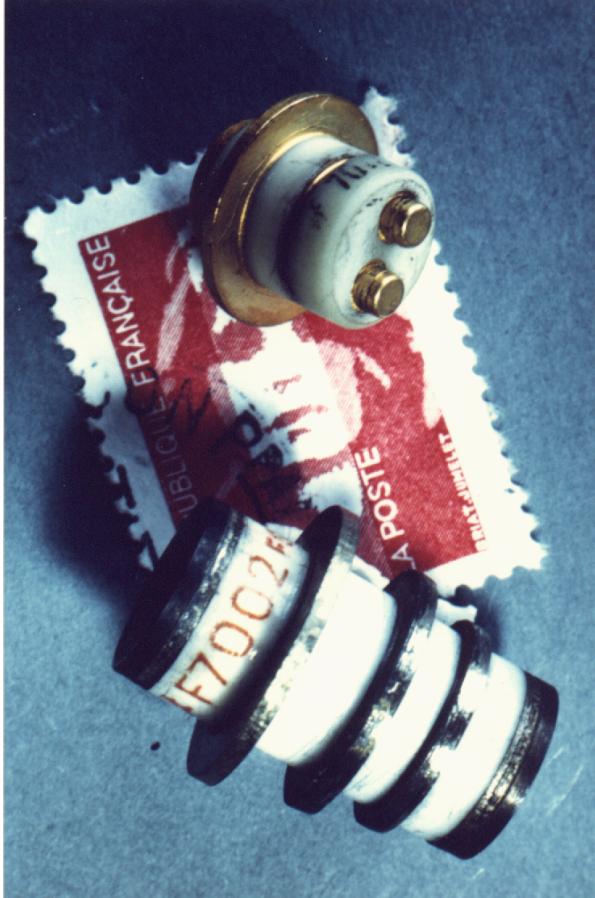


Tubes à disques scellés de petites dimensions.

Triodes R243/6010 et R434

Diodes 2-01 et EA52

Toujours dans les petites triodes nous trouvons F7002 et 7077, toutes deux de la C.S.F. leurs disques étant isolés par de la céramique. Ces tubes sont de très petite taille (voir photographie) et s'intègrent bien dans des émetteurs récepteurs VHF/UHF d'aviation de dimensions de plus en plus restreintes. Du côté des tubes de taille habituelle on trouve la triode TBL 2-300 PHILIPS, qui peut dissiper 300 watts par air forcé dans les ailettes entourant l'anode, et donne 500 watts à 150Mcs. Elle est encore utilisable à 900 Mcs. à puissance réduite.



Continuant dans cette bonne direction les fabricants de tubes sortent un nouveau groupe de tubes qui reprennent plus ou moins les éléments essentiels énumérés plus avant:

- structure coaxiale de certains éléments - scellements verre/métal ou céramique/métal
- disques périphériques - ailettes de refroidissement de l'anode.

Comme ces tubes sont généralement assez longs pour un faible diamètre (en dehors des éventuelles ailettes de refroidissement) on les baptise tubes-crayons 'pencil type tubes'.

Commençons par les tubes démunis d'ailettes de refroidissement, donc de puissance réduite:

- ML6442 (Machlett Lab.) dissipe 8 watts, utilisable à pleine puissance à 2500Mcs., isolement céramique. -5876 dissipe 6,5 watts pour une sortie de 3 watts à 500Mcs. (0,75w. à 1700Mcs)
- 5675 dissipe 9 watts, délivre 0,5 watt à 1700Mcs. et 50 milliwatts à 3000Mcs.

Avec des ailettes de refroidissement similaires au 2C39, mais de dimensions plus modestes, nous trouvons:

- 6263 et 6264 tous deux avec 13 watts dissipés par le radiateur qui est partie intégrante du tube, et une sortie de 5 à 10 watts suivant fréquence et tension ils sont utilisables à 1700Mcs.

On trouve quatre 6263 dans l'émetteur-récepteur d'aviation OMERA ER68-A qui travaille entre 200 et 400 Mcs.

Pour terminer le 5794, qui dissipe seulement 3,5 watts, est directement monté en auto-oscillateur dans une paire de cavités résonnant sur 1680Mcs. Largement employé dans les ballons météo on le trouve dans la radio-sonde militaire AN/AMT-4A le 6562 est pratiquement identique (connexion cathode).



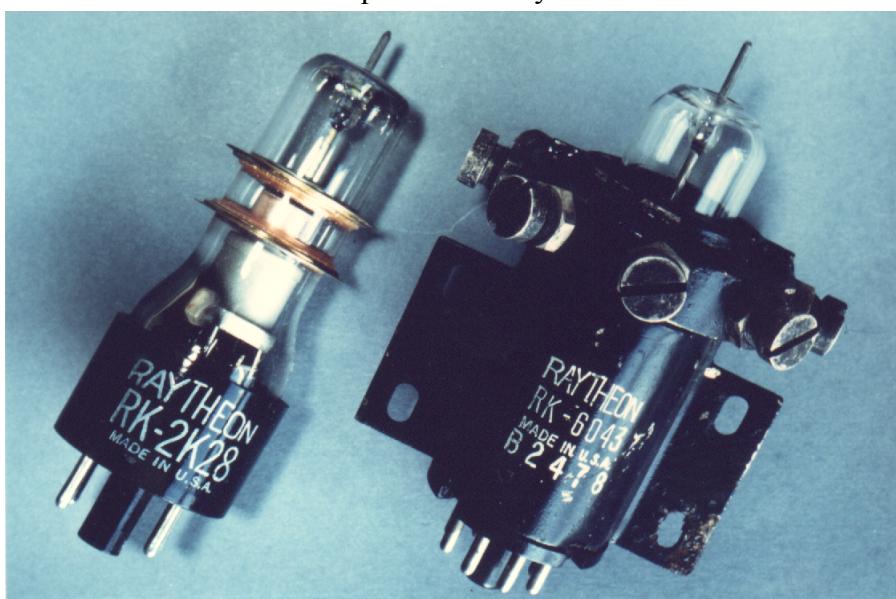
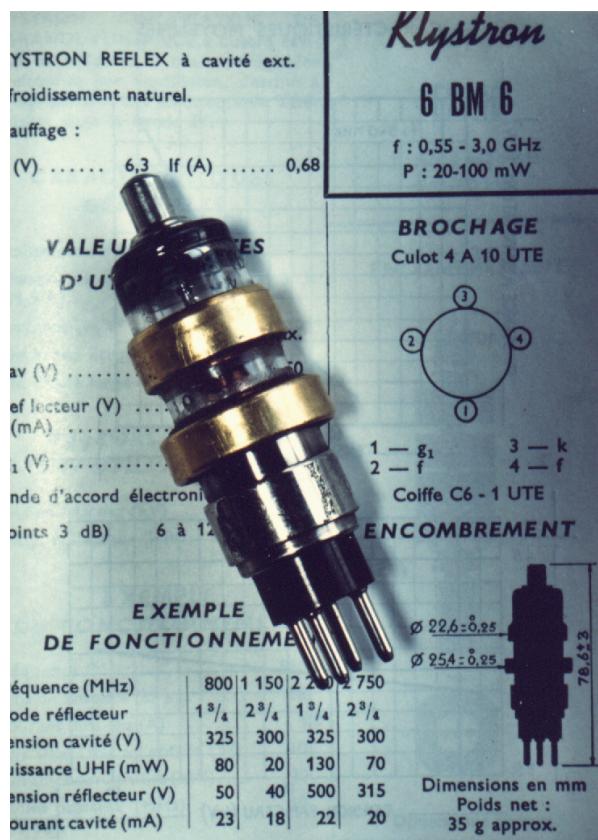
Au centre le 5794 dans sa cavité..... et l'inévitable HB de STAEDTLER...

La photographie montre ces divers tubes qui sont, nous venons de le voir, nettement moins puissants que leurs prédecesseurs. Cela est sans importance car l'emploi préférentiel se trouve dans les liaisons VHF/UHF aviation à courte portée; et non plus dans le domaine radar. Abandonnons les tubes dérivés de la triode de base pour voir ceux utilisant des principes de fonctionnement différents, car on sait depuis longtemps produire des oscillations par l'emploi non orthodoxe des tubes: Oscillateur BARKHAUSEN qui alimente la grille par une forte tension positive, la plaque étant également portée à une tension positive, mais plus faible. Dans cette configuration les électrons issus du filament dépassent la grille pour finalement y revenir après quelques oscillations de part et d'autre.

On atteint les 1000 Mcs., et même 2500 Mcs. avec la variante de PIERRET dans laquelle la plaque est rendue négative par rapport au filament. Tout cela est décrit par C. GUTTON dans "Télégraphie et Téléphonie sans fil" à la fin des années vingt (nous retrouverons les oscillations de BARKHAUSEN-KURZ dans les jauge à ionisation utilisées pour la mesure des basses pressions).

Le principe qui sera finalement retenu et développé pour les oscillateurs UHF dérive de la modulation de vitesse d'électrons soumis au champ, tantôt accélérateur, tantôt retardateur, d'une électrode dont le potentiel varie; à la limite une simple grille de triode... D'espace de glissement, en paquets d'électrons, en réflecteur, en 'modes'.... nous arrivons au Klystron réflex, auto-oscillateur de petite puissance, qui est le seul à figurer ici. Pour de simples raisons de dimensions physiques les "grands" Klystrons ne nous passionnent guère, bien que capables de délivrer des dizaines de kilowatts en régime continu, voire des Mégawatts en impulsions (ils avoisinent en effet une longueur de deux mètres et pèsent quelques centaines de kilogrammes). Réflexion..... faite, nous débuterons par le 5837 qu'il est possible de confondre avec une triode à disques scellés (un comble...), il demande l'adjonction d'une cavité externe pour délivrer 55 à 110 milliwatts de 800 à 3000Mcs. Le 6BM6 lui est pratiquement équivalent; le 6BL6, de même aspect, couvre de 1600 à 6500Mcs.

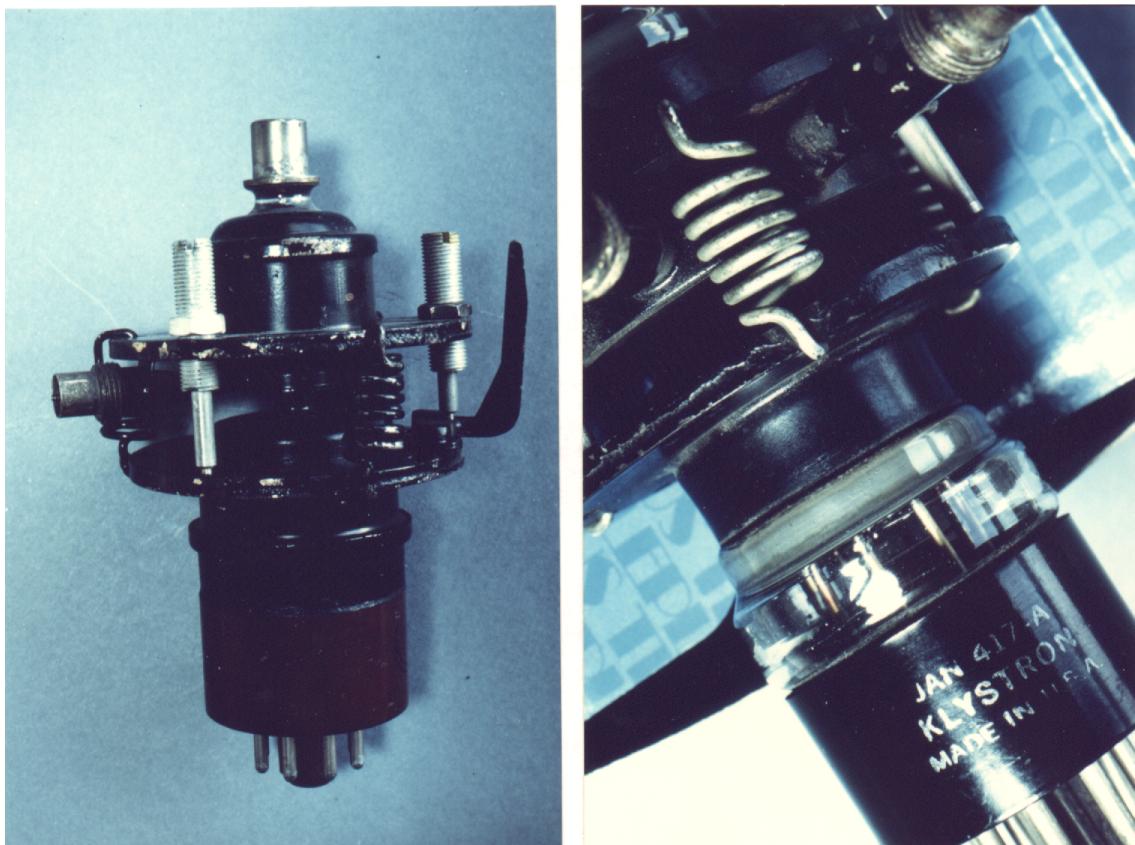
Toujours dans le genre à cavité externe nous trouvons le 2K28 RAYTHEON (ou RK707B) utilisable de 1200 à 3700 Mcs avec une puissance moyenne de 100mw.



Le RK6043 donne 150 milliwatts de 2950 à 3275Mcs. De présentation proche du 2K28 il est ici monté dans sa cavité accordée par de nombreuses vis externes.

Pour l'anecdote le nom 'Rumbatron' a été donné à ces cavités par le professeur HANSEN, pour évoquer le va et vient des électrons entre leurs orifices de couplage.... comme dans la rumba....

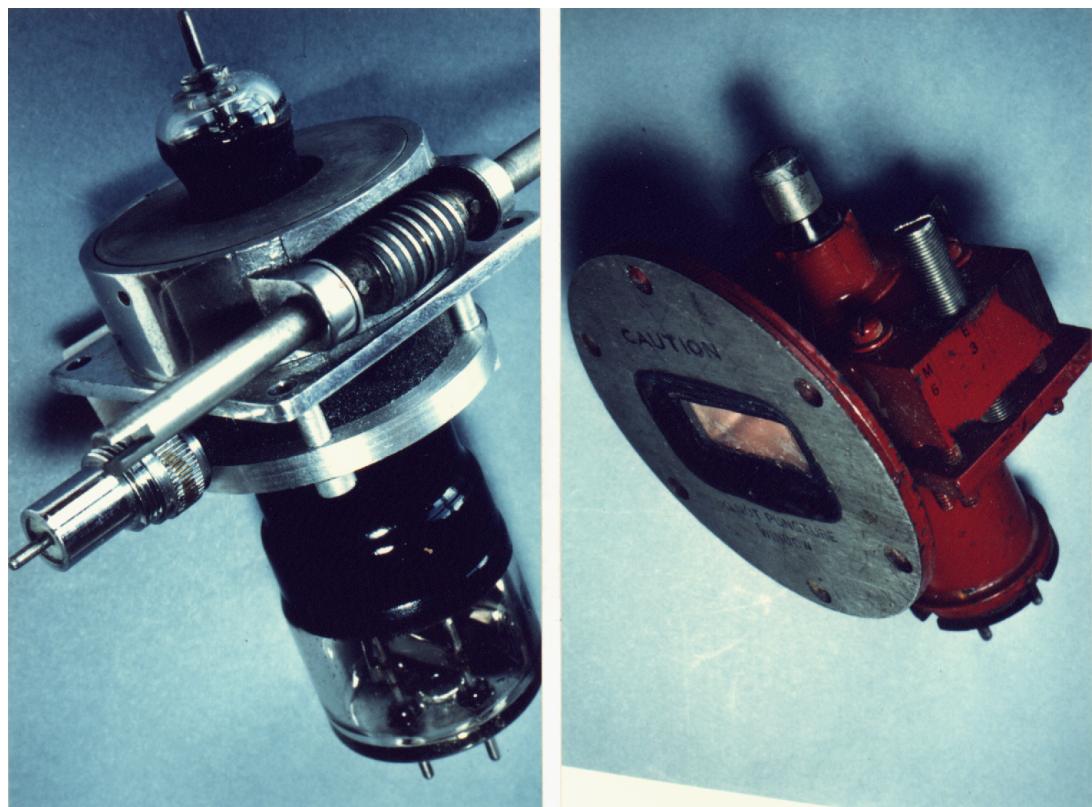
Passons aux modèles à cavité intégrée au tube:



Le 2K39, ainsi que le 417A, qui est muni de deux sorties coaxiales, oscillent vers 3000Mcs. et présentent la particularité de porter la marque de fabrique KLYSTRON.

Peut être une société à laquelle collaborait le professeur HANSEN déjà cité, et dont le nom est devenu générique de la famille...?...Les frères VARIAN sont toutefois considérés comme les 'inventeurs' du Klystron...alors...

KR142B de S.F.R. avec un mécanisme de précision accordant ce très joli tube entre 2540 et 3580Mcs pour une sortie de 50 milliwatts.



X26E VARIAN avec cette fois une sortie sur guide d'onde, via un iris d'adaptation, entre 6125 et 6425Mcs.

Terminons avec le 726: il couvre la gamme des 3000Mcs. avec trois modèles repérés A-B-C, l'accord fin s'effectuant par un écrou carré qui pilote deux leviers déplaçant une paroi de la cavité résonnante. La sortie s'effectue par une petite ligne coaxiale passant au travers d'un support octal conventionnel. On note la ressemblance globale de ce tube avec une banale pentode 6K7, donc de petite taille comparativement aux modèles précédents.

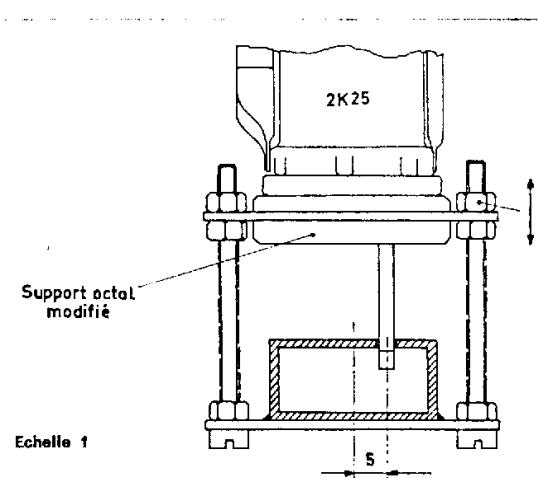
De présentation strictement identique il existe également le 2K25 qui couvre avec un seul modèle la bande 3cm. (8500 – 9600Mcs.)

Il est possible de le "pousser" un peu au dessus de 10.000Mcs en remontant les écrous positionnant la partie supérieure de la cavité (coté opposé au mécanisme d'accord).

Nous avons procédé de cette manière pour l'oscillateur local du récepteur de la première liaison "Amateur" entre la France et l'Angleterre sur 10Ghz... Tous les tubes n'apprécient pas ce genre de traitement₁ et certains poussent un "ouf" de soulagement (?) au moment où cèdent les soudures de la cavité. Quoi qu'il en soit il ne faut pas espérer sortir plus de deux ou trois milliwatts. d'un tube ainsi maltraité et qui demande, de toutes façons, un réajustement des tensions d'alimentation (les "modes" changent radicalement). Le 726 est toujours couplé à sa charge par un câble coaxial qui prend la suite de la courte ligne qui sort du tube; dans le cas du 2K25 il est fréquent de monter le tube sur un guide d'onde avec variation du couplage par déplacement de la ligne coaxiale. Les 726 A-B-C et 2K25 sont des tubes remarquablement réussis qui seront très largement utilisés sur de nombreux Radars ou équipements périphériques: Radar AN/APS10 sur 3cm avec le klystron 723A/B version préliminaire du 2K25...Analyseur de spectre TS148, couvrant de 8470 à 9630Mcs., qui mesure la fréquence, la puissance et la forme du signal provenant d'un Radar 3cm. A signaler le beau cadran en spirale affichant la fréquence du 2K25.



Pour le 726 les emplois sont analogues, citons toutefois le bloc oscillateur/ amplificateur WESTERN-ELECTRIC avec un 726B et deux pentodes 717, soldé a bas prix dans les "surplus" parisiens au début des années soixante. ...



Le moment est venu de laisser les oscillateurs de petite puissance pour arriver aux magnétrons qui fournissent enfin les dizaines ou centaines de kilowatts requises par les radars des années 1940-1945.

Mais, avant cela, un long et complexe travail de recherche dont Albert VASSEUR rend compte dans son excellent livre 'De la T.S.F à l'Electronique'

Débutons par la bande des 10cm. dont le F1069 C.S.F. est représentatif avec sa sortie coaxiale: il fait partie d'une série de 21 tubes F1057 à F1077 (ou MC83 à MC103) qui couvre la bande 2925/3525 Mcs. par sous gammes de 30 Mcs. Ce tube est ici dépourvu de son aimant, indispensable à son fonctionnement.

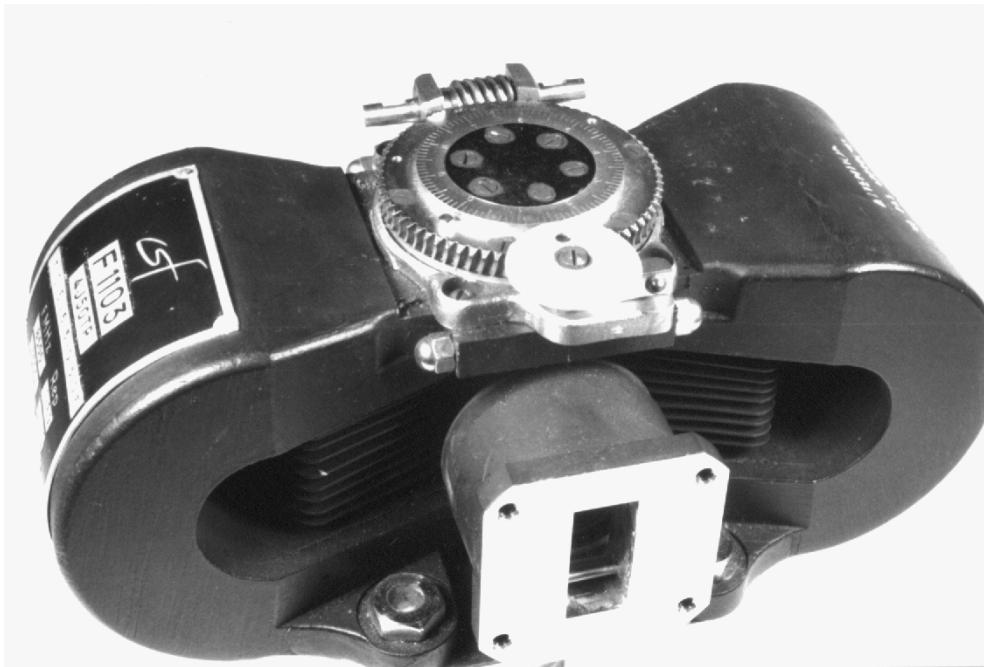


Montons sur 9300 Mcs où le 2J42, avec son aimant incorporé, délivre 8 kilowatts. dans le radar léger d'aviation AN/APS10 pesant seulement 55 kg, pour l'équipement complet, avec une portée de 50Km. sur un objectif moyen. Un autre magnétron 3cm, encore dépourvu d'aimant, avec sortie sur guide d'onde 12,7x28,5mm. Le 4J52 a accord fixe vers 9400Mcs. où il sort 75 kilowatts crête.



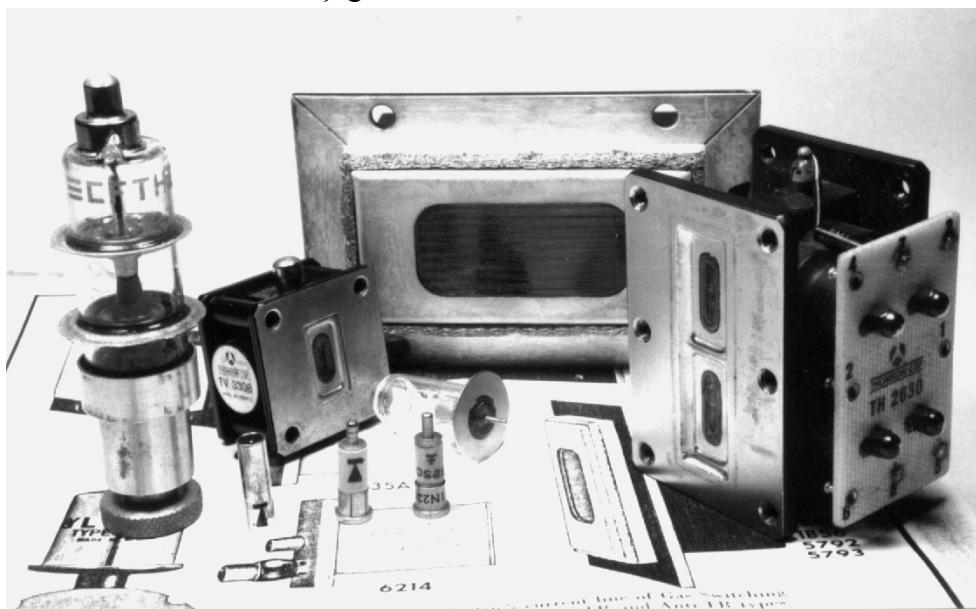
On note sur ces deux derniers tubes la présence d'ailettes de refroidissement requises par les quelques centaines de watts à dissiper par ces tubes.

Enfin, muni de son aimant, le 4J50TR C.S.F. très joli tube accordable par une belle mécanique entre 8500 et 9600 Mcs. ou il délivre 220 kilowatts.



Pour protéger les diodes mélangeuses 1N21 (10cm.) et 1N23 (3cm.) au moment de l'envoi de l'impulsion UHF, on utilise des commutateurs TR/ATR qui court-circuiteront les lignes coaxiales ou les guides d'ondes.

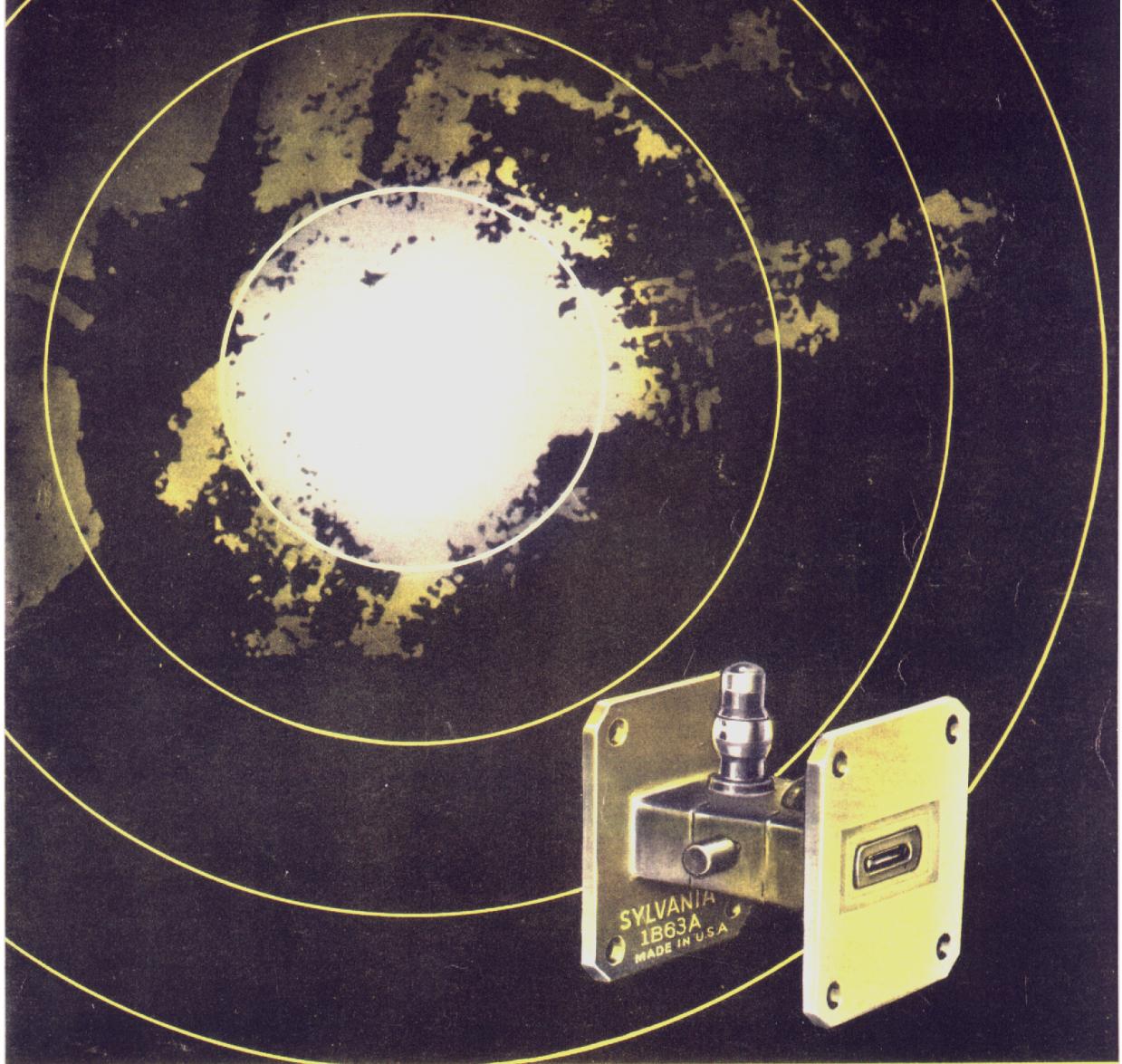
Ces tubes sont remplis d'un gaz rare, le plus souvent une électrode donne un léger courant de pré-ionisation facilitant l'amorçage du tube sans délai.



Tubes TR/ATR, au premier plan les diodes 1N21/1N23

1B40 SYLVANIA, modèle à cavité externe (comme dans certains Klystrons) pour la bande des 1000Mcs, courant de pré-ionisation 150/450 microampères, employé dans l'I.F.F. APX-6 (avec des 2C42/2C46).

SYLVANIA ELECTRIC



TR AND ATR TUBES

Plus haut en fréquence le TH3127 (similaire au 1B27): il possède une vis de réglage pour l'accord, entre 2600 et 3000Mcs., de la cavité externe dans laquelle il doit être incorporé.

-TH4144 tube ATR, équivaut au 1B44, utilisable de 2680 à 2830Mcs.

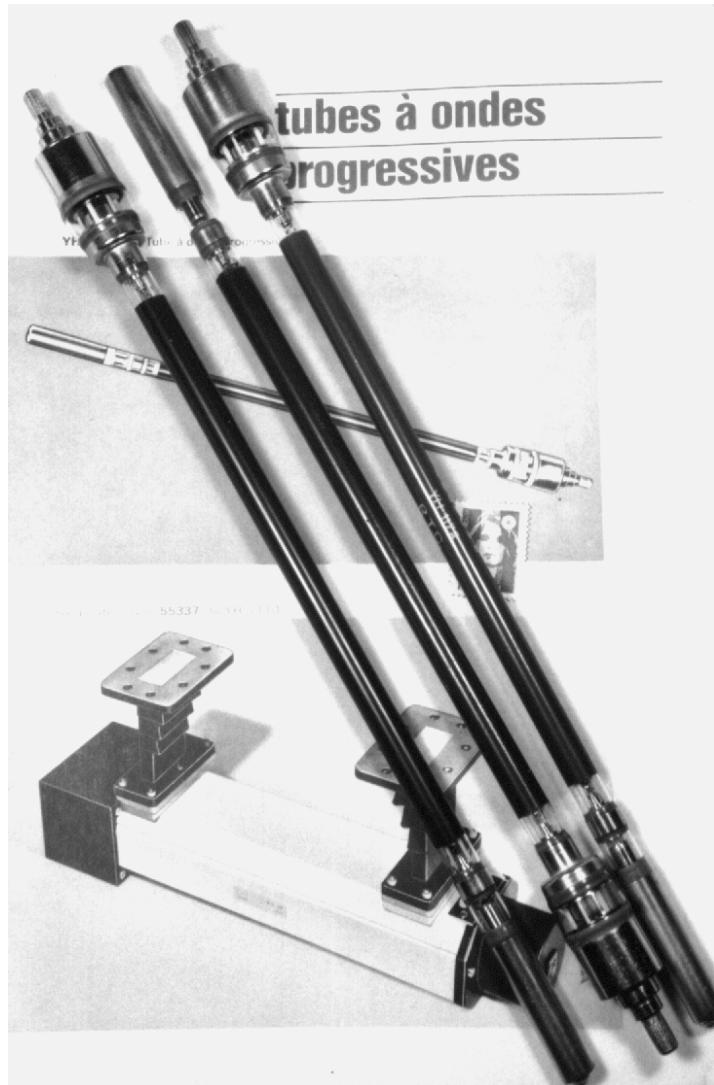
Enfin, pour la gamme des 3cm.:

-TH2630 tube TR double avec cavités couplées par des iris.

-TV3308 tube TR à simple cavité couplée aux guides d'onde par des iris.

Sur ces deux derniers tubes on trouve les petits sigles triangulaires indiquant la présence d'un gaz légèrement radioactif dans 1 'enceinte. Il s'agit probablement d'une source 'alpha' facilitant leur ionisation en plus de l'électrode de pré-ionisation.

Pour terminer la famille des tubes hyperfréquences, deux T.O.P. (tubes à onde progressive) sortis quelques années après la guerre 39/45 ces tubes permettent l'amplification, avec des gains atteignant 45Db., des signaux de faible puissance tels que les oscillateurs micro-ondes et autres multiplicateurs de fréquence; ou bien, pour les modèles à faible bruit, d'améliorer les performances d'un Radar en les interposant entre l'antenne et le mélangeur à diode, toujours assez bruyant.



Tubes à onde progressive YL1170 et YL1172. À noter la grande longueur de ce genre de tube, ici 30cm pour un diamètre du corps ne dépassant guère 10mm.

-YL1170 couvre de 5800 à 8500Mcs. gamme dans laquelle il présente un gain de 37Db. pour une puissance de sortie d'environ 10 watts.

-YL1172 de caractéristiques comparables, mais dans la gamme 4500 à 6500Mcs. Ils sont présentés ici 'nus', alors qu'ils sont normalement incorporés dans un focalisateur comprenant les couplages entrée/sortie en plus des aimants.

Pour qui sonne le glas... ?...

1955.....Le transistor, qui vient d'atteindre l'age de raison après sept ans de développements, devient un concurrent redoutable pour les tubes classiques qu'il supplante déjà dans les postes portatifs en éliminant les coûteuses piles haute tension.

Pour les fabricants de lampes il devient urgent de réagir afin de préserver, au moins pour un temps, les énormes investissements consentis dans le passé ainsi que des circuits commerciaux encore rentables pour les tubes.

Plusieurs réponses viennent des deux cotés de l'atlantique :

Aux U.S.A., un peu avant les tubes Européens, sort une série de nombreux tubes, tous chauffés sous 12,6v, dont la 12AD6, heptode changeuse de fréquence, est caractéristique, sa 'haute tension' est également de 12 volts. Ces tubes acceptent des différences importantes de la tension filament (10 à 16 volts) consécutives aux variations du régime moteur plus ou moins bien compensées par le régulateur de la dynamo ou de l'alternateur.

En Europe une série de lampes pour 'auto-radio' voit le jour en 1957.

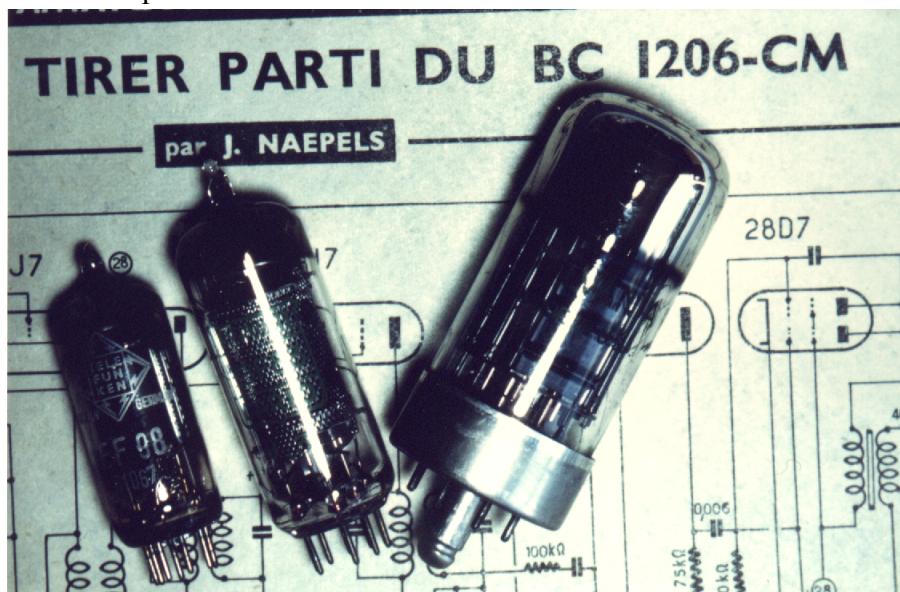
Elle se contente de 6 ou 12 volts en guise de haute tension.

Citons la EF98 pentode a pente fixe, 1ma/v pour Va 6volts et EBF83, double diode pentode a pente variable 0,45ma/v sous 6 volts plaque.

La série comporte également la changeuse de fréquence (ECH83), mais pas d'amplificateur BF de puissance, cette fonction étant déjà du domaine des transistors du moment.

Une double triode ECC86 arrive en 1962: avec 12,6v plaque elle offre une pente de 4,6ma/v remarquable pour une si faible tension.

Si l'amélioration est sensible, il reste le handicap des dimensions très supérieures à celles des transistors ainsi que de la consommation du filament inutile chez les nouveaux venus..... l'opération se soldera par un échec.



28D7 et autres lampes basse tension plaque

D'autant que les tubes alimentés en basse tension ne sont pas vraiment une nouveauté:

J. NAEPELS, dans une de ses rubriques 'Surplus', décrit le récepteur grandes ondes BC1206-A employant des tubes conventionnels (6K7-6SA7...) dans la partie haute fréquence, deux tétrodes 25L6 se chargeant de l'amplification basse fréquence; le tout alimenté en 28v tant pour les filaments que pour la haute tension.

Dans sa version CM ce poste utilise des tubes 14H7-14J7-14R7 en HF et une double tétoode 28D7 amplificatrice BF, ce dernier tube étant spécialement conçu pour fonctionner sous 28v plaques.

On retrouve ici l'utilisation de la tension négative que présente la grille de l'oscillatrice du changeur de fréquence, pour polariser correctement l'étage final basse fréquence.

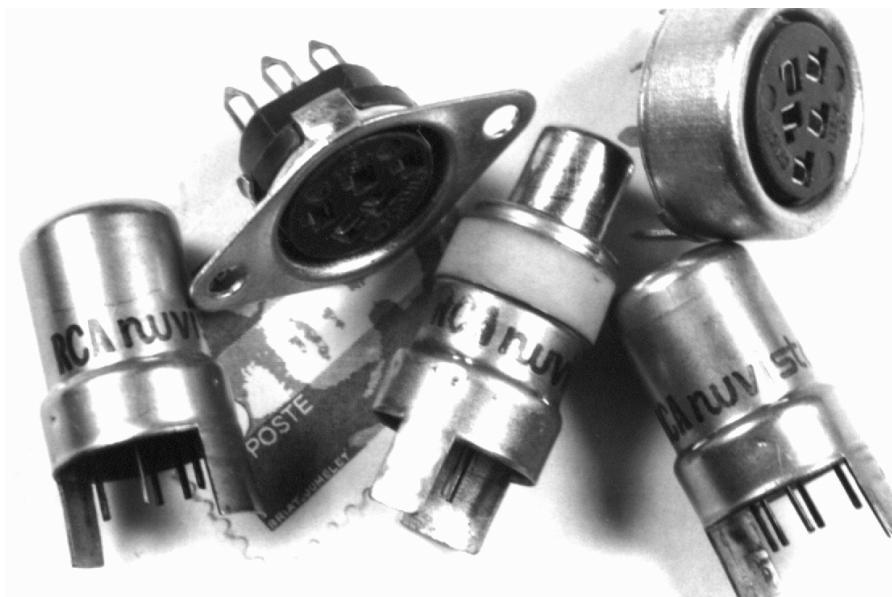
Il ne faut pas croire que l'emploi de ce genre de tube soit limité aux fréquences peu élevées: Prenons le cas du récepteur ARN5 (aide à la navigation aérienne) des années 40 fonctionnant un peu au dessus de 300 Mcs : En plus de la 28D7 amplifiant les signaux BF on y trouve des 6AJ5, dans l'amplificateur MF vers 21Mcs., et en multiplicatrices de fréquence pour l'oscillateur local 310Mcs., et, pour faire bonne mesure, des 12SN7-12SR7, le tout alimenté sous 28 volts plaques.

Pour clore ce sujet, on peut remonter à la lampe bigrille fonctionnant sous une dizaine de volts plaque: Marc CHAUVIERE en donne une large description dans le QST Français de Juin 1926....tout en précisant que cette lampe est 'connue depuis de nombreuses années' (le brevet de LANGMUIR date de 1913). Dans un cas limite on utilise les bigrilles sans tension plaque, la seule différence de potentiel étant celle de l'extrémité positive du filament (+4v) auquel on relie la plaque.

Revenons au début des années 60.....

R.C.A lance la série des "Nuvistors", 6CW4 triode et 7587 tétoode, qui est, elle, vraiment originale: de très petites dimensions, presque comparables a celles des transistors, ces tubes sont réalisés par brasage céramique-métal de l'enveloppe.

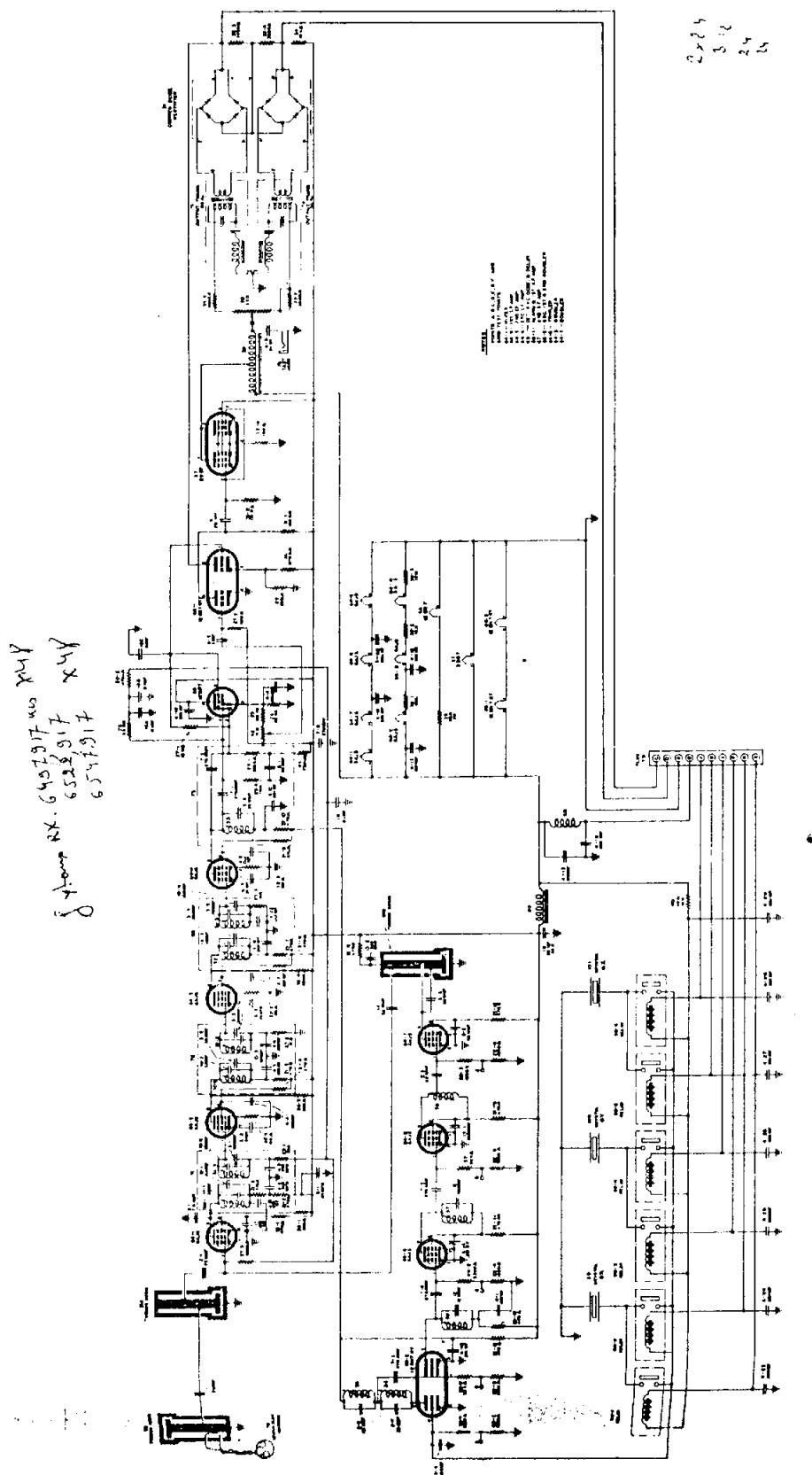
Nuvistors:
6CW4 - 7587
...supports...



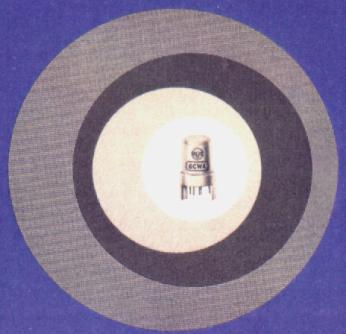
Les éléments internes₃ très compacts₁ sont fixés rigidement par soudure sur des cônes de positionnement. Se contentant d'une HT réduite à 26v (pour 7ma/v de pente) ou 75v (pour 11 ma/v) le tout résiste bien aux chocs et vibrations néfastes aux tubes classiques; de plus les Nuvistors montent à des fréquences très supérieures a celles des transistors avec un excellent facteur de bruit.

Ils sont largement diffusés dans nombre de matériels HF/VHF et, par exemple, dans les étages d'entrée des oscilloscopes TEKTRONIX 453 ou ils peuvent supporter d'éventuelles surcharges fatales aux transistors du reste de l'appareil. Enfin mentionnons la famille des "Compactrons", plus particulièrement diffusée par SYLVANIA et GENERAL-ELECTRIC

L'idée de départ étant de riposter par une complexité accrue des éléments contenus dans une seule ampoule de verre.



SCHEMATIC DIAGRAM RADIO RECEIVER ARN-5



RCA
nuvistor
HIGH-MU TRIODE
6CW4
FOR TV AND FM
TUNER DESIGNS



RADIO CORPORATION OF AMERICA
ELECTRON TUBE DIVISION

HARRISON, N.J.

Cela donne des tubes multiples dont le 6AS11 est représentatif: double triode plus pentode.

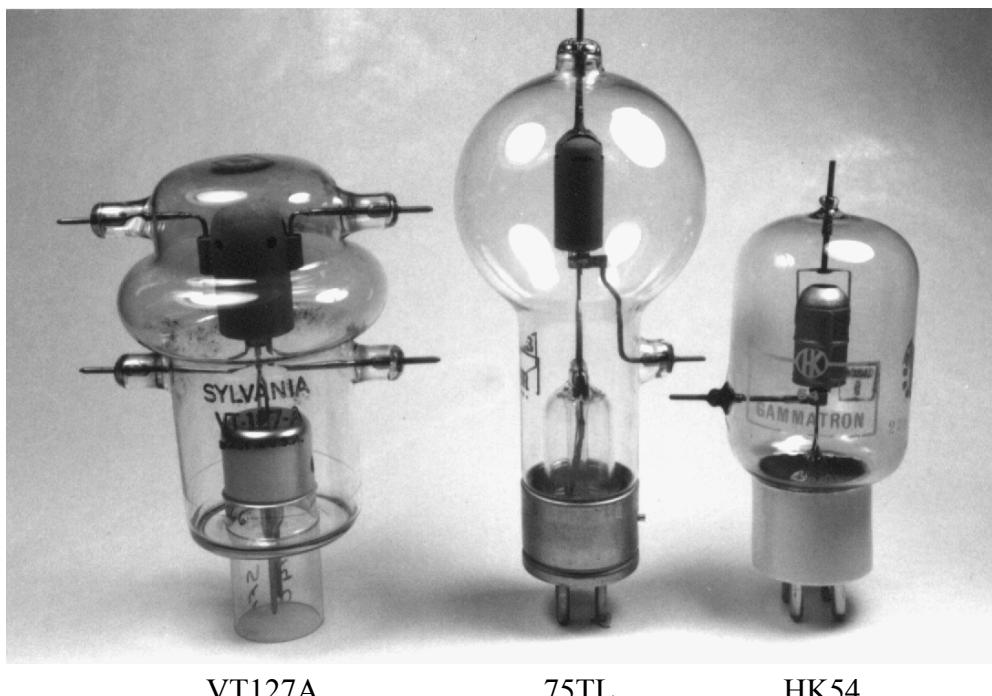
Le culot comporte 12 broches car tout ceci demande un grand nombre de liaisons avec le monde extérieur.

La série comporte les tubes habituels et, entr'autres, les 6HF5 et 6GF5 amplificateurs de puissance pour balayage télévision. Cette série a un succès limité et sera peu diffusée en dehors des U.S.A. Certains de ces tubes seront employés dans l'étage final des émetteurs ondes courtes d'amateurs

.....Quoi qu'il en soit les transistors progressent rapidement et finiront par 1'emporter.

Supplantées par les tétrodes et pentodes modernes, les bonnes vieilles triodes de puissance (écrasées discrètement une larme...) s'utilisent en émission jusque vers 1940.

Handicapées par leur capacité grille-plaque, une puissance d'excitation et une tension plaque importantes, elles donnent toutefois satisfaction dans quantité d'emploi ; certaines étant, de plus, d'un aspect original.



Côté aspect la VT127A remporte la palme..... Utilisée sur d'anciens Radars vers 300Mcs une seule lampe donne 400 watts sous 3000 volts plaque. Le filament est prévu pour le fort courant crête imposé par le fonctionnement en impulsions (équivalence 100TS EIMAC).

On remarque le dédoublement des connexions grille et plaque.

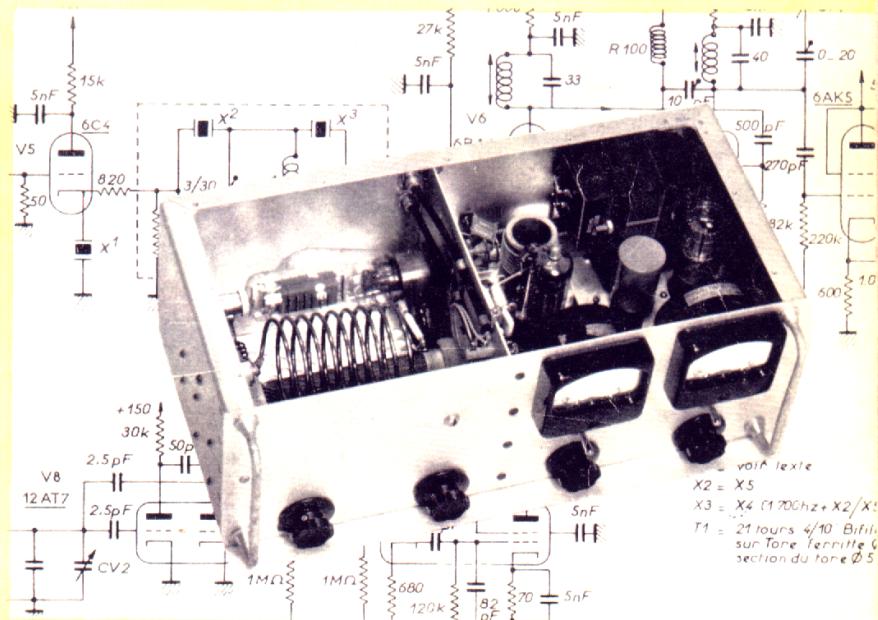
Egalement munie d'une belle verrerie la HK54 HEINZ et KAUFFMAN donne 250 watts sous 3000 volts plaque à 100Mcs.

La 75TL, au joli bulbe sphérique, délivre un maximum de 210 watts sous 2000 volts à 40Mcs

Nettement plus encombrante la TB3-1000 PHILIPS sort une puissance en rapport :1200 watts sous 3000 volts, ce jusqu'à 20 Mcs.

Revenons à des dimensions plus modestes: la 811A aura une carrière prolongée jusque vers 1965 pour l'amplification de puissance en émission B.L.U. avec "grille à la masse" (cf. RADIO REF 10/64) Dans son emploi habituel elle donne 135 watts sous 1250 volts plaque jusqu'à 60Mcs., ou 340 watts BF en push-pull classe B avec 1500 volts. On la trouve dans les étages de modulation de l'émetteur d'aviation ART13.

RADIO REF



REVUE DES ONDES COURTES

10
1964

- Ampli linéaire pour BLU
- VFO transistorisé 144 MHz
- Les indicateurs S-mètres



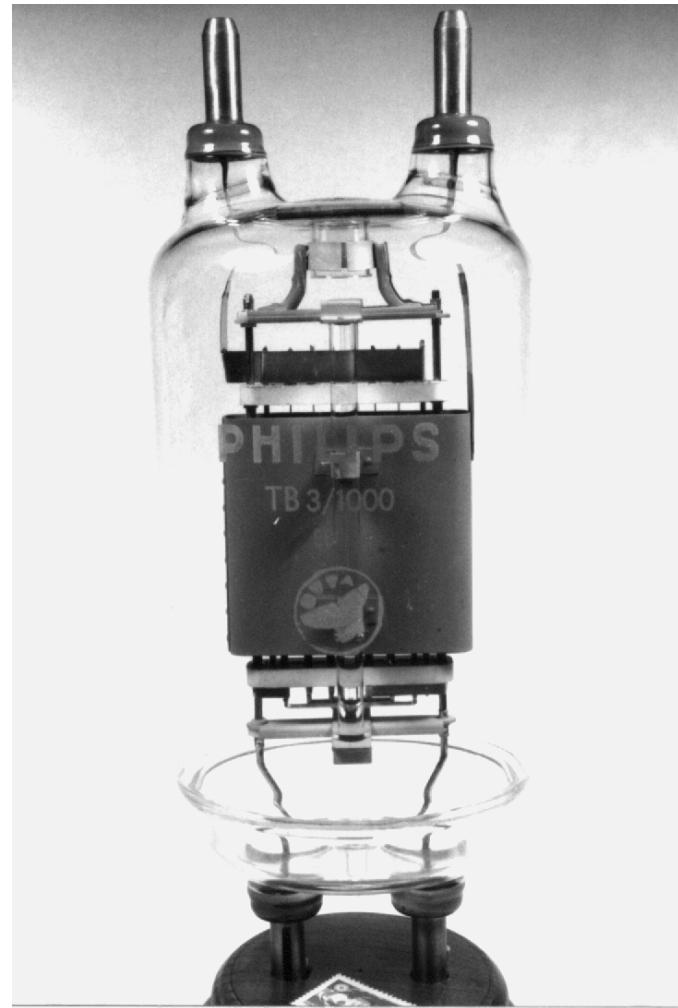
36^e Année

REVUE MENSUELLE

Prix : 3 F

TB3-1000 PHILIPS

Beau bébé non... ?...



Terminons avec trois tubes qui ont un petit air de famille, au moins sous l'aspect extérieur.



MC 1/60

211 (VT4C)

E60M

108

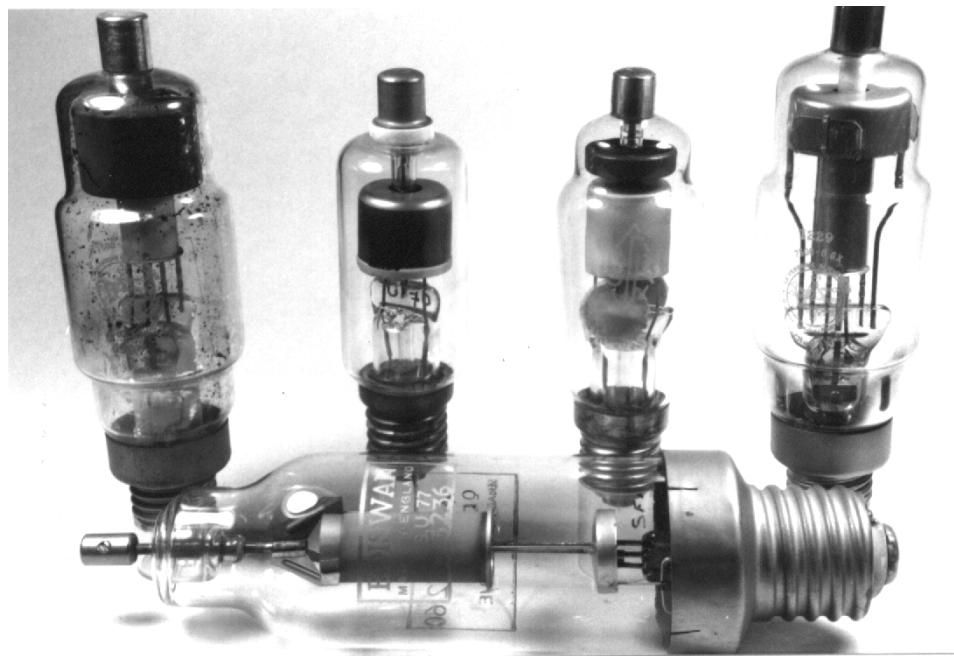
- MC 1/60 PHILIPS pour amplification HF ou modulateur BF de puissance.
- E 60M SFR donné par le 'Vade Mecum BRANS 1948' comme équivalent du 211....
- 211 (militaire VT4C) très employé sur le matériel Américain BC191/BC375 qui date de 1935, il donne 100 watts sous 1000 volts jusqu'à 15Mcs.

Ce tube trouve une nouvelle jeunesse auprès des amateurs de Haute Fidélité à lampes auxquels le très bon "Initiation aux Amplis à Tubes" de Jean HIRAGA sert de bible.

Utilisé en classe A sous 900 volts le 211 délivre une dizaine de watts avec une qualité "subjective" qui remplit d'aise les HIFIstes.....Bornons nous à rappeler que Paul BERCHE, dans le chapitre de présentation de la 6L6, indique déjà que l'emploi d'une triode à faible résistance interne et forte pente, d'ou coefficient d'amplification faible, en classe A, est ce qui se fait de mieux.....rien de bien neuf donc. Egalement Jean HIRAGA nous indique que certains tubes sont très recherchés par les "Japonais fanatiques de HIFI" (page 100); le mot nous inquiète un peu.....'passionnés' nous paraîtrait déjà suffisant....bref passons, cela ne retire rien aux qualités de ce livre.

On ne peut faire plus simple que la diode.....un filament, une plaque. Néanmoins il y a encore place pour des tubes méritant qu'on les cite. Débutons par la 2XM600A à vapeur de mercure, valve équivalente à la 866A dont les deux parties du nom de fabricant, MAZDARADIO, sont curieusement accolées....il est vrai que nous avons déjà vu MAZDA devenir ADZAM alors....Au lieu d'un culot conventionnel, à broches plus ou moins nombreuses, on visse certaines diodes de puissance sur une douille empruntée aux lampes d'éclairage: VH550 SFR sur douille EDISON E27- le redresseur THT (7500 volts 0,6 Ampère) de la VERRERIE SCIENTIFIQUE et une valve plus petite, toujours sur même culot.

-CV2160 EDISWAN, de belle taille, sur un culot encore plus gros (E40).



Valves sur culot Edison....

Supprimant radicalement les broches de connexion, la grosse valve V301 SFR emploie des tresses de cuivre pour se relier au monde extérieur, à noter la très belle ampoule avec son renflement central. Ce genre de tube, assez volumineux et dépourvu de culot, doit être fixé au moyen de colliers serrés (délicatement) autour du corps en verre.....c'est le moment de se souvenir que la pression atmosphérique exerce déjà une poussée de l'ordre du kilogramme au centimètre carré sur l'ampoule.....



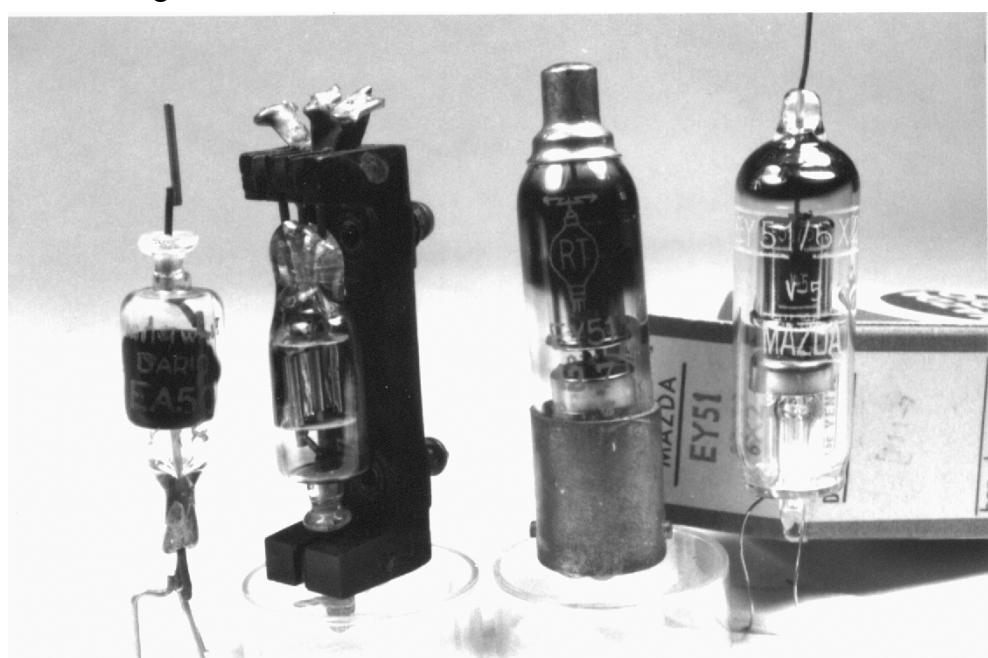
Pas de support non plus pour le HK65 de la Compagnie Générale de Radiologie. Il est vrai que ce gros 'Kénotron', avec 125.000 volts redressés sous 100 milliampères, pour l'alimentation des tubes à rayons X, aurait posé quelques problèmes d'isolement. La verrerie et les couleurs de ce tube imposant sont remarquables....Une modeste 6AK5 nous en donne l'échelle.

Retour timide au support à broches pour le RGN564 de TELEFUNKEN (500V. 30ma.).

Pourquoi timide?...parce que, sur un culot aux dimensions des anciennes triodes à quatre broches du genre TM, on s'est arrêté à trois broches.....le strict minimum. Avant de rester définitivement dans le monde des diodes sur support classique : la EA50 plus connue sous l'immatriculation militaire Anglaise VR92.

EA50/VR92....

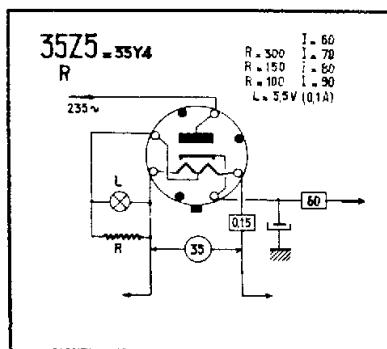
....EY51/6X2



Cette diode de détection miniature est très utilisée pendant la guerre, notamment dans les indicateurs Radars, avant de se reconvertis dans le civil au démarrage de la télévision sous la référence EA50; son support à trois broches en ligne est parfois éliminé au profit d'une soudure directe des connexions.

Allez....encore un tube qui ne sait pas très bien comment il doit se chauffer:
-EY51 largement utilisé en redresseur THT dans les téléviseurs; on le trouve dans sa version classique à sorties par fils soudés directement sur le bloc de balayage lignes.....ou encore sur un culot baïonnette B14.

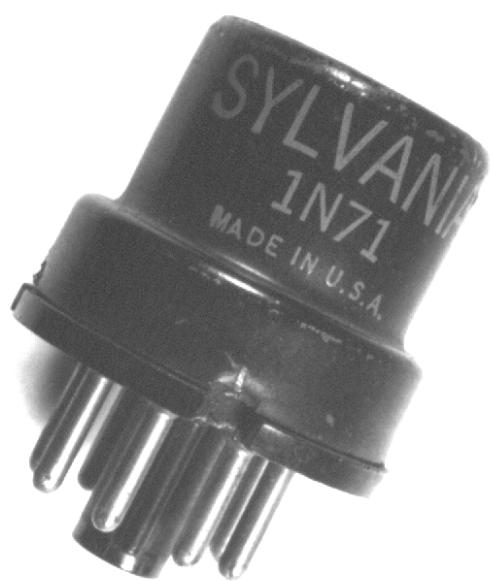
Maintenant voyons les valves plus conventionnelles, quoi que..... la 3B22 biplaqué de puissance (un ampère sous 750 volts), est également référencée EL1C sous la marque ELECTRONS, et ressemble à s'y méprendre à un thyratron....5R4WGA redresseur biplaqué très employé sur le matériel professionnel ou militaire; il est ici dans la version à embase renforcée montant assez haut sur le verre, réalisée dans une matière plastique révolutionnaire en son temps en raison de ses performances mécaniques et thermiques: Alkydes renforcées de fibres de verre, marque PLASKON, résine que nous avons utilisée durant 35 ans.



Passons à la banale 35Z5, monoplaque pour récepteurs 'tous courants', dont le filament est muni d'une prise pour branchement d'une lampe d'éclairage du cadran, donc en 'parasite' sur le filament de la 35Z5.....Plus une résistance.... Les 5Y3 et 5Y3GB se ressemblent comme des soeurs, sauf que la seconde est à chauffage indirect, tout comme pour la 80, chauffage direct, 80S chauffage indirect: ceci permet de retarder l'arrivée de la haute tension sur les divers étages d'un récepteur avant que les tubes ne soient raisonnablement chauds. Ceci sans parler des surtensions subies par les

condensateurs, notamment ceux de filtrage, puisqu'il n'y a pas de charge sur la ligne haute tension à ce moment. 3CU3 diode pour redressement THT dans les téléviseurs où elle délivre 2 milliampères sous 38000 volts. avec chauffage direct. Ce tube ne porte pas de mention relative aux rayons X qu'il est susceptible d'émettre, alors que la documentation SYLVANIA indique un maximum de 25 milliroentgens/heure..... Par contre le 3CZ3A à chauffage indirect, de mêmes caractéristiques, porte bien la mention relative aux rayons X.....Juste pour le coup d'oeil: les VXI0 et VX30, tous deux de la C.S.F, très beaux tubes dont l'anode entourée d'ailettes évoque la couronne d'un roi médiéval. Terminons avec le (ou la..?) 1N71 : en fait il s'agit d'une étape vers les semi-conducteurs à savoir quatre diodes germanium déguisées sous l'aspect et le culot octal d'une classique double diode à cathode chaude 6H6. Employé dans les modulateurs équilibrés pour multiplex à courant porteur ou B.L.U. ce "tube" nous sert de passerelle entre les lampes et les semi-conducteurs qui attendent impatiemment de prendre la suite





LOEWE Radio A.G.

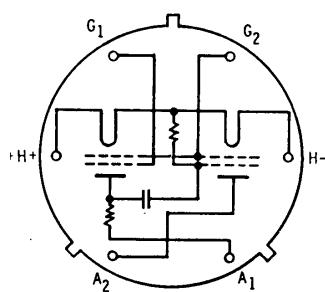
Il n'est pas possible de survoler la vaste famille des tubes électroniques sans évoquer les lampes de la société Allemande LOEWE qui sont très intéressantes, à plus d'un titre....

Avant de les décrire, il faut rappeler que la détention d'un récepteur de 'T.S.F' était généralement assortie d'une taxe prélevée suivant divers critères....paiement forfaitaire - timbre 'fiscal' apposé sur les lampes – nombre de lampes dans le récepteur.

Pour contourner cette dernière condition les ingénieurs de LOEWE lancent, en 1926, une série de tubes regroupant plusieurs triodes ou tétrodes dans la même ampoule, ce qui est déjà un beau résultat en un temps où la triode de base est au cœur de la majorité des récepteurs.

Mais on ne s'arrête pas en si bon chemin....les condensateurs de liaison entre étages ainsi que les résistances de plaque et de grille sont également incorporés dans l'ampoule.

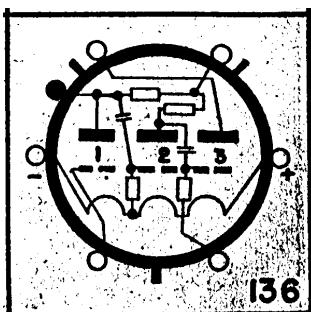
Ceci conduit à des récepteurs utilisant un minimum de composants, l'essentiel étant déjà présent dans le tube; une sorte de 'circuit intégré' plus de trente ans avant les amplificateurs opérationnels. Les deux types de base sont 2HF et 3NF avec quelques variantes pour le 3NF.



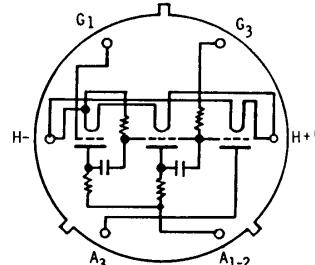
2HF

Dans le 2HF on trouve deux tétrodes du type à charge d'espace, dont les grilles proches des filaments sont reliées en parallèle. Comme habituel dans ce genre de tube la tension plaque est très modérée, ici 15 volts. Les filaments, reliés en série, demandent 4 v x 0,17 A. En ce qui concerne le 3NF son filament présente des variations: 3NFBat 4 v x 0,125 A - 3NFK - 3NFL - 3NFW 4 v x 1,2 A. De même les liaisons internes entre les trois filaments laissent un doute au vu des brochages relevés sur diverses documentations . Pour le 3NFW on trouve deux triodes avec un

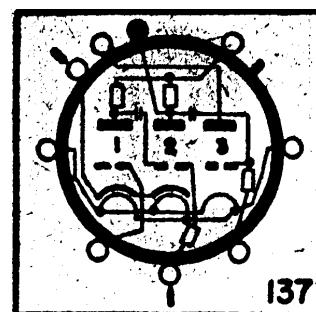
chauffage indirect, la troisième restant à chauffage direct. Par ailleurs les caractéristiques des divers 3NF sont très voisines, des différences minimales existant entre pente et résistance interne. La première triode est destinée à la détection, la deuxième à l'amplification BF par résistance, la troisième étant l'étage de puissance BF.



3NFBat



3NF...

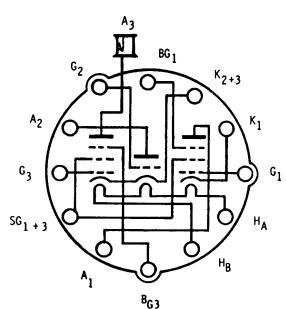
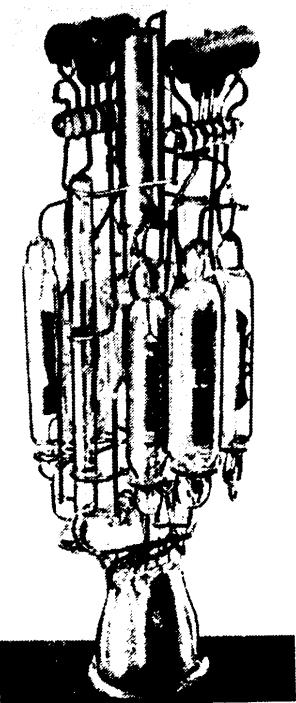


3NFW

Nous avons extrait, l'instant d'une photographie, le 3NFW du récepteur LOEWE R533 où il réside depuis plus de soixante dix ans.....on appréciera les dimensions du tube qui est représenté en grandeur réelle.....si la métallisation extérieure de l'ampoule ne permet pas d'apprécier l'architecture interne, le document joint en donne néanmoins une bonne idée.

Conséquence de leur complexité les 2HF et 3NF sont assez fragiles et nombreux de ceux parvenus jusqu'à nous ont leur filament coupé...maigre consolation, on se rappellera qu'à cette époque LOEWE offrait de re-filamenter les tubes dont les filaments étaient grillés.

Ultérieurement LOEWE proposera encore le tube multiple WG36, avec deux pentodes et une triode ; mais cette fois sans les résistances ou condensateurs de liaison entre les divers éléments du tube. Le chauffage indirect des trois filaments en série passe à 65 volts.



WG36

La nature a horreur du vide .

Soit, mais tous les tubes électroniques font appel au vide pour permettre le libre passage des électrons entre la cathode et l'anode. Même ceux qui sont plus ou moins remplis d'un gaz particulier (néon-argon-hélium ou mercure vaporisé..) doivent être préalablement vidés de leur air avant introduction de ce gaz ou mercure liquide.

Electroniquement parlant ce "vide" recouvre une gamme partant de la pression atmosphérique, 760 rnm. de mercure, pour descendre à 10-6 mm. de mercure. Avant de poursuivre deux remarques : la limite de 10-6 mm. de Hg (mercure) citée ci-dessus, valable pour les tubes classiques, est très largement dépassée dans l'électronique moderne actuelle; par exemple dans les klystrons de forte puissance ou encore les accélérateurs de particules pour la recherche nucléaire. Ensuite nous faisons référence au millimètre de mercure, plus communément appelé TORR, en hommage à TORRICELLI, au lieu du PASCAL ou autre millibar plus utilisés de nos jours, afin de rester en harmonie avec le matériel ancien dont c'était l'unité habituellement utilisée.

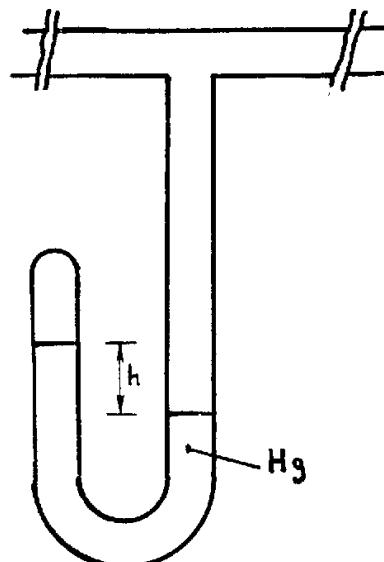
Si en physique certaines mesures peuvent être effectuées au moyen d'un seul instrument pour toute la gamme, il n'en est pas ainsi pour les pressions. Précisons ce point: Un fréquencemètre moderne couvre aisément d'un cycle-seconde à plusieurs gigacycles, un voltmètre passe aussi facilement d'un millivolt à 1000 volts par le simple jeu des diviseurs d'entrée, soit au minimum six décades. Du côté des pressions une couverture de trois ou quatre décades est plus habituelle et correspond d'ailleurs, pour certains manomètres, aux diverses définitions du "vide" à mesurer que les techniciens ont repérées comme suit: -vide grossier de 760 Torrs à 1 Torr. -vide moyen de 1 Torr à 10-3 Torr, -vide poussé de 10-3 Torr à 10-7 Torr. -ultra-vide en dessous de 10-7 Torr, soit bien au delà des anciens tubes. Voyons comment cet échelonnement peut concorder avec les techniques mises en oeuvre pour chaque fraction de la gamme-

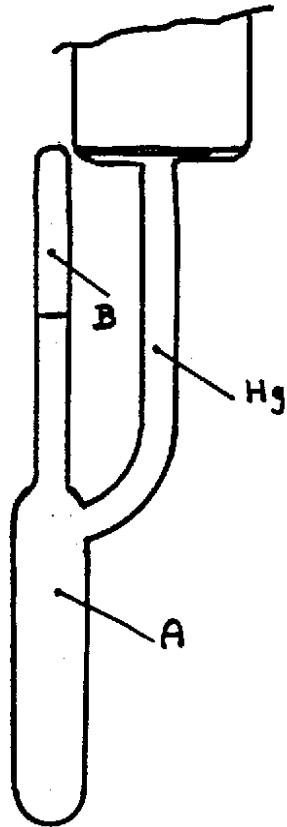
MANOMETRES MECANIQUES:

Pour les pressions les plus élevées, de 1 à 760 torrs, on utilise l'action mécanique des molécules d'air animées d'un mouvement incessant qui viennent heurter les parois du récipient, donnant une "pression", consécutive à ces chocs, directement utilisable. Le plus connu des instruments de cette famille est le baromètre prédisant la pluie et le beau temps à partir d'une capsule en métal mince ondulé, plus ou moins déformée par les variations de la pression locale. Son ancêtre au long tube de verre rempli de mercure nous vient tout droit des expériences de TORRICELLI et représente le plus ancien des manomètres hydrostatiques

Dans la technique du vide appliquée aux tubes électroniques la zone entre les 760 Torrs de l'atmosphère courante et 5 ou 10 Torrs ne présente pas d'intérêt réel, le pompage des tubes étant très rapide sur cet intervalle. On trouve par contre des manomètres hydrostatiques simples pour l'espace 10-2 à 10 Torrs, région de transition entre les pompes primaires et celles assurant l'évacuation finale. Un simple tube en forme de "U" suivant croquis donne un manomètre différentiel tronqué, utilisable entre 1 et 40 Torrs.

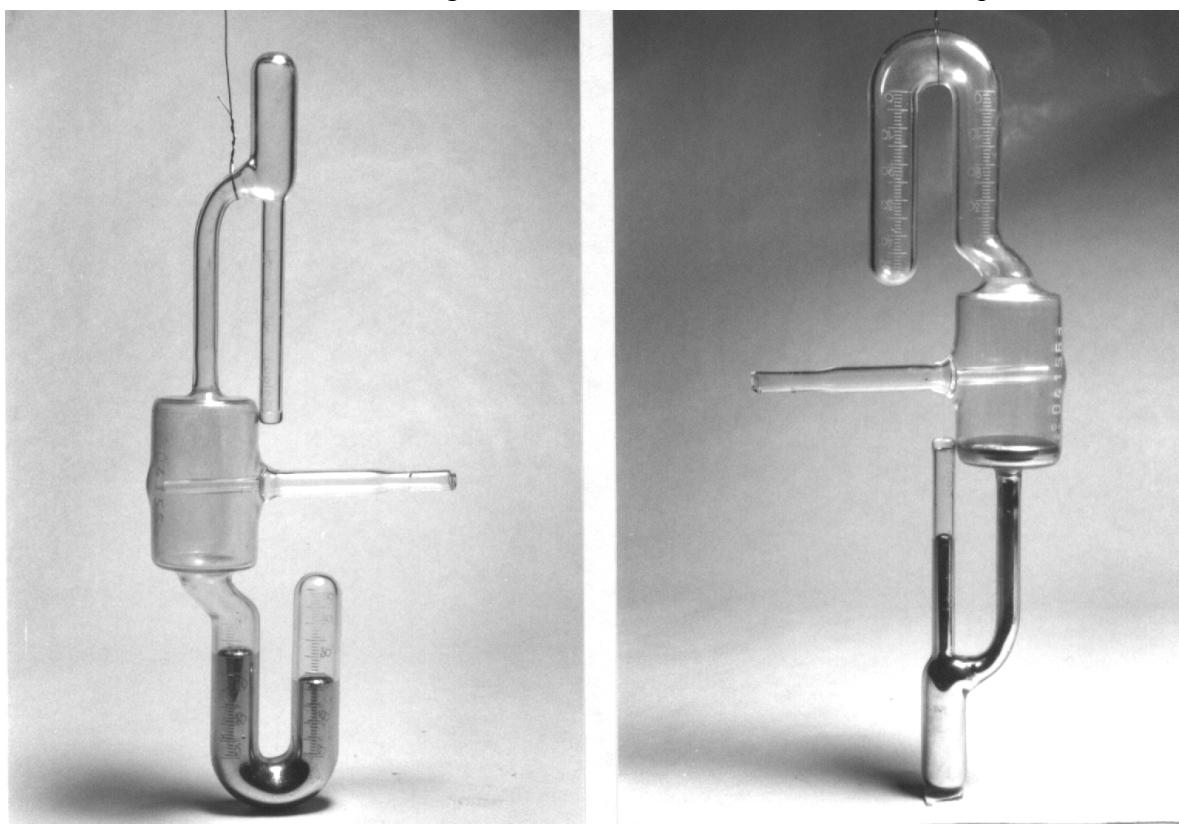
Avec cette disposition la pression, au demeurant assez faible, régnant dans la canalisation au sommet du manomètre, appuie sur le mercure de la branche de droite du tube. Le niveau dans la branche de gauche se positionne à une différence "h" dont le poids équilibre la pression inconnue, un vide théoriquement parfait se trouvant au dessus de la colonne





de gauche. Pour des pressions inférieures on emploie les manomètres 'a compression' sous une forme dérivée du type de MAC LEOD qui suit la loi de BOYLE-MARIOTTE. Dans sa version normale le manomètre MAC LEOD est utilisé jusque vers 10-5 Torr avec une bonne précision qui en fait une référence pour l'étalonnage des autres appareils. Il est malheureusement encombrant et fragile avec plusieurs kilogrammes de mercure parcourant des tubes en verre de petit diamètre. La version simplifiée, suivant croquis, respecte la règle Pression x Volume = Constante de BOYLE-MARIOTTE. Après manipulation adéquate de ce manomètre le volume d'air contenu dans la chambre A se trouve comprimé dans le capillaire B où le mercure monte à un niveau d'autant plus élevé que la pression à mesurer est plus basse. Avec une échelle quadratique gravée sur le verre on apprécie les pressions entre 10 et 0,05 Torr avec une marge d'erreur d'environ 10%. On peut être surpris de cette erreur potentielle comparée à la très grande précision obtenue en mesure, par exemple, des tensions ou fréquences. Dans le domaine des basses pressions les mesures sont sujettes à quantité d'incertitudes. Trois exemples parmi d'autres: -la sensibilité d'un manomètre varie suivant les gaz dont on mesure la pression (air-hydrogène-argon...) -la pression lire dépend souvent de la position du manomètre sur l'installation dont on veut mesurer le degré de vide -enfin, et c'est un comble, certains manomètres se comportent comme des pompes en provoquant localement une pression inférieure à celle régnant dans le reste de l'installation.

Tout ceci conduit à une grande modestie des techniciens du vide qui admettent



une erreur pouvant aller de 50 à 100%, en particulier dans la mesure des très basses pressions rencontrée dans les applications de 'l'ultra vide'.

Quoi qu'il en soit le Vacuoscope de GAEDE est un manomètre d'emploi facile pour la gamme 30 à 0,05 Torr par juxtaposition d'un manomètre différentiel à tube tronqué et d'un manomètre à compression simplifié.

Les photographies de la page précédente montrent les deux positions de mesure à titre indicatif; la tubulure d'entrée n'étant pas reliée à une installation sous faible pression les niveaux dans les tubes ne sont pas significatifs.

Il faut noter que la famille des manomètres à compression ne permet pas de suivre les variations de pression, il est nécessaire de déplacer verticalement (ou de basculer suivant les cas) le réservoir de mercure chaque fois que l'on veut effectuer une mesure de pression.

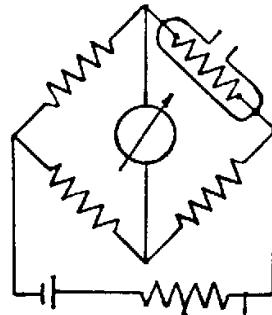
MANOMETRES THERMIQUES

Pour le vide moyen on trouve les manomètres thermiques employés entre 1 et 10⁻³ Torr.

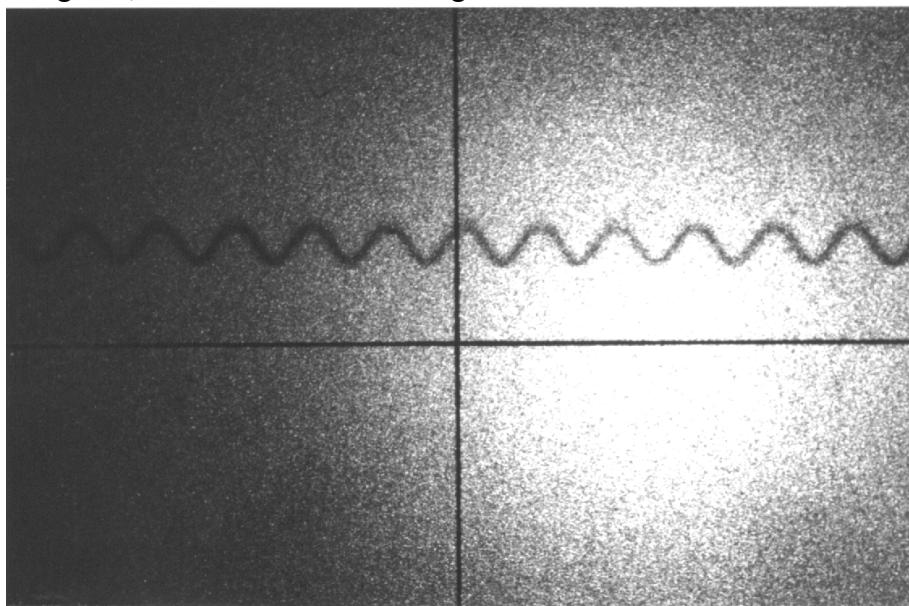
Ils utilisent la variation de convection d'un élément chauffé placé dans une enceinte où règne une faible pression.

Suivant la figure ci-contre on place un fil très fin dans l'axe d'un tube, un courant, maintenu constant, traverse ce fil et en élève sensiblement la température, jusque vers 100 à 150 degrés. Cette température se stabilise à un niveau qui dépend des échanges par :

- rayonnement calorique direct vers l'ampoule.
- conduction thermique par les connexions terminales
- convection vers l'ampoule en utilisant le gaz de remplissage comme véhicule du flux thermique (conductivité thermique).



La convection est d'autant plus faible que la pression diminue, ceci étant sensible dans l'intervalle de 1 à 10⁻³ Torr, par suite le fil chauffe encore plus pour atteindre un nouvel équilibre qui se traduit par des variations de résistance mises en évidence par un pont résistif pré-étalonné pour des valeurs autour de 150 ohms. En pratique le fil, dont le diamètre est de l'ordre du centième de millimètre pour diminuer l'inertie thermique, est ondulé afin d'en augmenter la longueur, donc la surface d'échange.



Une photographie prise sur un projecteur de profil montre la structure interne d'une jauge de PIRANI, du nom du créateur de ce type de capteur. Le 'pas' des ondulations est de 0,1mm....

On notera dès à présent l'association d'un capteur avec une électronique plus ou moins élaborée, ici un simple pont de Wheatstone, pour obtenir un manomètre; ceci en comparaison des manomètres mécaniques ou hydrostatiques qui combinent les fonctions capteur/indicateur

On trouve les jauge de Pirani sous diverses présentations, généralement dans la forme d'un tube de verre ou métal, muni d'un connecteur à deux broches à un bout, l'autre extrémité étant raccordée à l'installation sous vide.

Deux exemples sont présentés sur la photographie de famille des capteurs.

Une autre version courante de manomètre thermique utilise des thermo-couples chauffés par des résistances ; la tension délivrée par le thermo-couple étant à nouveau liée à la conduction/convexion entre ces éléments, le tout dépendant encore une fois de la pression dans l'enceinte..

Pour en terminer avec ce genre de capteurs en voici deux qui, avec leur bouchon miniature en liège, vous ont un petit air de bouteille de Bordeaux.



In Vino Véritas... ?...

L'illusion des vapeurs d'alcool se dissipe définitivement à la vue du culot Américain à 4 broches reliant ces jauge au pont de mesure.

Marquées du sigle de la C.G.R. (Compagnie Générale de Radiologie) elles sont employées dans les installations de pompage des tubes à rayons X auxquelles elles sont raccordées par un 'cône rodé' situé à la partie supérieure.

A ce propos il n'est pas inutile de rappeler que les tubes à rayons X, qui sont apparus dix ans avant la première triode, poursuivent leur carrière en bénéficiant de tous les progrès de la technique du vide poussé à laquelle ils ont largement contribué.

MANOMETRES A IONISATION

Des électrons accélérés par une différence de potentiel entre deux électrodes, et qui rencontrent des molécules d'air, se transforment en ions suite à ces chocs....en simplifiant.....

On distingue deux types de manomètres basés sur ce principe: Ceux à cathode froide, généralement appelés manomètres à décharge, et ceux à cathode chaude. Le premier type, du moins dans sa version simple qui seule nous intéresse, découle directement des tubes de Geissler:

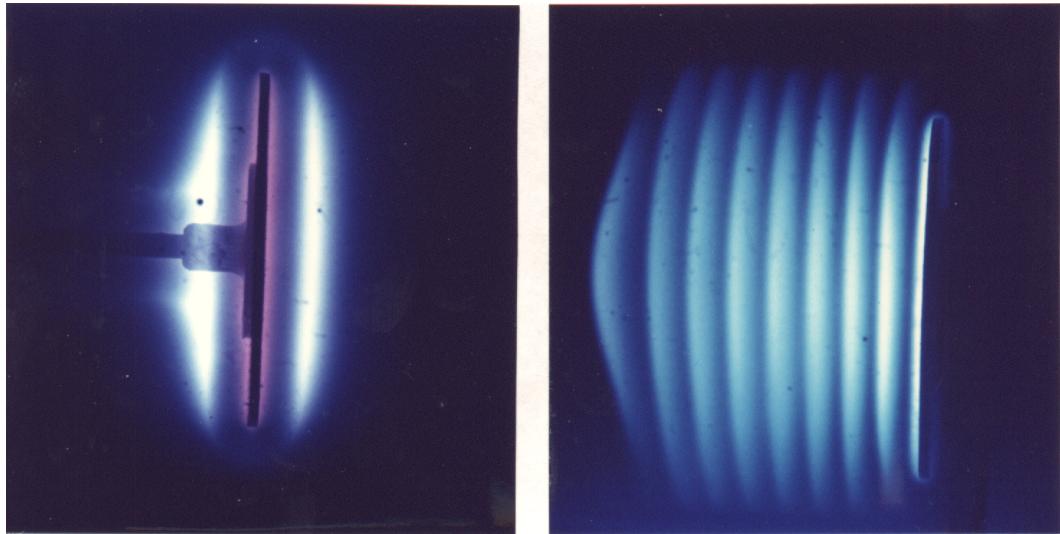
Dans diverses éditions de "Pratique et théorie de la T.S.F" Paul BERCHE consacre quelques lignes aux décharges électriques dans les gaz raréfiés:

Si on dispose aux extrémités d'un tube de verre deux électrodes alimentées par une tension de quelques milliers de volts, on observe alors une décharge lumineuse dont l'aspect varie en fonction de la pression régnant dans le tube. Utilisable entre 10-2 et 10 Torrs ce manomètre très simple est employé depuis le début de la fabrication des lampes.....d'éclairage.

Il est peu coûteux, très robuste car ne craignant pas les remontées brutales de pression consécutives, par exemple, à une rupture de canalisation.

La robustesse de ce manomètre est à comparer aux désagréments rencontrés dans l'emploi des manomètres utilisant du mercure en cas de bris des tubes en verre: au moment d'une brusque remontée de la pression dans un manomètre tronqué on risque de voir le mercure éclater le fond du tube en remontant. Le principal défaut des manomètres à décharge est d'être peu précis puisque leurs indications (luminosité-stratifications-espaces sombres...) doivent être interprétées par l'observateur pour estimer la pression. Il est possible de déterminer la pression approximative par mesure du courant traversant le tube durant la décharge. Toutefois, le plus souvent, on se borne à poursuivre le pompage jusqu'au moment où le tube ne montre plus de décharge lumineuse.

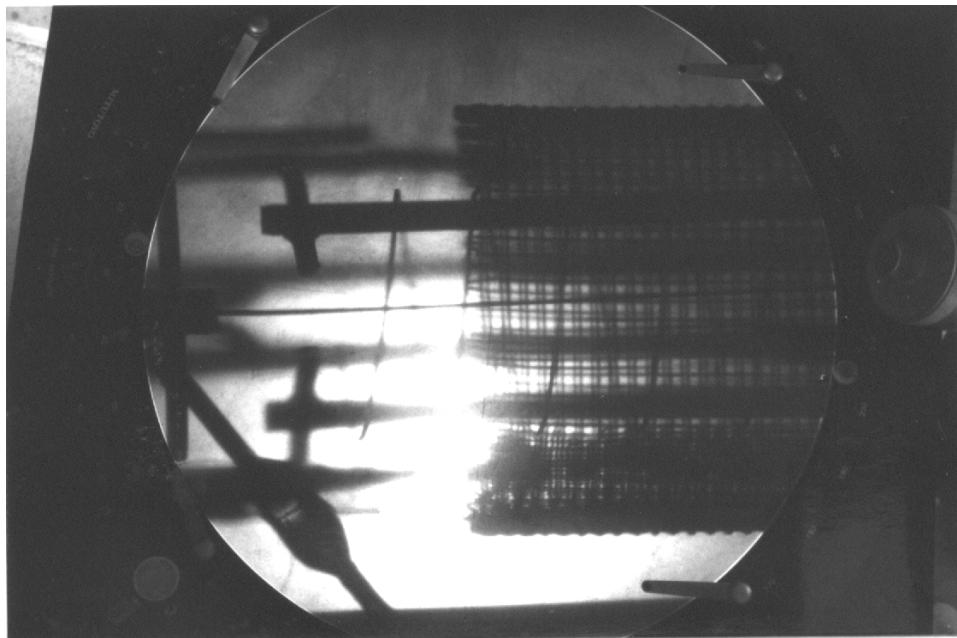
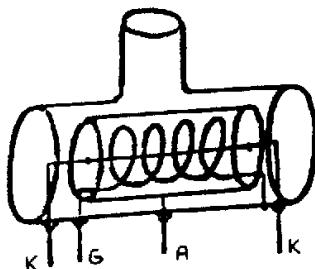
Il convient de limiter, par une résistance en série, la puissance dissipée par ce genre de manomètre sous peine de voir du métal provenant des électrodes se vaporiser sur la paroi interne du tube....Mea Culpa pour le tube en T visible plus loin, bien noirci par le fort courant longtemps infligé à ses électrodes.



Les photographies donnent l'aspect de la décharge dans un tube en 'T' vers un Torr avec 2000 volts entre ses électrodes (pas évident à photographier...). Ce manomètre ne permet pas même l'interprétation d'un vide inférieur à 10-3 Torr, sauf dans sa version moderne, dite de PENNING, qui utilise un champ magnétique. Toutefois il s'agit d'un manomètre plus récent sortant du cadre restreint des anciennes technologies.

Dans le manomètre à ionisation à cathode chaude les électrons sont émis par un filament porté à une température élevée, par exemple du tungstène.

Dans ces conditions on obtient aisément un courant électronique notable avec une tension positive modérée sur l'anode. Une troisième électrode, alimentée par une tension négative, met en évidence le courant ionique résultant de la collision contre les molécules de gaz (de l'air dans le cas le plus habituel). Un exemple de construction classique de cette jauge suivant croquis ci-contre rappelle singulièrement les anciennes triodes TM. De fait l'emploi d'une triode réorganisée en jauge à vide est presque aussi ancien que la triode elle-même, les fabricants de lampes utilisant, après fermeture du tube, le courant grille résiduel comme indication du degré de vide obtenu plus ou moins poussé. Les lueurs bleues ou roses observées au cours du vidage du tube se produisent, comme dans un tube à décharge conventionnel, aux environs d'un Torr. Rappelons que certains auteurs, dans les 'temps héroïques' déconseillent l'emploi de triodes au vide trop poussé car moins bonnes dans l'emploi en détectrice, ou encore en raison de l'utilisation plus intensive du filament durant le vidage, ce qui en abrégait d'autant la durée (cf. TSF Moderne 4/23). Une triode courante, alimentée sous 80 volts plaque et -2 volts grille, présente un courant grille de 0,03 microampère pour un tube parfaitement vidé. Ce courant résiduel pouvant monter à 2 microampères pour un vidage imparfait, soit presque cent fois plus, sans inconvénient notable



On retrouve la structure coaxiale d'une jauge courante avec la photographie prise à nouveau sur un projecteur de profil: l'anatomie interne d'un modèle de la C.G.R. déjà citée montre, au centre, le filament rectiligne de la 'cathode', la spirale du collecteur de courant ionique et enfin l'anode réalisée sous forme d'un grillage à mailles fines.

Le tout, sur une embase Rimlock, se retrouve sur la photographie de famille des jauge manométriques, avec un exemplaire muni de la bride de raccordement vissée sur l'enceinte à vide.

Un examen attentif des caractéristiques du type JA10 MAZDA montre que, en pratique, on applique une tension positive d'environ 250 volts sous 10 mA. à la grille ; la plaque habituelle, alimentée sous -30 volts, devenant le d'un courant ionique se chiffrait en fraction de microampère.

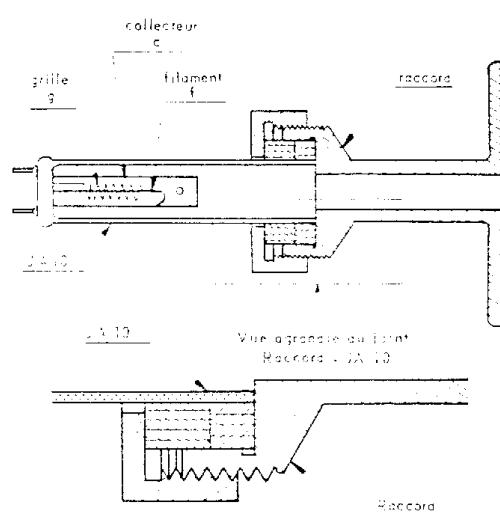
Jauge à ionisation

TYPE MAZDA	LxD mm	B Fig.	Chauffage		V _g V	I _g mA	Collecteur C		Observations	
			Mode	V A			+A	V mA		
JA10	105 x 22,2	29,1	Direct	3,6 env.	1,2 env.	250	10	-50	Miniature Novair	Pression limite mesurable 10 ⁻⁴ torr
8418	202 x 41,5	29,2	Direct	4,5 à 6	4,4 à 5,2	250	10-20	50 à -50	Série A avec support S25/50E	Jauge normalisée AFNOR Préciser le diamètre du quiescat, varier selon les installations.

* La tension du collecteur et le courant de grille étant maintenus respectivement à -50 V et 10 mA, le courant du collecteur est fonction de la tension de grille et de la pression.

RACCORD POUR JAUGE JA 10

Un raccord étanche, étudié spécialement, permet de relier la jauge JA 10 aux divers types d'enceinte à vide. La mise en place de ce raccord est d'une exécution facile et très rapide. Ce raccord peut être fourni sur demande.

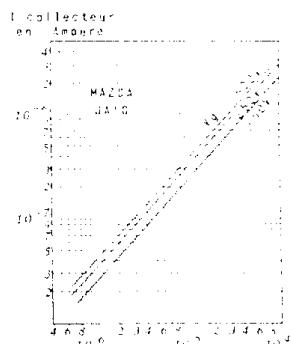
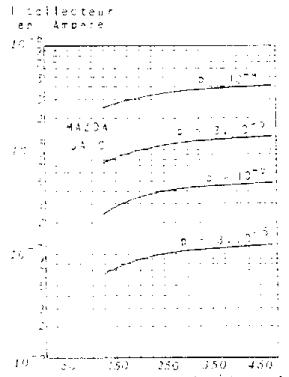


JA 10 COURBES du COURANT du COLLECTEUR en FONCTION :

de la
TENSION GRILLE

de la
PRESSION

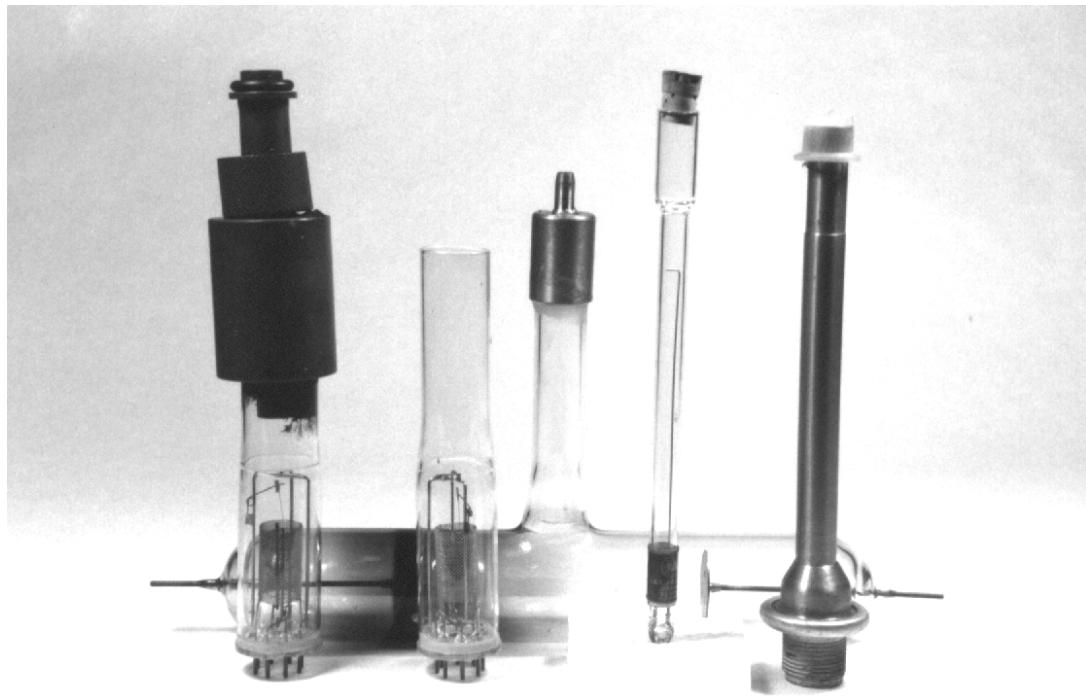
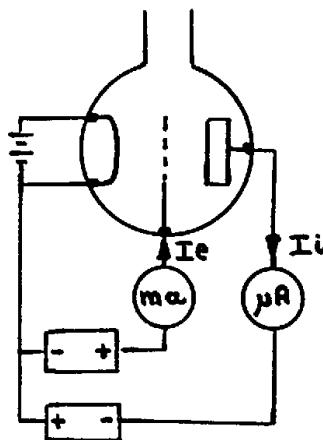
TENSION DU COLLECTEUR: - 50 Volts
COURANT DE GRILLE: 10 mA



MAZDA

Cette inversion de la polarité habituelle des lampes augmente la sensibilité de la jauge en mettant à profit les oscillations des électrons de part et d'autre de la grille, ceci augmentant leur parcours et par la même la probabilité de choc avec une molécule.

Le schéma simplifié ci-contre montre donc la disposition courante des tensions alimentant les jauge à ionisation classiques. Aux plus basses pressions mesurables le courant ionique, qui est devenu très faible, impose des résistances d'isolement des électrodes relevant de la technique des tubes électromètres. Bien que la sensibilité de cette famille de jauge puisse, théoriquement, être calculée à partir de ses dimensions physiques, il convient de procéder à un étalonnage par comparaison avec un autre manomètre, par exemple du type MAC LEOD, pour obtenir une bonne précision. Le domaine d'utilisation s'étend de 10⁻³ à 10⁻⁶ Torr. Avec des pressions supérieures à 10⁻³ Torr il y a risque de détérioration de la cathode par oxydation, en dessous de 10⁻⁶ Torr on fait appel à une version plus moderne, la jauge BAYARD-ALPERT, apparue vers 1950. Il existe de nombreux autres types de jauge, particulièrement pour l'ultra-vide, mais leur analyse dépasse largement cette description générale. Terminons avec cette photographie de famille des différents types de jauge évoqués dans les chapitres précédents.



A gauche deux jauge triodes à cathode chaude, à droite deux jauge de Pirani .
En arrière plan un tube à décharge en T dont la partie gauche est métallisée consécutivement à une dissipation excessive.....

