

7. Rénovation du PA ondes courtes FL2100Z

Par Florian, HB9HLH



Caractéristiques d'origine :

Type : Amplificateur linéaire HF tous modes

Bandes : 10-160 m + WARC

P sortie : CW 500 W, SSB 600 W

P entrée : max. 100W

Tubes : 2 x 572B

Z sortie : 50-75 ohms SO-239

Alimentation : réseau 230V 50 Hz

Courant : 9 A @ 230V

Dimensions : L*H*P 345*157*326 mm

Poids : 20 kg

Fabrication : Japon 197x-198x

Suite à de nombreuses années de bons services, les deux tubes 572B sont un peu «pompés». Il est donc temps de les remplacer. L'idée de substituer ces tubes en verre, par un modèle céramique me plaisait assez. J'ai alors commencé à chercher, ai beaucoup lu, fouillé sur le Net, et aussi apprécié les travaux que F1TE, IZ1CSJ, PA0FRI, PA7TWO et PY1BVY ont publiés sur ce genre d'intervention.

Caractéristiques du Gi7B

Metal-ceramic triode d'émission

Fmax : 3GHz.

Oxide-cathode / chauffage indirect

U filament : 12.6V @ 1.925A +/- 0.125A

Capacité grille/filament : 11.1pF +/-1.1pF

Capacité grille/anode : 4.6pF +/-0.4pF

Capacité anode/filament <=0.075pF

U anode: 2.5 kV (U-peak = 9kV !)

U grille: -400 ... +80V

I cathode : <=0.6A

P dissipation anode : 350W

P max. grille : 7W

Poids : 170g



Caractéristique du 572B :

Tube verre triode d'émission

Fmax : 30 MHz.

Thoriated-cathode / chauffage direct

U filament : 6.3V @ 4 A +/- 0.3 A

Capacité grille/anode : 6 pF

Capacité grille/filament : 5.9 pF

Capacité anode/filament : 0.8 pF

U anode : 2.75 kV (ICAS)

U grille: -400 ... +80V

I anode : 275mA

P dissipation anode : 160W

I max_grille : 50mA

Poids : 113g

Mon choix s'est naturellement porté sur la triode Gi7B, de fabrication russe, que l'on trouve sur Ebay pour une bouchée de pain. (Lot de 4 payé 55\$ en 2015). Ces tubes céramiques sont robustes.

Tandis que les 572B proposés sur le marché, proviennent essentiellement de Chine, se vendent environ 100 euros sur le marché européen, et sont à éviter, parce que leurs caractéristiques s'écartent trop des valeurs des tubes originaux. Par exemple leur tension plaque de 1250V correspond à la moitié de celle des tubes originaux....

Il serait possible de monter une paire de 572 B de fabrication Taylor USA, prix : 250 francs la paire, frais inclus. Mais vu le prix et la solidité des Gi7B...



Le filament.

Le filament de la Gi7B fait environ $2,1\Omega$ à froid et trois fois plus à chaud. Ce qui provoque un courant à l'enclenchement d'environ 5,7A. Cette surintensité raccourcit la durée de vie du filament.

Cette valeur sera toutefois limitée à 4,5A par la résistance de l'enroulement du transformateur qui est aux alentours de 0,6 ohms dans mon cas. Il est conseillé de limiter ce courant en mettant une résistance en série avec le primaire du transformateur. Celle-ci sera pontée par un relais après quelques secondes.

La tension filament.

La cathode est le «cœur» du tube. Il existe plusieurs types de cathodes, et elles ont différentes propriétés. Consultez les données du fabricant pour savoir comment traiter la cathode du tube que vous allez utiliser. Un filament en tungstène pur, qui chauffe une cathode de manière indirecte, donnera sa durée de vie maximale si la tension de chauffage est réalisée aussi faible que possible pour la puissance de sortie souhaitée, tandis qu'une cathode en tungstène « thorié » peut être endommagée si elle est insuffisamment chauffée.

Dans une documentation d'Eimac, on peut lire que la tension du filament doit être respectée avec précision. Si la tension est trop basse, l'émission cathodique pourra être insuffisante lors des pointes de modulation ce qui engendrera des distorsions (IMD3).

Par exemple, pour un tube 3-500Z (*chauffage direct, filament tungstène thorié*), avec $U_{\text{filament}} = 5V \pm 0.25V$, si on baisse la tension de 0.5V soit à 4,5V (-10%), on raccourcit la vie de ce tube d'un facteur 10 !

Pour le tube GI7B, ce n'est pas le cas. Il est doté d'une cathode à chauffage indirect et supporte un courant filament entre 1,83 et 2 A. Il est possible avec ce type de chauffage de diminuer la tension de service du filament, et de l'ajuster à la valeur la plus basse possible avant que le courant plaque maximum ne commence à diminuer.

Considération.

Quand un changement évident se produit dans la puissance de sortie ou si le niveau de distorsion augmente, l'émission cathodique doit être considérée insuffisante, et le tube devrait être remplacé.

Si on analyse les causes de mort des tubes, la plupart proviennent d'erreurs commises par l'opérateur. Et aussi de la médiocre qualité de fabrication de certains d'entre eux. Mais plus rarement d'un problème de chauffage.

Préparation des tubes.

La lecture des sujets publiés sur la toile, par N2DX, SM5BSZ, SM6BYH, SM6EHY, U4RLL et W8JI sur le reconditionnement des tubes de surplus, ainsi que quelques "vieux" documents d'Eimac et Phillips m'ont appris des choses intéressantes. En voici un résumé.

La plupart d'entre nous ont oublié ou ne connaissent pas un aspect très important de l'utilisation des tubes qui ont passé beaucoup de temps, souvent des années, dans un tiroir en attente de leur utilisation.

En raison de la nature physique qui les constitue, une certaine quantité de gaz reste toujours piégée à l'intérieur des métaux, des céramiques et d'autres matériaux qui sont utilisés pour la fabrication du tube.

Ce dernier, nécessite un vide relativement poussé, pour fonctionner sans arc et autres effets internes indésirables et destructeurs.

Durant un stockage plus ou moins long, le vide du tube "aspire" une certaine quantité de gaz qui était piégé dans les matériaux dont il est fait.

Si on monte un tel tube dans un amplificateur, et que l'on applique toutes les tensions sans précaution préalable, la petite quantité de gaz présente dans le tube va s'ioniser et provoquer un désastre.

Cette conduction par ionisation détruira à coup sûr le tube, qui sera bon pour la poubelle. A moins que le courant soit contrôlé et limité. Les amplificateurs modernes disposent généralement de circuits sécurisant le fonctionnement du tube.

Heureusement, les fabricants de tubes, pour remédier à cette situation, introduisent à l'intérieur de certains tubes une surface métallique appelée « getter », sur laquelle est déposée une couche de métaux réactifs. Tandis que pour d'autres, ce sont les électrodes du tube qui sont directement frittées avec ces métaux.

Ceux-ci vont réagir avec toute molécule, et former un produit solide, non volatile. Le « getter » atteint son efficacité quand il est chauffé entre 200 et 1200°C.

La Solution.

Il est possible d'éviter cet événement destructeur, en prenant des mesures assez simples pour préparer la mise en service de tubes de surplus, neufs ou d'occasion.

Lorsque le filament est alimenté pour la première fois, il est important de lui permettre d'atteindre sa température finale lentement, en augmentant la tension depuis zéro jusqu'à la valeur nominale progressivement, et ceci sur une durée de plusieurs heures.

N'étant pas un spécialiste en métallurgie, je n'ai aucune idée de ce qui se passe au niveau de la structure moléculaire du tungstène durant les premières heures de chauffe...



Préparation des tubes de surplus

(Méthode proposée par UR4LL il y a quelque temps déjà et narré par N2DX)
(A noter : susceptible de changement au gré des expériences...)

1. Appliquer seulement la tension du filament pendant 12 heures au minimum
2. Toutes les grilles à la masse
3. Puis 25% de U anode pendant 4 heures
4. Ensuite 50% de U anode pendant encore 4 heures
5. Et finalement 100% de U anode pendant 4 heures

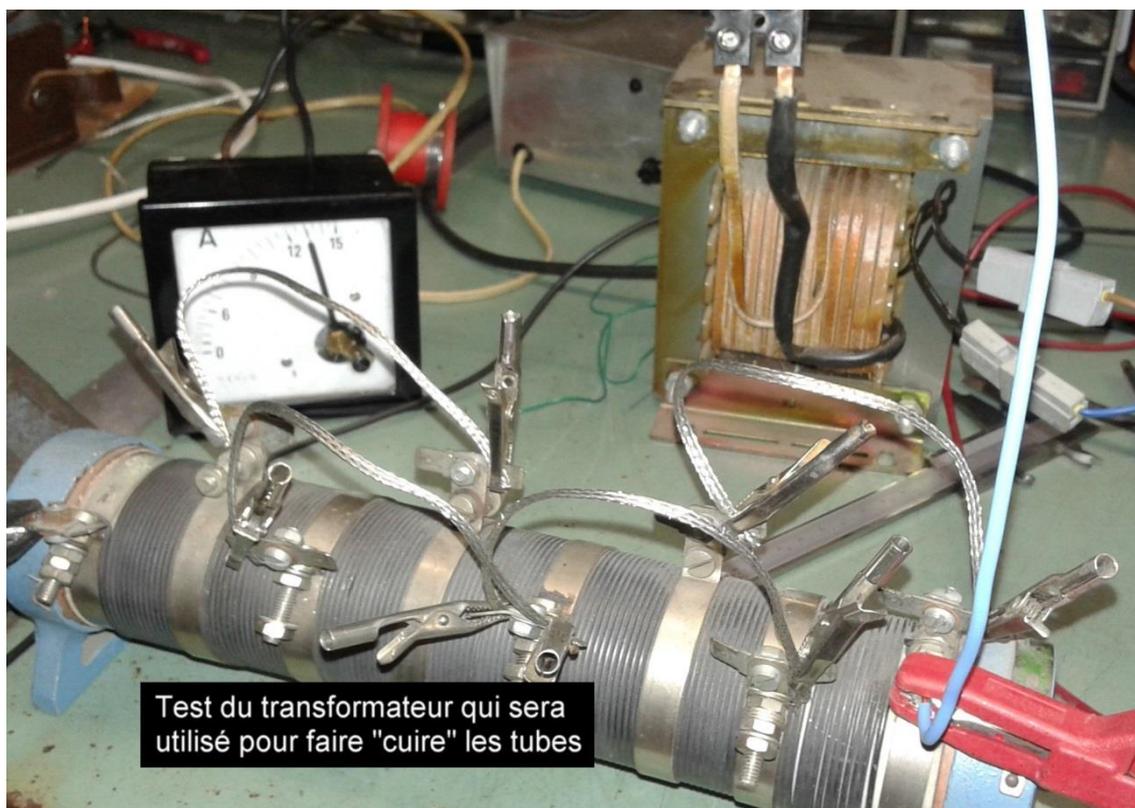
Par exemple pour le point 1, SM5BSZ préconise d'augmenter le voltage du filament progressivement et lentement. Ufil à 20% pendant la première heure, 40% pendant la 2ème heure, 60% à la 3ème heure, 80% pour la 4ème heure et finalement Ufil à 100% durant quatre heures. Ne pas oublier de ventiler le tube dès le début de la deuxième heure !

Pour les points 2 et 3, il préconise une alimentation de la haute tension à travers un Variac pour pouvoir l'ajuster. Une autre possibilité selon SM6EYH, est d'introduire en série avec l'anode une résistance de 50 à 100k Ω et le laisser branché ainsi durant 2 heures. Si le tube n'a pas été utilisé de nombreuses années, le laisser branché pendant 24 heures.

UR4LL préconise de mettre à la masse toutes les grilles avant d'appliquer la H.T. Tandis que SM6EYH ne dit rien des grilles avant la position 4.

Au point 4, SM6EYH suggère qu'après le point 3 le vide est suffisant, et l'on peut remplacer la résistance de 50 à 100k Ω par 1k Ω , (Ou varier la H.T. en utilisant un Variac), et appliquer une tension de grille écran réduite pendant une demi-heure, puis appliquer la pleine tension et attendre une demi-heure à nouveau.

Dans les deux cas, la tension de grille de commande doit être ajustée pour le courant de plaque le plus faible possible. Si le courant plaque a tendance à remonter, ajuster la polarisation grille.



Si la tension filament de certains gros tubes, tels que GS-23B, GS-35B ou autres, est amenée lentement à la valeur nominale (1 minute) puis en appliquant la procédure du point 1 ci-dessus pendant 3 à 5 jours (avec ventilation), cela permet la plupart du temps à ces tubes de retrouver leur performance. Ce phénomène de récupération a été observé avec un tube GS-35B équipant un PA 144 MHz. Ce PA n'était utilisé que très rarement. Il retrouvait sa pleine puissance après plusieurs heures de chauffe.

Résumons :

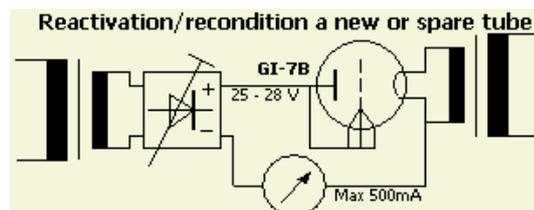
Il faut commencer par former, régénérer le filament / cathode et surtout recréer le vide. Puis ensuite, faire débiter le courant plaque jusqu'à sa valeur nominale, ceci pendant 2 à 5 heures.

Finalement les diverses méthodes de préparation expliquées précédemment, ne me semblaient pas très pratique à mettre en œuvre.

Méthode choisie :

Relier les grilles à l'anode, pour faire débiter le tube en le branchant comme une valve redresseuse, me semble être un bon moyen de tester l'émission cathodique.

Cette façon de procéder a aussi été utilisée par PA0FRI. Voir le schéma ci-contre :



Il faut commencer par alimenter le filament.

Pour gagner du temps, j'ai entrepris de faire chauffer plusieurs tubes à la fois. Un gros transformateur capable de débiter 24V sous 25A, alimenté par un Variac au primaire, fera l'affaire.

Le tube n'est pas ventilé au début de chauffe, (20 à 25% de la tension) sauf s'il est en céramique. Ce genre de tube doit être refroidi dès que la tension de chauffage est enclenchée.

Pour avoir les meilleures chances de réussite, j'ai commencé par appliquer la méthode du chauffage progressif selon préconisation de SM5BZS, mais sans haute tension.

Une fois la période de chauffe terminée, le tube étant temporairement utilisé comme une diode, le courant d'anode voulu sera obtenu avec une tension continue de faible valeur. Donc, pas de danger !

Appliquer alors cette tension continue, de préférence avec une alimentation permettant de limiter le courant. Car, avec certains tubes neufs, le courant cathodique peut soudainement augmenter, ou varier pendant que la cathode se « rôde ». Le courant plaque pourrait alors, dépasser la valeur maximum admissible. Il est donc nécessaire de le surveiller avec un instrument de mesure.

Pour éviter cette corvée de surveillance, j'ai procédé de la façon suivante : Après avoir ajusté la limitation de courant de l'alimentation à 500mA, j'ai augmenté la tension progressivement pour obtenir 100 mA de courant plaque avec 7 volts.

Une heure plus tard, le courant, toujours à 100 mA, était stable. Puis en augmentant la tension à 23V, le courant est monté à 400mA. Après 3 heures, le courant n'avait pas bougé : 23V / 400mA.

Le tube est prêt pour la mise en service !



Vue du PA dans son état original avant la modification

Pendant la modification



Après la modification

Dans la prochaine édition du SUNE Télégraphe, nous passerons à l'attaque du PA.

A suivre