

# Etude et construction d'un appareil destiné au test, reconditionnement (régénération) et à l'appariement ("matched pair of tubes") des tubes électroniques de puissance (GU74B-4CX800A)

## Studie en constructie van een toestel bestemd voor het testen, regenereren en matchen van hoogvermogenbuizen (GU74B-4XC800A)

(deel/partie 1)

Par/door ON4LAJ - Vertaald door ON7WF, ON4LP

Le présent article (qui sera publié en plusieurs parties) poursuit différents buts, à savoir:

- rappeler et/ou expliquer pourquoi il est nécessaire de reconditionner (régénérer) les tubes de puissance qui n'ont plus été utilisés depuis longtemps (plusieurs années voire plusieurs dizaines d'années).
- d'exposer comment procéder pour d'une part reconditionner (régénérer) le tube, et pour d'autre part, tracer (manuellement) un graphique qui, par comparaison (de tube en tube) permettra de réaliser l'appariement des tubes ("matched pair of tubes").
- de présenter la construction d'un appareil "home made" destiné à réaliser les opérations décrites ci avant.

### L'appareil "home made"

L'appareil "home made" (figure 1) chargé de tester, reconditionner (régénérer) et de permettre le tracé de la caractéristique Va-Vg1 du tube se compose de 3 modules à savoir:

- le module "alimentation HT" (de 200 à 3000 VDC sous 2 A en continu) (figure 2)
- le module "alimentation filament, grille de commande G1, grille d'écran G2" (figure 3)
- le module qui supporte le tube à reconditionner ainsi que le ventilateur de refroidissement du tube (figure 4)

Figure 2. L'alimentation HT (4 kV 2A)  
Figuur 2. De hoogspanningsvoeding (4 kV 2A)

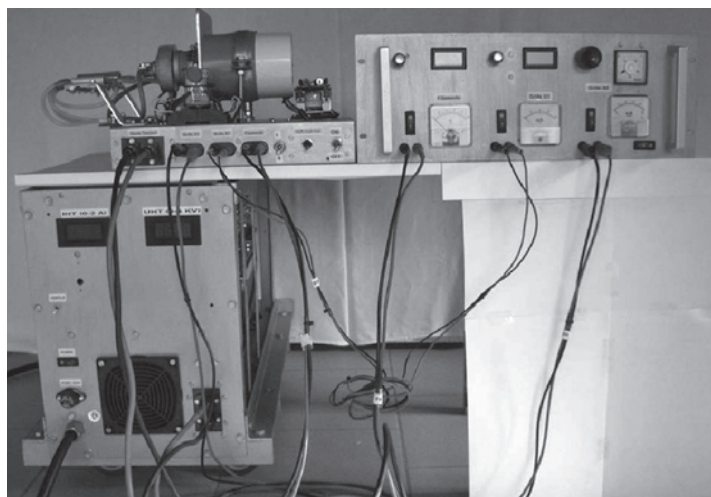


Figure 1. Le banc de test du GU74B  
Figuur 1. De GU74B testbank

Dit artikel (dat in meerdere delen zal verschijnen) beoogt meerdere zaken:

- duidelijk maken waarom regeneratie van vermogenbuizen die lange tijd (enkele tot tientallen jaren) niet werden gebruikt, noodzakelijk is
- de werkwijze uiteenzetten voor het herconditioneren en het opnemen van de karakteristiek voor het matchen van buizen
- een zelfbouwapparaat beschrijven waarmee men het bovenstaande kan realiseren

### Het zelfbouwapparaat

Het toestel (figuur 1) dat toelaat om de buis te testen, te regenereren en de Va-Vg1 karakteristiek op te stellen, bestaat uit drie modules:

- de hoogspanningsvoeding (200 tot 3000 VDC bij 2 A continu) (figuur 2)
- de voeding voor de gloeispanning, G1 stuurrooster en G2 schermrooster (figuur 3)
- het chassis met buisvoet en ventilator voor de koeling (figuur 4)

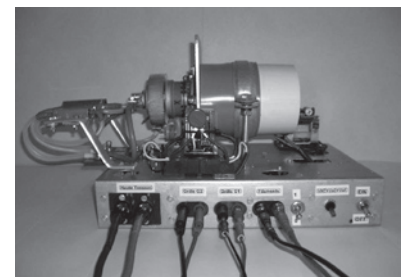
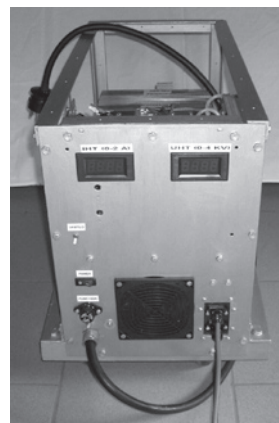


Figure 4. Le chassis qui supporte le GU74B à reconditionner et à tester  
Figuur 4. Het chassis dat de te testen en regenereren GU74B ondersteunt

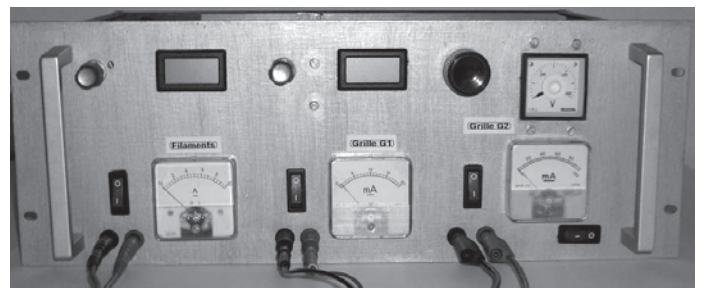


Figure 3. L'alimentation du filament et des grilles G1 et G2  
Figuur 3. Gloei- en roosterspanningsvoeding (G1 en G2)

## Le choix d'un tube électronique de puissance

La mise en exploitation (par l'amateur) d'un tube électronique de puissance pose le délicat problème du choix entre:

- soit un tube neuf et moderne (par exemple un tube EIMAC)
- soit un tube de récupération tel qu'un tube NOS (New Old Stock) c'est-à-dire un tube déclassé (surplus militaire par exemple) mais jamais utilisé

On constatera que:

- le tube neuf et moderne sera coûteux, facile à trouver (même apparenté) et sera garanti par le constructeur
- le tube NOS sera bon marché, parfois difficile à trouver (surtout si plusieurs tubes doivent être apparentés), n'offrira (en principe) aucune garantie quand à son état (le tube est-il réellement un tube non utilisé ou a-t-il été beaucoup utilisé?)

Actuellement, plusieurs constructeurs de PA (Power Amplifier) utilisent des tubes NOS (tels que le GU74B-4CX800A). Nous citerons ALPHA (ampli ALPHA99), ACOM (ampli ACOM1000 et 2000), EMTRON (les ampli EMTRON DX-1, DX-2, ...), ... Certains de ces PA utilisent une paire de tubes apparentés ("matched pair of tubes").

## Le tube électronique de puissance GU74B (4CX800A)

Entre 1980 et 1992, l'armée russe construit la tétrode de puissance GU74B dont les caractéristiques principales (fonctionnement en classe AB1) sont les suivantes:

- Tension de filament (cathode "oxide coated" à chauffage indirect): Vf<sub>fil</sub> (CA ou DC) de 12,6 V (de 11,9 à 13,3 V)
- Courant de filament: If<sub>fil</sub> de 3,6 A (de 3,3 à 3,9 A)
- Tension de grille de commande Vg<sub>1</sub> de l'ordre de - 30 VDC
- Tension de grille d'écran Vg<sub>2</sub> de 300 VDC
- Tension d'anode Va de 2 kVDC
- Courant d'anode Ia de 0,5 A
- Courant de grille d'écran Ig<sub>2</sub> de 20 mA
- Puissance à l'anode Pa de 600 W
- Puissance à la grille d'écran Pg<sub>2</sub> de 15 W
- Puissance à la grille de commande Pg<sub>1</sub> de 2 W
- Fréquence maximum de 250 MHz
- Ventilation forcée de 30 m<sup>3</sup>/h (à la température de 25 °C)
- Temps de chauffage de la cathode de 150 secondes

En 1992, l'armée russe ayant décidé d'arrêter la fabrication du GU74B, la société russe SVETLANA (Saint-Petersbourg) décide de construire un tube 4CX800A qui serait l'équivalent du GU74B. Les procédés de fabrication ainsi que les matériaux utilisés étant plus modernes (que ceux utilisés par l'armée russe) on constate qu'il est possible d'exploiter le 4CX800A au-delà des caractéristiques du GU74B. C'est ainsi que certains utilisateurs de tubes 4CX800A (notamment certains fabricants de PA HF) exploitent le 4CX800A avec des caractéristiques plus élevées (que celles prévues à l'origine par le GU74B) à savoir:

- Va de 2.500 V (plutôt que 2000 V)
- VUg<sub>2</sub> de 350 V (plutôt que 300 V)
- Ia de 0,8 A (plutôt que 0,5 A)
- Pa de 800 W (plutôt que 600 W)
- ...

Après l'arrêt de la fabrication, le tube 4CX800A étant devenu difficile – voir impossible - à trouver, les utilisateurs se rabattent sur le tube GU74B qui est mis en vente en tant que matériel déclassé (surplus militaire) et ce sous la forme de NOS (New Old Stock) c'est-à-dire sous la forme d'un tube déclassé mais jamais utilisé.

## Le degré de vide qui règne dans un tube électronique

Rappel: le tube électronique (triode, tétrode, ...) est constitué d'éléments (le filament, la cathode, les grilles, l'anode) qui sont placés dans une enveloppe (verre, métal, céramique, ...) dans laquelle règne le vide. Dans ces conditions de vide, les éléments du tube (bien que placés très près les uns des autres) supportent sans problème des tensions importantes

## De keuze van een elektronische vermogenbuis

De ingebruikname van een vermogenbuis plaatst de radioamateur voor een moeilijke beslissing. Hij moet kiezen tussen:

- een nieuwe en moderne buis (bijvoorbeeld een EIMAC-buis)
- een recuperatiebuis zoals een NOS-buis (New Old Stock): gedeclasseerd (als militair surplusmateriaal bijvoorbeeld), maar nooit gebruikt

Daarbij stelt hij vast dat:

- de nieuwe, moderne buis duur is, maar makkelijk te vinden (zelfs matched) en met fabriekswaarborg
- de NOS-buis goedkoop is, soms moeilijk te vinden (vooral matched exemplaren) en in de regel zonder waarborg over de staat (werd de buis nooit of veelvuldig gebruikt?)

Verschillende PA-fabrikanten (Power Amplifier) gebruiken thans NOS-buizen zoals GU74B-4CX800A: ALPHA (ALPHA99 PA), ACOM (ACOM1000 en 2000), EMTRON (EMTRON DX1, DX-2,...)...

## De vermogenbuis GU74B (4CX800A)

Het Russische leger vervaardigde tussen 1980 en 1992 de vermogen-tetrode GU74B met als voornaamste karakteristieken (werking in klasse AB1):

- gloeispanning (indirect verhitte "oxide coated" kathode) Vf<sub>fil</sub> (AC of DC): 12,6 V (11,9 tot 13,3 V)
- gloeistroom If<sub>fil</sub>: 3,6 A (3,3 tot 3,9 A)
- stuurroosterspanning Vg<sub>1</sub>: in de orde van -30 VDC
- schermroosterspanning Vg<sub>2</sub>: 300 VDC
- anodespanning Va: 2 kVDC
- anodestroom Ia: 0,5 A
- schermroosterstroom Ig<sub>2</sub>: 20 mA
- vermogen aan de anode Pa: 600 W
- vermogen aan het schermrooster Pg<sub>2</sub>: 15 W
- vermogen aan het stuurrooster Pg<sub>1</sub>: 2 W
- maximumfrequentie: 250 MHz
- geforceerde koeling: 30 m<sup>3</sup>/h (bij 25 °C)
- opwarmtijd van de kathode: 150 seconden

Na de beslissing van het Russische leger om in 1992 de productie van de GU74B te stoppen, besloot het Russische bedrijf SVETLANA (Sint-Petersburg) om de 4CX800A te vervaardigen als equivalent voor de GU74B. Door de modernere productiemethodes en het aanwenden van bijtijds materialen (vergeleken met die van het leger), blijkt de 4CX800A aan hogere eisen te voldoen dan de GU74B. Om deze reden namen sommige gebruikers (meer bepaald sommige HF PA fabrikanten) de 4CX800A in bedrijf met hogere karakteristieken dan de oorspronkelijke GU74B-karakteristieken:

- Va: 2500 V (eerder dan 2000 V)
- VUg<sub>2</sub>: 350 V (eerder dan 300 V)
- Ia: 0,8 A (eerder dan 0,5 A)
- Pa: 800 W (eerder dan 600 W)
- ...

Omdat de 4CX800A praktisch moeilijk tot zelfs onmogelijk te vinden is, gaan de gebruikers op jacht naar de oudere GU74B die als gedeclasseerd legersurplusmateriaal wordt verkocht onder de noemer NOS (New Old Stock): gedeclasseerd en ongebruikt.



Fig. 5. Le tube GU74B (4CX800A)

Fig. 5. De GU74B (4CX800A) buis



Fig. 6. Brochage du GU74B

Fig. 6. Aansluitpennen van de GU74B

(par exemple 2 kV sur l'anode, 400 V sur la grille écran, ...) et cela car ils sont entourés par le vide.

**Dans le cas d'un tube non utilisé depuis longtemps** (plusieurs années – voire plusieurs dizaines d'années), **on constate que le vide n'est plus parfait**. En effet, sachant que les éléments métalliques (tungstène, thorium, strontium, ...) qui constituent le tube ne sont pas purs à 100%, on constate que des réactions chimiques (entre les impuretés et les éléments qui les contiennent) seront à l'origine de la création de molécules gazeuses. Les atomes étrangers réagissent chimiquement et créent diverses molécules gazeuses qui, petit à petit, tendent à remplacer le vide (qui est nécessaire pour assurer le fonctionnement normal du tube). Chaque molécule de gaz qui se crée diminue le degré de vide; le vide est altéré car il est partiellement remplacé par diverses molécules gazeuses.

### Le “flashover”

Si le vide n'est pas parfait, l'application d'une haute tension (principalement à l'anode) peut provoquer l'apparition d'un arc électrique (“flashover”) entre les composants situés à l'intérieur du tube (arc entre l'anode et une grille) et/ou à l'extérieur du tube (arc entre un élément du tube et les composants de l'alimentation haute tension). De plus, ces arcs électriques (“flashover”) qui ionisent les molécules gazeuses, créent des ions positifs qui se dirigeront vers la cathode: il y a bombardement de la cathode.

On peut donc dire que le “flashover” peut endommager – voire détruire – le tube et/ou les circuits d'alimentation (de l'anode, de la grille écran, ...). Pour éviter les dégâts provoqués par un éventuel “flashover”, il faut, d'une part protéger le tube et ses circuits d'alimentation, et d'autre part s'assurer que le tube utilisé présente un degré de vide parfait.

Pour protéger le tube et ses circuits d'alimentation contre le “flashover”, il est conseillé:

- d'ajouter un “varistor” (MOV: “Metal Oxide Varistor”, VDR: “Voltage Dependent Resistor”) en parallèle sur le circuit à protéger. Lors de l'apparition d'un “flashover”, le “varistor” présentera – en un temps très court – une très grande résistance. On notera cependant qu'un “varistor” soumis à de nombreux “flashover” peut être détruit.
- d'ajouter un “tube à gaz” (GTA: “Gas Tube Arrester”, GDT “Gas Discharge Tube”) en parallèle sur l'élément à protéger. Lors de l'apparition d'un “flashover” le “tube à gaz” s'ionise rapidement et court-circuite l'élément à protéger.
- d'ajouter (généralement dans l'alimentation haute tension de l'anode) une résistance série (de quelques dizaines d'ohms et de puissance convenable) qui en cas de “flashover” limitera le courant de court-circuit.

## De luchtledigheidsgraad in een elektronische buis

Ter opfrissing: de elektronische buis (triode, tetrode,...) bestaat uit elementen (gloeidraad, kathode, roosters, anode) in een omringende behuizing (glas, metaal, keramiek, ...). Binnen de behuizing heerst een vacuüm, waardoor de elementen (hoewel heel dicht bij elkaar opgesteld) probleemloos hoge spanningen (2 kV op de anode, 400 V op het scherm-rooster) verdragen.

**Als een buis gedurende lange tijd (van enkele jaren tot tientallen jaren) niet is gebruikt, stel men vast dat het vacuüm niet meer volmaakt is.** Door de onzuiverheid van metaalelementen (tungsteen, thorium, strontium, ...) ontstaan er chemische reacties tussen de onzuiverheden en de elementen die ze bevatten, waardoor gasmoleculen worden gevormd die de plaats innemen van het vacuüm.

### Overslag (“flashover”)

Wanneer het vacuüm onvolmaakt is, kan het aanleggen van een hoge spanning (hoofdzakelijk aan de anode) een vonkenboog (“flashover”) veroorzaken tussen inwendige elementen (tussen de anode en een rooster) en/of uitwendige elementen (tussen een buiselement en onderdelen van de hoogspanningsvoeding). Bovendien ioniseren dergelijke vonkenbogen de gasmoleculen en bombarderen de positieve ionen de kathode.

We mogen dus stellen dat een overslag de buis en/of de voedingsschakeling kan beschadigen, ja zelfs vernietigen. Om de beschadigingen veroorzaakt door een eventuele flashover te voorkomen, moet men de buis en haar voeding beschermen alsmede zich ervan vergewissen dat de gebruikte buis volledig luchtledig is.

Om de buis en zijn voeding tegen overslag te beschermen, is het aan te raden:

- een “varistor” (MOV: “Metal Oxide Varistor”, VDR: “Voltage Dependent Resistor”) parallel over de te beschermen schakeling te plaatsen. De varistor zal bij het optreden van een flashover, binnen een zeer korte tijd, een grote weerstand bieden. Merk echter op dat een varistor die veelvuldig is blootgesteld aan flashovers, vernietigd kan geraken.
- een “gasontladingsbuis” (GTA: “Gas Tube Arrester”, GDT “Gas Discharge Tube”) parallel over het te beschermen element plaatsen. Bij het optreden van een flashover ioniseert de gasbuis snel en sluit het te beschermen onderdeel kort.
- een weerstand (enkele tientallen ohms en met voldoende vermogen) in serie plaatsen (over het algemeen in de hoogspanningsvoeding van de anode), die in geval van flashover de kortsluitstroom begrenst.