

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

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

(partie/deel 2)

Door/par ON4LAJ - Vertaald door ON5EX, ON4LP

Het herconditioneren (regenereren) van een elektronenbuis

In wat voorafging hebben we gezien dat het vacuüm vermindert in een elektronenbuis die geruime tijd ongebruikt blijft, waardoor overslag kan optreden die op zijn beurt de buis en/of de voedingsschakelingen beschadigt of zelfs vernietigt.

Herconditioneren (regenereren) is hier noodzakelijk.

De regeneratiemethoden beogen in hoofdzaak het verhogen van de luchtleidigheid in de buis.

Getters

Om het gedeeltelijk verloren vacuüm in de buis te herstellen, maakt de fabrikant gebruik van een 'getter': een 'gasvanger' die tijdens het fabricageproces wordt aangebracht met als taak chemisch te reageren met de gasmoleculen en ze te neutraliseren, en op die manier de luchtleidige omgeving te herstellen.

De chemische samenstelling van de getter (legeringen van barium, zirkonium, titaan, ...) wordt bepaald in functie van de samenstellende materialen van de buis. Gespecialiseerde bedrijven onderzoeken en bepalen de juiste samenstelling van een getter tijdens de fabricatie. De getter moet worden verhit om hem te activeren. In het geval van een keramische of metaal-keramische behuizing (zoals bij de GU47B) bevindt de getter zich in de nabijheid van de kathode.

De kathode

Het belangrijkste element van een elektronenbuis is de kathode die elektronen uitstuurt, waarvan het traject (naar de anode) wordt beïnvloed door het stuurrooster en het schermrooster. De levensduur van een elektronenbuis wordt bepaald door de levensduur van de kathode. De levensduur van de kathode wordt bepaald door de temperatuur van de kathode, de luchtleidigheidsgraad binnen de buis en de zuiverheid van de materialen waaruit de kathode is samengesteld.

Theoretisch bestaan er twee belangrijke typen kathoden: de 'thoriated filament' kathode en de 'oxide coated' kathode. De kathode kan eenvoudigweg bestaan uit een gloeidraad, die bij verhitting elektronen uitstuurt. In dit geval is de gloeidraad de kathode en heeft men het over 'directe verhitting'. De kathode kan ook bestaan uit een metalen cilinder (van nikkel, bijvoorbeeld) bedekt met metaaloxiden en waarin een gloeidraad is geplaatst. In dit geval verhit de gloeidraad de kathode die elektronen uitstuurt. Hier gaat het om 'indirecte verhitting'.

De 'thoriated filament' kathode

De (directe verhitte) kathode is een gloeidraad (samengesteld uit tungsten en thorium) die wordt verhit tot circa 2400 °C. Deze soort kathode biedt een zeer lange levensduur, weerstaat goed aan flashovers en wordt hoofdzakelijk toegepast in buizen voor zeer hoog vermogen.

Le reconditionnement (la régénération) d'un tube

Nous avons vu précédemment que le tube électronique non utilisé depuis longtemps présentait un vide partiel qui était à l'origine des "flashovers"; ceux-ci étant à l'origine de l'endommagement - voire de la destruction - du tube et/ou de ses circuits d'alimentation. Nous pouvons donc en conclure que dans le cas d'un tube électronique non utilisé depuis longtemps, le vide doit être reconstitué; il est donc nécessaire de reconditionner (de régénérer) le tube. Les méthodes de reconditionnement (régénération) auront pour but principal d'augmenter le degré de vide dans le tube.

Le "getter"

Pour reconstituer le vide (qui a été partiellement perdu dans le tube) le constructeur du tube exploite la notion de "getter".

Le "getter" est un "piège à gaz" qui est ajouté dans le tube (lors de sa fabrication) et qui est chargé de réagir chimiquement avec les molécules gazeuses pour les neutraliser et ce dans le but de reconstituer le vide dans le tube. La composition chimique du "getter" (alliages de baryum, zirconium, titane, ...) est directement fonction de la nature des matériaux qui composent le tube. Des sociétés spécialisées (dans la conception des "getters") étudient et mettent au point le "getter" à utiliser lors de la fabrication du tube. Pour rendre le "getter" actif, il faut le chauffer. Dans le cas d'un tube avec une enveloppe "céramique" ou "métal-céramique" (tel que le GU74B), le "getter" est situé à proximité de la cathode.

La cathode

L'élément le plus important dans un tube électronique est la cathode dont le rôle est d'émettre des électrons dont le trajet (vers l'anode) sera influencé par les grilles de commande et d'écran. En effet, la durée de vie d'un tube électronique est déterminée par la durée de vie de la cathode; la durée de vie de celle-ci étant déterminée par la température de la cathode, le degré de vide dans le tube et la pureté des matériaux qui constituent la cathode.

En théorie, il existe 2 grands types de cathodes: la cathode "thoriated filament" et la cathode "oxide coated". La cathode peut être constituée simplement d'un filament qui, chauffé, émettra les électrons. Dans ce cas, le filament sert de cathode et le chauffage de la cathode est dit à "chauffage direct". La cathode peut aussi être constituée d'un tube métallique (en nickel par exemple) recouvert d'oxydes métalliques et dans lequel est placé un filament. Dans ce cas, le filament chauffé la cathode qui émet les électrons; le chauffage de la cathode est dit à "chauffage indirect".

La cathode "thoriated filament"

La cathode (à chauffage direct) est un filament (composé de tungstène et de thorium) qui est chauffé à plus ou moins 2400 °C. Ce type de cathode présente une durée de vie très longue, résiste bien aux "flashovers" et est principalement utilisé dans le cas d'un tube à très grande puissance.

De gloeidraad of de 'oxide coated' kathode

De gloeidraad (directe verhitting) of de kathode (indirecte verhitting) is bedekt met een mengsel van metaaloxiden (barium, strontium, ...) dat wordt verhit tot ongeveer 1000 °C. We stellen vast dat:

- de gebruikte metaaloxiden uitstekende elektronenkanonnen vormen
- dit soort kathode hoofdzakelijk wordt toegepast in elektronenbuizen voor gemiddeld vermogen
- de kathode beschadigd of gehavend kan worden door een ionenbombardebement. Bij een matig vacuüm kan het aanleggen van de hoogspanning een flashover veroorzaken die de gasmoleculen ioniseert. Hierdoor ontstaan (positieve) ionen die zich naar de kathode begeven en ze bombarderen.
- de levensduur van een 'oxide coated' kathode korter is dan deze van een 'thoriated filament' kathode, als gevolg van de onzuiverheden binnen de buis (bijvoorbeeld van nikkel) die de kathode vormt.

Verhitting van de kathode van een GU74B die lange tijd buiten gebruik is

De GU74B heeft een 'oxide coated', indirect verhitte kathode. De weerstand van de gloeidraad in 'koude' toestand is kleiner dan de weerstand bij de normale werkingstemperatuur. Bij het aanleggen van Vfil kan Ifil pieken tot twee- à vijfmaal de normale bedrijfswaarde.

Wanneer men aan de GU74B in 'koude' toestand een Vfil van 12,6 V (AC of DC) aanlegt, kan de piekwaarde oplopen tot 9 A (in de plaats van 3,6 A in 'warme' toestand).

Als de gloeidraad (van een langdurig ongebruikte GU47B) **voor het eerst** wordt verhit, is het belangrijk dat hij **langzaam** zijn uiteindelijke bedrijfstemperatuur bereikt. Het is aangewezen om:

- eerst een lage Vfil (enkele volt) aan te leggen, zodat enerzijds, de piekwaarde van Ifil beperkt blijft, en anderzijds, de gloeidraad een bepaalde temperatuur kan bereiken
- daarna geleidelijk Vfil te verhogen (met intervallen van enkele minuten tot enkele uren) tot de waarde opgegeven door de fabrikant (in dit geval moet Ifil de door de fabrikant opgegeven waarde benaderen)

Zelf:

- plaats ik een weerstand in serie met de gloeidraad; na enkele minuten wordt deze weerstand (handmatig) kortgesloten
- verhoog ik Vfil met intervallen van enkele tientallen minuten tot de fabriekswaarde is bereikt (Vfil 12,6 V AC of DC bij Ifil 3,6 A)
- voorbeelden:
 - o Vfil 3 V gedurende 1 uur
 - o Vfil 5 V gedurende 1 uur
 - o Vfil 7,5 V gedurende 1 uur
 - o Vfil 10 V gedurende 1 uur
 - o Vfil 12,5 V (de nominale Vfil-waarde) gedurende 12 uren

Opmerking: de buis moet tijdens dit kathode verhittingsproces **op normale wijze worden luchtgekoeld**.

Regels voor het herconditioneren (regenereren) van een buis via zijn "getter"

Ter herinnering:

- een buis die geruime tijd ongebruikt is gebleven, vertoont een onvolmaakt vacuüm door het ontstaan van diverse gasmoleculen als gevolg van chemische reacties tussen de buiselementen en onzuiverheden in deze elementen
- onder deze omstandigheden bestaat het risico dat de inwerkingstelling van de buis bij standaardspanningen (anodespanning, roosterspanning, enz.) gepaard gaat met vonkbogen ("flashover") tussen de buiselemen-

Le filament ou la cathode "oxide coated"

Le filament (chauffage direct) ou la cathode (chauffage indirect) est recouvert d'un mélange d'oxydes métalliques (baryum, strontium, ...) qui est chauffé à plus ou moins 1000 °Celsius. On constatera que:

- les oxydes métalliques utilisés sont de très bons émetteurs d'électrons
- ce type de cathode est principalement utilisé dans le cas d'un tube électronique de moyenne puissance
- la cathode peut être endommagée – voire détériorée - par un bombardement ionique. Si le degré de vide est médiocre, l'application de la HT peut provoquer un "flashover" qui, en ionisant les molécules de gaz, provoquera l'apparition d'ions (positifs) qui, en se dirigeant vers la cathode, bombarderont la cathode
- la durée de vie d'une cathode "oxide coated" est inférieure (à celle présentée par les tubes "thoriated filament") et ce à cause des impuretés qui existent dans le tube (en nickel par exemple) qui constitue la cathode

Le chauffage de la cathode d'un tube électronique GU74B qui n'a pas servi depuis longtemps

Le tube électronique GU74B exploite un "chauffage indirect" d'une cathode du type "oxide coated". Sachant que la résistance à froid du filament est plus petite qu'à la température de fonctionnement normal, on constatera que, lors de l'application de la Vfil, le Ifil instantané de pointe peut atteindre une valeur de 2 à 5 fois le Ifil de fonctionnement.

Pour un tube GU74B, si on applique à froid une Vfil de 12,6 V (CA ou CC), le Ifil instantané de pointe peut être de 9 A (au lieu de 3,6 A à chaud).

Lorsque le chauffage du filament est à faire **pour la première fois** (dans le cas d'un tube électronique GU74B qui n'a pas servi depuis longtemps), il est important que le filament puisse atteindre **lentement** sa température finale de fonctionnement. Il est conseillé:

- d'abord, d'appliquer une Vfil réduite (quelques volts) et ce pour permettre, d'une part, de diminuer le Ifil instantané de pointe dans le filament et, d'autre part, pour permettre au filament d'atteindre une certaine température
- ensuite d'augmenter graduellement la Vfil (avec des intervalles de temps de quelques minutes à quelques heures) jusqu'à atteindre la Vfil préconisée par le constructeur (dans ce cas, le Ifil devrait être proche de celui annoncé par le constructeur)

Personnellement:

- j'utilise dans le circuit de chauffage du filament une résistance en série avec le filament; résistance qui sera (manuellement) court-circuitée après quelques minutes
- j'augmente la Vfil périodiquement (quelques dizaines de minutes) pour finalement appliquer la Vfil préconisée par le constructeur (Vfil de 12,6 V CA ou DC pour un Ifil de 3,6 A)
- exemples:
 - o Vfil de 3 V pendant 1 heure
 - o Vfil de 5 V pendant 1 heure
 - o Vfil de 7,5 V pendant 1 heure
 - o Vfil de 10 V pendant 1 heure
 - o Vfil de 12,5V (la Vfil nominale) pendant 12 heures

Remarque: pendant ces opérations de chauffage de la cathode, **le tube doit être normalement ventilé**.

Principes de reconditionnement (régénération) d'un tube à partir de son "getter"

Rappels:

- un tube non utilisé depuis longtemps présente un vide imparfait car diverses molécules gazeuses ont été créées par la réaction chimique entre les composants du tube et les impuretés contenues dans les éléments du tube.
- dans ces conditions, la mise en exploitation du tube sous ses tensions normales de fonctionnement (V d'anode, V de grille, ...) présente le risque de la création d'arcs électriques ("flashover") entre les éléments

ten en de voedingsschakelingen; er bestaat een ernstig risico dat de buis vernield wordt en/of dat de voedingsschakelingen beschadigd geraken.

In het geval van een vermogenbuis die geruime tijd ongebruikt bleef is het onontbeerlijk ze te herconditioneren (regenereren) vooraleer de buis in bedrijf te stellen.

Een elektronenbuis met gedeeltelijk verdwenen vacuüm wordt hersteld door de gloeidraad te verhitten zodat de “getter” binnenin de buis in werking treedt en het vacuüm herstelt door eliminatie van ongewenste gasmoleculen.

Praktisch gezien wordt de nominale gloeidraadspanning (12,6 V voor de GU74B-4CX800A) aangelegd zonder andere spanningen (geen anodespanning, geen stuurrooster- en schermroosterspanning) en dit terwijl de buis wordt gekoeld.

De vraag “hoe lang moet de gloeidraad verhit worden” valt moeilijk – zelfs onmogelijk – te beantwoorden. Een ding is zeker: gedurende geruime tijd als het vacuüm in grote mate is afgenomen.

In het geval van een hermetisch afgesloten elektronenbuis is het praktisch onmogelijk om de graad van luchtledigheid te kennen, want er bestaat hiervoor – bij mijn weten – geen enkele meetmethode.

In dergelijke omstandigheden is het – wetenschappelijk gesproken – onmogelijk om de tijd te bepalen die de getter nodig heeft om het vacuüm te herstellen. Niettemin achten wij het verstandig om een verhittingsduur van enkele uren tot enkele dagen aan te bevelen.

Vorbereidende testen

Vergewis u van het volgende vooraleer het regeneratieproces te starten:

- de gloeidraad is niet onderbroken. Meting (koude toestand) van de gloeidraad (met de weerstandsmeter op de laagste schaalwaarde tussen de pennen 3 en 7 van de buis) moet een waarde rond 1,7 Ω aangeven.
- er is geen kortsluiting tussen de verschillende buiselektroden (gloeidraad, kathode, stuurrooster, schermrooster, anode). Deze test – met de ohmmeter tussen de verschillende pennen – mag geen enkele geleiding aantonen.
- Opmerking: in het geval van de GU74B is de kathode verbonden met de pennen 2, 4 en 6.

Deze testen garanderen dat de gloeidraad ononderbroken is en dat de buiselementen (in koude toestand) niet kortgesloten zijn. Het is nochtans geen absolute waarborg. Jammer genoeg kunnen diverse afwijkingen (flashover, kortsluiting) optreden onder de normale bedrijfsomstandigheden (in ‘warme’ toestand).

Vorbereiding op het in bedrijf stellen en testen van de buis (na het herconditioneren)

Het is de bedoeling om de buis eerst te laten werken met een verminderde anodestroom (bijvoorbeeld 25 mA) en vervolgens met de normale stroom (rekening houdend met het niet te overschrijden anodevermogen – zie verder).

Toe te passen procedure (met gloeidraadopwarming van minstens 150 seconden en koeling)

1. Plaats een 100k weerstand in de anodekring
 - a. leg beperkte waarden voor Va en Vg2 aan (bijvoorbeeld: Va 500 V en Vg2 100 V)
 - b. leg een waarde Vg1 aan, ver beneden het afsnijpunt (-90 V)
 - c. regel Vg1 voor een Ia van circa 25 mA
 - d. laat deze opstelling gedurende enkele uren in bedrijf
2. Verhoog Va (tot 1000 V) en Vg2 (tot 200 V)
 - a. regel Vg1 bij zodat Ia op 25 mA blijft
 - b. laat deze opstelling gedurende enkele uren in bedrijf

du tube et des circuits qui alimentent le tube; il y a un risque sérieux de destruction du tube et/ou d’endommagement des circuits qui alimentent le tube.

Dans le cas d’un tube de puissance non utilisé depuis longtemps, il est impératif de le reconditionner (de le régénérer) et ce avant de le mettre en exploitation.

Pour reconditionner (régénérer) un tube dont le vide à partiellement disparu, il faut chauffer le filament du tube pour que le “getter” (qui est contenu dans le tube) puisse jouer son rôle c’est-à-dire puisse reconstituer le vide (en éliminant les molécules gazeuses indésirables).

Côté pratique, le reconditionnement du tube se fait en chauffant le filament du tube à ses valeurs nominales (12,6 V pour un tube GU74B-4CX800A) sans appliquer les autres tensions (pas de tension d’anode, pas de tension de grille de commande et d’écran) et cela tout en ventilant le tube.

La question qui se pose le plus souvent est “combien de temps faut-il chauffer le filament?”. La réponse est difficile – voire impossible – à donner. Il est cependant évident que si le vide est fortement dégradé, il faudra chauffer longtemps.

Dans le cas d’un tube électronique hermétiquement scellé, il est pratiquement impossible de connaître l’état du vide car – à ma connaissance – il n’existe aucun moyen pour mesurer le degré de vide dans un tel tube.

Dans ces conditions, il n’est pas possible, scientifiquement parlant, de déterminer le temps nécessaire pour que le “getter” puisse reconstituer le vide; il est cependant judicieux de conseiller de chauffer le filament pendant plusieurs heures – voire plusieurs jours.

Les tests préliminaires au reconditionnement (la régénération) du tube

Avant de procéder au reconditionnement (la régénération) du tube, il est judicieux de s’assurer:

- que le filament n’est pas coupé. La mesure (à froid) de la continuité du filament (qui se fera à l’ohmmètre placé – sur l’échelle la plus basse – entre les broches 3 et 7 du tube) doit afficher une valeur de l’ordre de 1,7 Ω .
- qu’il n’y a pas de court-circuit franc entre les différentes électrodes du tube (filament, cathode, grille de commande, grille d’écran, anode). Le test (qui se fera à l’ohmmètre de broche en broche) ne doit afficher aucune continuité entre les différents éléments.
- Remarque: dans le cas du tube GU74B, la cathode est reliée aux broches 2, 4 et 6.

Ces tests garantissent que le filament n’est pas coupé et qu’il n’y a pas (à froid) de court-circuit franc entre les différents éléments du tube. Cette garantie n’est cependant pas absolue car, placé dans les conditions normales de fonctionnement (à chaud), le tube peut malheureusement présenter diverses anomalies (“flashover”, court-circuit, ...).

Préparation de la mise en exploitation et test du tube (après régénération du vide)

Le but est de faire fonctionner le tube, d’abord avec un débit anodique réduit (25 mA par exemple), ensuite avec un débit normal (compte tenu de la puissance anodique à ne pas dépasser – voir ultérieurement).

Procédure à appliquer (après avoir chauffé le filament pendant au moins 150 secondes et en ventilant le tube):

1. Placer dans le circuit anodique une résistance de 100k
 - a. Appliquer des Va et Vg2 réduites (par exemple Va de 500 V et Vg2 de 100 V)
 - b. Appliquer une Vg1 au-delà du cut-off (-90 V)
 - c. Ajuster Vg1 pour que le Ia soit de l’ordre de 25 mA
 - d. Laisser fonctionner pendant quelques heures
2. Augmenter Va (à 1000 V) et Vg2 (à 200 V)
 - a. Ajuster Vg1 pour que le Ia reste à 25 mA
 - b. Laisser fonctionner pendant quelques heures
3. Remplacer la résistance anodique de 100k par une résistance de 50k et refaire les opérations 1 et 2

3. Vervang de 100k anodeweerstand door een 50k weerstand en herhaal de procedures 1 en 2
4. Vervang de 50k anodeweerstand door een 1k weerstand en herhaal de procedures 1 en 2
5. Verwijder de 1k anodeweerstand en herneem de procedures 1 en 2
6. Verhoog V_a en V_{g2} tot hun nominale waarde ($V_a=2000$ V en $V_{g2}=300$ V)
 - a. regel V_{g1} zodat I_a op een beperkte waarde (100 mA bijvoorbeeld) blijft
 - b. laat deze opstelling gedurende enkele uren in bedrijf
7. V_a en V_{g2} op hun nominale waarde laten ($V_a=2000$ V en $V_{g2}=300$ V)
 - a. V_{g1} bijregelen voor een I_a in de buurt van de maximumwaarde van 0,3 A. De maximum I_a laat zich berekenen (zie verder) en mag niet overschreden worden om beneden het maximum toelaatbaar anodevermogen (600 W voor de GU74B) te blijven.
 - b. enkele minuten laten werken

Opmerkingen:

- Als er een flashover optreedt tijdens de testfase: teruggaan naar een eerder stadium van de test (de spanningen V_a en V_{g2} verlagen) en enkele uren zo laten werken
- Enkele aanbevelingen om zich te wapenen tegen de eventuele schade door een flashover:
 - o plaats in de hoogspanningsvoeding een weerstand (enkele tientallen ohm en van behoorlijk vermogen) om de kortsluitstroom te begrenzen
 - o sluit een 'gasbuis' (GTA – Gas Tube Arrester, GDT – Gas Discharge Tube) aan op de roosters g_1 en g_2 , die door de flashover ioniseert en het rooster kortsluit
 - o koppel de capaciteit in de hoogspanningsvoeding tijdelijk los; zij stapelt veel energie op die tijdens de flashover een hoge kortsluitstroom genereert
 - o plaats een smeltveiligheid in serie met de uitgang van de hoogspanningsvoeding
- Alternatief: in de plaats van de anode-, stuurrooster- en schermrooster-spanningen één per één bij te sturen, is het makkelijker om met behulp van een 'VARIAC' (regelbare autotrafo), geplaatst tussen het net en de voedingstransformatoren, deze spanningen simultaan te regelen.

In werking stellen en testen van de buis op HF

Alle hiervoor beschreven testen zijn 'statisch' (d.w.z. met gelijkspanning en -stroom). Het zou ideaal zijn om te kunnen verder gaan met 'dynamische' testen, zodat de werking kan worden bekeken bij het aanleggen van een HF-sigitaal.

Zo zou het bijvoorbeeld mogelijk zijn om de buis (of het buizenpaar) in een HF-versterker te plaatsen (ACOM, ALPHA, ...) en de eigenschappen op HF te bepalen.

Samenvattend:

1. *Voorafgaande testen (met de weerstandsmeter):*
 - a. zich vergewissen van een ononderbroken gloeidraad
 - b. zich vergewissen van de afwezigheid van kortsluiting tussen alle buiselementen
2. *Eerste verhitting van de gloeidraad (met buiskoeling):* de gloeidraad voeden met een verlaagde V_{fil} en V_{fil} geleidelijk verhogen tot de nominale waarde (zodat de gloeidraad langzaam de normale bedrijfstemperatuur bereikt).
3. *Herstellen van het vacuüm binnen de buis (met buiskoeling):* de gloeidraad gedurende enkele uren verhitten (zonder g_1 , g_2 en de anode te voeden) bij de nominale V_{fil} (zodat de getter het vacuüm herstelt door gasmoleculen te elimineren).
4. *In werking stellen / testen van de buis in 'statische' omstandigheden.* Eerst wordt de buis in werking gesteld met een gereduceerde anodestroom door de spanningen (V_a , V_{g2}) te verlagen en/of weerstanden in het anodekring te plaatsen. Daarna wordt alles ingesteld voor de normale anodestroom, steeds rekening houdend met het maximum – niet te overschrijden – anodevermogen (zie verder).
5. *In werking stellen van de buis in 'dynamische' omstandigheden* (d.w.z. op HF). De buis wordt in een vermogenversterker (PA) geplaatst en getest middels te versterken HF-signalen aan de ingang van de PA.

4. Remplacer la résistance anodique de 50k par une résistance de 1k et refaire les opérations 1 et 2
5. Enlever la résistance anodique de 1K et refaire les opérations 1 et 2
6. Augmenter V_a et V_{g2} à leur valeur nominale ($V_a=2000$ V et $V_{g2}=300$ V)
 - a. Ajuster V_{g1} pour que le I_a reste à une valeur réduite (100 mA par exemple)
 - b. Laisser fonctionner pendant quelques heures
7. Laisser V_a et V_{g2} à leur valeur nominale ($V_a=2000$ V et $V_{g2}=300$ V)
 - a. Ajuster V_{g1} pour que le I_a soit à la valeur proche du I_a maximum de 0,3A. Ce I_a maximum (à ne pas dépasser) se calcule (voir ultérieurement) pour ne pas dépasser la puissance anodique maximum (qui est de 600 W pour le GU74B).
 - b. Laisser fonctionner pendant quelques minutes

Remarques:

- Si pendant les opérations de test, il y a "flashover", il est conseillé de repasser à une opération antérieure (réduire les tensions V_a et V_{g2}) et de fonctionner ainsi pendant quelques heures.
- Pour se prémunir des dégâts occasionnés par un "flashover":
 - o il est utile de placer en série (dans l'alimentation HT) une résistance (de quelques dizaines d'ohms et de puissance convenable) dans le but de limiter le courant de court-circuit provoqué par le "flashover"
 - o de connecter (aux grilles g_1 et g_2) un "tube à gaz" (GTA – Gas Tube Arrester, GDT – Gas Discharge Tube) qui en cas de "flashover" s'ionise et court-circuite la grille
 - o de déconnecter temporairement, la capacité placée dans l'alimentation HT car elle représente une grande quantité d'énergie qui (lors du "flashover") génèrera un courant de court-circuit important
 - o de prévoir un fusible (en série) à la sortie de l'alimentation HT
- Alternative: plutôt que d'ajuster une à une les tensions d'anode, grille de commande et grille d'écran, il est plus facile d'utiliser un "VARIAC" (un autotransformateur ajustable) qui placé avant les alimentations (donc entre le secteur et les transformateurs d'alimentation) permettra d'ajuster simultanément ces tensions

Exploitation et test du tube en HF

Les tests évoqués ci-avant sont des tests "statiques" (c'est-à-dire des tests réalisés à partir de tensions et de courants continus). L'idéal serait de continuer les tests en procédant à des tests "dynamiques" c'est-à-dire en appliquant un signal alternatif (HF) et en surveillant le comportement du tube. Il serait par exemple possible de placer le tube (ou la paire de tubes apparentés) dans un amplificateur HF (PA de ACOM, ALPHA, ...) et de surveiller le comportement du tube en HF.

En résumé:

1. *Les tests préliminaires (à l'ohmmètre):*
 - a. s'assurer de la continuité du filament
 - b. s'assurer qu'il n'y a pas de court-circuit franc entre les différents éléments du tube
2. *La 1ère chauffe du filament du tube* (avec la ventilation du tube active): alimenter le filament à partir d'une V_{fil} réduite et augmenter graduellement pour atteindre la V_{fil} normale de fonctionnement (pour que le filament atteigne lentement sa température normale de fonctionnement).
3. *La régénération du vide dans le tube* (avec la ventilation du tube active): chauffer le filament (uniquement le filament – ne pas alimenter les autres éléments: grille g_1 , grille g_2 , anode) à la valeur du V_{fil} nominal pendant plusieurs heures (pour que le "getter" reconstitue le vide en éliminant les molécules de gaz).
4. *La mise en exploitation/test du tube en "statique"*. D'abord, le tube est mis en fonctionnement dans le but de présenter un débit anodique réduit; ceci se faisant en réduisant les tensions (V_a , V_{g2}) et/ou en ajoutant des résistances (dans le circuit d'anode du tube). Ensuite, le tube est mis en fonctionnement pour présenter un débit normal (compte tenu de la puissance anodique maximale à ne pas dépasser – voir ultérieurement).
5. *La mise en exploitation/test du tube en "dynamique"* (c'est-à-dire en HF). Le tube est placé dans un amplificateur de puissance (un PA) et est testé en appliquant (à l'entrée de l'amplificateur HF) des signaux HF à amplifier.