

# Les triodes

## 6AS7G / 6080 / 6336 / 6C33



**La tentation a toujours été grande de faire fonctionner un amplificateur de puissance avec des triodes à très faible résistance interne.**

**C'**est le cas des célèbres 6AS7G/6080, 6336 et du tube russe 6C33. Or, toutes les tentatives connues à ce jour sont on peut le dire : catastrophiques ! Pour deux raisons. La première : ces tubes conçus comme tubes «série» dans les alimentations stabilisées afin de diminuer les

résistances internes de ces dernières sont particulièrement instables en utilisation audio. La seconde : tous les concepteurs se sont polarisés, en fonction de la faible résistance interne de ces tubes (de 100 à 300  $\Omega$ ), à faire fonctionner leurs amplificateurs **sans transformateur de sortie** et c'est là l'erreur fatale !...

### Avantages et inconvénients du transformateur de sortie

Autant le dire tout de suite, faire fonctionner un amplificateur à tubes sans transformateur de sortie est proche de l'hérésie... autant utiliser des transistors qui s'en accommodent très

bien. Un amplificateur à tubes sans transfo de sortie se comporte sur la charge complexe qu'est une enceinte acoustique comme un ampli à transistors avec le même son, les avantages du transistor en moins !...

En effet, la charge d'une enceinte acoustique n'est pas **résistive**, telle celle utilisée dans les essais (signaux rectangulaires et autres) mais **réactive**. En simplifiant (je m'en excuse !) l'impédance est pratiquement **capacitive** dans les fréquences basses et devient une **inductance** dans les fréquences élevées. Il résulte que la charge de l'amplificateur est très différente des conditions d'essais même si les essais sont effectués avec une charge réactive (condensateur connecté aux bornes de sortie).



Ajoutez à tout cela que dans neuf cas sur dix, l'impédance d'une enceinte acoustique multivoies chute dans des proportions énormes dans les fréquences élevées. Il n'est pas rare de mesurer une impédance de 8  $\Omega$  à 1 000 Hz et à peine 1  $\Omega$  à 10 kHz.

A ce train là, le pauvre ampli n'en peut plus surtout s'il n'a pas de transformateur de sortie qui se comporte comme un adaptateur d'impédance. Les concepteurs d'amplis à transistors des années 60 ne s'y trompèrent pas, JBL et Mc Intosh entre autres, n'abandonnèrent pas les transfos de sortie. De nos jours, Mc Intosh utilise toujours un auto-transformateur de sortie sur ses amplificateurs de haut de gamme à transistors.

### Que se passe-t-il lorsqu'il n'y a pas de transfo de sortie ?

A chaque fois que l'impédance de l'enceinte varie, cette variation d'impédance est directement vue par l'étage de sortie (à tubes ou à transistors).

La puissance délivrée par ce dernier va varier en permanence en fonction des fréquences à amplifier.

Mal chargé, l'étage final verra son taux de distorsion varier dans d'énormes proportions.... jusqu'à la casse ! (De l'ampli ou pire des haut-parleurs).

On compense ces variations par l'utilisation d'une contre-réaction souvent trop énergique (cas des amplis à transistors) ce qui va se traduire par une réponse transitoire de plus en plus mauvaise (caractéristique des **mauvais** amplis à transistors) bien que les essais en signaux rectangulaires soient parfaits ! Car il faut le répéter ici : une contre-réaction bien calculée est **obligatoire** sur pratiquement tous les amplificateurs.

Mal calculée, elle va introduire des sur-oscillations aux fréquences basses et aux fréquences élevées, ces sur-oscillations **ne sont pas visibles** aux mesures traditionnelles car elles n'interviennent que sur les attaques transitoires musicales qui sont **asymétriques** (voir cours précédents) contrairement aux sages signaux rectangulaires utilisés aux mesures.

Au plan sonore, cela se traduit par une sorte de son rauque très désagréable (ce que l'on a appelé à tort le «son

transistor»). L'utilisation d'un transfo de sortie bien calculé et d'une contre-réaction raisonnable vont résoudre tous ces problèmes malgré la limitation inévitable de la bande passante au-delà de 100 kHz, ce qui est déjà amplement suffisant pour nos oreilles et la parfaite transmission des transistors dont le plus rapide en audio est de l'ordre de 12 ms (voir cours précédent).

En vidéo, le problème est différent mais hors de notre propos.

### Inconvénients du transformateur de sortie

Ils sont de trois sortes.

- 1) Saturation du circuit magnétique : problème facile à régler en utilisant des tôles à haute perméabilité, coût élevé.
- 2) Capacités parasites réparties : ce problème est depuis longtemps résolu grâce à des techniques de bobinage bien connues des fabricants (nous n'entrerons pas dans les détails, notre but étant de concevoir des amplificateurs et non pas des transformateurs !)
- 3) Pertes par effet Joule (échauffement des enroulements dû au passage du courant essentiellement au primaire dans le cas d'amplis à tubes). Et, même en push-pull où les courants continus circulent en sens opposé dans les enroulements primaires, ce qui limite la saturation du circuit magnétique (ce qui n'est malheureusement pas le cas en utilisation mono-tube en classe A, d'où les problèmes !), le courant de repos est **toujours présent** et oblige le constructeur du transformateur à des acrobaties pas toujours heureuses quant au résultat final !

Or, rappelez-vous, l'impédance secondaire ramenée au primaire pour un transformateur push-pull est de l'ordre de 5 à 6 k $\Omega$  pour des KT88/6550, 10 k $\Omega$  pour des EL84, 3 à 4 k $\Omega$  pour des 6CA7/EL34, ce qui représente un nombre de tours de fil considérable (capacités parasites), une résistance ohmique au passage

du courant non négligeable d'où un échauffement souvent important (pertes), sans compter les risques de saturation du circuit magnétique s'il est mal dimensionné !...

D'où le cahier des charges suivant qui a dirigé la conception de l'amplificateur que nous vous présentons aujourd'hui et qui, je vous précise, fonctionne depuis six ans sans défaillance grave.

Amplificateur en pont employant des 6AS7G/6080.

Cahier des charges de l'étage final.

Puissance audio : 30 W

Transformateur de sortie : impédance primaire 1 000  $\Omega$  (peu de tours, facile à construire), secondaires 16, 8, 4  $\Omega$ . Aucun courant de repos continu ne doit parcourir le transformateur de sortie.

Contre réaction : maximum 20 dB

Les étages pré-amplificateur et inverseur de phase doivent employer des tubes courants 12AU7 (ou 12BH7) ECC82 ou 6CG7/6FQ7.

Tous ces tubes ont pratiquement les mêmes caractéristiques.

Ces tubes ne diffèrent que par leur alimentation des filaments (12 V pour les 12AU7 et 12BH7, 6 V pour les 6FQ7 et 6SN7). Alimentation indifférente en **alternatif** ou en **continu**.

Du lot : le 12BH7 semble être le tube le plus linéaire.

### Le tube 6AS7G (6080)

C'est une **double triode** prévue pour les alimentations régulées.

Sa résistance interne est très faible : 280  $\Omega$ . Elle est robuste, peu chère, supporte des courants de l'ordre de 140 mA (en continu), dissipation maximum : 25 W.

**Inconvénient** : construction barbare !... Les deux triodes ne sont **pratiquement jamais** identiques.

Appareillage quasi impossible.

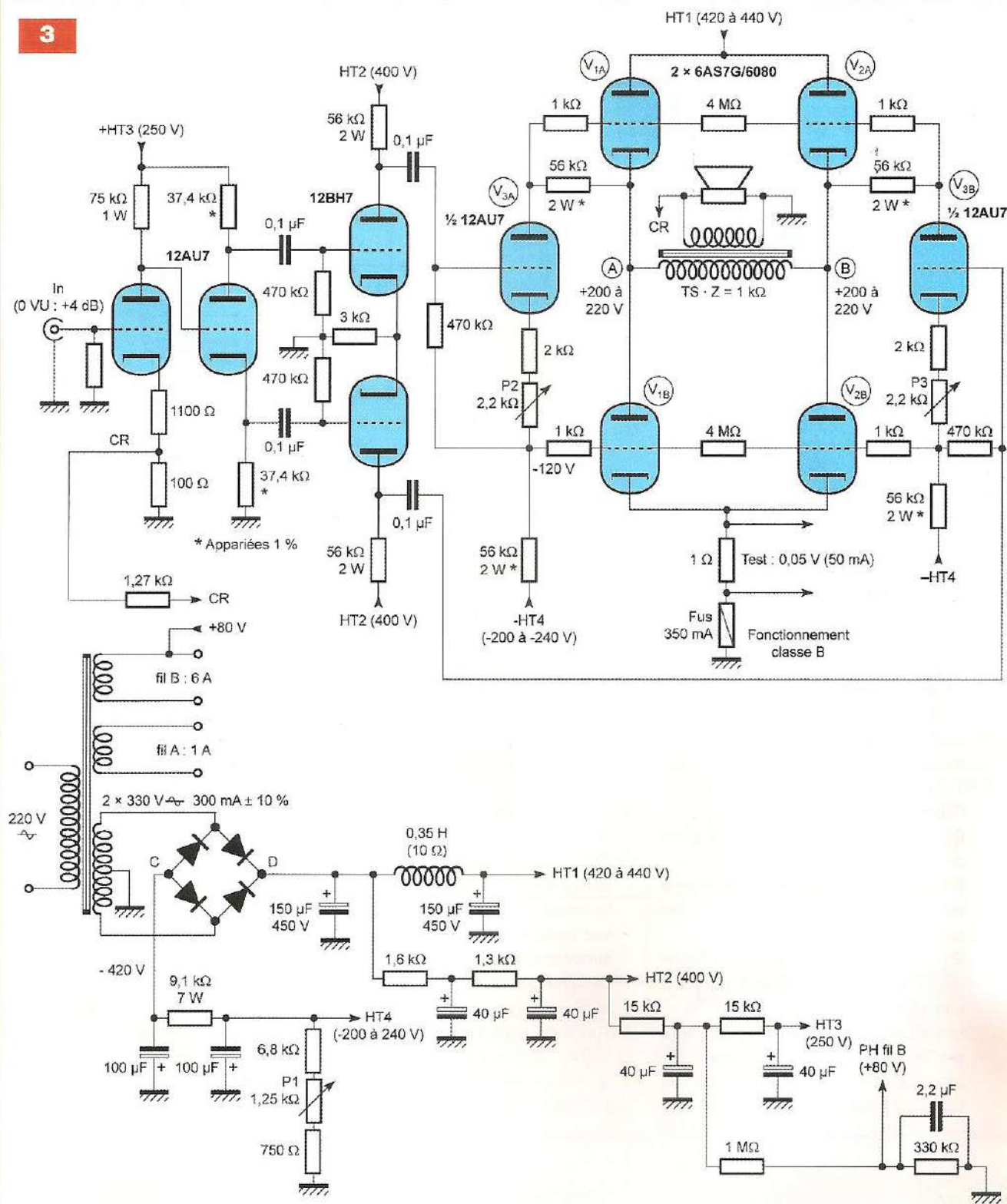
Variation des caractéristiques en cours de fonctionnement de l'ordre de 30 % (!).

Ceci est le cas de **tous** les tubes de régulation et en particulier de l'horrible 6C33 dont les variations des caractéristiques atteignent couramment 50 % (!).

La plus stable de la bande et prati-



3



réaliser). Les tubes seront raisonnablement appariés.

L'étage d'entrée/inverseur (12AU7) et le driver (12BH7) sont classiques.

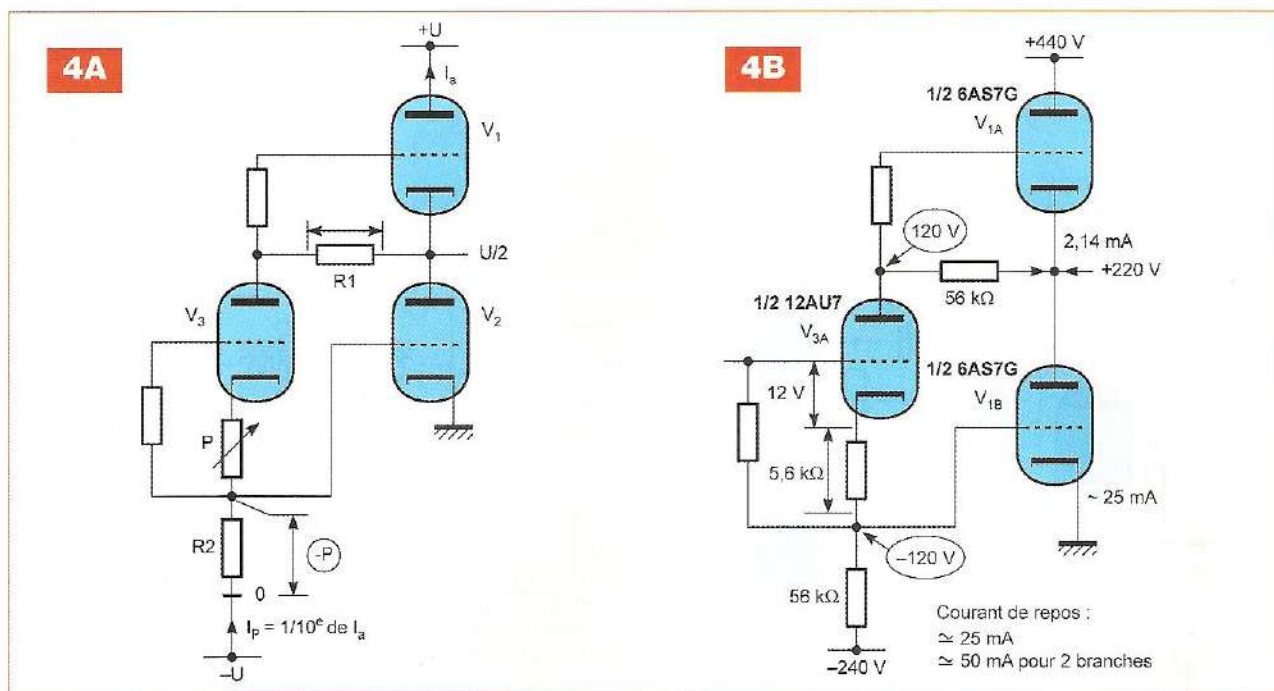
Côté étage de puissance, on trouve 2/6AS7G (6080). L'une d'elle sera utilisée pour la partie gauche du double

push-pull, l'autre pour la droite du double push-pull. Pourquoi ? Nous avons constaté que dans la 6AS7G, le déséquilibre entre les deux demi-triodes d'un même tube est à peu près identique. Repérez la triode 1 et la triode 2 dans le même tube. Câblez

de la même manière les deux moitiés des push-pull. Attention aux résistances de 56 kΩ des inverseurs de phase, elles doivent être rigoureusement identiques.

**Attention :** des résistances de 4 MΩ sont placées entre les grilles des 6080/





6AS7G, elles sont nécessaires pour parfaire l'auto-équilibrage du pont.

**L'alimentation :** classique ; la tension négative est prise au point C du pont redresseur.

Attention l'ensemble des résistances 6,8 k $\Omega$ , 750  $\Omega$  et le potentiomètre P1 sont le retour commun du (moins) haute tension d'alimentation des inverseurs 12AU7 (V3A et V3B) de l'étage de puissance.

P1 va permettre de régler le courant de repos des deux demi-tubes.

En cas de déséquilibre, cette chaîne de résistances va compenser les courants entre V3A et V3B.

En cas de fort déséquilibre, la résistance de 6,8 k $\Omega$  peut être portée à une valeur de 10 k $\Omega$ .

Les filaments des 6AS7G/6080 sont portés à + 80 V afin d'éviter des amorçages avec les cathodes de ces tubes fantasmiques.

## Réglages

- 1) Déconnectez les transfos de sortie.
- 2) Réglez avec P1 le courant dans V3A et V3B après avoir placé P2 et P3 au milieu du réglage. Mesurez le courant Test (environ 50 mA : 0,05 V)
- 3) Placez le voltmètre entre A et la masse de façon à obtenir environ 200 V en réglant P2
- 4) Idem : voltmètre entre B et masse, agir sur P3
- 5) Placez le voltmètre entre A et B en jouant sur P3. Vous devez annuler la tension entre A et B. Vous pouvez parfaire le réglage en agissant simultanément sur P1, P2, P3. Si vous ne pouvez obtenir 0 V entre A et B, changez les tubes de puissance, ils sont **trop déséquilibrés**.
- 6) Après avoir transpiré pendant quelques minutes, vous pourrez connecter les transfos de sorties

entre A et B. **Attention**, entre ces points A, B et la masse, il y a 200 V. Ne touchez pas avec les doigts.

## Observation

Vous aurez toujours un léger déséquilibre de tension entre V1A et V1B et entre V2A et V2B car le courant qui traverse les 1/2 12AU7 traverse aussi V1A et V2A.

## Conclusion

C'est un engin un peu compliqué à construire et à régler, mais nous avons décidé de nous amuser avec les tubes n'est-ce pas?

Quant aux résultats, ils sont bons et dépendent essentiellement du transformateur de sortie. Si vous avez un doute quant aux réglages, reportez-vous à la **figure 4**, tout est dit.

R. BASSI

L'offre pertinente pour vos Circuits Imprimés professionnels

**EURO**  
CIRCUITS

On-line: calculez vos prix  
On-line: passez vos commandes  
On-line: suivez vos commandes  
On-line: 24H/24 & 7J/7

**Pas de minimum de commande !  
Pas de frais d'outillages !**

Une équipe novatrice à votre écoute: +33 (0)3 86 87 07 85

**www.eurocircuits.com**

Verified

- "Standard pooling" à prix très attractifs
- de 1 à 6 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

A la carte

- "Technologie pooling" à prix attractifs
- de 1 à 8 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

On demand

- "Technologie particulière" au juste prix
- de 1 à 16 couches
- de 1 pièce à la moyenne série
- délais à partir de 3 jours ouvrés