

La droite de charge en classe AB en amplification à lampe pour guitare

Expérimentation sur un push-pull de 6V6 (Effectuée par F_da pour le PG5)

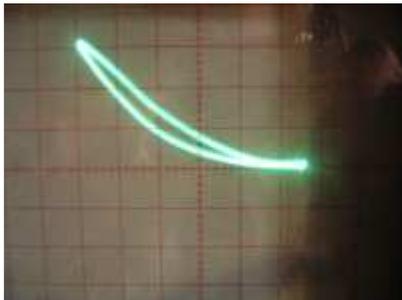
Protocole:

- PP 6V6
- $U_a = 360V$
- Fixed BIAS -28V, 30ma par tube
- $Z_{pp} = 8K$, charge secondaire Résistance 8 ohms
- Niveau d'attaque : sinusoïde 1000Hz à puissance max (pas de saturation au secondaire)

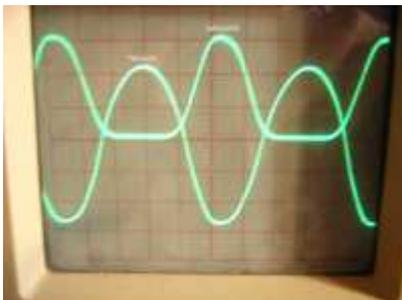
Echantillonnage sur une période, sur un tube, à l'oscilloscope de:

- La tension Anode-cathode (sonde x100)
- L'intensité traversant le tube: mesurée avec une R 1ohm 1%

Courbe XY (U, I)



Courbe U e t I à 1000 Hz en régime AB



Relevé tension intensité sur une 1/2 période pour une lampe 6V6.

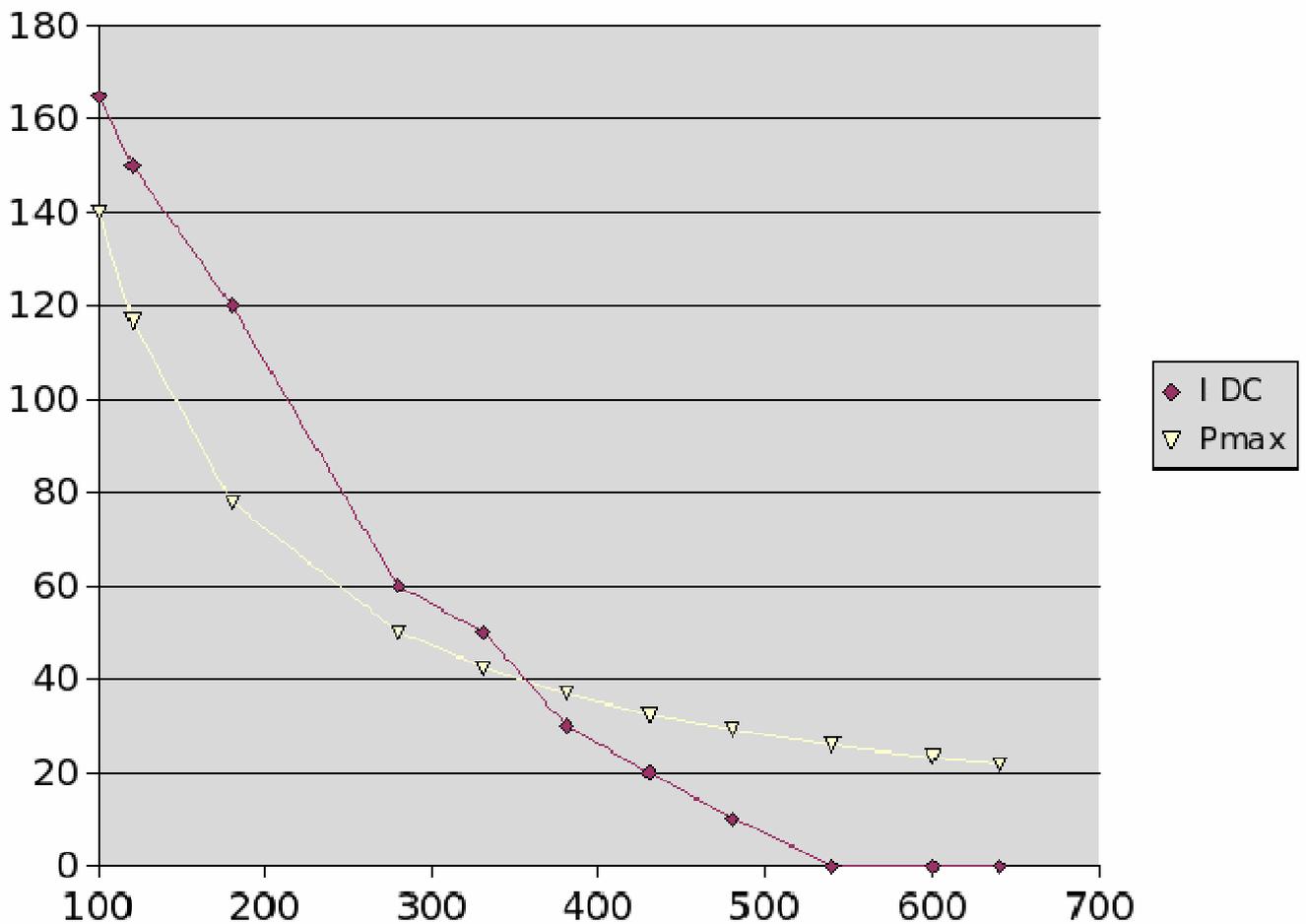
Les valeurs sont des arrondis, difficile d'être précis à l'oscilloscope.
Le relevé a été fait en DC, les valeurs AC sont calculées.

Le tableau

U AC	I AC	U DC	I DC
260	-30	640	0
220	-30	600	0
160	-30	540	0
100	-20	480	10
50	-10	430	20
0	0	380	30
-50	20	330	50
-100	30	280	60
-200	90	180	120
-260	120	120	150
-280	135	100	165

Le graphique

6V6 $U_{a0}=360V$ $i_{a0}=30ma$



Conclusions :

On observe bien 2 parties de "droite", la première avec une pente aux alentours de 4000 ohms et la seconde de 2000 ohms.

La première partie, à signal faible, correspond à un fonctionnement en classe A et nous donne une charge qui équivaut à $\frac{1}{2} Z_{pp}$.

La seconde partie, à signal plus élevé, correspond à un fonctionnement en Classe B et nous donne une charge qui équivaut à $\frac{1}{4} Z_{pp}$.

On peut donc dire qu'il n'y a pas vraiment de droite de charge AB, il s'agit plutôt de la combinaison de la classe A et de la classe B. C'est un régime glissant qui fonctionne en classe A à faible signal et qui glisse en classe B à plus fort signal. Ce point de glissement sera mis en évidence un peu plus loin dans l'article.

Remarque :

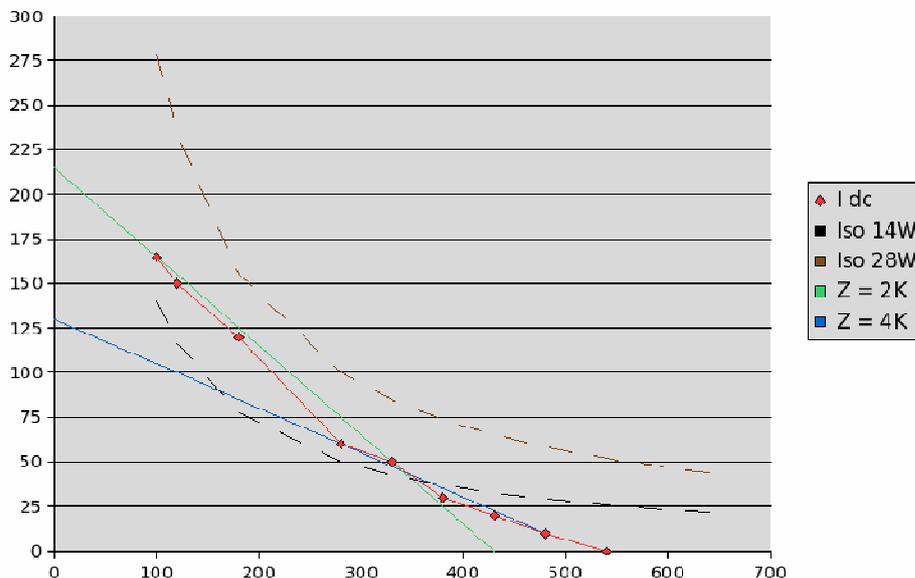
Nous pouvons remarquer que sur notre graphique, la partie de la "droite" qui correspond au fonctionnement en classe B, dépasse la courbe de dissipation max de nos 6V6. Comment cela se peut-il sans griller les 6V6 ? Cela s'explique par le fait qu'en classe B la lampe n'amplifie que sur un demi signal ce qui lui permet de dissiper deux fois plus et ce qui va aussi dans le sens d'une charge 2 fois inférieure par rapport à la classe A car dans ce cas la lampe amplifie sur tout le signal. (Voir article sur la classe B)

Note :

La droite de charge ne dépasse pas forcément la courbe de dissipation max dans tous les cas de classe AB. Cela dépend de la pente de celle-ci qui est fonction de la valeur de la charge. Voir exemples 1 et 2.

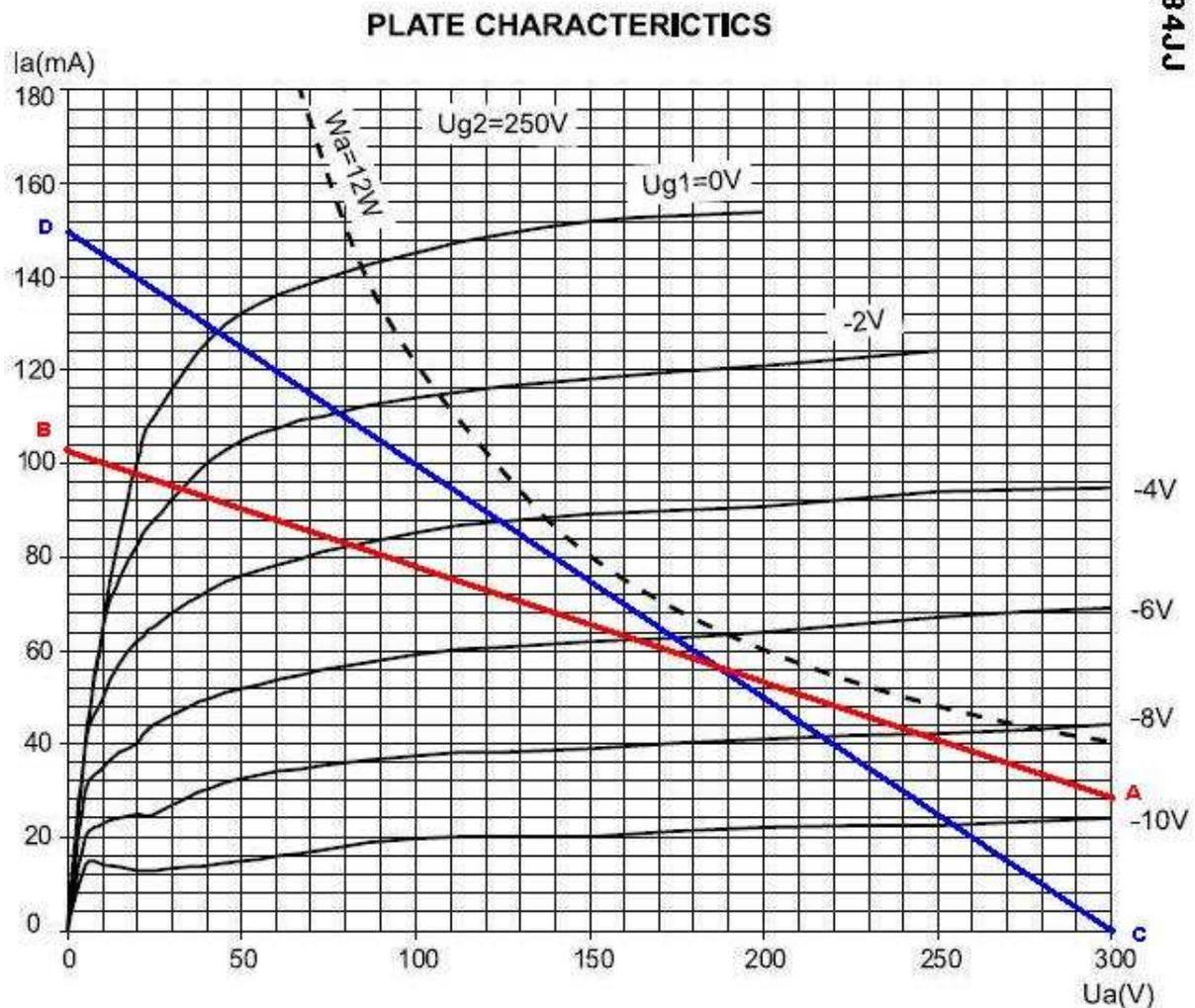
Voici la synthèse graphique des résultats et déductions de notre expérience sur un PP de 6V6

PP 6V6 $U_{a0}=360V$ $i_{a0}=30mA$, $V_{g2}=355V$



Exemples de calcul et tracé de droites de charge en classe AB

Exemple 1 : Un PP d'EL84 style Vox AC15



1) Je définis premièrement les éléments de base du fonctionnement de chacun de mes tubes.

$U_a = 300V$, $U_{g2} = 250V$, $Z_{a-a} = 8k$

J'en déduis $I_a = P_a / U_a$ avec P_a étant la puissance de dissipation de mes EL84.

Soit 12W mais en Classe AB il faut quelque chose aux environs de 70%.

Voir les articles suivant concernant la règle des 70% de BIAS :

<http://www.pentodepress.com/tubes/70-percent-plate-dissipation.html>

<http://www.aikenamps.com/Why70percent.html>

Ainsi : $P = 12 \times 0,7 = 8,4$

$I_a = 8,4 / 300 = 0,028 A$

Ainsi je choisis un point nommé A sur mon graphique à la jonction 300V avec 28mA

Celui-ci me permet de visualiser la polarisation de la grille pour le BIAS voulu, soit environs

$U_g = -9,6V$

2) Calcul de la droite de charge en classe B

Notons qu'en classe B la charge est à diviser par 4 car nous travaillons ici sur un demi enroulement ce qui divise déjà la charge par deux mais en plus en classe B la lampe ne travaille que sur la moitié du signal, ce qui divise encore la charge par deux.

Soit $8k / 4 = 2k$ ou 2000 ohms. (Voir article sur la classe B)

Ainsi, l'intensité de court circuit $I_{acc} = U_a / Z_a = 300 / 2000 = 0,15$ A

Je trace alors une droite allant du point C (300V pour 0A soit l'état de repos en classe B) au point D (150mA pour 0V le point de Court Circuit théorique). Droite tracée en Bleu.

3) La droite de charge en classe A

Notons que pour la classe A la charge sera de $Z_{a-a} / 2 = 8k / 2 = 4k$ ohms

Je dois aussi tenir compte de mon BIAS à 70% (le point A)

$I_{acc} = U_a / Z_a = 300 / 4000 = 0,075$ A

J'ajoute I_{acc} à l'intensité de BIAS $\Rightarrow 0.075 + 0.028 = 0.103$ A

Je définis donc le point B pour 103mA et 0V

Puis je trace une ligne passant par A et B. Droite Rouge.

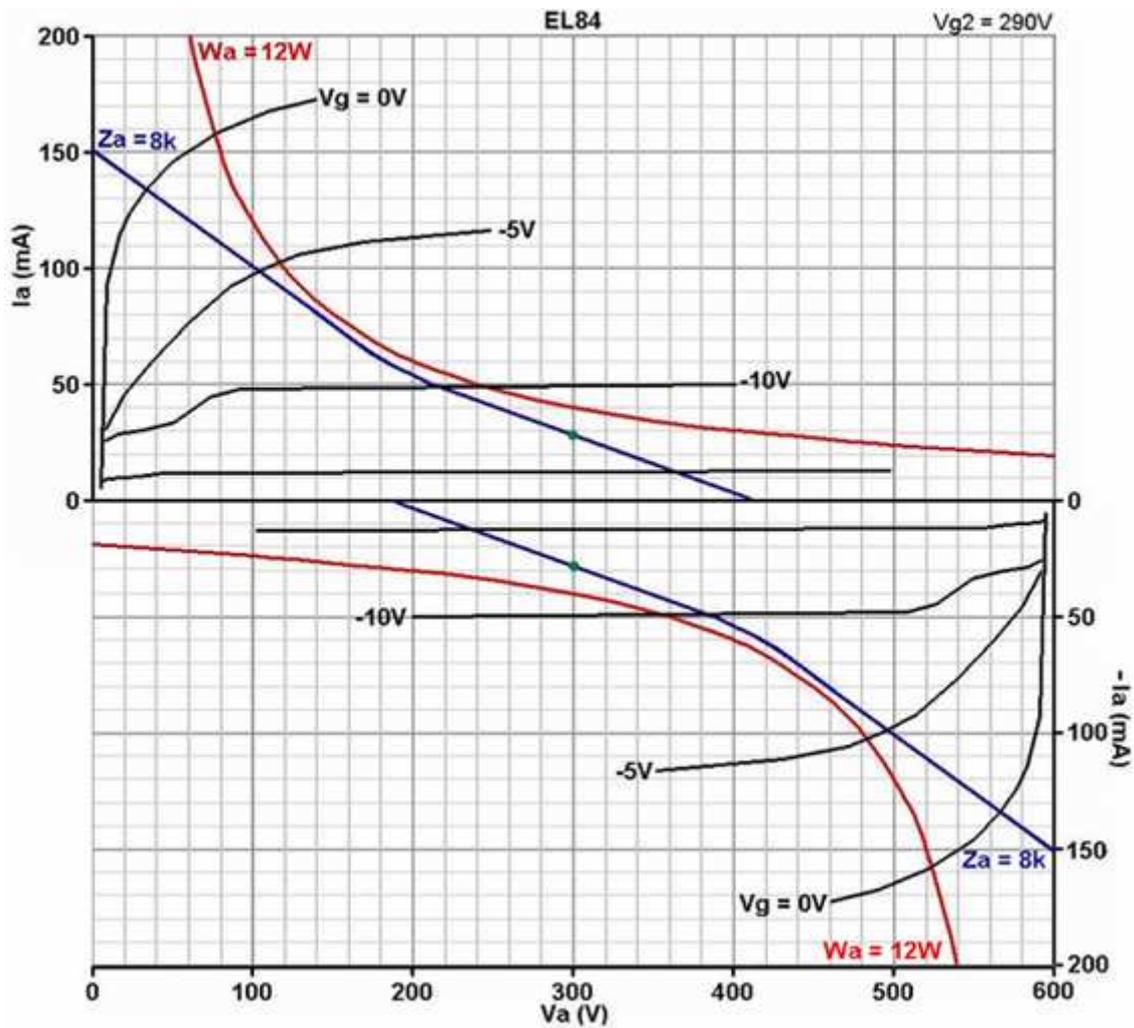
Le point d'intersection des deux droites définit le point de fonctionnement où notre lampe glisse de la classe A à la classe B aux alentours de 190V pour 76mA. Les deux droites nous montrent que nous pourrions biaiser notre ampli un peu plus chaud. Les 70% de BIAS en classe A ne sont qu'une règle de base, parfois le traçage des droites de charge nous montre la possibilité d'un BIAS plus chaud ou la nécessité d'un BIAS plus froid. Plus loin dans l'article nous aborderons un autre cas qui peut supposer une autre approche du BIAS.

Note :

Dans l'exemple ci-dessus, j'ai « pré choisi » ma valeur de charge. Il se peut que lors de vos calculs de droite de charge pour la mise au point d'un projet en construction, vous n'ayez pas de valeur de charge définie. Dans ce cas, il vous suffit, partant de votre tension d'anode, de tracer votre droite de charge en classe A avec un BIAS à 70% de sorte qu'elle soit tangente à la courbe de dissipation max ce qui vous permettra de définir une valeur d' I_{cc} (soit le point B) ainsi que la valeur de I_a au repos (soit le point A) et d'en déduire la valeur de la charge par le calcul suivant : $Z_a = U_a / I_{acc} - I_a$.

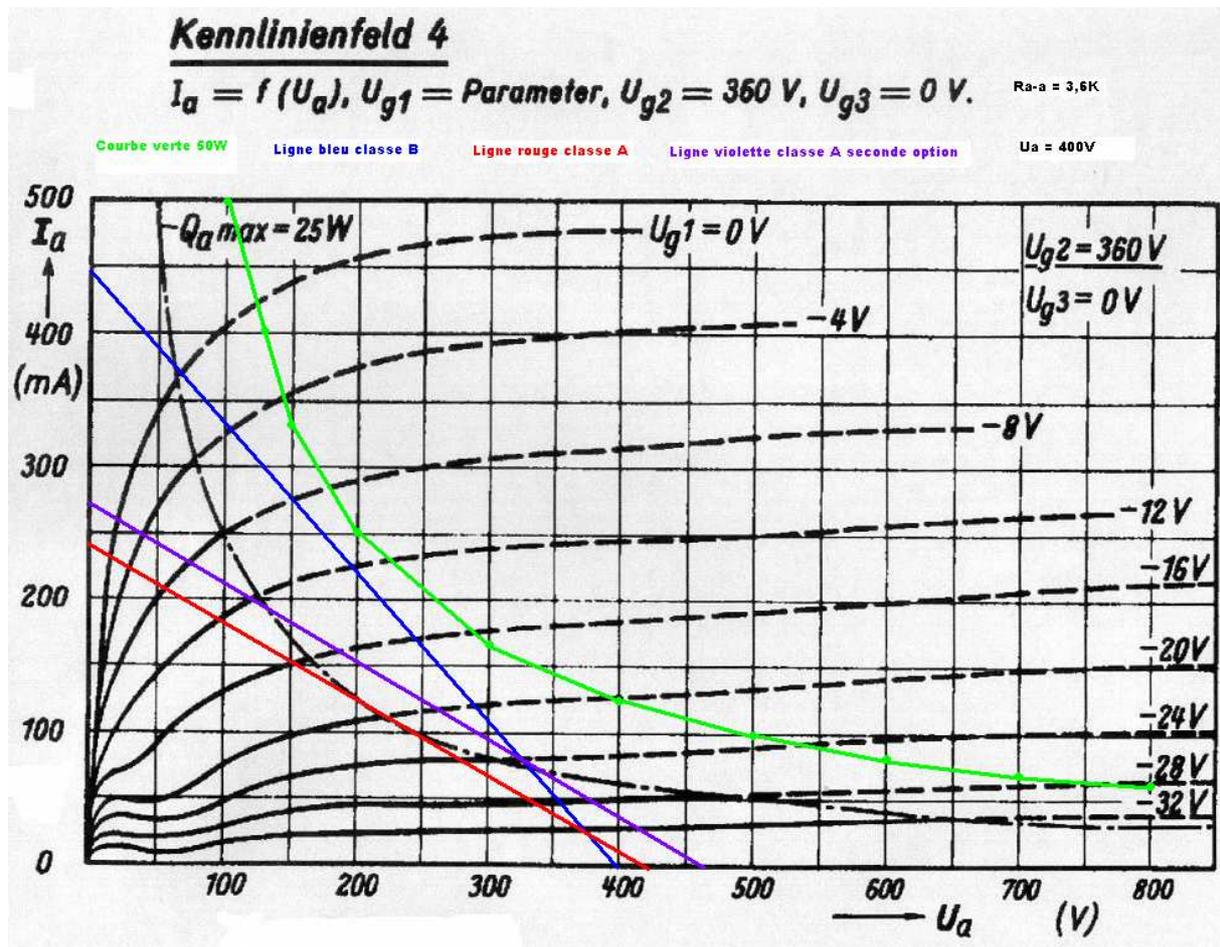
N'oubliez pas que cette valeur est pour un demi enroulement ce qui vous donnera pour valeur de $Z_{pp} = 2 Z_a$.

Voici une vision symétrique du fonctionnement des deux lampes du PP :



Le point d'intersection des deux droites classe A et classe B, là où on peut visualiser un léger coude, correspond à l'endroit où l'autre lampe atteint les 0A et donc passe en blocage lorsque la sinusoïde passe dans un sens et c'est le point de déblocage lorsque la sinusoïde passe dans l'autre sens. Ce schéma montre donc clairement le point de glissement entre les deux classes.

Exemple 2 : Un PP d'EL34 Style Marshall JMP50



Voici un cas très intéressant.

Nous avons donc un PP d'EL34 avec $Z_{pp} = 3,6\text{K}\Omega$ $U_a = 400\text{V}$

La droite bleue est celle de la classe B.

La droite Rouge est celle de la classe A.

La droite violette est une seconde option de la classe A avec un BIAS plus élevé.

La courbe Verte montre une courbe de dissipation de 50W.

Premier constat, la droite bleue ne dépasse pas les 50W mais sort nettement des 25W.

C'est normal, comme nous l'avons déjà précisé plus haut, vu qu'en classe B, on amplifie que sur la moitié du signal on peut donc en théorie aller jusqu'à deux fois plus de dissipation.

Second constat, la droite rouge nous donne pour $U_a = 400\text{V}$ un BIAS très faible, de l'ordre de 20mA ce qui nous donne un BIAS à 8W soit 32% de la dissipation max. Pourtant il est généralement annoncé que les PP d'EL34 de ce type fonctionnent avec un BIAS aux alentours de 42mA. C'est là que la seconde droite en violet intervient. Mais elle n'est plus tangente à la courbe de dissipation max me direz vous ! Oui absolument et pourtant jamais les lampes ne vont dépasser cette dissipation max car la droite de classe A en violet croise la droite bleue de la classe B avant que la droite en violet ne dépasse vraiment les 25W de dissipation.

En faite sur ce graphique le croisement ce fait au point de dissipation max au moment même où on passe de la classe A à la classe B qui elle, rappelez vous, permet de dissiper plus (en théorie 50W pour un PP d'EL34 soit 2 x P_{amax}).

Autrement dit, Si on considère que, lorsque la droite de classe A croise la droite de classe B, à ce moment là on passe de la classe A vers la B, alors tenant compte que sur le graphique le point de croisement se situe avant le point de tangente de la ligne classe A en rouge, on peut donc en déduire que ce point de dissipation max n'est jamais atteint. Ainsi je trace une seconde droite (celle en violet) qui situe le point de dissipation max au point de changement de classe (passage de A à B) et ainsi j'atteint ce point de dissipation max mais ce, sans jamais le dépasser puisque le changement de classe réduit le signal d'une demi sinusoïde. Ainsi je suis passé d'un BIAS très faible à un BIAS de 42mA soit 17W ou 68%.

Quel est l'intérêt de biaser plus chaud ?

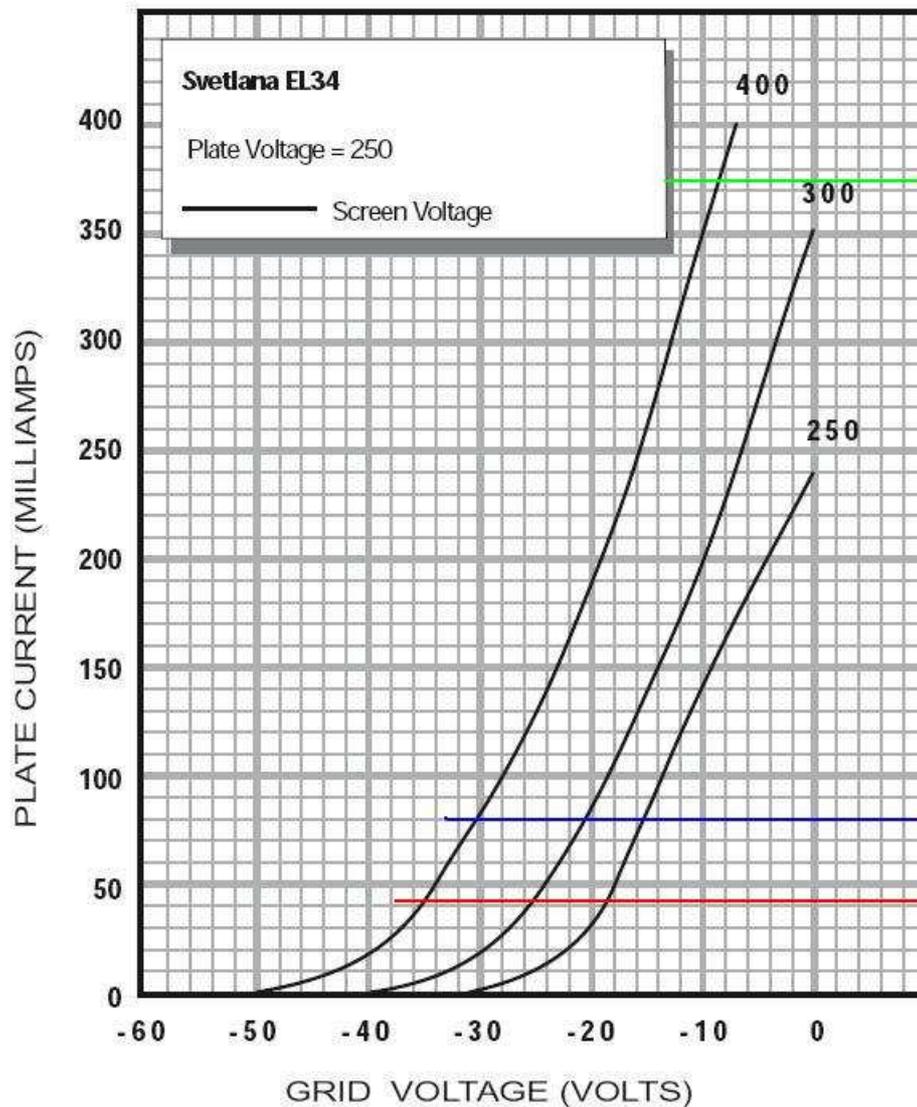
Biaser plus chaud ne fera pas augmenter la puissance de l'ampli, c'est même le contraire par contre l'ampli fonctionnera plus proche de la classe A* et donc laissera mieux apparaître les caractéristiques sonores de celle-ci. Voilà pourquoi en ampli guitare même en classe AB, on préfère biaser chaud.

* Voir article sur l'angle de conduction.

Que se passe-t-il au niveau de la courbe de transfère.

Typical Performance EL34 Curves

— I pour $U_{g1} = 0V$
— I au point de passage de A à B
— Polarisation



On constate que si on biaise froid, la partie classe A fonctionnera sur une zone moins linéaire. On remarque aussi que la classe B fonctionne sur une grande zone ce qui globalement n'améliore pas la linéarité. Ceci n'est pas forcément critique en amplification guitare car certaines colorations sont appréciées voir recherchées. On préférera cependant en générale favoriser au mieux la classe A. Il est intéressant de remarquer comment la tension de grille ainsi que l'impédance de charge peuvent influencer la dynamique et la puissance du signal.

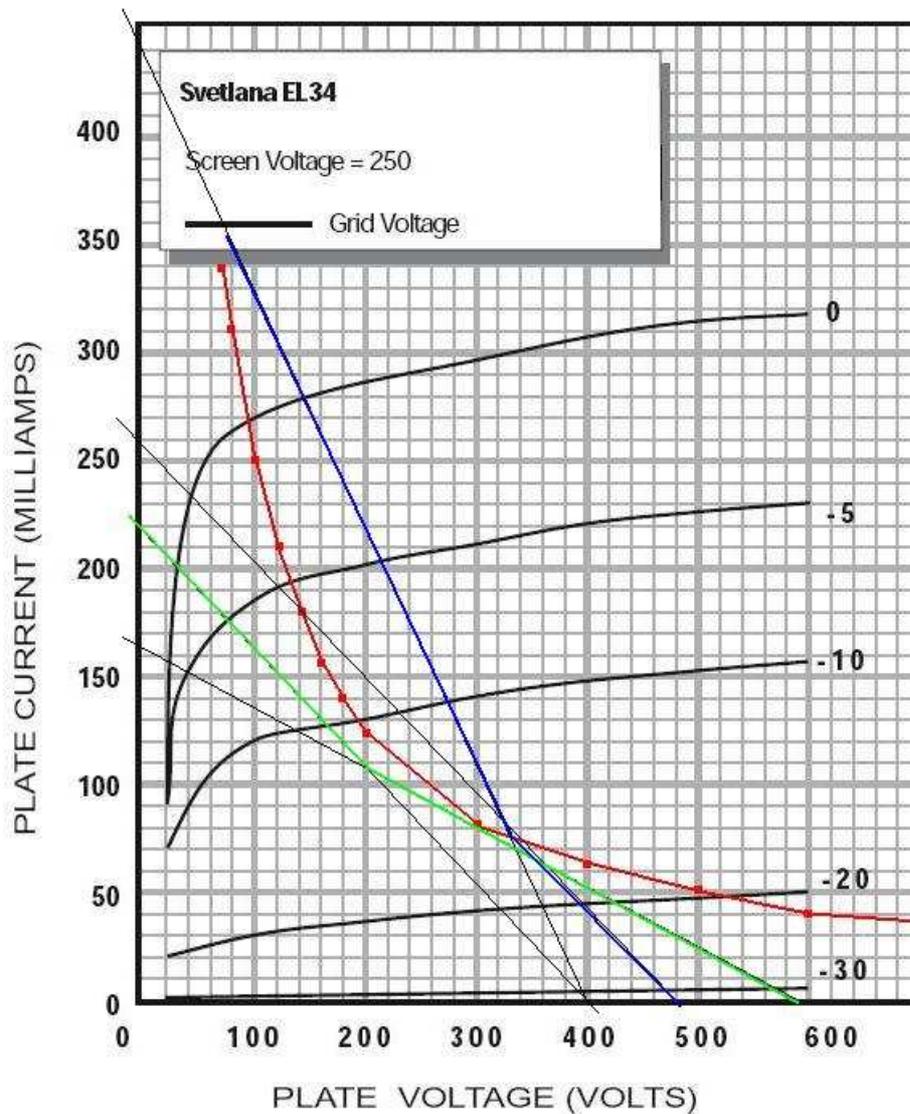
Voici un exemple combinant 2 valeurs différentes d'impédance de charge.

Classe AB $U_a = 400V$

- $P_{amax} = 25W$

- Droite pour $Z_{pp} = 3,6K$

- Droite pour $Z_{pp} = 7,2k$



Une augmentation de la charge réduit de manière significative la puissance RMS de sortie mais permet un BIAS plus chaud (environ 80%) et une plage de fonctionnement plus importante en classe A ce qui peut être intéressant pour les qualités connues et appréciées de celle-ci en amplification guitare. Ce montage est connu pour offrir plus d'harmonique. Chaque choix implique des concessions.

Conclusions :

La classe AB est une combinaison des classes A et B. En jouant sur les paramètres de tension d'anode, d'impédance de charge et d'intensité de BIAS, on agit sur l'influence de l'une ou de l'autre classe nous permettant de combiner au mieux ou selon nos désires les qualités des deux classes.

La tension de la grille écran (G2) agira quand à elle sur la tension de polarisation de la grille (G1) et sur la plage dynamique du fonctionnement de nos tubes, *le headroom*, en complément de la valeur élevée de U_a .

On a remarqué aussi que la règle des 70% de taux de BIAS n'est qu'un point de repère de base. Le tracé des droites de charge nous montre souvent que le BIAS peut-être supérieur ou inférieur en fonction des lampes, des paramètres de tension et de charge. Cela peut varier entre 60 et 80% de taux de BIAS, voir même un peu plus.

En classe AB, la classe B nous fait gagner en puissance ce qu'elle nous fait perdre en linéarité et richesse harmonique. Une bonne étude permettra de tirer parti au mieux des deux classes pour un résultat sonore de classe AB à la fois puissant et riche.

Remerciements

Merci à *F_da*, *Latortuefolle* & *Charpy* du PG5 pour leur participation à la mise au point de cet article.

Rédaction : Mikka Grytviken pour le PG5 www.projetg5.com