

Prenons celle de l'EL34 de chez JJ disponible à l'adresse suivante : <http://www.jj-electronic.sk/pdf/E34L.pdf>

Dans les données communiquées on relève la tension d'anode notée U_a et l'intensité notée I_a .

On a donc comme valeurs :

$U_a = 250V$ et $I_a = 100mA$, cela veut dire qu'à 250V sur l'anode de l'EL34, elle consomme 100mA de courant d'anode.

Nous allons utiliser ces valeurs pour choisir notre point de repos (de polarisation, de bias) pour l'EL34. La résistance de charge (R_a) se détermine via la formule suivante :

$$R_a = U_a / I_a = 250V / 0,1 A = 2.5k\Omega$$

Le primaire du transformateur de sortie devra avoir $2.5k\Omega$ d'impédance à 1kHz.

On peut trouver cette information directement dans d'autres datasheets ou avec l'outil TDSL de duncanamps.

Droite de charge

La charge va provoquer une chute de tension de la tension d'alimentation (U_b) de telle sorte qu'on peut calculer la tension d'anode de l'EL34 (U_a) par la formule suivante :

$$\begin{aligned} U_a &= U_b - U_{Ra} \\ \text{Comme } U_{Ra} &= I_a * R_a \\ \text{(1) Alors } U_a &= U_b - (I_a * R_a) \end{aligned}$$

Le **premier point** (X) à placer sur le graphique, représente la tension U_b dans la relation (1) :

$$\begin{aligned} U_b &= U_a + (R_a * I_a) \\ U_b &= 250 + (0.1 * 2500) = 500V \end{aligned}$$

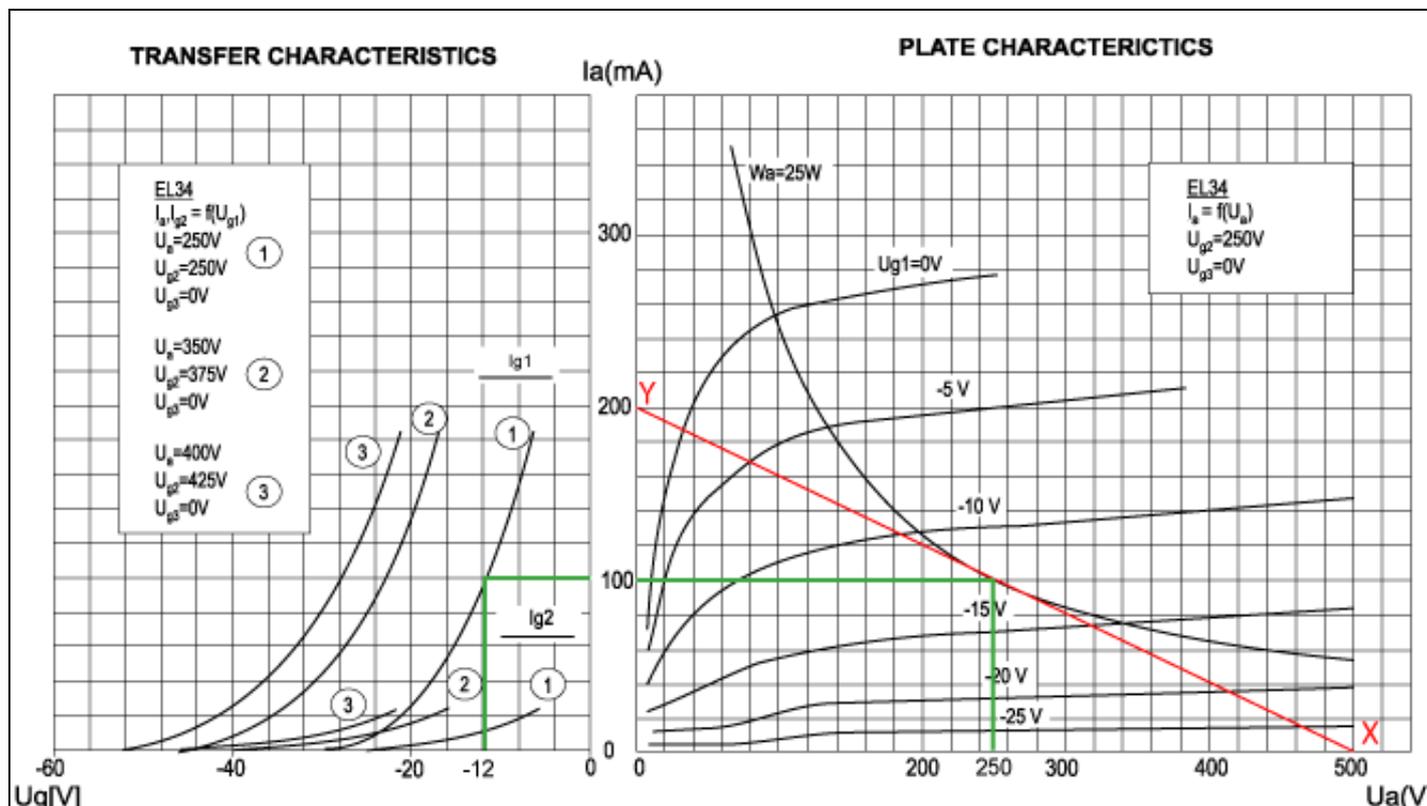
Le point X est à placer sur l'axe des abscisses et a donc pour coordonnées (500V ; 0mA). Ce qui ne veut pas dire que notre alimentation devra être de 500V c'est juste pour la construction graphique.

Pour placer le **deuxième point** (Y), supposons maintenant qu'il y ait un court circuit dans le tube, la tension d'anode U_a serait alors égale à 0V. Seule la résistance d'anode limiterait alors le courant, ce qui le fixerait à une valeur de :

$$\begin{aligned} U_a &= U_b - (R_a * I_a) \\ \text{soit } I_a &= U_b / R_a \text{ puisque } U_a = 0V \\ I_a &= 500V / 2500 = 0.2A \end{aligned}$$

Le point Y a donc pour coordonnées (0V ; 200mA)

Comme par deux points il ne peut passer qu'une seule droite on prend notre règle et on trace la droite de charge.



Donc on note que sur la partie de gauche au point 250V ; 100mA on touche la courbe $W_a=25W$, c'est la courbe de dissipation maximale de l'anode de l'EL34, en classe A on peut polariser notre tube de sorte qu'on soit au maximum de la dissipation autorisée. On note aussi que le point choisi est entre les courbes -10V et -15V. En transposant sur les courbes de transfert on trouve la valeur -12V assez précisément. Dans les mêmes datasheets il est noté $I_{g1} = -10V ; -13.5V$. Nous sommes donc relativement proches de ces deux valeurs. On trouve aussi la consommation de I_{g2} : 14.9mA, mais comme elle dépend de R_{21} sur notre schéma nous allons utiliser 10mA (valeur mesurée sur le proto de f_{da}) pour calculer la résistance de cathode.

Calcul de la résistance de cathode

On pourrait très bien appliquer cette tension négative de -12V à la grille 1, on serait alors dans un schéma dit *fixed bias*. Mais nous avons préféré utiliser la même méthode que pour nos 12AX7 du premier chapitre, c'est à dire qu'on va utiliser une résistance entre la cathode de l'EL34 et la masse (*cathode bias*), et référencer à la masse la grille 1. Ainsi la différence de potentiel entre la grille et la cathode est respectée et la tension de cathode U_k est égale à la valeur opposée de U_g , ici 12V.

Pour calculer la résistance de cathode nous allons utiliser la même formule que pour nos 12AX7, à savoir :

$$R_k = U_k / I_k$$

$$\text{Et } I_k = I_a + I_{g2}$$

$$\text{Soit } R_k = U_k / (I_a + I_{g2})$$

$$12V / (0.1A + 0.01A) = 109\Omega$$

Pour éviter un bias trop élevé on prend la valeur normalisée directement supérieure, ce sera 120ohms. Attention cette résistance va devoir être suffisamment dimensionnée pour dissiper la chaleur. En effet, selon la formule $P=U*I$, la résistance de 120ohms va devoir dissiper :

$$P = 12V * 0.11A = 1.32W$$

Pour être tranquille choisir une résistance de 2W ou plus.

Calcul de la dissipation du tube

Pour vérifier si le tube n'est pas polarisé trop chaud on a recourt à quelques calculs pour éviter de dépasser la donnée constructeur.

Nous allons noter la dissipation de l'anode (P_a), et nous utiliserons les notations habituelles U_a pour la tension d'anode, U_k pour la tension de cathode et I_a pour l'intensité du courant d'anode :

$$P_a = (U_a - U_k) * I_a$$

Exemple avec notre EL34 :

$$P_a = (250-12) * 0.1 = 23.8W$$

Soit très proche de la dissipation maximale ce qui n'est pas gênant en classe A. Pour une durée de vie accrue de l'EL34 il est préférable de polariser aux alentours de 90% de la dissipation maximale voire moins, c'est une donnée que l'on retrouve souvent mais 100% n'est pas interdit pour tester.

Pour calculer la dissipation de la grille 2 (P_{g2}) on utilise la même formule où U_{g2} est la tension de la grille 2 :

$$P_{g2} = (U_{g2} - U_k) * I_{g2}$$

La tension U_{g2} est égale à la tension d'alimentation U_b soit 250V moins la chute de tension provoquée R21, à l'aide de notre bonne vieille loi d'ohms, on détermine cette chute :

$$U = RI$$

$$U = 2\ 200 * 0.01 = 22V$$

Donc :

$$P_{g2} = ((250-22)-12) * 0.01 = 2.1W$$

Il est important de prendre en compte la dissipation de la grille 2 car si elle est supérieure aux données constructeurs, le tube risque de vieillir prématurément.

Au total notre tube dissipe :

$$P = P_a + P_{g2}$$

$$P = 23.8W + 2.1W = 25.9W$$

Vous allez me dire que c'est trop par rapport au 25W ! Et bien non car les 25W ce n'est que pour l'anode, la grille 2 de l'EL34 selon les datasheets peut dissiper jusqu'à 8W, ce qui fait un total théorique de 33W. En pratique il ne faudrait pas pousser l'EL34 aux delà de 30W...si elle les atteint.

Calcul du condensateur de cathode

On place souvent un condensateur (C_k) en parallèle de la résistance de cathode. La valeur est calculée en fonction de la fréquence amplifiée la plus basse (F). En guitare on peut se fixer sur une valeur de 100Hz. La formule est la suivante :

$$C_k = 1 / (2\pi * F * R_k)$$

$$C_k = 1 / (6.28 * 100Hz * 120\ \text{ohms})$$

$$C_k = 132,6\mu F$$

Attention le résultat s'exprime en Farads, j'ai donc fait la conversion pour tomber sur les μF .

On a choisi un condensateur de $100\mu\text{F}/63\text{V}$ pour le G5, afin de couper un peu plus les basses.

Calcul de la puissance RMS

Faisons tout d'abord un petit rappel sur les relations tension max (U_{max}) et tension RMS (U_{RMS})

$$U_{\text{max}} = U_{\text{RMS}} * \sqrt{2}$$

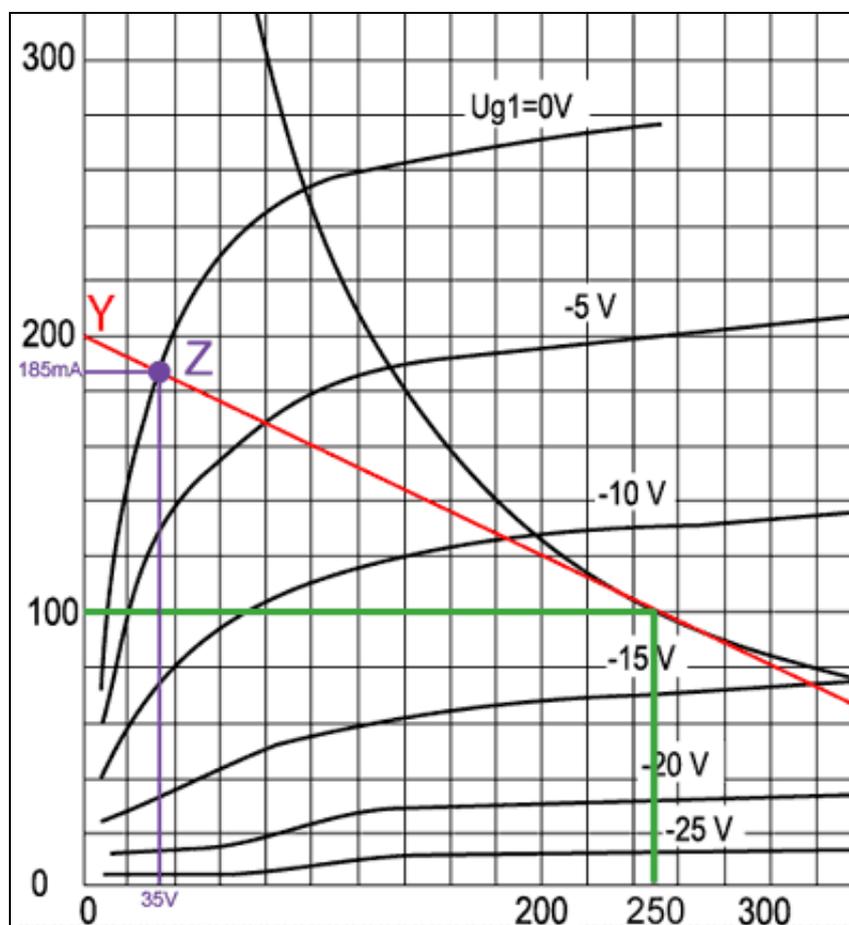
$$\text{d'où } U_{\text{RMS}} = U_{\text{max}} * 1/\sqrt{2}$$

et $1/\text{racine}(2) = 0,707$ soit environ 71%

Le voltage maximum RMS est donc égal à 71% de la différence entre le voltage au point de repos choisi et celui au point où la droite de charge coupe la courbe $U_{g1} = 0\text{V}$.

De même pour le courant maximum RMS, qui est égal à 71% de la différence entre l'intensité au point de repos choisi et celle au point où la droite de charge coupe la courbe $U_{g1} = 0\text{V}$.

Soit le point Z en lisant sur la courbe :



$$\text{Donc } U_{\text{RMS}} = 0.71 * (250\text{V} - 35\text{V}) = 152.65\text{V}_{\text{RMS}}$$

$$\text{Et } I_{\text{RMS}} = 0.71 * (185\text{mA} - 100\text{mA}) = 60.35\text{mA}_{\text{RMS}}$$

$$\text{D'où } P = U_{\text{RMS}} * I_{\text{RMS}} = 152.65 * 0.06035 = 9.21\text{W}$$

Ce qui est très proche de ce que l'on a avec le G5, sauf que le hammond 369GX n'arrive pas à débiter 100mA, ce qui fait qu'on doit être un peu en dessous. Mais bientôt la version 3 du G5 viendra corriger notamment ce problème de transformateur en préférant le 260E au 369GX.

Voilà j'espère avoir été clair et complet, le prochain chapitre sera sur les push-pull, mais là je vais devoir potasser encore un peu vu les subtilités de classes et de réglages...

A bientôt.

Bibliographie :

- G. Dutheil - Amplificateurs à tubes pour guitare et hi-fi - Publitrone
- Loadlines Made Simple by Carl B. and Matthias M. - Avril 2002 - AX84 community.
- Datasheet JJ Electronics
- Aiken - "The Last Word On Biasing"

(c) Copyright 2006 M. COLSON - Autorisation de publication accordée à www.projetg5.com uniquement.