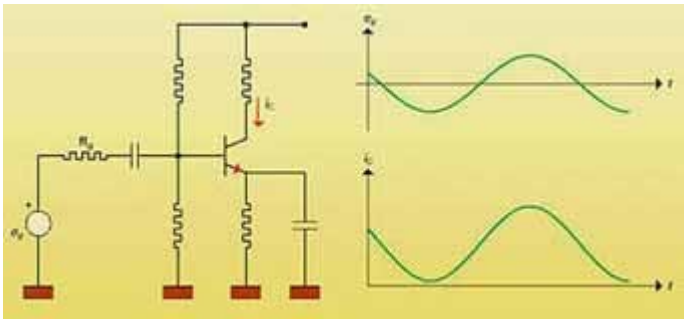
AMPLIFICATION DE PUISSANCE
THEORIE

Cette partie porte sur l'amplificateur de puissance du projet : c'est le circuit permettant d'envoyer l'énergie issue de l'alimentation au signal pour faire vibrer la membrane du HP.

Avant de commencer l'analyse de cette fonction nous avons exposé une petite partie théorique expliquant les différentes classes d'amplification :

-*Classe A(ou single end) :*

Schéma de principe :



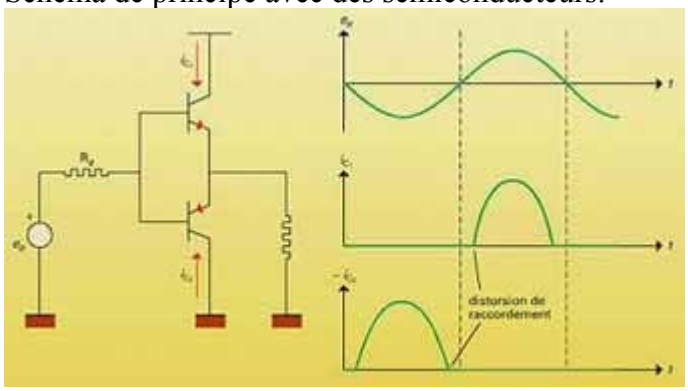
C'est le plus facile à faire : on va amplifier à la fois les alternances positives et négatives du signal appliquées sur la grille.
Ce tube doit être polariser pour qu'il conduise en permanence exactement de la même façon qu'une lampe de pré-amplification.
le courant de sortie n'est jamais nul : ce qui a tendance à magnétiser le noyau du transformateur de sortie, ce qui n'est pas souhaitable. Pour éviter une saturation du noyau, le transformateur de sortie doit absolument comporter un entrefer.
Cette classe se caractérise par un rendement particulièrement faible (25%) : une bonne partie de la puissance absorbée part en chaleur.

-*Classe B :*

Dans ce cas on polarise une lampe pour qu'elle n'amplifie qu'une demie période du signal et se bloque pendant l'autre demi période.
Pour amplifier un signal entier il faut qu'un tube conduise pour les alternances positives du signal et l'autre pour les alternances négatives : on appelle ce type de circuit push-pull (traduisez tirer-pousser).
Ce type d'amplification permet un rendement accru par rapport à la classe A (50%) mais possède un

défaut majeur puisque le signal amplifié issue du push pull va comporter une distorsion dite de croisement ou de raccordement.

Schéma de principe avec des semiconducteurs:



On utilise dans le schéma de principe des transistors NPN et PNP, mais les tubes n'ont pas d'équivalent au transistor PNP.
Il faut passer par un circuit dit de déphaseur qui va renvoyer les deux même signaux en opposition de phase.
Il en existe une multitude dont le plus utilisé : le déphaseur de shmith

Avec ce montage le courant continu est nul; donc le noyau du transformateur de sortie ne sature pas, ainsi, il n'est pas nécessaire qu'il comporte un entrefer.

-*Classe AB:*
La classe AB reprend les caractéristiques de la classe B à savoir le montage de type push-pull et l'utilisation d'un circuit déphaseur mais les tubes sont polarisés de manière à ce que la distorsion de croisement disparaît.

-*Classe C :*
Cette classe utilise un montage de type push-pull mais n'amplifie que les pointes du signal : utilisé dans des cadres radioamateurs pour des amplifications hyperfréquences.

-*Classe D :*
Un signal est transformé en pulsation HF dans lequel la durée de l'impulsion module l'amplitude du signal : le rendement est exceptionnel. Cette principe est utilisé pour amplifier des signaux numériques

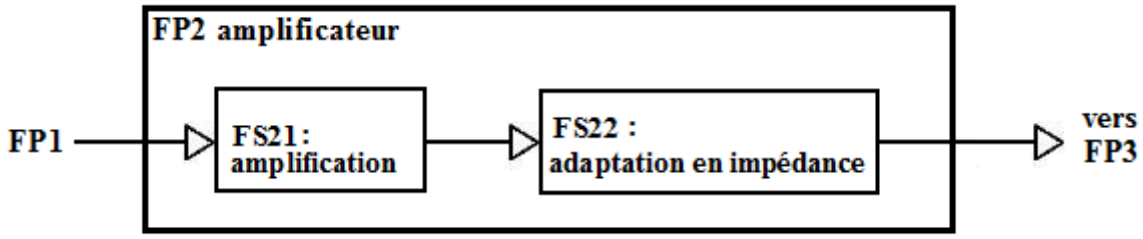
Numéro de classe spécifique aux ampli à lampes :
Devant les classes A, B et AB utilisés en amplification à lampe on rajoute le suffixe 1 ou 2
1 signifie qu'il n'apparaît jamais de courant de grille ==> tension de grille toujours négative
2 signifie qu'il apparaît un courant de grille correspond à l'application d'une tension de grille parfois positive générant une distorsion appelée blocking distorsion.

Analyse structurelle de FP2 : amplificateur de puissance

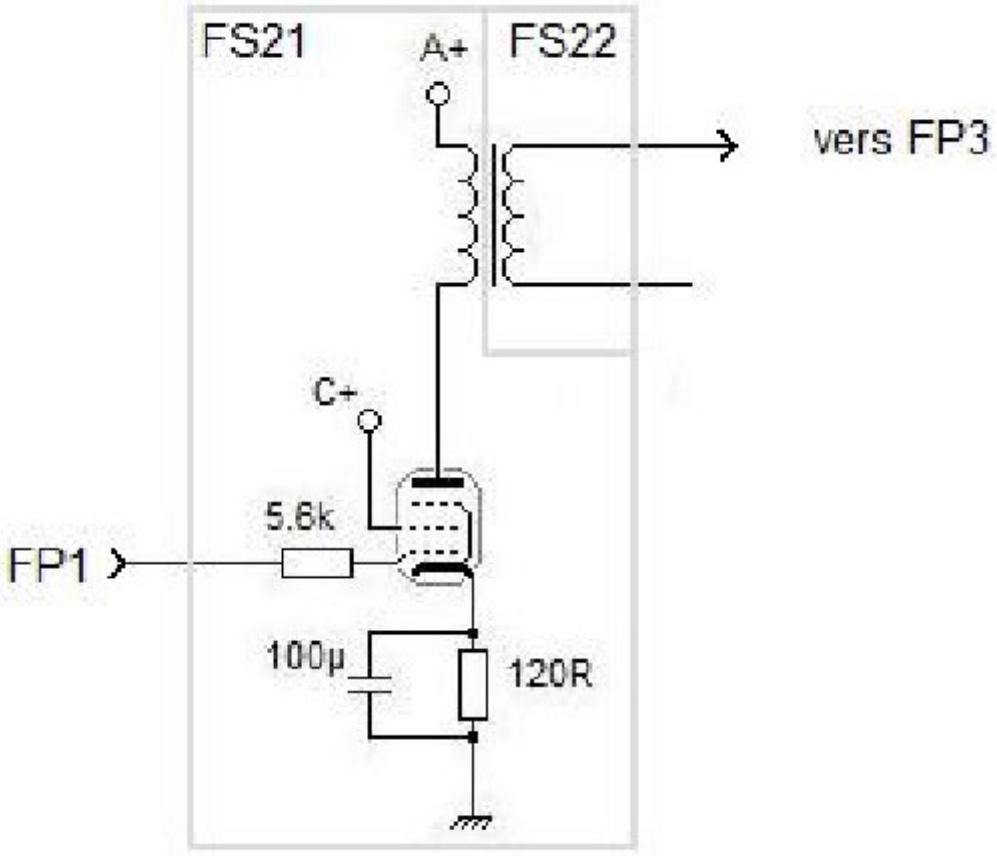
Pour un système audio à tube, il est utilisé classiquement soit la classe A, soit la classe AB.
Les tubes se trouvant relativement couteux et notre projet ne nécessitant pas d'avoir des puissances élevées, la partie amplification de puissance se fera en classe A.

info : pour une puissance désiré de 100W il faut 10 tubes el34 en classe A contre 4 seulement pour arrivé a la même puissance en classe AB

Le schéma bloc de FP2 est :



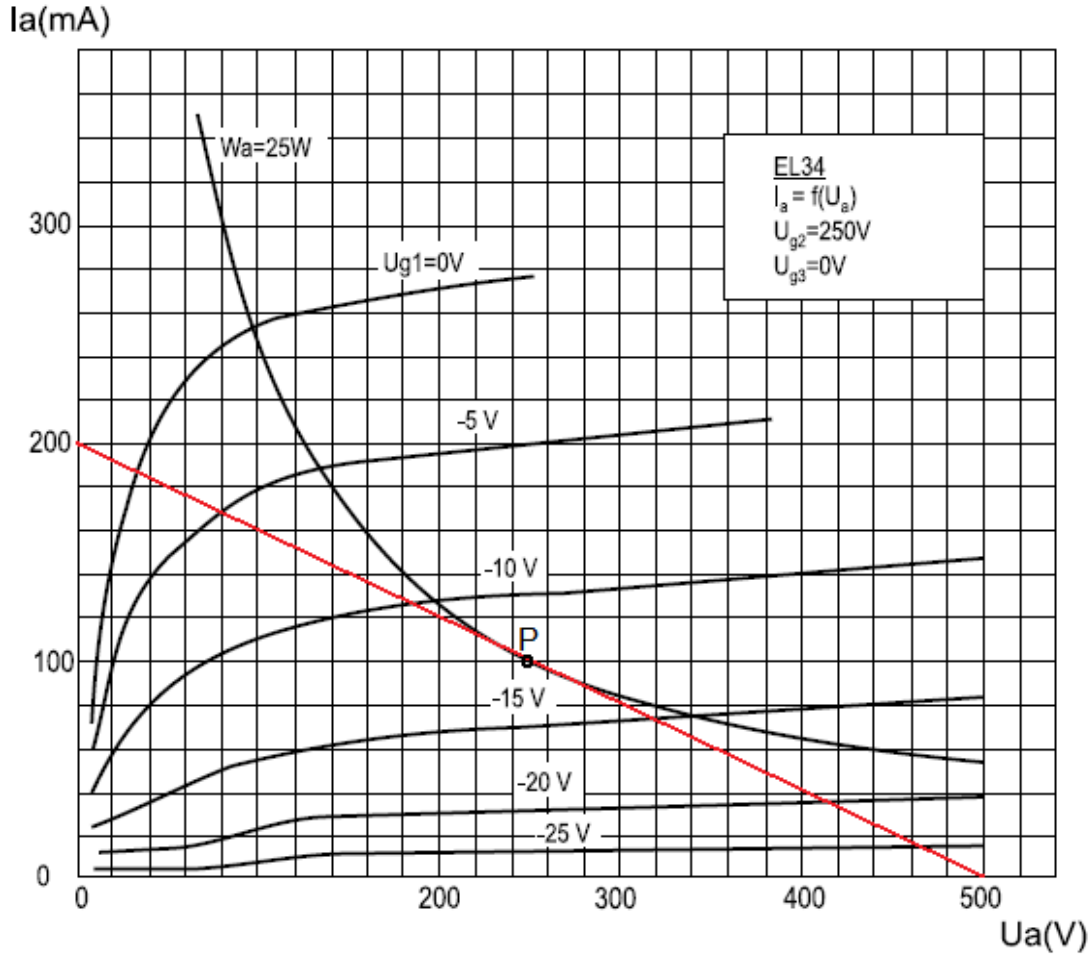
Le circuit correspondant est :



FS21 amplification

Le tube utilisé dans cette partie est une pentode de puissance EL34. Elle peut dissiper jusqu'à 25W. Elle possède deux autres grilles : la grille écran et la grille de suppression.

Polarisation du tube



Le potentiel placé sur les grilles de contrôles influant directement sur la caractéristique du tube on a pris celle donné par le constructeur (c'est à dire ug2 =250V ug3=0V)
On place la tension la plus forte disponible sur l'anode (ici 500V) pour avoir un excursion de la tension de grille plus forte sans distorsion.

L'el34 se polarise de la même manière qu'un tube de pré-amplification sauf que c'est le primaire du transformateur de sortie qui joue le rôle de la résistance d'anode.

Le point de polarisation a été choisit arbitrairement de telle sorte que la puissance dissipée par le tube soit maximale.
Sur le graphe, quand Va=0 ==> Ia=200mA, ce qui équivaut a une impédance du primaire du transformateur de 2,5kohms.
Comme on a un courant de repos de 100mA, on doit prendre une résistance de cathode de 120ohms.

On détermine le taux de bias qui se définit comme $\frac{U_a I_a}{W_a(max)}$

Nous avons : $\frac{220 \cdot 100\,E-3}{25\text{W}}$ =100%

Utilité de la résistance de grille

La résistance accolée à la grille de l'EL34 aide à empêcher l'oscillation parasite à haute fréquence dans le tube lui-même.
On n'a pas trouvé d'autre informations sur la raison pour lequel l'oscillation apparaît mais il a été lu :

« Des valeurs supérieures à 100k de résistance de grille peuvent aider dans la réduction de la blocking distorsion et peuvent également enlever une partie du tranchant d'une partie puissance un peu trop aiguë. Si la valeur de résistance est trop basse, elle peut ne pas être suffisante pour empêcher des oscillations parasites, et l'amplificateur peut devenir instable dans la gamme de fréquence plus élevée. Ceci peut ou non être audible. Les symptômes des oscillations incluent : "les cris aigus" haut perchés, les anodes rougeoyantes malgré un bias "sûr", des aigus désagréables (harsh), un manque de puissance, des harmoniques indésirables, et une réponse en fréquence peu commune qui fait sonner l'ampli bizarrement. »

FS22 adaptation en impédance

L'impédance de sortie d'une penthode est particulièrement élevé : comme on l'a démontré dans l'intro, $Z_s = Z_a = R_i + (\mu + 1) Rk$
Zs>15kohms

On a donc en sortie de la penthode une forte tension sous un faible courant, or pour faire bouger la membrane d'un haut parleur il faut au contraire un fort courant sous une faible tension.
Pour cela, on utilise un transformateur d'impédance qui adaptera le signal en impédance; ainsi le primaire du transformateur va jouer le rôle de la résistance d'anode et le secondaire sera cette faible impédance de sortie.

Wikipedia nous donne cette définition du transformateur d'impédance : "Le transformateur est toujours un transformateur d'impédance, mais les électroniciens donnent ce nom aux transformateurs qui ne sont pas utilisés dans des circuits d'alimentation".

DEMONSTRATION

Mise en évidence du caractère de transformation en impédance d'un transformateur :
On part de l'expression du rapport de transformation :

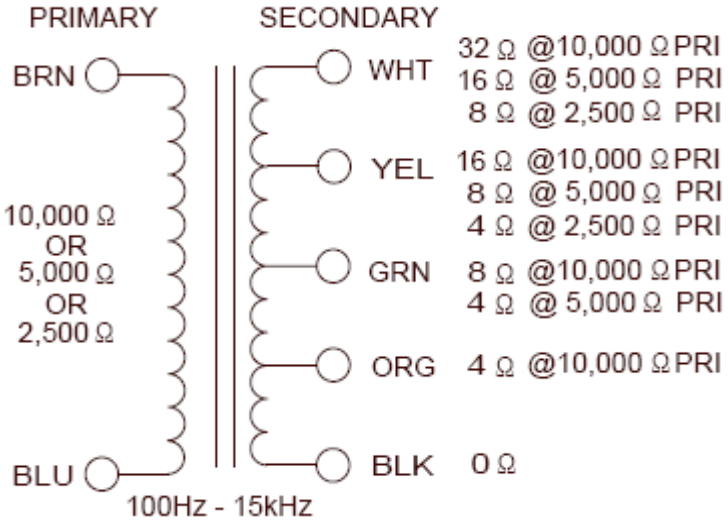
$$m = \frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s} \quad ==> \quad m^2 = \frac{V_s}{I_s} \cdot \frac{I_p}{V_p} \quad ==> \quad m^2 = \frac{\frac{V_s}{I_s}}{\frac{V_p}{I_p}}$$

d'où $m^2 = \frac{Z_s}{Z_p}$

On peut interpréter ce résultat : le rapport de transformation étant une constante physique du transformateur, si on impose une impédance de sortie, on va ramener au primaire une impédance

$$Z_p = \frac{Z_s}{m^2}$$

Dans la datasheet tu transformateur on a trouvé ce schéma :



Nous allons brancher le haut parleur entre le fil jaune et le noir :

On trouve :

$$m=\sqrt{\frac{Z_s}{Z_p}}=\sqrt{\frac{5000}{4}}=35$$

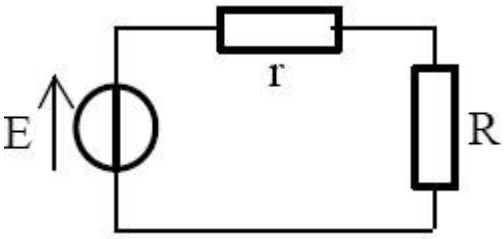
La bande passante du transformateur est de 100Hz-15kHz et son primaire peut être traversé par un courant max de 100mA et peut voir passer 25W.

TRANSMISSION DE PUISSANCE

Pour maximiser la transmission de puissance une vieille règle physique nous dit qu'il faut que l'impédance du générateur = impédance récepteur donc il va falloir que le secondaire du transformateur soit égal à l'impédance des hauts parleurs,

DEMONSTRATION

On modélise le secondaire du transformateur de sortie sous la forme d'un générateur de tension en série avec une résistance.



E est la force électromotrice du transformateur sur le secondaire, r la résistance du bobinage au secondaire du transformateur et R l'impédance du haut parleur.
On néglige le caractère inductif du transformateur et du haut parleur.

On va chercher la puissance maximale que l'on peut transmettre à R.
La puissance dissipée par le HP s'exprime : $P=R\cdot I^2$ car $\cos\phi=0$ (u et i sont en phase)

Or $i=\frac{E}{r+R}$

$$\Longrightarrow \quad P=\frac{R\cdot E^2}{(r+R)^2}$$

Si R=0 P tend vers 0 (si le secondaire du transformateur est court-circuité on ne transmet aucune puissance)
Si R tend vers l'infini P tend vers 0 (si le secondaire du transformateur est à vise on ne transmet aucune puissance vers la charge)

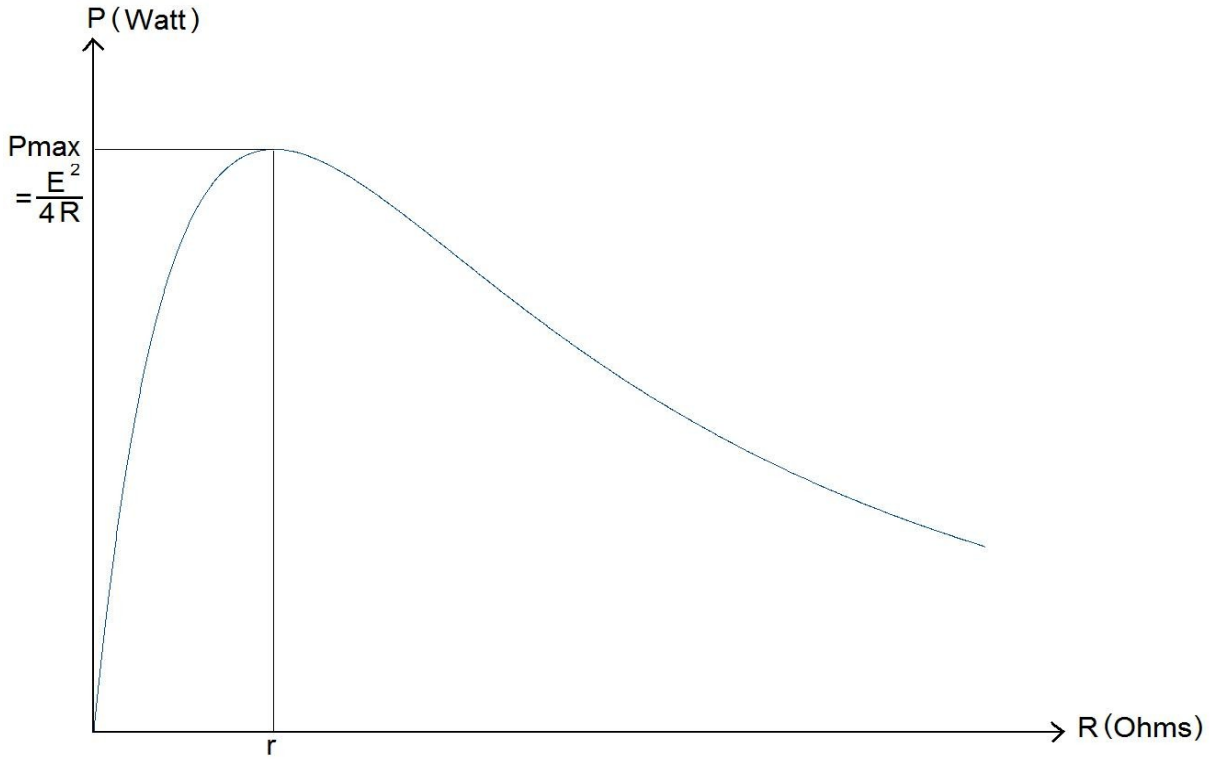
La puissances fournit a la charge est maximum quand $P'(R)=0$

$$P'(R)=\frac{E^2(r+R)^2-2R(r+R)}{(r+R)^4}$$

==> $P'(R)=\frac{E^2(r-R)}{(r+R)^3}$

$P'(R)=0$ quand r = R

quand R = r $P=\frac{E^2}{4\cdot R}$



CABLAGE DES HAUTS PARLEURS

On veut une impédance au secondaire de 4ohms, les deux hauts parleurs qui ont une impédance de 8ohms chacun doivent être câblés en parallèle afin de ramener au primaire une impédance de 2500k au primaire.

Comme : $Z_p=\frac{Z_s}{m^2}$

-Si l'impédance des hauts parleurs est >4ohms on ramène au primaire une impédance plus élevé : le courant appelé chute, la puissance également mais cela ne présente aucun risque pour le montage
-Si l'impédance des hauts parleurs est <4ohms on ramène au primaire une impédance plus faible : le courant appelé sur l'anode augmente et avec elle la puissance que dissipe le tube. En conséquence:

*L'el34 va alors s'user prématurément puisqu'elle dissipe alors plus que la puissance maximale donnée.

*Le transformateur de sortie qui voit passer plus de courant que le courant max admissible au primaire va griller.