Page 1 : CHOIX DES COMPOSANTS PASSIFS AUDIO

La vie d'un amplificateur audio à lampes est dépendante de celle de ses composants, et plus particulièrement, de leurs plages de fonctionnement. Certains vieillissent plus vite que d'autres...

Voici le hit parade des vies de composants les plus courtes :
- Les **lampes** de pré-amplification et de puissance. (voir symptômes et durée de vie des tubes)
- Les **condensateurs électrochimiques**. On les retrouve principalement dans les alimentations. Ce sont les réservoirs d'énergie. L'électrolyte liquide sèche avec le temps, 10 ans est un maximum pour du standard. C'est le même symptôme que pour les tubes, perte de dynamique et bruit. Son choix est très important.
- Les **résistances** soumis à la puissance, dérive, bruit.
- La **soudure** détériore le signal musical. Sa qualité est donc primordiale : elle doit être lisse, sans trous et brillante.
- Les **contacts** des connecteurs et supports.

Qu'est-ce que le "derating" ?

Le but étant de prolonger la vie des composants électroniques sans perdre en efficacité, cela revient donc à augmenter leur fiabilité. Il consiste à réduire les stress électriques et thermiques du composant, afin d'augmenter sa durée de vie. En pratique, cela signifie, utiliser une technologie la plus stable et surdimensionner les paramètres du composant. On créera ainsi une marge de sécurité correspondant à un taux, appelé **taux de "derating"**.
Il n'est pas nécessaire d'appliquer ce principe à tous les composants, mais surtout aux parties sensibles de l'amplificateur.
En l'appliquant au signal audio, non seulement vous augmenterez la durée de vie des composants, mais vous améliorerez le Son, grâce à la diminution du bruit et l'augmentation de la bande passante du signal.

Derating des résistances :

Leur niveau de bruit est principalement associé au niveau d'agitation thermique. Plus on se rapproche de leurs valeurs limites, plus le niveau de bruit augmente. On surdimensionnera donc la puissance de la résistance, on s'assurera ainsi une opération plus calme. Par exemple, si une résistance a besoin de dissiper 0.3 W, prendre 0.5 W est insuffisant, 1W est correct. Dans le cas où on se référerait aux paramètres du schéma d'origine, le taux de derating sera de 50%. Donc pour une résistance de 1W d'origine prendre 1.5W au minimum.
On soignera plus particulièrement tous les circuits de puissance, comme la polarisation (Bias) des lampes et les circuits d'alimentations hautes tensions d'une manière générale.
Concernant la précision des résistances de polarisation, elle passera de 10% à 5% de précision. Ainsi une résistance de 470ohms/1W/10% passera à 2 résistances en parallèle de 1000ohms/1W/5%, ce qui correspond à 500 ohms/2W/5%.

Derating des condensateurs :

Pour les condensateurs de liaison, l'augmentation du paramètre de voltage, sans rien changer aux autres paramètres, peut améliorer la qualité sonore du signal qui le traverse. Dans certains cas cela influe sur la fréquence de coupure du composant et donc de l'étendue de sa bande passante. Le taux de derating idéal serait de 100% dans la mesure du possible.
Pour les condensateurs de filtrage d'alimentation et de découplage, l'augmentation de la capacité et du voltage, améliore l'ESR et par conséquent la rapidité du signal. On veillera toutefois à l'encombrement du composant utilisé.

LES TECHNOLOGIES ADAPTEES A L'AUDIO :

Technologie des résistances :

L'utilisation de résistances à couche carbone, avec un bon derating, est la solution la plus économique. Cependant, on pourra utiliser aussi d'autres technologies plus stables, pour les parties plus sensibles de l'ampli, notamment la couche métal.



Pour les résistances quand la puissance requise est de 0.5W, les résistances à couche métal type SFR25 sont un très bon rapport qualité/prix.
Quand une résistance de forte puissance au-delà de 2W est requise pour les hautes tensions, on pourra utiliser de la bobinée vitrifiée qui offre le meilleur rapport qualité/prix.

Pour l'alimentation alternative des filaments des lampes, on pourra utiliser, des résistances couche métal non inductive. Valeur typique 100ohms/1W/5%.

Il en est de même pour les résistances d'entrée de l'ampli, couche métal non inductive. Valeurs typiques 68kohms/0.5W/5% et 1Mohms/0.5W/5%.

Pour les résistances de grille des lampes, on pourra utiliser des résistances au tantale.

Pour les résistances de cathode des lampes, on pourra utiliser des résistances au tantale ou céramique ou métal non inductive. Valeur typique quelques 100ohms pour les lampes de pré-amplification et quelques ohms pour les lampes de puissance.

Pour la distribution de toute la puissance, alimentations Haute Tension et NGV (polarisation négative de la grille), on pourra utiliser des résistances céramique. Il en est donc de même, pour les résistances d'anode, distribuant la haute tension aux lampes de pré-amplification, Valeur typique 100kohms.

Technologie des condensateurs :

Il existe de nombreuses catégories de condensateurs, ils se distinguent donc en grande partie par le diélectrique utilisé.
L'impédance d'un condensateur idéale varie avec la fréquence, contrairement à la résistance idéale. Par conséquent les **problèmes de linéarité**, augmenteront avec la capacité et avec la fréquence. Cette non-linéarité est la conséquence du phénomène d'absorption du diélectrique qui empêche de charger (ou décharger) complètement le condensateur à la fréquence du signal audio. Il en résulte un effet d'hystérésis. Il est donc souhaitable de chercher le matériel isolant avec la plus basse absorption diélectrique, et par conséquent, **la plus basse constante diélectrique**, notée " **K** ".

Diélectriques :	K :
Les électrochimiques :	
- tantale	11
- Aluminium	7
Les autres :	
- Céramique	4,5 à qq 100
- Mica	6,5
- Verre	4
- Papier	4
- Polyester	3,3
- **Polycarbonate**	3
- **Polystyrène**	2,5
- **Polypropylène**	2,2
- Teflon	2,1
- Huile	2
Les mixtes :	
- **Papier huilé**	2,2 à 3

Mais la linéarité du matériau n'est pas le seul critère et ne suffit pas à lui seul d'exprimer le comportement du condensateur en utilisation audio. La conception du condensateur dans son ensemble est tout aussi primordiale.

Voici **les critères de choix des condensateurs** pour les applications audio :
- Linéarité dans la bande de fréquence audio, de 20Hz à 20kHz pour la HIFI, et de 20Hz à 12kHz pour la guitare, sans atténuation et distorsion, ce qui signifie une fréquence de coupure suffisante des condensateurs, d'au moins 20kHz.
- Rapidité pour répondre au signal audio dV/dT élevée de l'ordre de 100V à 1000V / microseconde, ou plus.
- Tension d'utilisation et puissance adaptées aux tubes, avec le derating.
- Faibles pertes, faibles Facteur de Dissipation (DF) et faibles résistances série (ESR) et inductances série (ESL).
- Stabilité en fréquence et température.

Les diélectriques à éviter pour un son de bonne qualité :
- La céramique n'est pas du tout linéaire, sa caractéristique présente beaucoup d'hystérésis, le signal est donc fortement déformé au passage à 0. De plus elle ne répond pas du tout à la bande de fréquences audio, elle est utilisée en HF. Toutefois elle peut être utilisée pour ajouter des effets de distorsion au signal audio.
- Le tantale n'est pas très linéaire surtout dans les faibles tensions de polarisations. On lui préfèrera l'aluminium électrolytique.

La qualité du diélectrique est donc primordiale.

Les diélectriques compatibles avec l'audio sont :
- **polystyrène**, appelé aussi **Styroflex** (KS) et métallisé (MKS), exception pour Siemens qui les code (MKY).
- **polypropylène** (KP) et métallisé, ou métallique (MKP), et métallisé à huile (MKV).

- Polyester ou Mylar (KT) et métallisé (MKT), exception pour Wima qui les code (MKS) ce qui prête à confusion, très courants, peu recommandés.
- **Polycarbonate** (KC) et métallisé (MKC).
- **Papier huilé** (MP).
- Mica argenté.
- Aluminium à électrolyte liquide.
- Aluminium à électrolyte solide et semi-conducteur organique, type OSCON.
- Electrolyte à poudre de graphite, Black gate.

En condensateur de signal, pour les valeurs de 10pF à 22nF/500V voir 100nF, on utilisera, les condensateurs **polystyrène**, **Styroflex** de préférence métallisé, c'est véritablement la technologie la plus adaptée en signal audio. Il en est de même, pour les condensateurs en **mica argenté 10pF à 8.2nF/500V**, intéressant pour les fréquences aiguës de 4kHz à 10kHz, ils apportent plus de brillance au signal, mais le coût est plus élevé et sont très sensibles à la chaleur du fer à souder.

Pour des capacités plus importantes :

Toujours **en signal** on peut utiliser, les **polypropylènes** de très grande qualité, métallisés ou feuille de métal, ou huilé. Exemple type **716P** ou type **Auricap**. Dans certains cas, le **polycarbonate**. Mais je préfère les condensateurs au **papier huilé** car ils apportent une fluidité particulière ***(mais attention certains sont bien + lents que les MKP ou styroflex)***, en feuille d'aluminium ou mieux si vous n'avez pas de budget limite, les condensateurs au papier huilé, feuille de cuivre. Voir aussi **LISTE des COMPOSANTS AUDIO**

Remarque : Un condensateur non polarisé, a un ***côté basse impédance marqué avec une bande*** et un côté haute impédance. Donc un condensateur câblé à la masse, se fera via le côté basse impédance. En liaison, le côté basse impédance est câblé à la sortie du tube (anode). Une inversion de câblage n'est pas destructive mais en la respectant on gagne en rapport signal/bruit.

En filtrage de l'alimentation on utilisera, le **polypropylène métallisé**, ou métal (MKP) pour l'auto-cicatrisation, l'aluminium à électrolyte liquide, à **électrolyte solide/organique** (type OSCON), et enfin les condensateurs à électrolyte à poudre de graphite, **Black gate**, plus linéaire. On évitera cependant la série standard. Seul inconvénient dans l'utilisation des Black Gate, c'est qu'ils nécessitent une période de rodage de quelque 10 heures à quelque 100 heures, pour pouvoir délivrer avec le temps, toutes leurs possibilités. Comme les MKP, ils se stabilisent avec le temps, mais nécessitent plus de temps pour se charger plein pot.

Qu'est-ce que le découplage par dérivation ou by-passing ?

Le principe consiste à ***supprimer la composante alternative*** de l'alimentation ou du signal audio, en la court-circuitant à la masse via un condensateur. Découpler, dériver, ou rajouter en parallèle un condensateur électrolytique à un autre condensateur (typiquement 0.1µF) est une technique très pratiquée. Cela permet entre autres de réduire l'ESR tout en améliorant le comportement dans les hautes fréquences. Et il contribue également à réduire l'ondulation de tension de l'alimentation.
La configuration de condensateurs en cascade, comme par exemple : 47µF//1µF//0.1µF, donne généralement des résultats supérieurs en offrant une réponse en fréquence plus uniforme.
On s'intéressera particulièrement au ***découplage des alimentations hautes tensions***, ainsi qu'au ***découplage du signal audio sur les cathodes*** des tubes de pré-amplification et d'amplification.
Les condensateurs de découplage des cathodes devront être **rapides** et devront avoir une **réponse en fréquence audio la plus linéaire** possible.
En ce qui concerne le découplage de l'alimentation, elle est plus propre et répond rapidement aux besoins énergétiques des lampes, ce qui augmente la réponse et la dynamique du signal audio.

PRINCIPAUX FABRICANTS DE CONDENSATEURS AUDIO :

Pour les condensateurs au papier huilé :

,

Angela , Sequa , Kristall Cap , SicSafco et autres condensateurs NOS (New Old Stock)…si vous arrivez à en trouver, ils sont volumineux mais bon marché.

Pour les électrochimiques :

Condensateurs types OSCON, de chez : et , , et tous les autres fabricants (Elna cerafine, JJ/Tesla, Vishay/Sprague, Philips, Panasonic,…) suivant le budget et les spécifications.

Pour les condensateurs à films :

Se reporter aux spécifications du fabricant, (Wima série FKP1, FKP2 et FKP3, Solen Fastcap, SBE Orange drop série 716P, IT Electronic (Intertechnik) pour audyn-cap plus, Audience pour Auricap, …).

D'une manière générale, pour remplacer un condensateur, on veillera à connaître ses spécifications. C'est pour cette raison que les sociétés de vente par correspondance de composants électroniques, sont bien plus pratiques, car les datasheets sont plus facilement disponibles pour vous aider dans votre sélection.

CONCLUSION DES COMPOSANTS PASSIFS :

L'idéal pour le signal audio (signal alternatif), est qu'il traverse le moins de composants possible, afin de ne pas être détérioré. C'est pourquoi, on veillera à le " freiner " le moins possible, par le choix de la technologie et les paramètres, des résistances et des condensateurs.

Pour l'**alimentation**, la technique du **by-passing** d'un condensateur est la technique la plus simple à réaliser. Toutefois, il faudra veiller à sa bonne tenue mécanique.

L'utilisation des **condensateurs de liaison** (couplage) est incontournable pour séparer le signal alternatif du continu. En dehors du problème de linéarité, une **forte valeur** est toujours préférable afin de ne pas réduire les basses fréquences mais attention aux aigus. En effet, un condensateur a sa propre fréquence de coupure, Fc, où il commencera à atténuer. Il paraît évident que Fc devra être la plus grande possible >> à 10 kHz ou 20 kHz en HIFI. En observant la réponse fréquentielle du condensateur, on constate qu'elle est fonction de sa capacité et de sa tension de service.

Si l'on ne peut pas trouver de compromis, on pourra compenser la perte des aigus en **rajoutant en parallèle 1 condensateur de plus faible valeur, de type Styroflex ou Silver mica**, au condensateur de liaison d'origine de forte valeur. C'est une solution intéressante (technique identique au by-passing) elle **permet de linéariser**, mais on veillera toutefois à ne pas provoquer d'instabilité au système en rajoutant de ce fait une **seconde constante de temps** inadéquate. Ainsi le spectre de fréquence audio sera compensé. C'est une solution plus facile à appliquer, que de remplacer des composants, notamment les condensateurs de liaison, implantés sur un circuit imprimé.

Si le remplacement est nécessaire, il faudra alors veiller à respecter le pas, sans détériorer les pastilles du circuit, par un trop long chauffage du fer à souder. De plus, **pour ne pas détériorer les condensateurs audio**, il faudra aussi veiller à ne pas les chauffer trop longtemps avec le fer, **pas plus d'une seconde à 1.5 secondes**.

En résumé : sans rentrer dans le jeu de la surconsommation et du matérialisme, un bon choix technologique, avec un derating des résistances et des condensateurs sur les parties sensibles de l'ampli, un by-passing adéquat et l'amélioration des condensateurs de liaison. Tout cela peut vous procurer une amélioration des plus conséquente. (Voir **sécurité**)

© Conception et réalisation depuis mars 2003.