

1. Pourquoi cet article ?

Comme pour mon [article précédent sur le PP ELC86](#), j'écris cela d'abord pour moi. Cela me permet de coucher par écrit, et donc de clarifier les concepts, mécanismes, calculs etc. Si accessoirement ça peut rendre service à d'autres, tant mieux !

L'objet de l'étude est donc un Double Push Pull d'EL 84 dont voici l'histoire.

2. Un peu d'histoire

Le contexte est bien sûr celui de notre forum favori, <http://audiyofan.org>

- En **Février 2008**, l'ami Nicolasmillet écrit :

Salut à tous,

ben voila, je me suis fixé les lampes pour mon ampli, ce sera de l'EL84...

J'ai un peu fouillé sur le net pour savoir ce que tout le monde en pensait un peu, et comme d'habitude, on trouve de l'avis qui va de l'excellent au pourri total sur ces lampes...

J'adore !!! C'est ce qu'il me faut !!! J'adore la contrariété, j'aime quand ça remue autour d'un sujet sur lequel personne n'aura jamais le même avis !!!

Donc voila, je cherche un schéma qui me permettra de driver mes petites biblios style proac tablettes ref 8 avec le plus de dynamique dans le grave, tout en restant juste sur le medium et l'aigu. ...

La réponse de Yves07 ne tarde pas :

2 x EL84 + 1 x ECC83 = 2 x ECL86 sous stéroïdes !

cf http://www.dissident-audio.com/PP_ECL86/Page.html

Oui, on peut mettre 4 x EL84 par canal pour avoir plus de 2 x 20 Watts

Un double PP (tubes de sortie mis en //) présente cependant plusieurs avantages :

- On divise par 2 l'impédance de sortie du transfo de sortie ce qui facilite la tâche
- On double la puissance de sortie (La pente double, le courant aussi), mais pas le swing d'entrée (tension à fournir par l'étage qui précède les finales) qui reste le même.

Et d'après les experts, je cite Trappeur : « *Au final une impression de dynamique très supérieure, une vrai pêche même avec des "petits" tubes comme EL84 ou 6V6 .. Que des avantages !!!* »

Et le 17 mars 2008 sortait le premier schéma... Après le succès de l'ampli « PP ECL86 », Yves Monmagnon (<http://www.dissident-audio.com>), bien connu sur tous les forums de passionnés audio,

nous a concocté une version plus puissante avec un double push-pull d'EL84. L'essentiel du schéma est repris du PP ECL86, mais avec quelques modifications que nous allons lister et analyser ici.

- En **janvier 2011** (après 82 pages de discussion sur le forum !), Seb alias Wismerhill nous propose un PCB deluxe, comme il l'avait déjà fait pour le PP ECL86. C'est l'enthousiasme. Combiné aux transfos bobinés par Erato, cet ampli remporte un franc succès. Le PCB évite les problèmes de mises au point que les premiers « câbleurs en l'air » ont connu.
- Une 2^e version du PCB (**indice B**) sera proposée en **Juillet 2013** notamment pour introduire des Zeners de sécurité dans les cathodes et contourner un problème qui apparaît au-delà de 10W (cf paragraphe 8 « Le problème au-delà de 10W »)

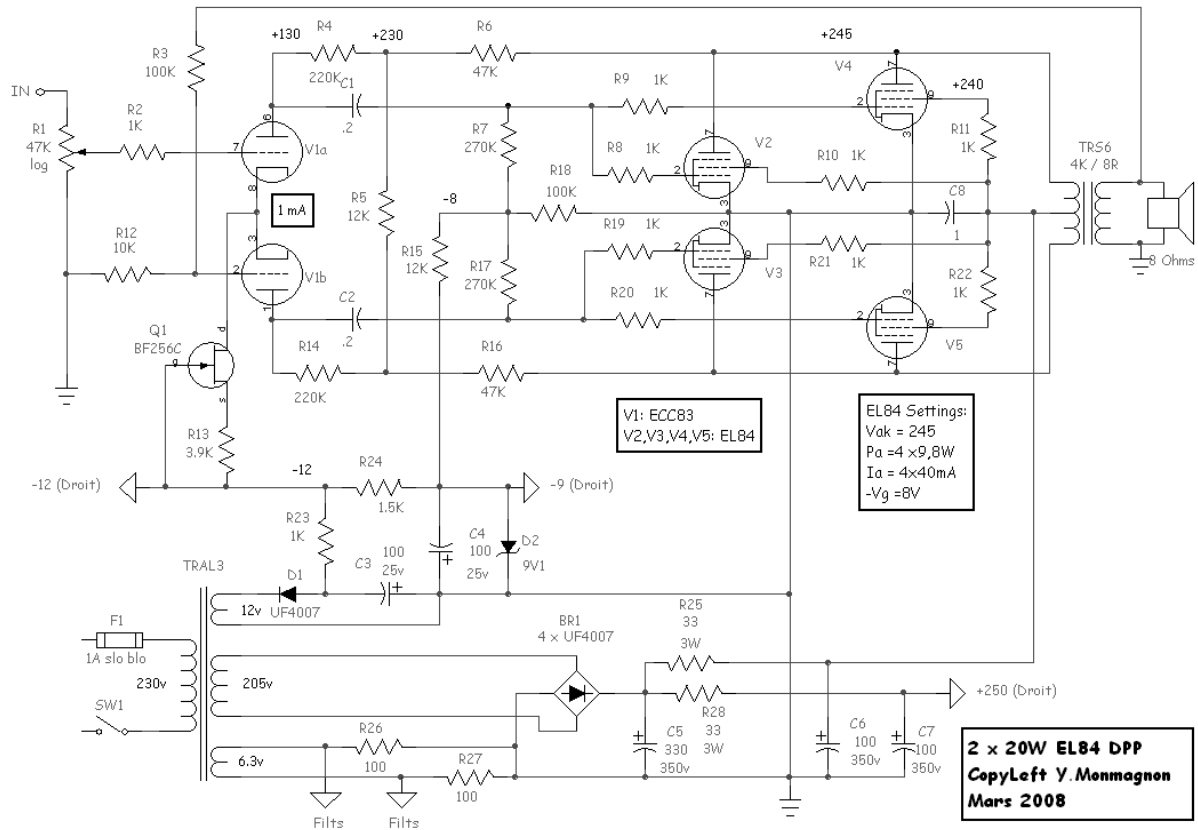
3. Contenu de cette étude

Nous ne reprendrons pas dans cet article tout ce qui a déjà été présenté lors de l'article PP ECL86 : calcul des points de fonctionnement, des droites de charge, utilisation d'une CCS dans l'étage déphaseur.

AVERTISSEMENT : cet article ne se veut ni complet ni exhaustif. Grâce à la relecture de nombreux membres, on a essayé de ne pas écrire de grosse bourde, mais le sujet est suffisamment complexe pour susciter des débats pertinents. Nous avons ici fait des choix d'explications qui ne sont en aucun cas LA VERITE, mais simplement une approche. S'il peut aider certains à mieux comprendre ou à avoir envie de creuser tel ou tel aspect, il aura rempli son rôle.

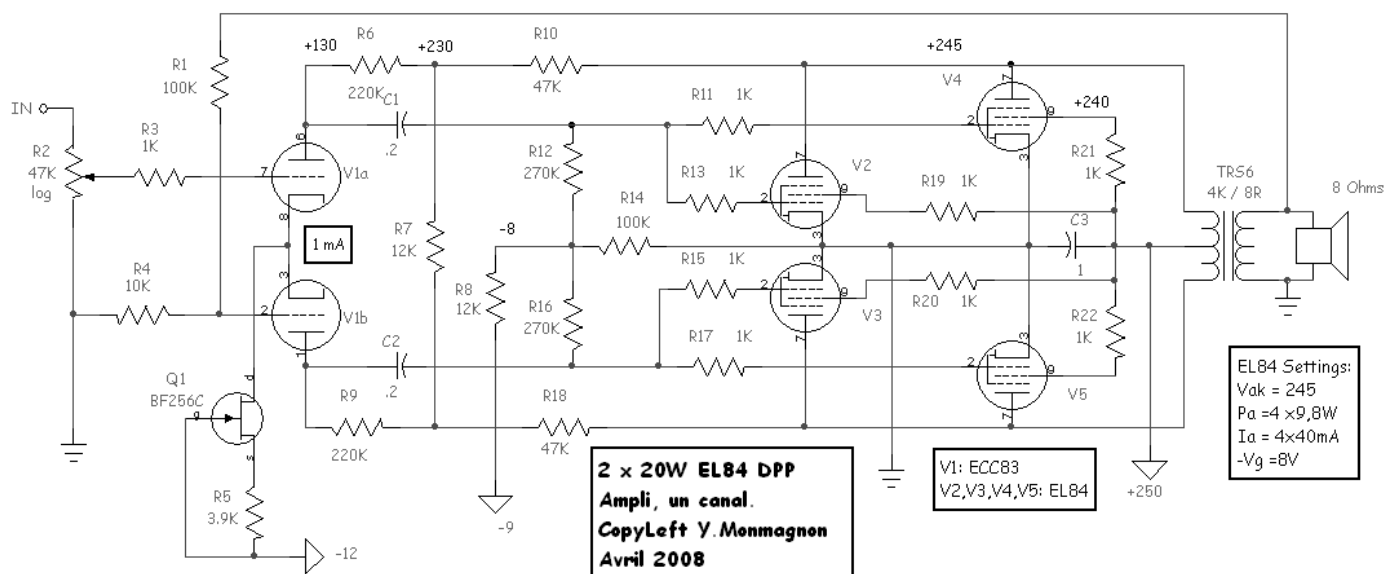
4. Versions identifiées

a. Le schéma initial



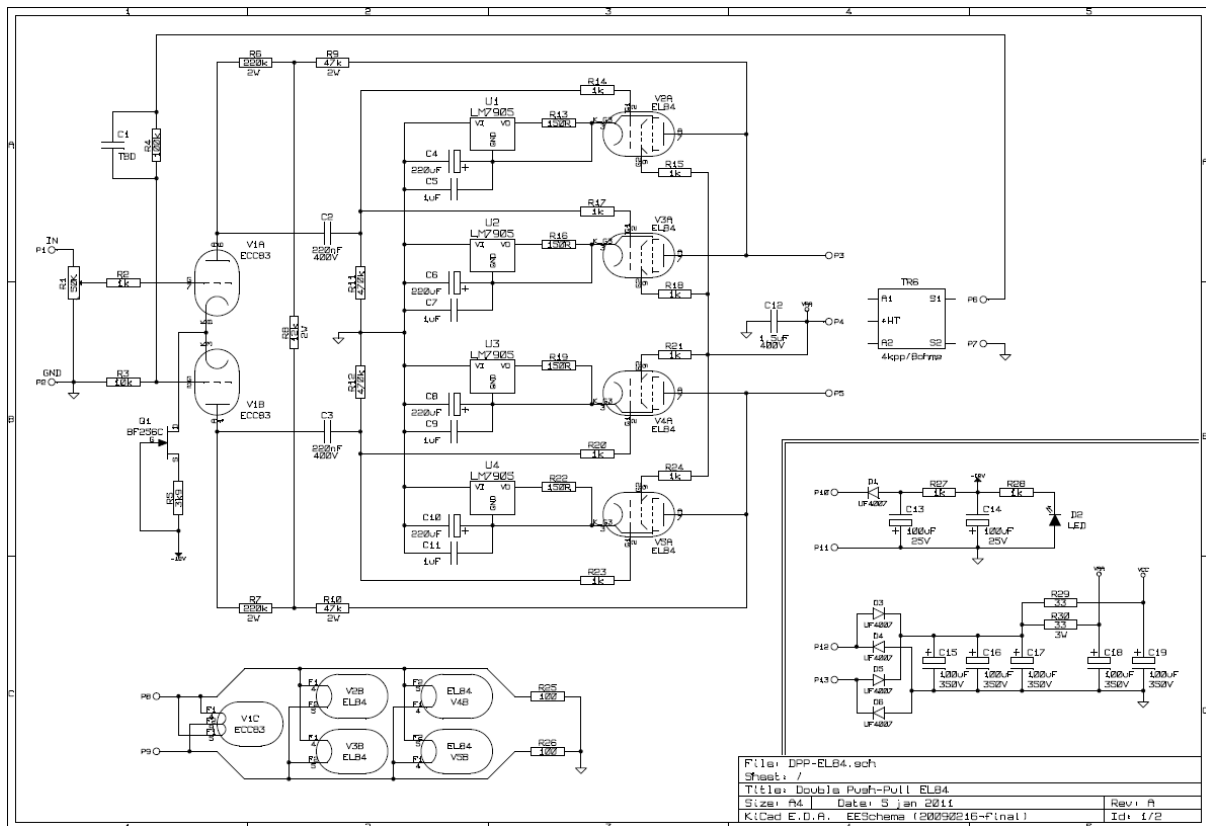
- Double Push-Pull : 2 EL84 en // dans chaque branche
- Polarisation fixe par alimentation négative (-9V)
- Comme pour le PP ECL86, étage déphaseur « Schmitt » amélioré avec une CCS et CR dans les alimentations des anodes

Un autre schéma paraît en Avril 2008 (**seule change la nomenclature**) :

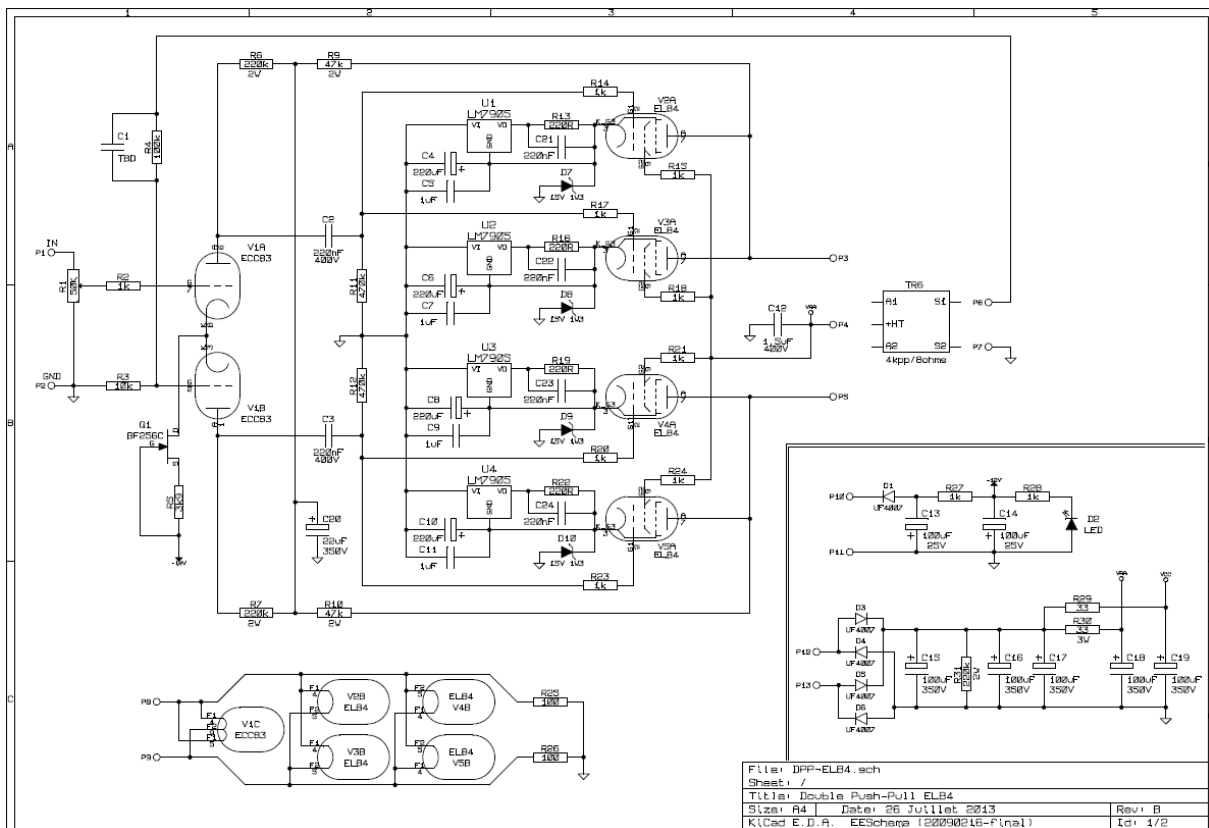


On trouvera en Annexe un tableau de correspondances entre toutes les nomenclatures.

b. Schéma du PCB de 2011



a. Schéma du second PCB « indice B » (juillet 2013)



- Passage des valeurs des résistances de régulation des cathodes de finales (R13, R16, R19 et R22) de 150 à 220 Ohms, afin de réduire le courant de repos des EL84
- Ajout de condensateurs (500nF céramique) en parallèle sur ces résistances R13, R16, R19 et R22 pour supprimer les oscillations constatées sur les régulateurs 7905.
- Ajout de diodes zeners de « sécurité » (cf ci-dessous le paragraphe « Et les Zeners ? »)
- Ajout d'une résistance « bleeder » 220K/2W en parallèle sur C15 pour vider rapidement les condensateurs à l'extinction
- Afin de résoudre (provisoirement) le problème discuté au paragraphe 8 « Le problème au-delà de 10W » :
 - Suppression de R8 (court circuitée)
 - Ajout d'un condensateur C20 de 22µF 350V entre ce point et la masse (suppression de la CR symétrique en attendant mieux).

b. Autres modifications discutées qui restent possibles :

1. Yves suggère la suppression de R9 et R10 (R109 et R 110) et leur remplacement par une unique 27K entre le + de C20 (C120) et le +HT du même canal: C18 (C19).
2. Pour augmenter la **sensibilité**, on peut réduire la résistance R3 (schéma PCB) de 10K à 4K7 ou même 3K3. En effet R3 constitue avec R4 un pont diviseur pour l'application de la CR. En diminuant R3 à 4K7, on diminue la CR et la limite de saturation de l'entrée se situe autour de 3V càc soit 1Veff (+3dB)

5. Alimentation

On verra successivement 2 transfos définis par Yves et bobinés par Charly pour cet ampli, le TRAL3 puis le DA171 :

TRAL3 :Tension HT prévue : 205V, ce qui a près redressement donnera 250V en continu.

TRAL3		
	VA Total	Taille
	160	EI96B
2 x 4 x EL84		0.6W/kg
	Tension	Courant
Primaire	215, 230, 245	0,7
Ecran statique		
Secondaire 1	205	0,5
Secondaire 2	6,5	4
Secondaire 3	6,5	4
Secondaire 4	12	0,1

DA171: 2 tensions HT au choix : 200 ou 235, ce qui donnera après redressement 250 ou 285V

Ref	Usag	Typ	Pri	W	Pri2	Sec1	Sec2	Sec3	Sec4	Sec5	Sec6	Sec7	Sec8	BP	Size	Weight	Rem
DA171a	PSU	TA		150	230 x 0,7	6,3 x 4	6,3 x 4	235-200 x 0,5	12 x 0,05					50	EI96	2,5	DPPEL84

On se souvient que la formule arrondie de la Puissance Max pour un PP de tétrodes/pentode est :

$$(2,8 * HT)^2 / Z_{pp} / 8$$

On aura donc une Pmax :

- de 15W env pour un secondaire à 205V
- et les 20W env demanderont d'utiliser le secondaire 235V

6. Le TRS

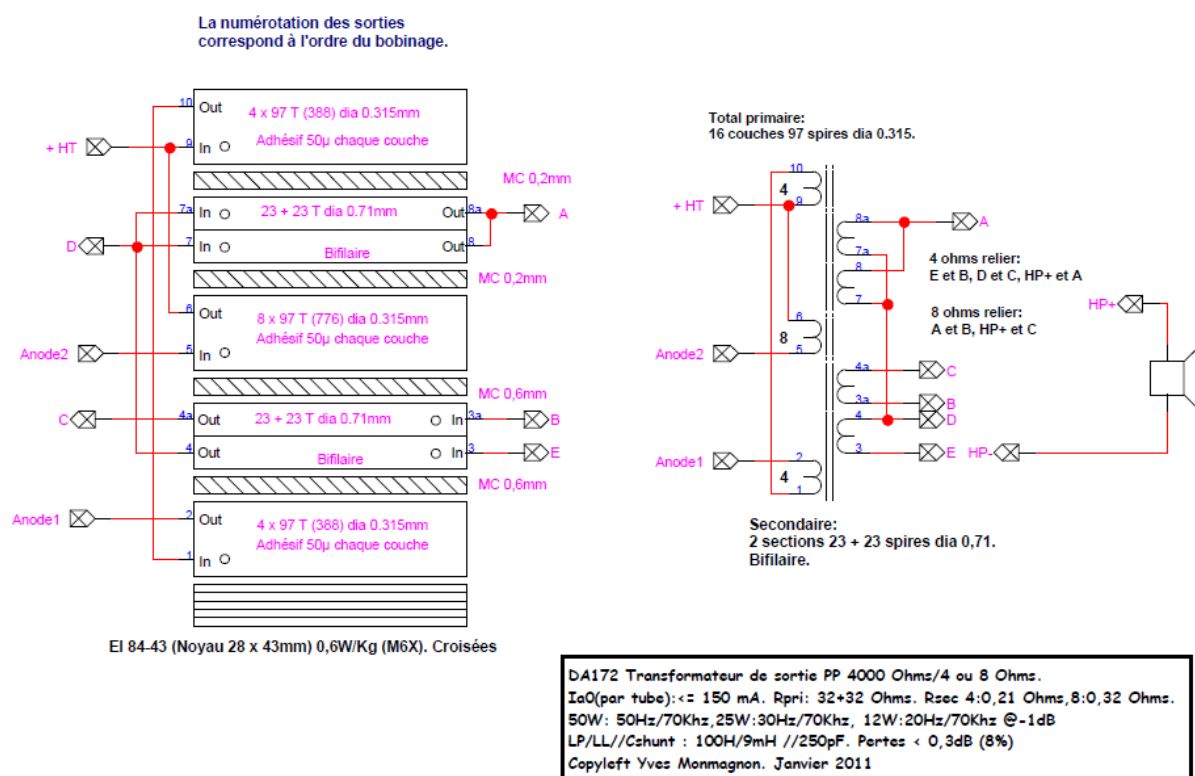
le TR6 a-t-il évolué depuis sa version de Mars 2008?

Oui !

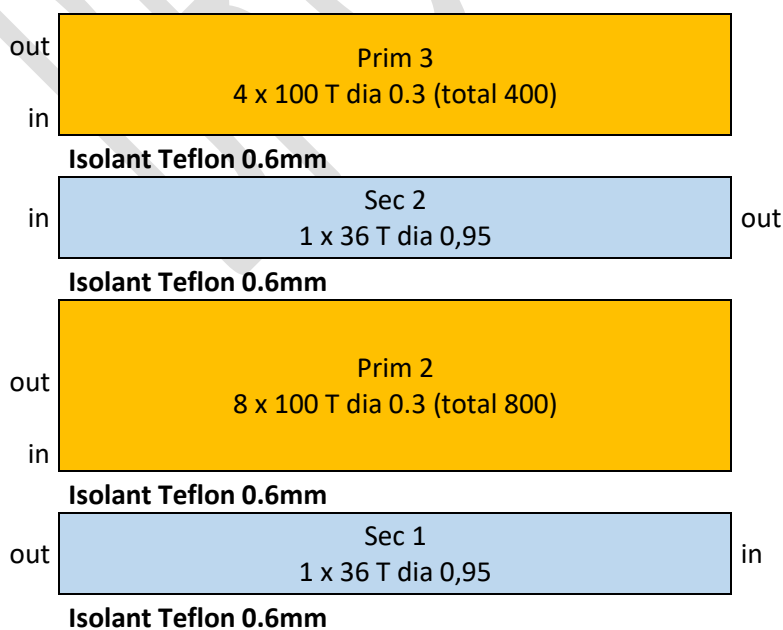
- Anecdoticquement rebaptisé DA172,
- Secondaires en 4 ou 8 ohms,
- Extension de la BP en haut de bande,
- Infos supplémentaires sur la BP en bas de bande si utilisé à plus forte puissance.

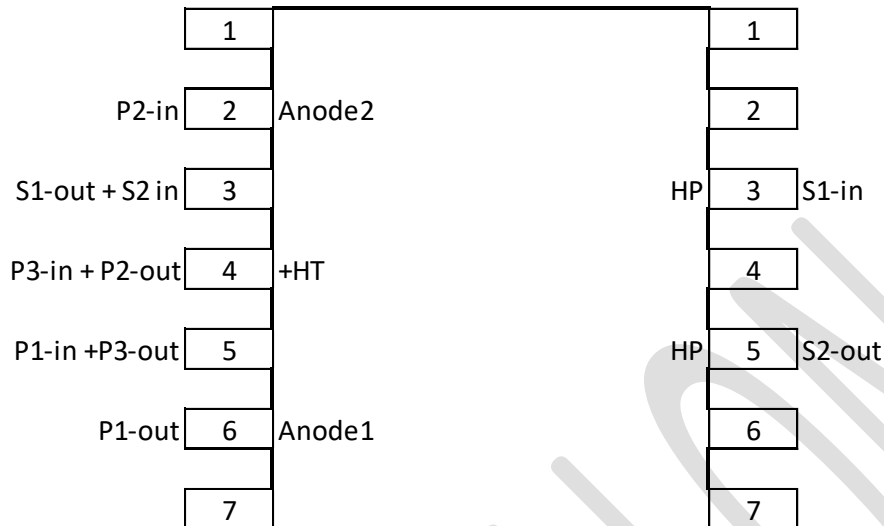
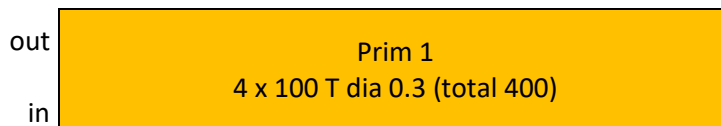
Voici, gratuitement la fiche de bobinage (des fois que des espions chinois puissent faire fabriquer ce transfo à moitié prix 😊)

<http://www.dissident-audio.com/Transfos/Dissident/Fiches/DA172.pdf>



Ne disposant pour ma part que de tôles EI96 j'ai bobiné ma version «DA172-version GB » comme suit (noyau M6X EI96-46) :





Comparaison des signaux en sortie de 2 Transfos :

- Un transfo Magnetic 3.5K ohms sandwiché, EI126-50
- Un transfo bobiné par mes soins sur base DA-172, mais sur EI96-46

Sorties signaux carrés à 2W (3.2Veff sur 5 ohms)

(sur la baisse du plateau voir Square Wave sag dans Valve Amplifiers de Morgan Jones)

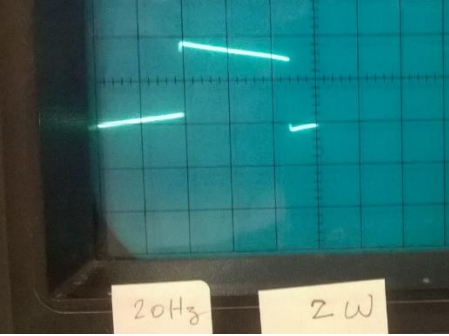
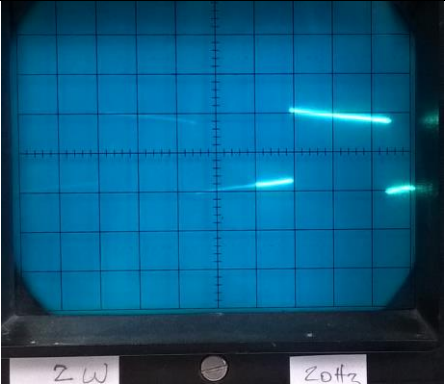
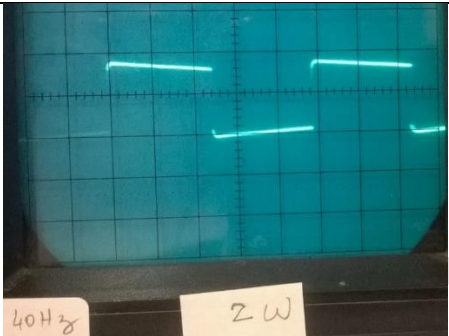
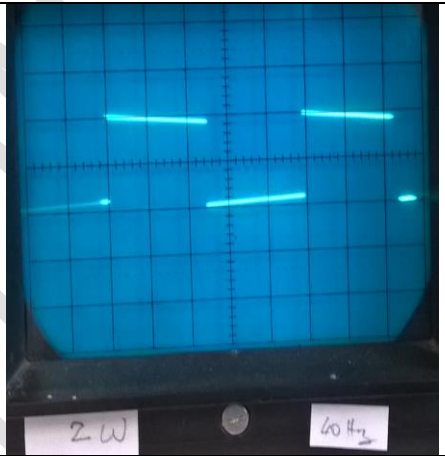
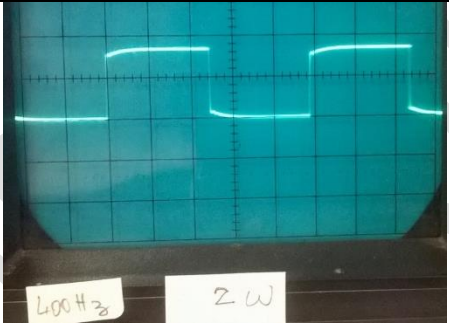
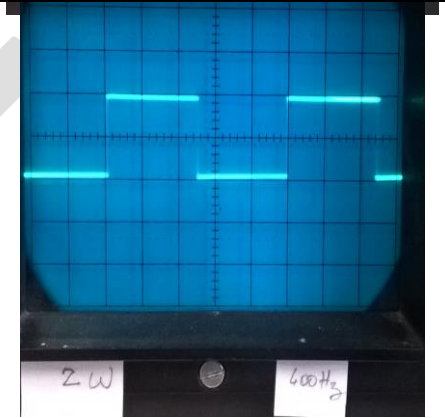

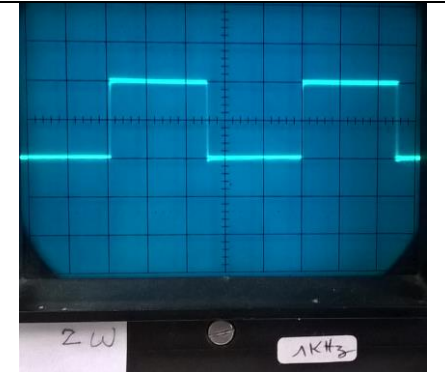
PBEN : Pour info, la mesure en carré n'est pas bien significative :

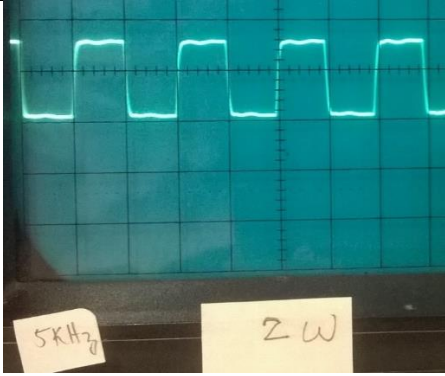
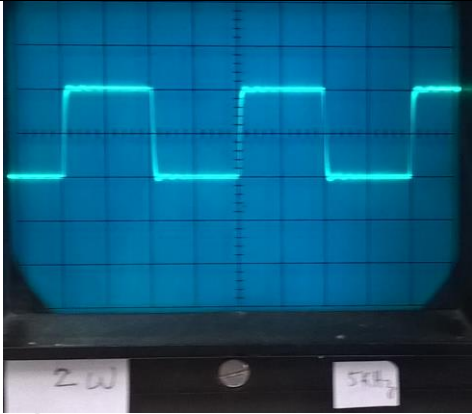
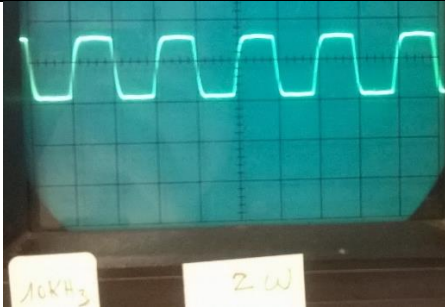
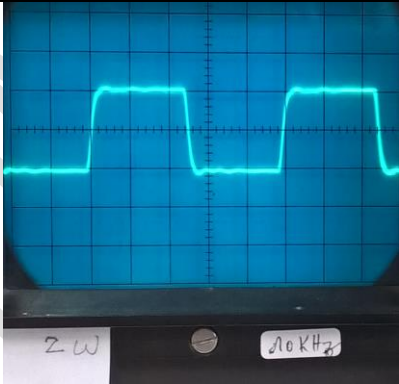
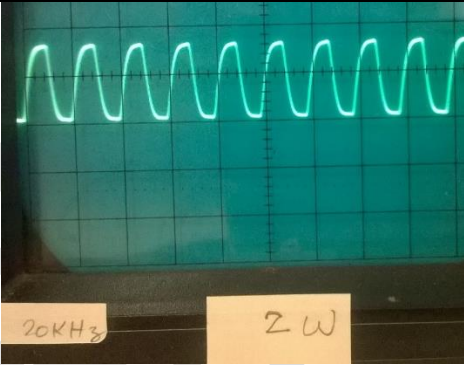
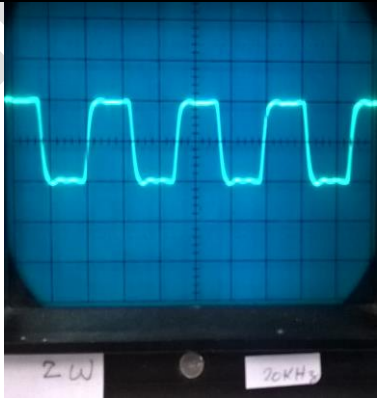
- Un écrêtage en carré ne se voit pas
- La forme des signaux (montée, descente et oscillations) est difficile à interpréter...
- La puissance moyenne dans la charge est doublée

Perso - et je ne suis pas le seul - je fais deux mesures en sinus :

- Une à 4 Vc en sortie (2.83 Veff) soit 1Wrms sous 8 Ohm (C'est l'ordre de grandeur de la puissance moyenne utilisée dans un salon)
- Une à 90% environ du signal qui provoque le début d'écrêtage, (ici probablement entre 12 et 15 Vc en sortie). Cela donne la limite d'utilisation qui ne devrait pas être dépassée.

	MAGNETIC	GB sur base DA
--	----------	----------------

<p>20Hz</p>		
<p>40Hz</p>		
<p>400Hz</p>		
<p>1KHz</p>		

5KHz		
10KHz		
20KHz		

Ma conclusion: Les 2 transfos sont assez similaires. Cependant, le bobinage GB sur base DA172 affiche des carrés nettement plus beaux dès 400Hz et ce jusque 20KHz.

La capacité parasite est probablement plus faible. C'est ce que confirme la mesure :

	Magnetic	Autre GB	GB sur base DA
Inductance Primaire (Lp) (50Hz, 230V)	296Hy	324Hy	291Hy
Inductance de fuite (Lf)	4,2mH	8mH	3,1mH
Capacités parasite (Cp)	637pF	687pF	316pF

7. La polarisation des EL84

C'est la modification majeure apportée entre la version ECL86, repris dans le schéma initial de 2008 (polarisation fixe par alimentation négative et verrouillage par une zener de 9V) et la version finalement retenue, à savoir un courant cathodique automatiquement fixé par les LM7905 et qui est fonction de la valeur de la résistance associée.

a. Valeur de la résistance associée au 7905

$R = 5 / I$ où I est le courant souhaité.

Par exemple pour 40mA par tube: $R = 5 / 40 = 125 \text{ Ohms}$.

- La résistance de 150 ohms (schéma Janvier 2011) fixe ce courant à 33mA par tube.
- Celle de 220ohms adoptée en Juillet 2013 réduit le courant de repos à **23mA** et diminue l'échauffement global

Si l'on veut modifier le courant de repos, il suffit de modifier cette résistance, mais en prenant garde de ne jamais dépasser la dissipation maximum absolue de 12W par tube

Il est indispensable de remplacer dans ce cas les 4 résistances en même temps et de ne surtout pas tenter d'égaleriser les tensions de cathodes qui peuvent (et qui vont effectivement) prendre des valeurs différentes selon les dispersions entre les tubes.

C'est accessoirement un moyen de vérifier "l'état de santé" des tubes :

une faible tension de cathode indique un tube fatigué.

Un tube neuf et nerveux va se retrouver automatiquement avec une tension de cathode élevée

Les EL84 "pompées" auront une tension de cathode < 6V.

Entre 8V et 12V elles sont OK.

Si elles ont été stockées plusieurs années les laisser chauffer au moins 1 heure, la tension peut monter (réactivation du getter).

Equilibrage des courants ou des tensions ? Les 7905 assurent un **courant** constant et non une tension constante. Les tensions mesurées sur les cathodes des EL84 seront plus que probablement disparates puisque les CCS (7905) vont leur imposer des courants égaux ce qui nécessitera des tensions de polarisations inégales en raison des dispersions d'un tube à l'autre (à moins de les appairer, mais ça ne durera qu'un temps).

Il est important que les courants soient égaux pour qu'ils se compensent dans le transfo de sortie et ne le "prémagnétisent" pas.

b. Et les Zeners ?

Le scénario qu'il faut éviter serait que les 7905 passent en "sécurité" suite à une surcharge (ils ont une limitation interne de courant qui fait ça), ils se retrouvent alors avec toute la HT (enfin presque) et ils meurent de surtension, le condo suit.

Il faut donc un circuit de protection !

Simple, brutal mais peu élégant : une zéner entre chaque cathode et la masse (la cathode de la zéner

1001



- 8

Li
SCsc
j'
Yv
deLe
Je
duJe
du
U

U
fo
10

Il en a déjà été question dans ce fil (ou un autre ?). L'anomalie se corrige en augmentant les condos de filtrage . . . ce qui a aussi d'autres conséquences . . .

En bref, la modification la plus simple est, pour l'instant, de supprimer cette CR locale 🚫

Mais je ne désespère pas . . . au moins de comprendre ce qui se passe . . .

J'ai aussi "refroidi" un peu les EL84 en portant la valeur des résistances de réglage de la polar à 220 Ohms.

9. Prise de mesures sur un exemplaire réel

A REPRENDRE

(MAX=400Hz 10W) à refaire avec 3V càc en entrée

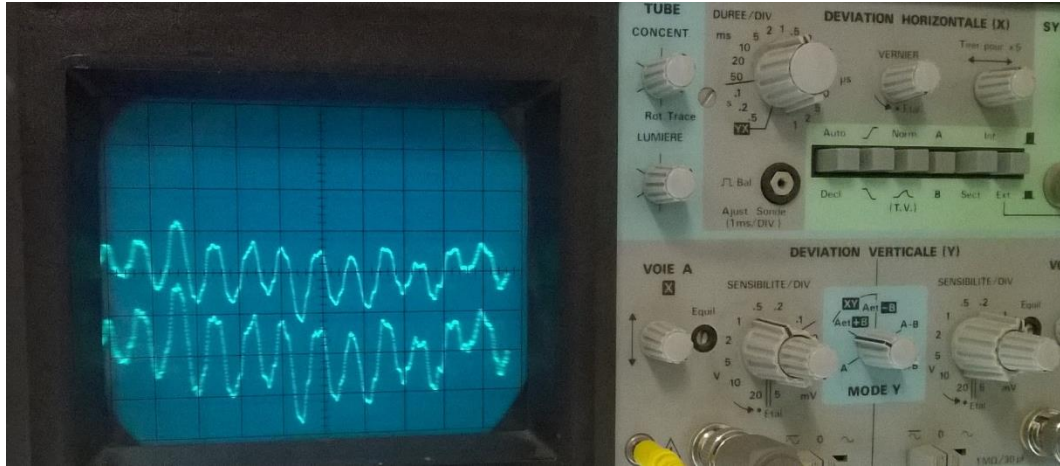
HT finales (B+)	267 V			
HT déphaseuses	176V		188V	
Tension/Forme en entrée	2Vcàc (0.8Veff) Sin			
Swing MAX (Grilles finales)	20 V càc			
Polarisation des cathodes EL84 au repos	10.3V	10.3V	10.3V	10.3V
Ia repos par demi-primaire	39mA (continu)		0mA (Alternatif)	
Ia MAX par demi-primaire	74mA (continu)		173mA (Alternatif)	
Ia repos PàP	0		0	
Ia MAX PàP	0		93mA (Alternatif)	
V MAX PàP	0		240 V (Alternatif)	

Ia repos : 39mA, disons 40, cela veut dire 20mA pour chaque EL84 (versus les 23mA théoriques).

Signaux sur vraie musique

En haut, signal entrée (lecteur CD) à 2V/div. (calibre 0.2 avec sonde 1/10)

En bas, signal sortie sur HP 8 ohms à 5V/div.(calibre 0.5 avec sonde 1/10)



On voit que le lecteur CD sort plus de 4V càc, soit env 1.5V RMS ou +6dBu (+4dBv),

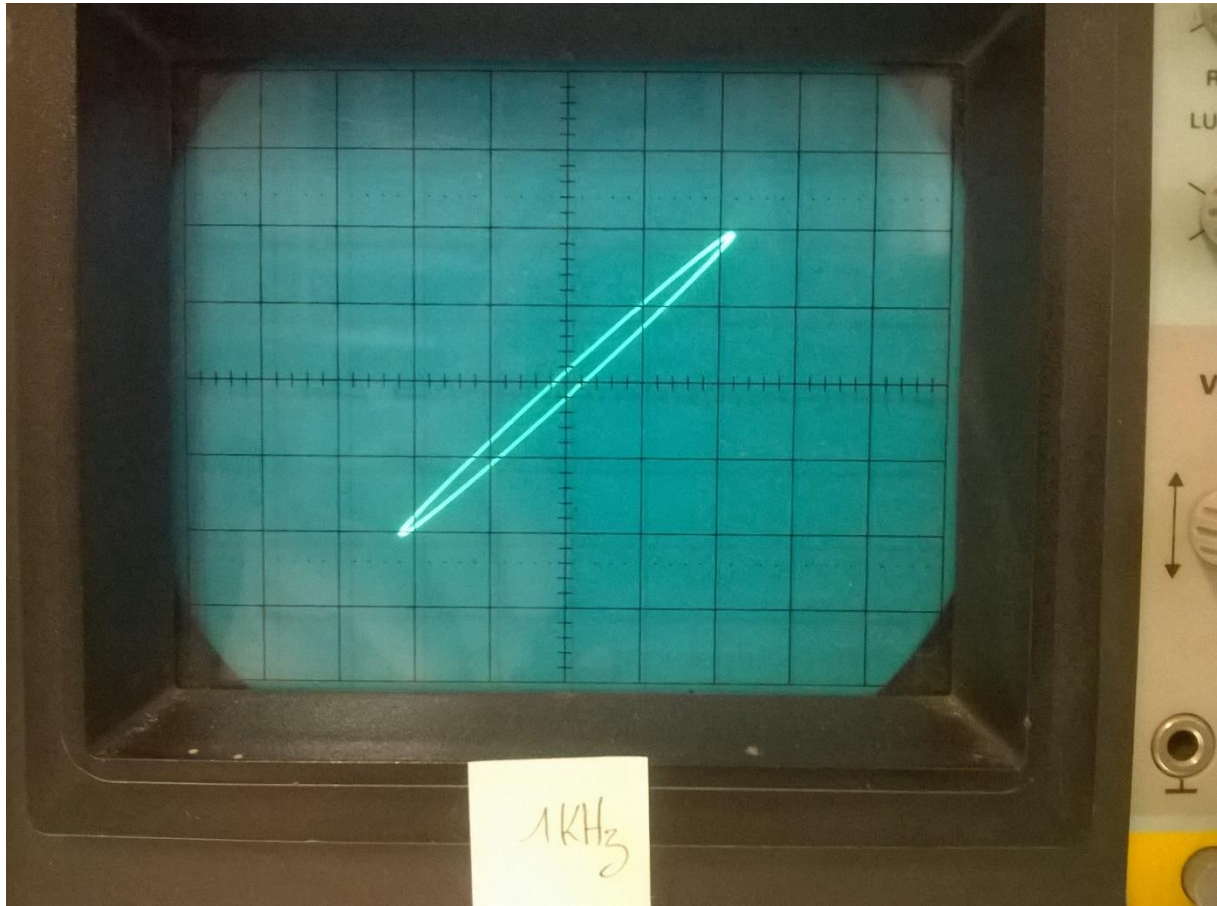
(cf Morgan Jones : CD : 2V RMS max (+8dBu) = de facto standard

Mesure de la rotation de phase en fonction de la fréquence.

Avec les mesures de Lissajous, lorsque les signaux sont en phase on observe une droite inclinée à 45° .

Généralement, à 1Khz, tous les amplis y arrivent.

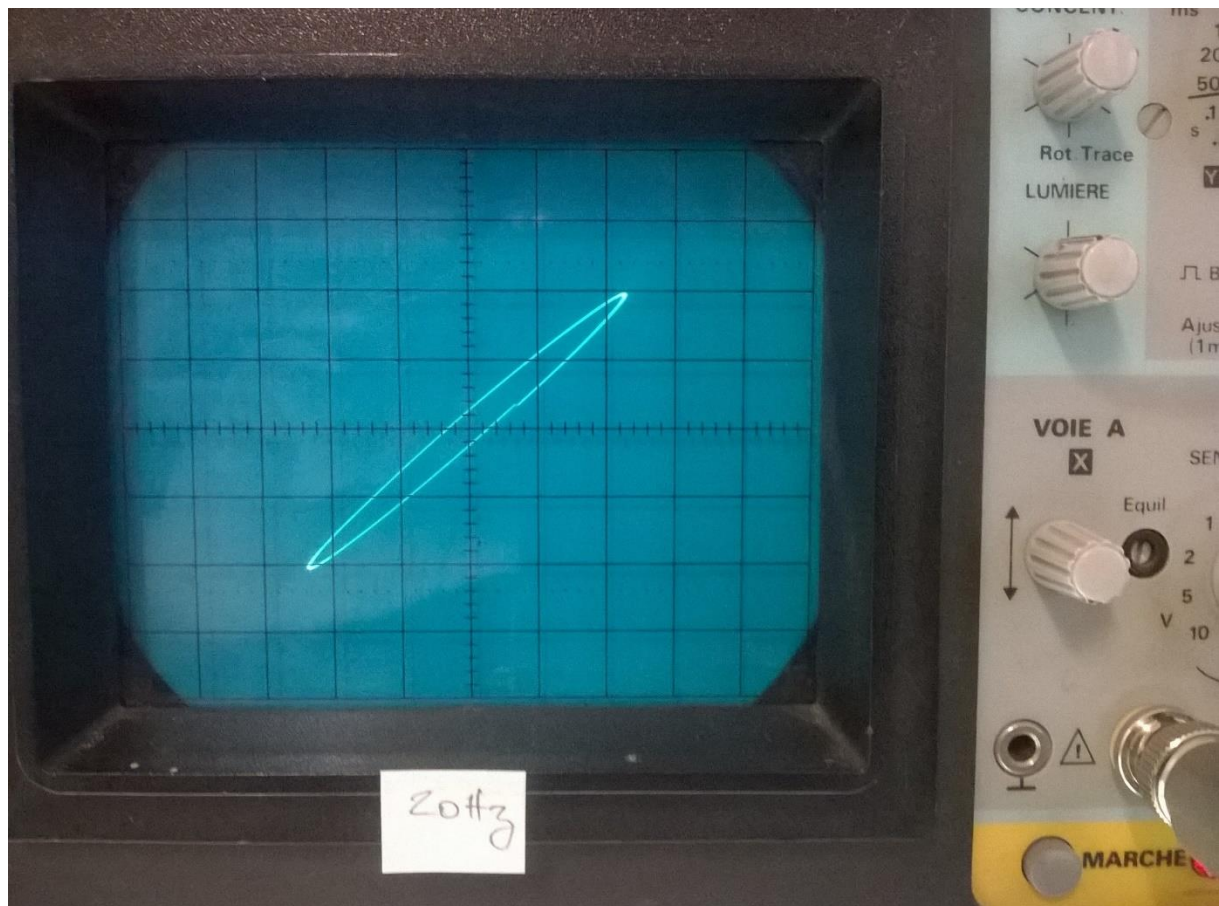
Ici à 1KHz, environ 5° :



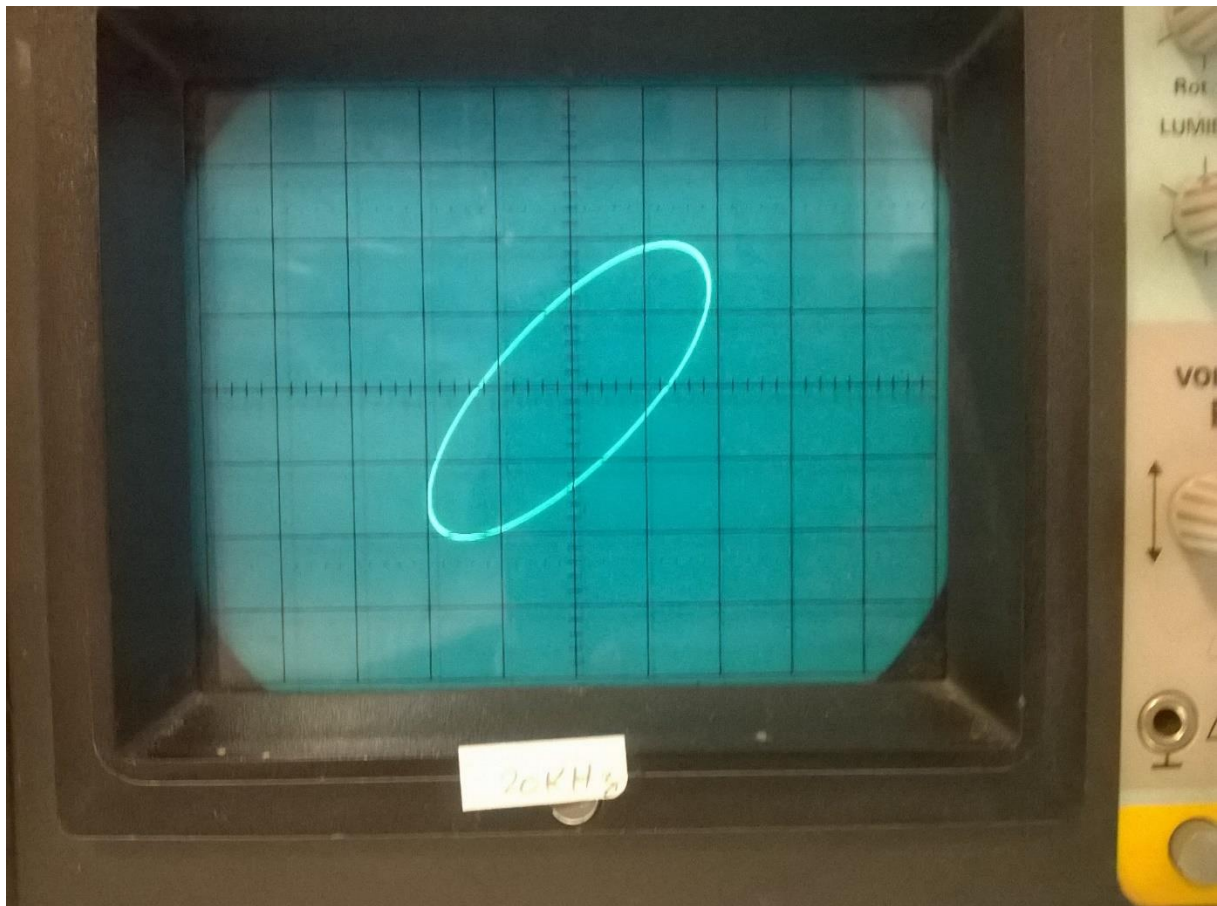
En changeant la fréquence du géné, on voit que le déphasage augmente aux extrémités de la bande audio.

Le déphasage introduit par l'ampli se traduit par une trace en forme d'ellipse.

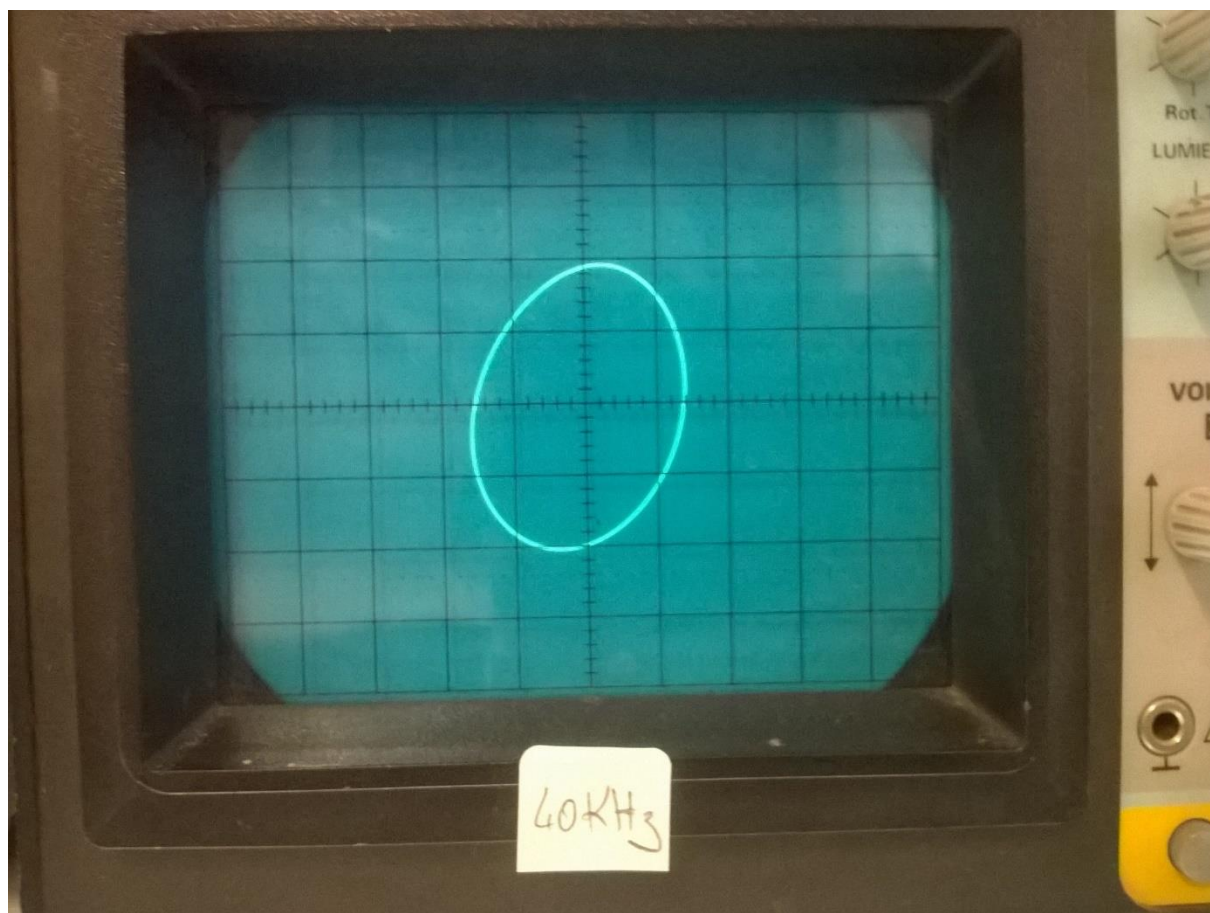
Vers le bas du spectre, le déphasage reste à peu près identique. Ici à 20Hz, toujours 5° :



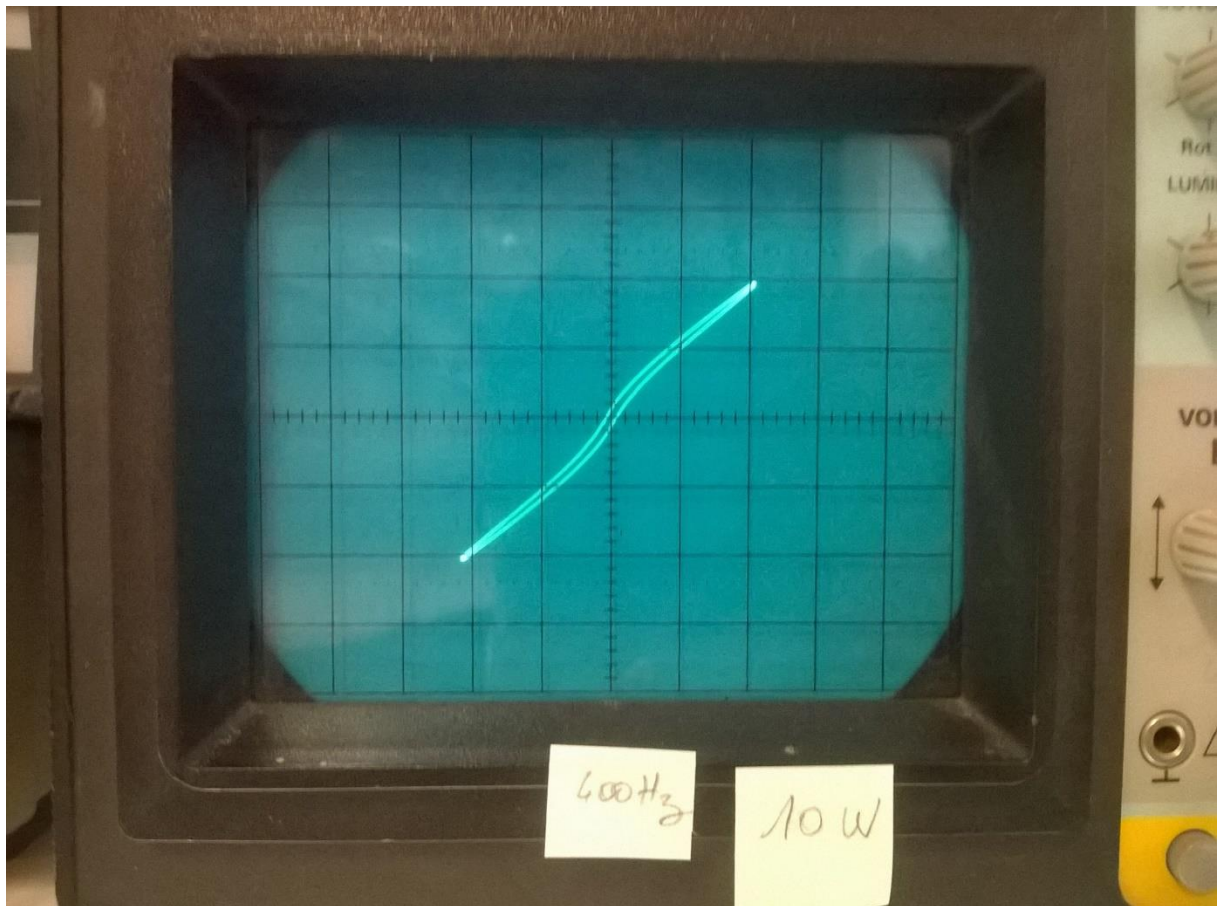
Par contre vers le haut du spectre on voit que le déphasage augmente. Ici à 20KHz (environ 40°):



Si elle devient un cercle, le déphasage est de 90° . Ici à 40KHz (environ 80°)



Une forme de "S" (courbée aux deux bouts) est provoquée par des harmoniques impaires.
Ici à 400Hz quand on pousse l'ampli à fond ($>10W$)



Essai de représentation du déphasage afin de trouver le filtre adapté à la CDiff :

Contre Réaction :

La grille « du bas » est celle normalement « à la masse », le signal d'entrée arrivant sur celle « du haut ». Sur le schéma initial la grille du bas reçoit un signal de CR sur le diviseur $R1/R4$ ($100K/10K$), soit 10% ou -20dB. Sur le modèle construit, le diviseur fait en réalité $100K/4K7$ (voir b2 ci-dessus) soit 5% afin d'augmenter la sensibilité.

10. La construction

Elle a été grandement facilitée par les PCB de Seb, et Cowenko a rédigé un magnifique tutoriel que l'on trouvera en <http://www.audiyofan.org/forum/viewtopic.php?f=60&t=9135&start=30>

Tout se passe donc au mieux.

Je suis juste agacé par le ronflement 50Hz du transfo d'alim pourtant réalisé selon les normes « dissidentes ». Du coup j'en profite pour explorer une voie souvent évoquée et rarement détaillée : la mise en pot avec résine sous vide : **<A SUIVRE>**

ANNEXES : Table de correspondance des nomenclatures

rôle	valeur	Mars2008	Avril 2008	PCB-A	PCB-B gauche	PCB-B canal droit
pot entrée	45K	R1	R2	R1	R1	R101
grid entrée	1K	R2	R3	R2	R2	R102
CR	100K	R3	R1	R4	R4	R104
anode dephaseur	220K	R4 R14	R6 R9	R6 R7	R6 R7	R106 R107
CR symetrique	12K	R5	R7	R8	pontée	
alim HT dephaseur	47K	R6 R16	R10 R18	R9 R10	R9 R10	R109 R110
grille sortie	270K	R7 R17	R12 R16	R11 R12 470K	R11 R12 470K	R111 R112
grid finales	1K	R8 R9 R19 R20	R11 R13 R15 R17	R14 R17 R20 R23	R14 R17 R20 R23	R114 R117 R120 R123
G2 finales	1K	R10 R11 R21 R22	R19 R20 R21 R22	R15 R18 R21 R24	R15 R18 R21 R24	R115 R118 R121 R124
grid dephaseur	10K	R12	R4	R3	R3	R103
pied CCS	3.9K	R13	R5	R5	R5	R105
pola finales	12K	R15	R8	-	-	
pola cathodes finales	100K	R18	R14	-	-	
pola neg	1K	R23	(alim)R2	R27	R27	
pola neg	1.5K	R24	(alim)R1	-	-	
alim	33	R25 R28	(alim)R6 R9	R29 R30	R29 R30	
masse filaments	100	R26 R27	(alim)R3 R4	R25 R26	R25 R26	R125 R126
R LED			(alim)R5	R28	R28	
Res Regul Cathodes	150			R13 R16 R19 R22	R13 R16 R19 R22 220	R113 R116 R119 R122
Resist Bleeder C15	220K				R31	
CR				C1	C1	C101
liaison	0.2	C1 C2	C1 C2	C2 C3	C2 C3	C102 C103
alim neg	100	C3 C4	(alim)C1 C2	C13 C14	C13 C14	

alim HT	330	C5	(alim)C3	C15 C16 C17 100 en //	C15 C16 C17 100 en //	
alim HT	100	C6 C7	(alim)C4 C5	C18 C19	C18 C19	
decouplage finales	1	C8	C3	C12	C12	C112
Condo Regul	220			C4 C6 C8 C10	C4 C6 C8 C10	C104 C106 C108 C110
Condo Regul	1			C5 C7 C9 C11	C5 C7 C9 C11	C105 C107 C109 C111
Condo Regul	0.22				C21 C22 C23 C24	C121 C122 C123 C124
decouplage anodes dephaseur	22				C20	C120
Regul cathodes	LM7905			U1 U2 U3 U4	U1 U2 U3 U4	
CCS	BF256C	Q1	Q1	Q1	Q1	
pont HT	4xUF4007	BR1	BR1	D3 D4 D5 D6	D3 D4 D5 D6	
redress Pola	UF4007	D1	D1	D1	D1	
Zener pola	9V1	D2	D3	-	-	
LED			D2	D2	D2	
Zener Regul	15V 1W3				D7 D8 D9 D10	