

Mesures et essais autours du TDA7293

Jimmy THOMAS le 15 janvier 2011

1	KIT SELECTRONIC	2
1.1	Environnement de mesure	2
1.2	Performances du kit Selectronic.....	2
1.2.1	FFT du bruit.....	3
1.2.2	Réponse en fréquence et distorsion.....	3
1.2.3	Bande passante / Slew rate	3
1.2.4	Distorsion D2 et D3 en % de la fondamentale pour 1w.....	4
1.2.5	Saturation	4
1.2.6	Stabilité.....	5
2	Optimisation autours du TDA.....	6
2.1	Capacité de Bootstrap.....	6
2.2	Essais sur boucle de contre réaction.....	8
2.2.1	CR 14,89dB.....	9
2.2.2	CR 30,46dB, celle du kit	9
2.3	Buffer de puissance	10
2.4	Alimentation TDA.....	10
2.4.1	Limites et possibilités.....	10
2.4.2	Remarque générale	10
2.4.3	Partie driver - Consommation	10
2.4.4	Solution diode + capa.....	11
3	Configuration maître esclave.....	13
3.1	Prototype 1 en configuration simple maître	13
3.1.1	Performances	13
3.2	Prototype 1 en configuration maître/esclave x1 (2 TDA).....	13
3.2.1	Réponse en fréquence et distorsion.....	13
3.3	Prototype 1 en configuration maître/esclave x2 (3 TDA).....	14
3.3.1	Stabilité, Slew rate.....	14
3.3.2	Réponse en fréquence et distorsion.....	14
4	Alimentation à découpage SMPS-500r.....	17
4.1	Pourquoi cet essai ?	17
4.2	Mesures	17
4.2.1	Alimentation 100VA + 10 000µF	17
4.2.2	Alimentation SMPS 500r	19
5	ANNEXE 1	20

1 KIT SELECTRONIC

1.1 Environnement de mesure

La carte son utilisée pour les mesures est une M-AUDIO TRANSIT 24bits/96kHz.

Le logiciel utilisé est ARTA.

Niveau de sortie carte son à 0dB = 0.898Vrms et 0.912Vrms

Niveau de sortie carte son à -3dB = 0.634Vrms et 0.644Vrms

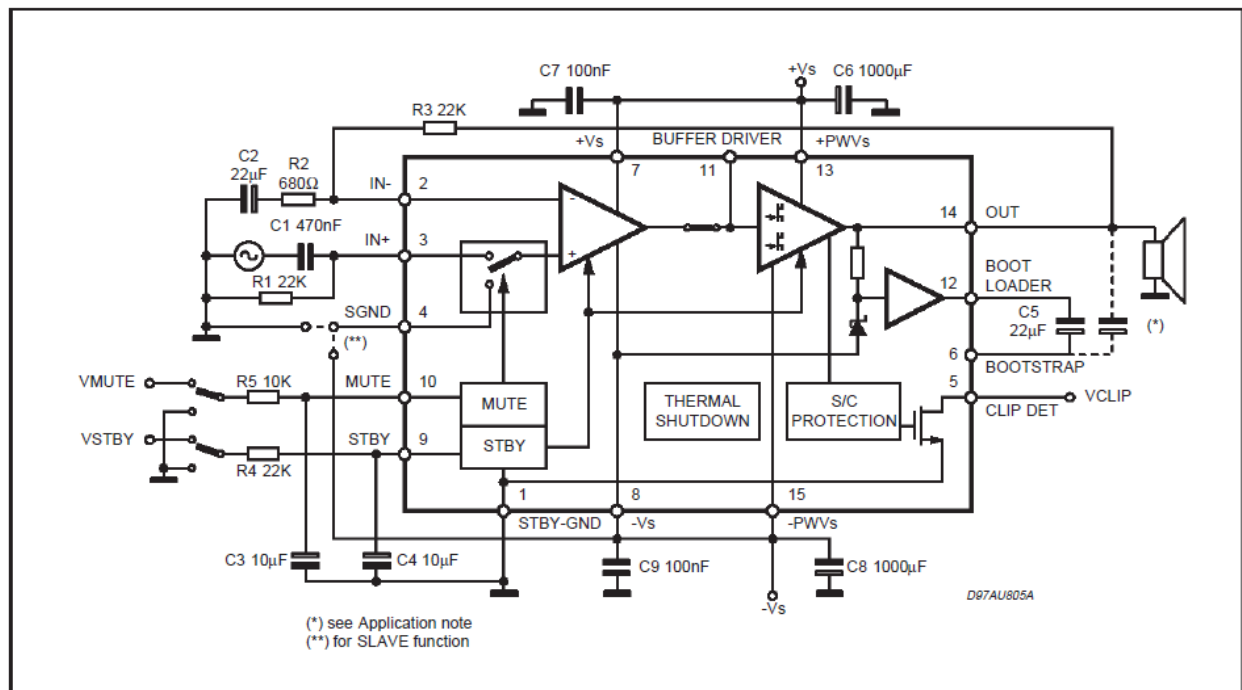
Un petit oscilloscope numérique ainsi qu'un multimètre est utilisé pour des mesures complémentaires.

1.2 Performances du kit Selectronic

Le montage du kit est identique au schéma typique d'application du datasheet constructeur.

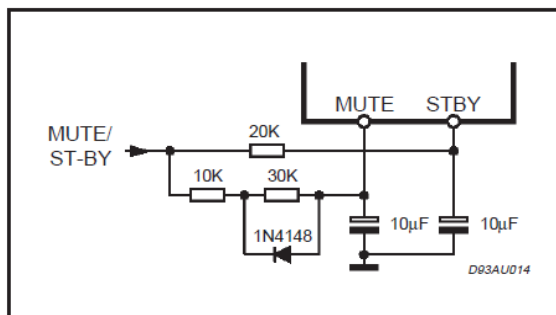
Les capacités de filtrage de l'alimentation sont des 10000µF/63V, celles fournis avec le kit.

Le transformateur utilisé est un modèle à étrier qui fourni +-26Vdc en charge.

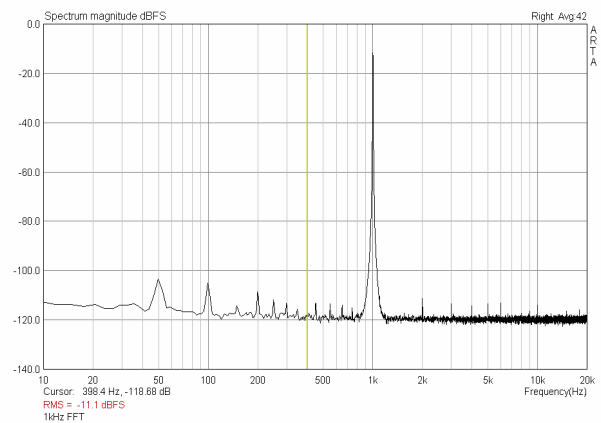
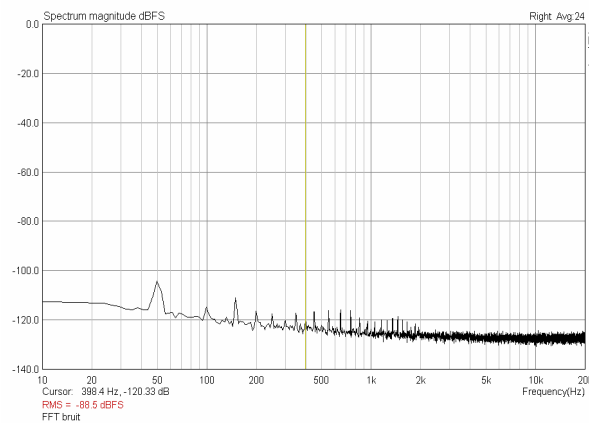


La circuiterie du MUTE/STBY utilisée est également celle proposée par le datasheet.

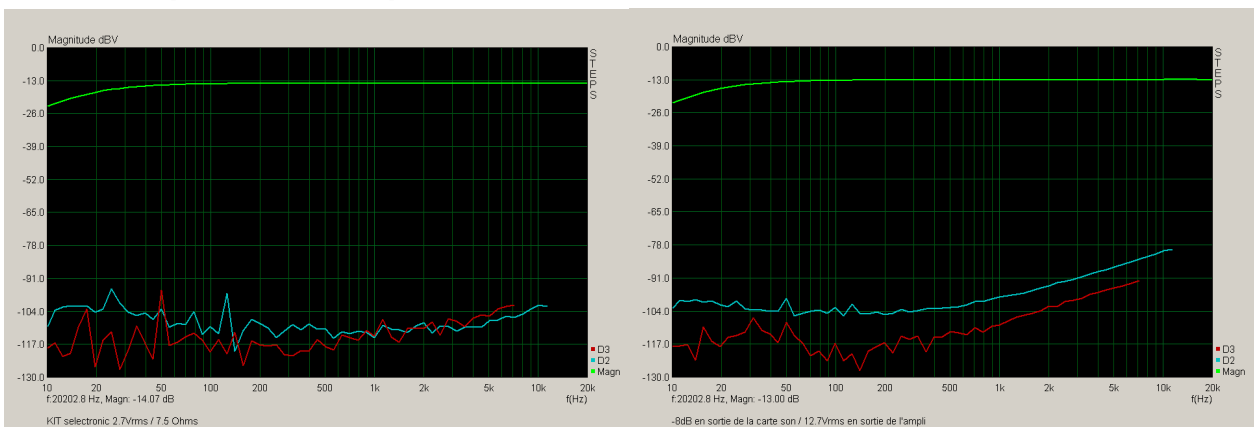
Figure 5: Single Signal ST-BY/MUTE Control Circuit



1.2.1 FFT du bruit



1.2.2 Réponse en fréquence et distorsion



Courbe de gauche -> Niveau de sortie carte son à -21dB. 2.7vrms sur résistance de 7.5 Ohms (environ 1W)

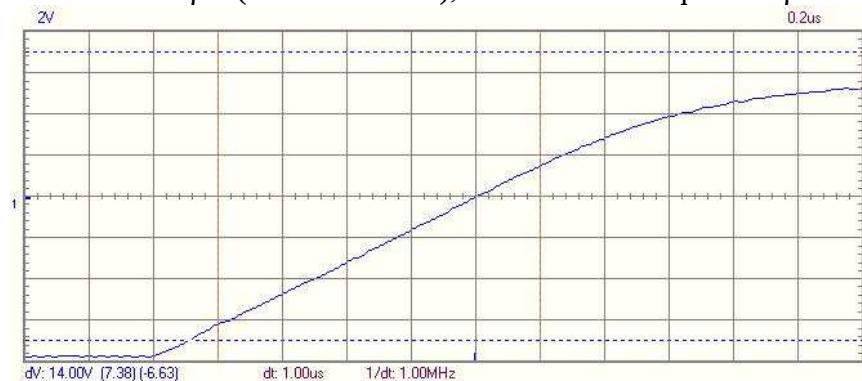
Courbe de droite -> Niveau de sortie carte son à -8dB. 12.7vrms sur résistance de 7.5 Ohms (environ 21,5W)

On note des performances supérieures à celle annoncées avec un comportement tout de même identique, à savoir une augmentation de la distorsion avec la fréquence à puissance élevée.

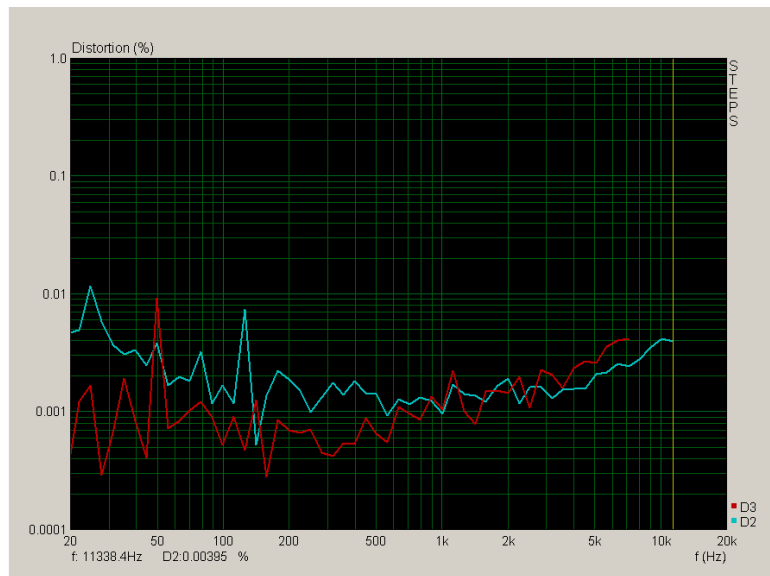
1.2.3 Bande passante / Slew rate

22,5Hz – 438 kHz à -3 dB sur petits signaux

Slew-rate 8V/ μ S (voir ci-dessous), le datasheet indique 15v/ μ S.

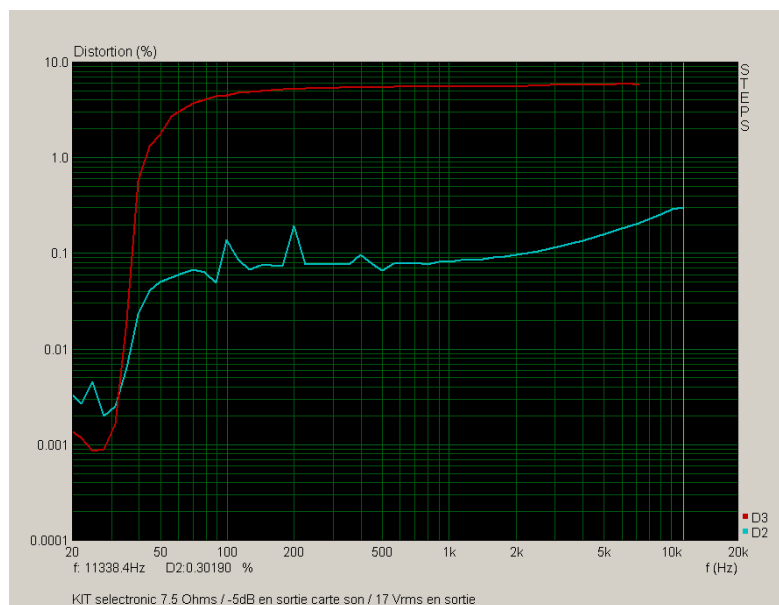


1.2.4 Distorsion D2 et D3 en % de la fondamentale pour 1w.



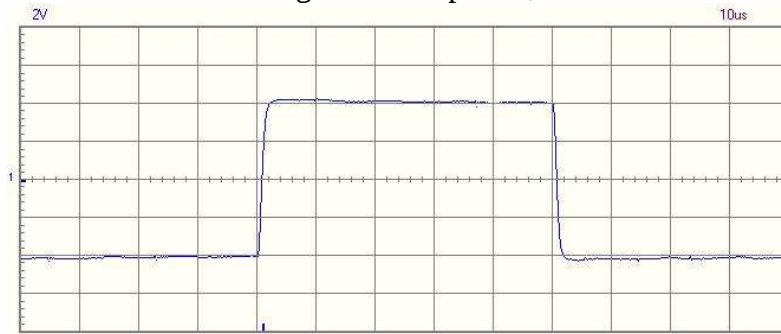
1.2.5 Saturation

La saturation de l'amplificateur se traduit par une forte augmentation de la distorsion d'harmonique 3. La distorsion devient supérieure à 1% pour 16 et 17 Vrms en sortie. Soit 38,5Wrms, on retrouve cette valeur dans le datasheet pour la tension d'alimentation utilisée.



1.2.6 Stabilité

Pulse 10 KHz sur charge résistive pure 7,5Ohms

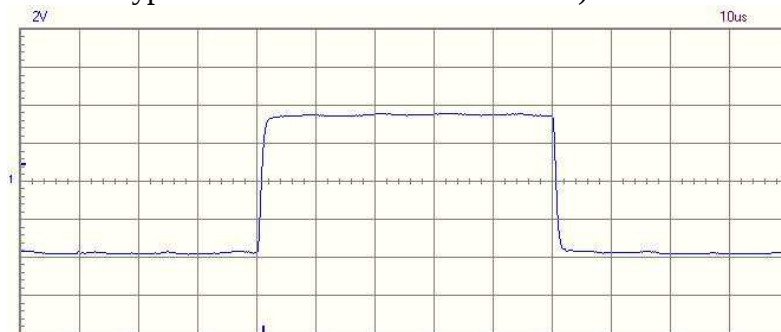


Pulse 10 KHz sur charge 7,5Ohms // 1 μ F

Stable mais oscillation importante à 150kHz. Peut être limité par un filtre passe bas en entrée.

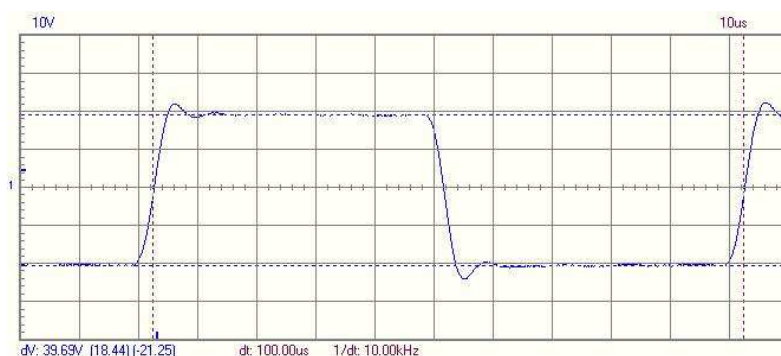


J'ai fais un essai avec une enceinte que je croyais difficile à driver (38cm et 4 voies, 5 Hps, une enceinte type monitor Pioneer des années 80).



Pulse 10 KHz sur charge 7,5Ohms // 1 μ F à saturation de l'ampli.

Le comportement est identique quelque soit le niveau. Stable jusqu'à la saturation.



2 Optimisation autour du TDA

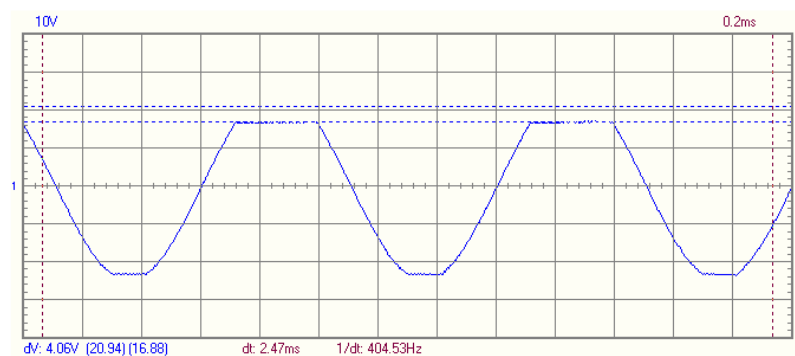
2.1 Capacité de Bootstrap

Ce que dit le datasheet :

For compatibility purpose with the previous devices of the family, the bootstrap capacitor can be connected both between the bootstrap pin (6) and the output pin (14) or between the bootstrap pin (6) and the bootstrap loader pin (12). When the bootcap is connected between pin 6 and 14, the maximum supply voltage in presence of output signal is limited to 100V, due the bootstrap capacitor overvoltage. When the bootcap is connected between pins 6 and 12 the maximum supply voltage extend to the full voltage that the technology can stand: 120V. This is accomplished by the clamp introduced at the bootstrap loader pin (12): this pin follows the output voltage up to 100V and remains clamped at 100V for higher output voltages. This feature lets the output voltage swing up to a gate-source voltage from the positive supply ($V_S - 3$ to 6V)

Les essais sur le kit : En supprimant le bootstrap, on perd 3Vrms à pleine puissance à distorsion identique.

J'ai constaté (voir chap2.4) qu'avec le kit, le dépassement de 1% de distorsion était atteint entre 16 et 17vrms. Sans lui, c'est à 14Vrms que l'on dépasse 1% de distorsion.



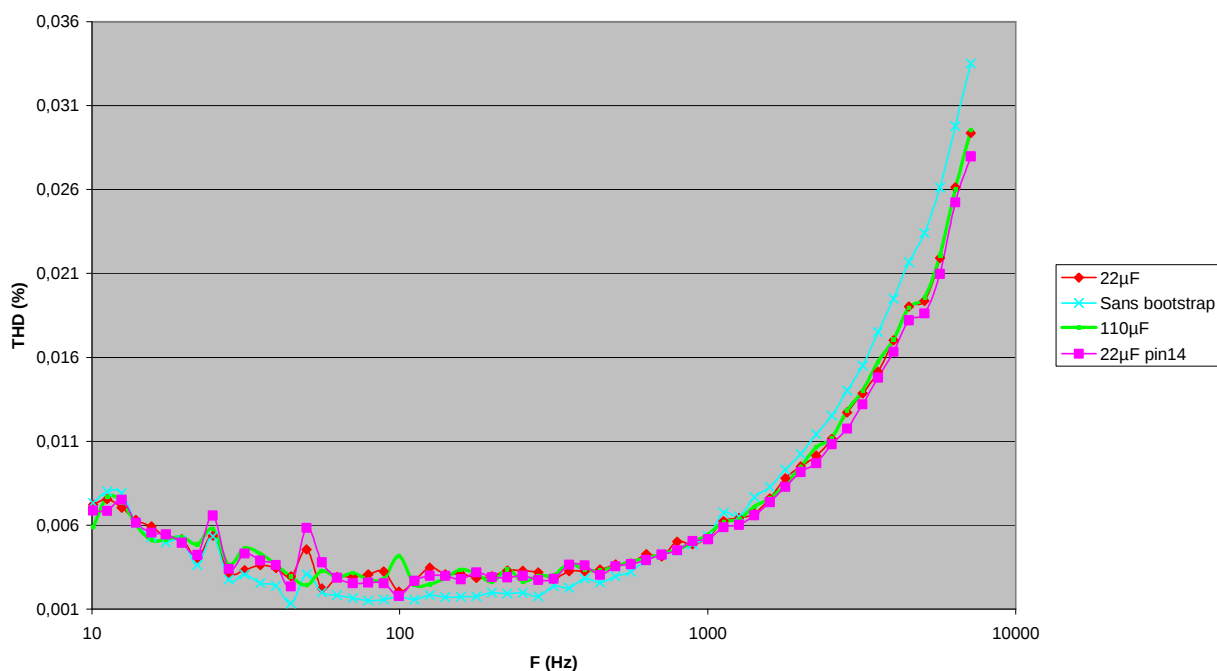
Ci-contre, l'ampli à saturation sans bootstrap, on constate que la saturation est atteinte plus rapidement pour la branche positive. 4 volts exactement

Ci-dessous, la distorsion à 12.7Vrms en sortie avec bootstrap 22 μ F (pin 6 et 12), 110 μ F (pin 6 et 12), 22 μ F (pin 6 et 14) et sans bootstrap.

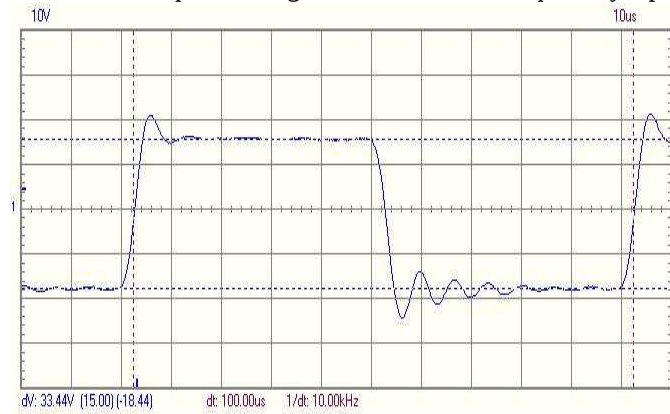
On note :

- une infime amélioration avec bootstrap au dessus de 1kHz.
- une infime amélioration sans bootstrap en dessous de 1kHz.
- Un comportement identique entre 22 μ F et 110 μ F
- Un comportement identique que le bootstrap soit connecté entre la pin 6 et 12 ou 6 et 14.

BOOTSTRAP



Stabilité Identique hors régime en saturation lorsqu'il n'y a pas de bootstrap.



comportement en saturation sur pulse 10KHz et charge 7,5 Ohms // 1 μ F sans capacité de bootstrap.

J'ai vérifié lors de la saturation de l'ampli le signal sur la pin 11 du TDA, c'est-à-dire, le signal en entrée du buffer de puissance et surprise, je retrouve exactement le même signal. La capacité de bootstrap intervient donc sur la partie amplification en tension du TDA.

Le rôle du condensateur de bootstrap est clairement établi, il permet d'étendre la plage dynamique du TDA, plus précisément, je pense qu'il étend la plage de tension de la partie amplification en tension de la puce.

Ca paraît d'ailleurs plus cohérent car une capacité aussi petite ne peut pas fournir suffisamment d'énergie pour un étage de sortie. De plus, l'essai avec une capacité plus élevée aurait fait apparaître une différence de comportement aux basses fréquences.

Il serait donc possible de se passer de bootstrap si l'alimentation de la partie driver de la puce était alimentée séparément avec une tension supérieure et c'est possible via les broches 7 et 8.

2.2 Essais sur boucle de contre réaction

La boucle de contre réaction réalisé par le réseau de résistance R2 R3 fixe le gain de l'ampli. En réduisant le gain, on augmente le taux de contre réaction ce qui a pour effet de réduire la distorsion.

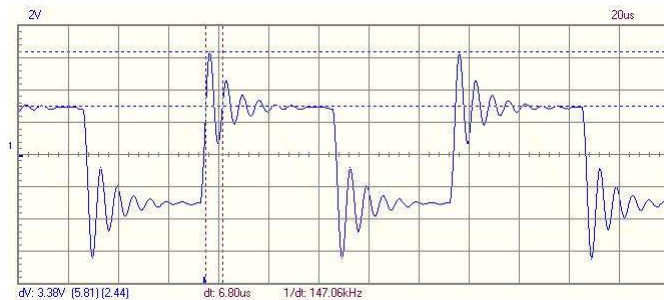
Cet exercice a tout de même une limite qui est fixé par le fait que l'ampli risque de devenir instable.

J'ai donc vérifié la stabilité de l'ampli sur charge complexe avec plusieurs valeurs de CR.

R2	R3	Gain Vout/Vin	en dB	Commentaires
680	22000	33,35294118	30,46268275	
680	13000	20,11764706	26,07154369	
680	6200	10,11764706	20,10159051	
680	3100	5,558823529	14,89965774	
680	1540	3,264705882	10,27688123	Oscillation à 3 MHz

Effet sur la stabilité de l'ampli. La stabilité est maintenue jusqu'à un gain minimum de 14,5dB. Ce qui est intéressant, c'est le fait que le comportement sur charge complexe (7,5 Ohms // 1 μ F) et le même tant que la stabilité est maintenu. C'est-à-dire qu'à niveau de sortie identique, le dépassement reste le même quelque soit le gain de la boucle. Aucune détérioration.

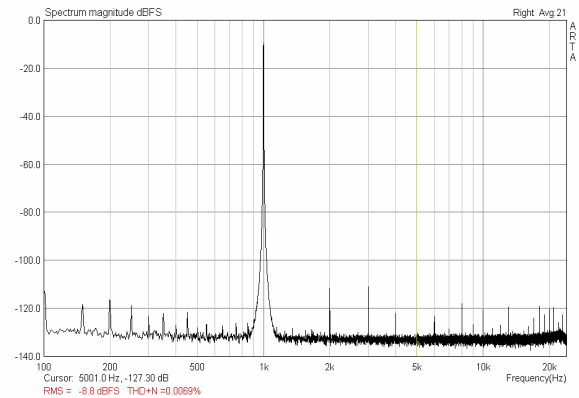
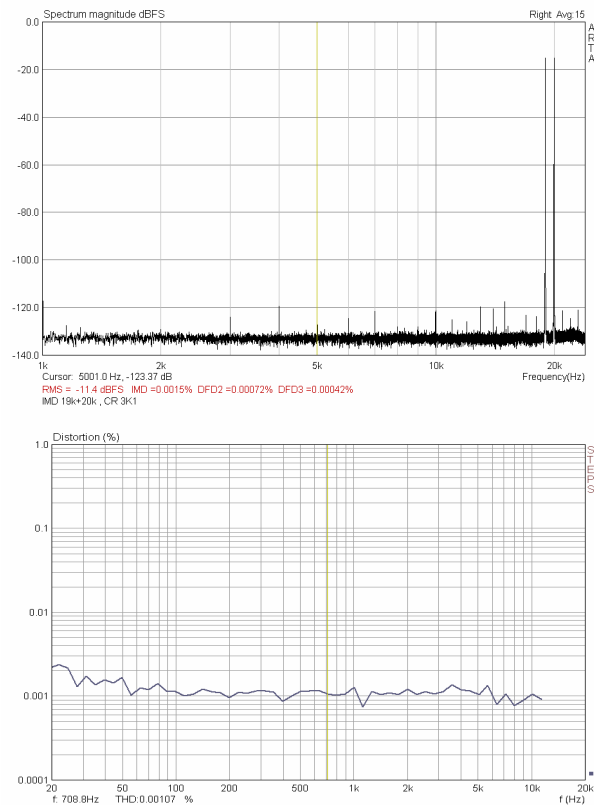
Ci-dessous 680 et 6k22



J'ai donc fait les mesures de distorsion ci-dessous avec les valeurs de CR pour lesquelles la stabilité est maintenue.

2.2.1 CR 14,89dB

Réglage de la sortie carte son à -3dB, 3V71rms (1,8Wrms) sur charge 7,5 Ohms



Performances excellente, à la limite de la carte son.

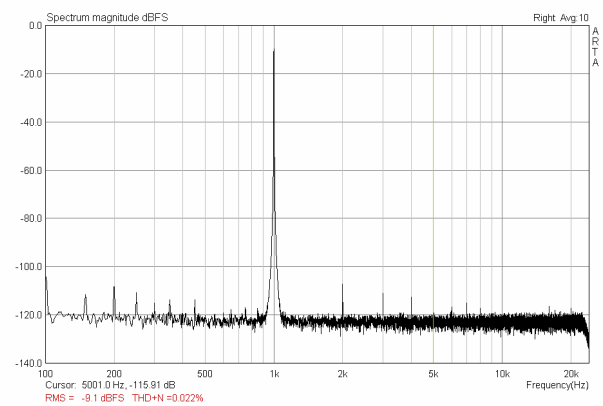
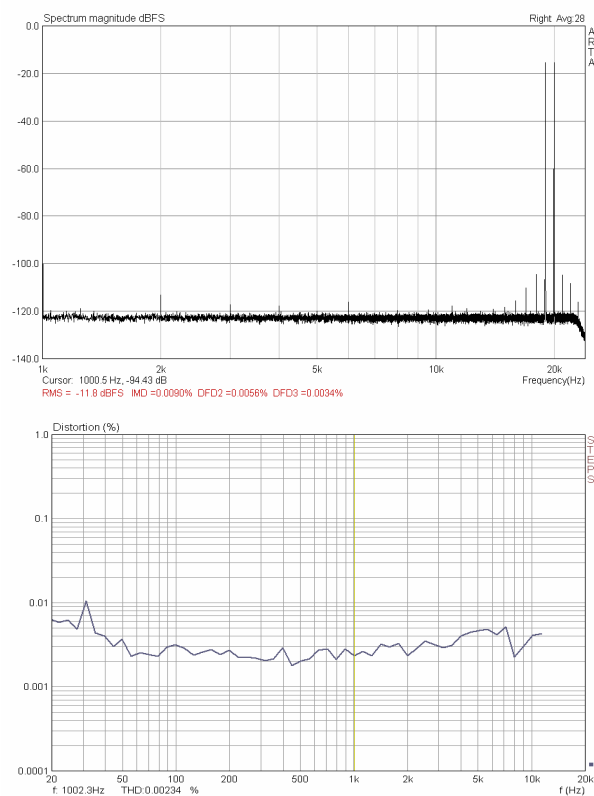
IMD = 0,0015%

THD+N (1kHz) = 0,0069%

THD (30-10kHz) < 0,002%

2.2.2 CR 30,46dB, celle du kit

Réglage de la sortie carte son à -19dB, 3V40rms (1,55Wrms) sur charge 7,5 Ohms

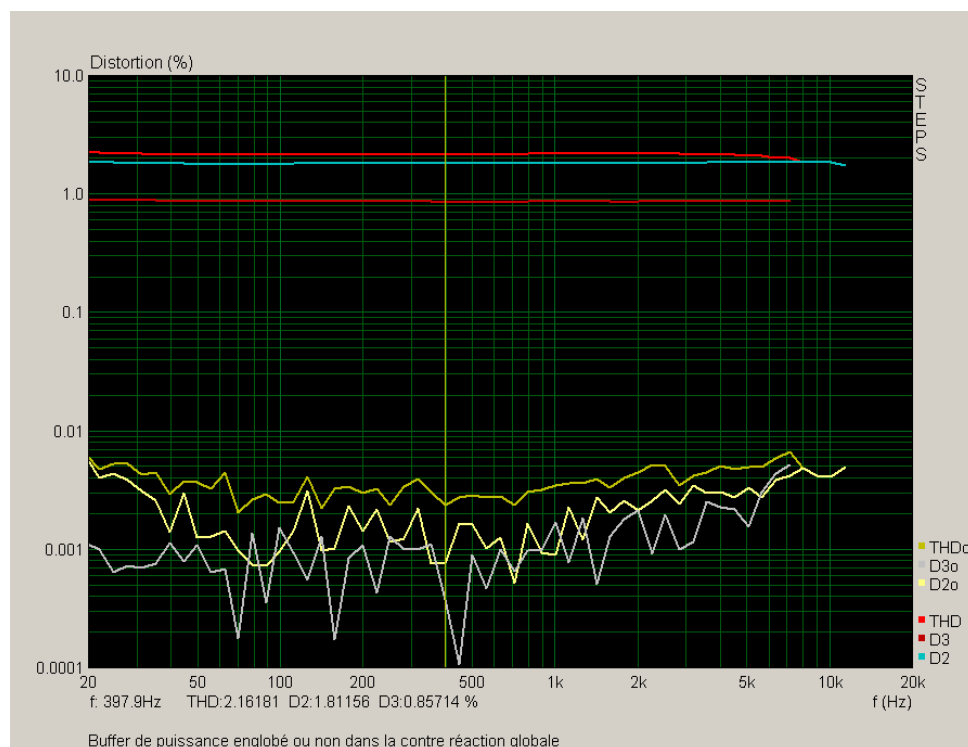


2.3 Buffer de puissance

En positionnant la CR au niveau de la pin 11, on mesure la distorsion du buffer de puissance.

Distorsion de 2% à 1W sous 8 Ohms avec prédominance de l'harmonique H2.

Au vue de courant de repos très bas, c'est pas mal.



2.4 Alimentation TDA

2.4.1 Limites et possibilités

Le datasheet n'est pas très clair sur la tension d'alimentation maximale.

Au début du datasheet, vous remarquerez que le constructeur fait une différence entre

Supply Voltage Operating ± 50 V & **Supply Voltage (No Signal)** ± 60 V.

Cependant, la note sur le bootstrap précise que la limite opérationnelle est liée à la tension limite d'utilisation de cette capacité. Sans elle, **la limite est donc de ± 60 V**.

Nous avons vu également que sans bootstrap, la partie driver ne permettait pas de faire saturer correctement l'étage de sortie. La solution serait donc d'avoir une tension d'alimentation de la partie driver supérieure à celle de l'étage de puissance et de se passer de bootstrap. Le TDA7293 l'autorise.

2.4.2 Remarque générale

La plupart des amplificateurs utilisent des alimentations sans régulations pour la partie amplification en courant. Il s'en suit une forte variation de la tension d'alimentation en régime musical à pleine puissance. Lors de mes essais avec un transformateur d'environ 100va et n'alimentant qu'un KIT, j'avais 4 volts de variation !

Bien sûr, il vaut mieux réduire ce phénomène en sur-dimensionnant l'alimentation mais il sera toujours présent et toujours assez conséquent.

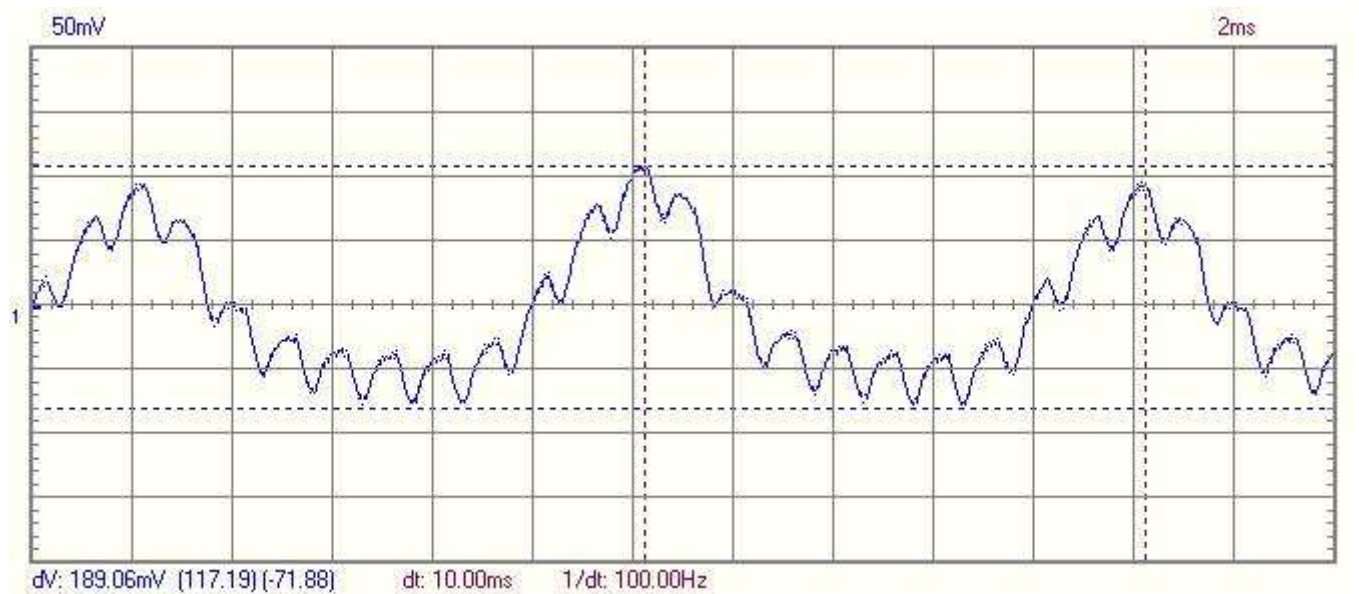
2.4.3 Partie driver - Consommation

J'ai placé des résistances de 0,5Ohms sur les alimentations de la partie driver et j'ai mesuré 5,2mVdc.

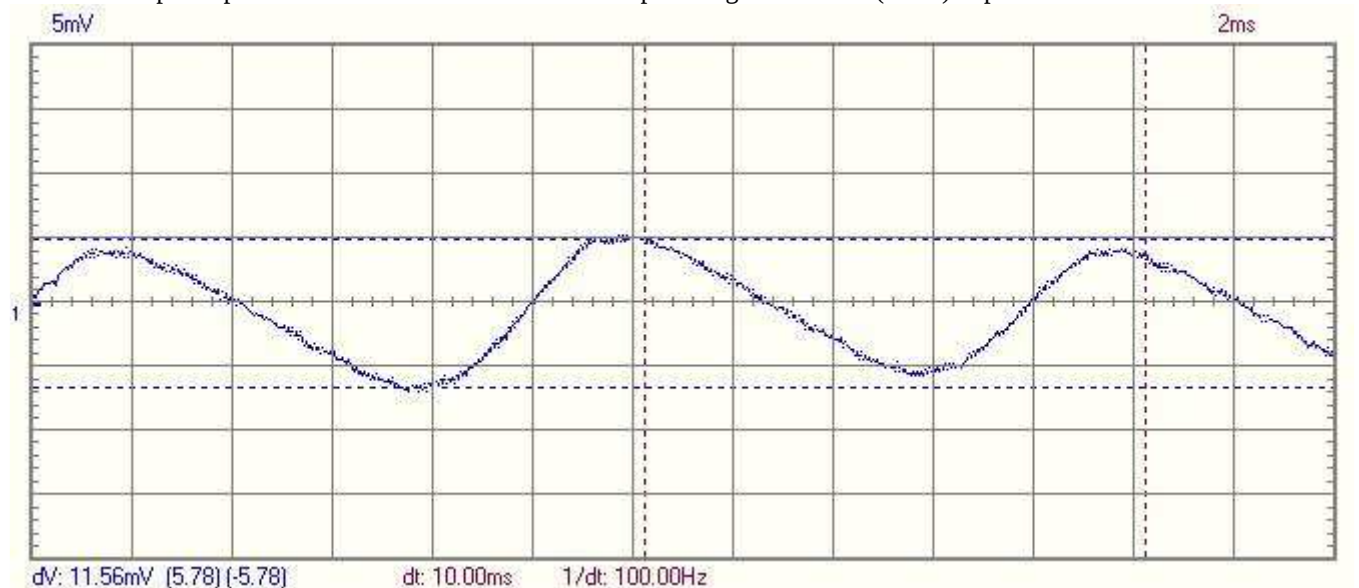
Soit une consommation de 10mA.

J'ai refais l'essai avec des résistances de 48 Ohms et j'ai mesuré 488mVdc, je confirme donc les 10mA de conso en continu. Une mesure THD avec cette résistance a montré qu'il n'y avait aucunes dégradations.

J'ai ensuite ajouté un condensateur de filtrage avec la résistance. Le but est de voir si l'alim de la partie driver est toujours modulée par le signal. Voir courbe ci-dessous.



Variation sur partie puissance. L'alimentation est modulée par le signal en sortie (1kHz) et par le 50Hz redressé.

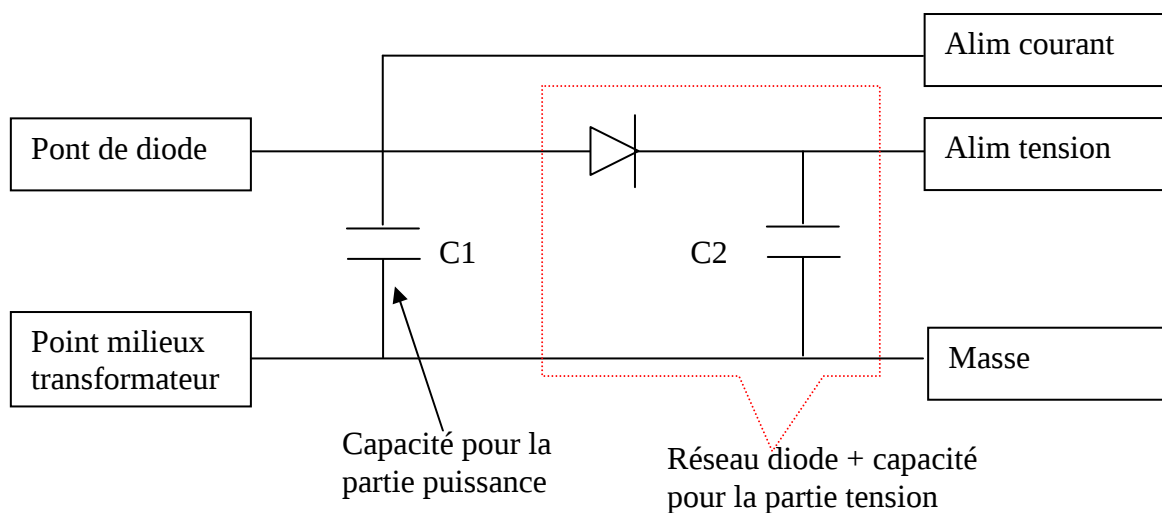


Variation alim sur partie driver séparée de la partie puissance par un filtre RC (R 480ohms et C 470μF). Le signal est seulement modulé par le 50Hz dans une bien moindre mesure.

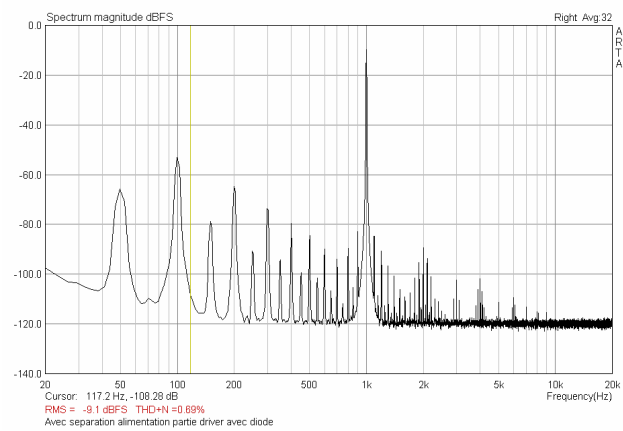
2.4.4 Solution diode + capa

Il y a une solution employée par certains, ultra simple consiste à isoler la partie filtrage des deux alimentations avec une simple diode.

Un petit dessin vaut mieux qu'un long discours.



Résultat : dégradation forte avec utilisation d'une capa de 470 μ F. Une capacité plus élevée aurait donné de meilleurs résultats mais au vue des résultats, cette solution ne sera pas retenue.



3 Configuration maître esclave.

3.1 Prototype 1 en configuration simple maître

3.1.1 Performances

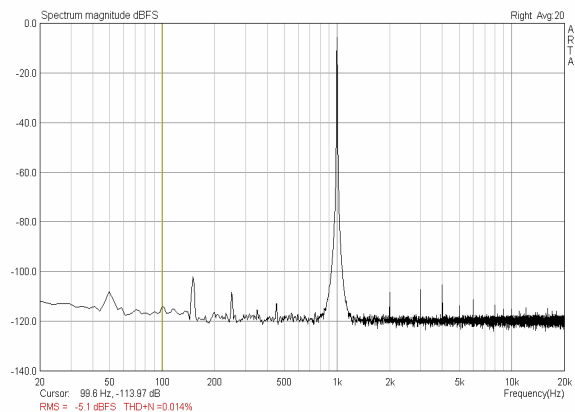
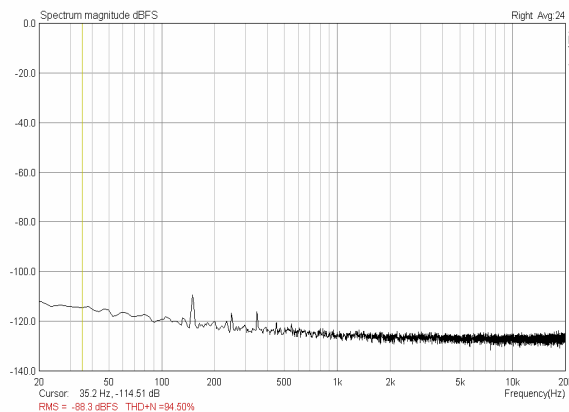
Le kit Selectronic n'étant prévu que pour une puce, un typon a donc été créé permettant des essais supplémentaire jusqu'à 3 TDA dans diverses configuration.

La première étape à donc consister à mettre un seul TDA sur la carte proto afin de vérifier si les performances ne sont pas dégradées par le nouveau typon.

Je me suis repiqué sur l'alimentation du kit Selectronic, les 2 cartes sont donc alimentées en même temps.

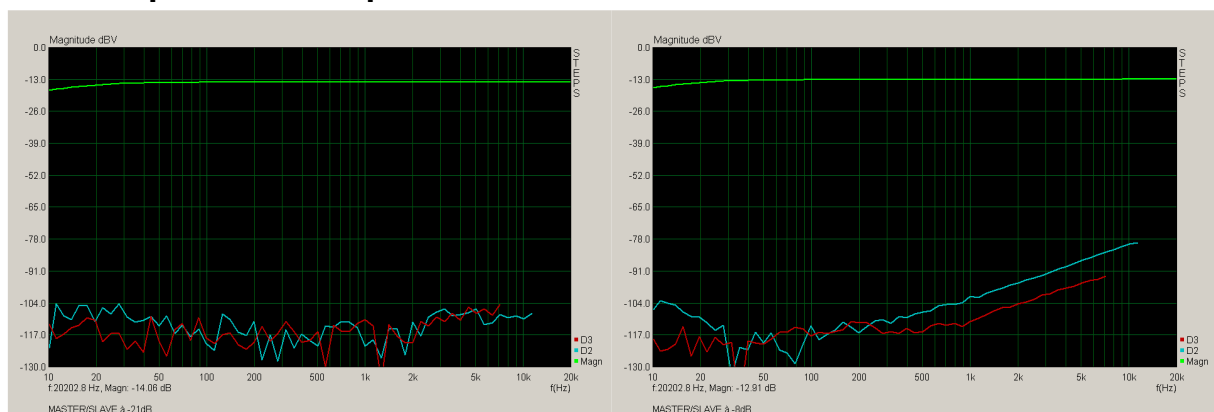
Conclusion des essais :

- distorsion identique
- Réjection du 50Hz supérieure (le câblage des masses sur le kit Selectronic n'est pas optimisé au mieux).



3.2 Prototype 1 en configuration maître/esclave x1 (2 TDA)

3.2.1 Réponse en fréquence et distorsion

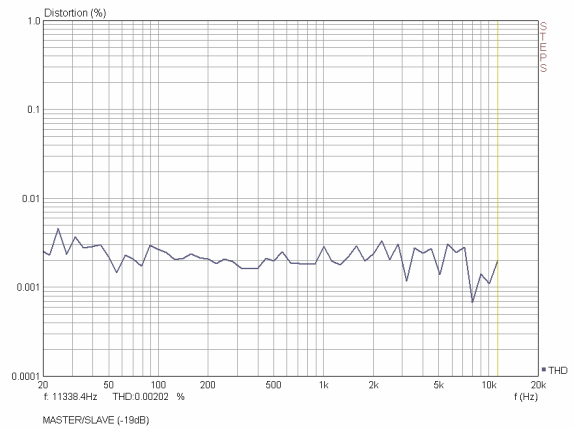
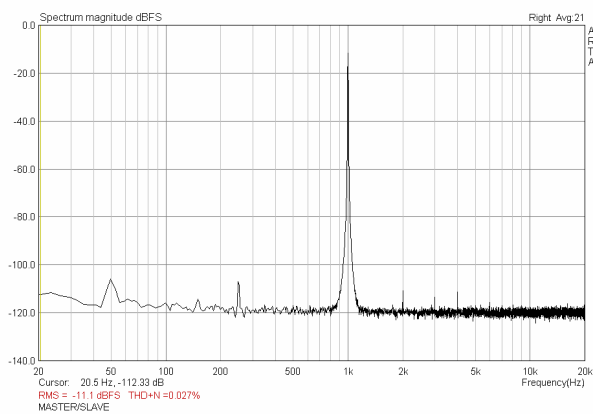


Courbe de gauche -> Niveau de sortie carte son à -21dB. 2.7vrms sur résistance de 7.5 Ohms (environ 1W)

Courbe de droite -> Niveau de sortie carte son à -8dB. 12.7vrms sur résistance de 7.5 Ohms (environ 21,5W)

On note qu'il n'y aucune dégradation par rapport à la configuration simple maître (voir mesures 1.2.2).

Il y a même une amélioration assez franche en dessous de 1kHz...



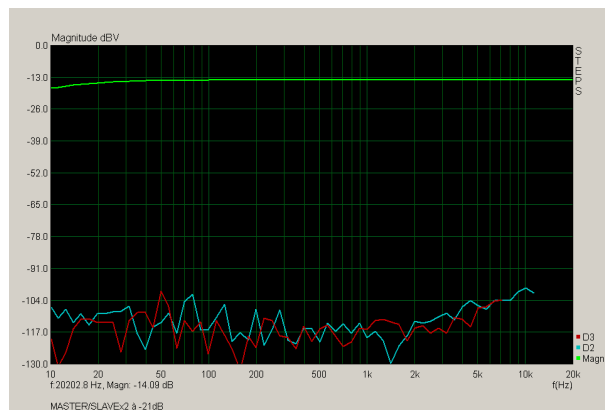
Ici pour 1W.

3.3 Prototype 1 en configuration maître/esclave x2 (3 TDA)

3.3.1 Stabilité, Slew rate

Inchangé par rapport au kit. Aucune dégradation et aucune amélioration.

3.3.2 Réponse en fréquence et distorsion



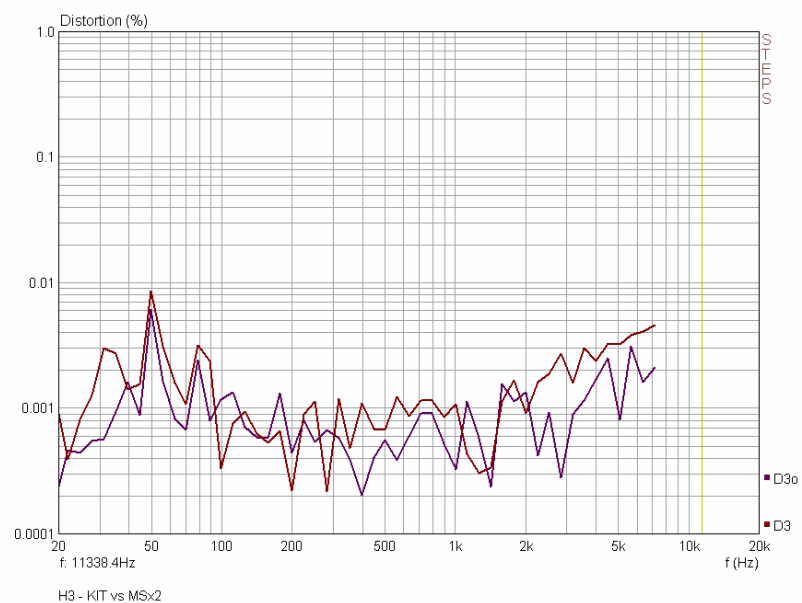
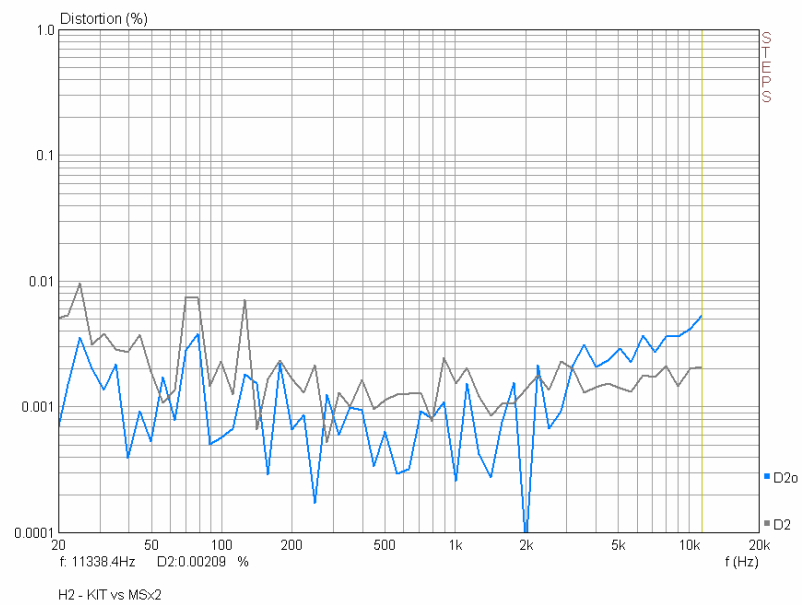
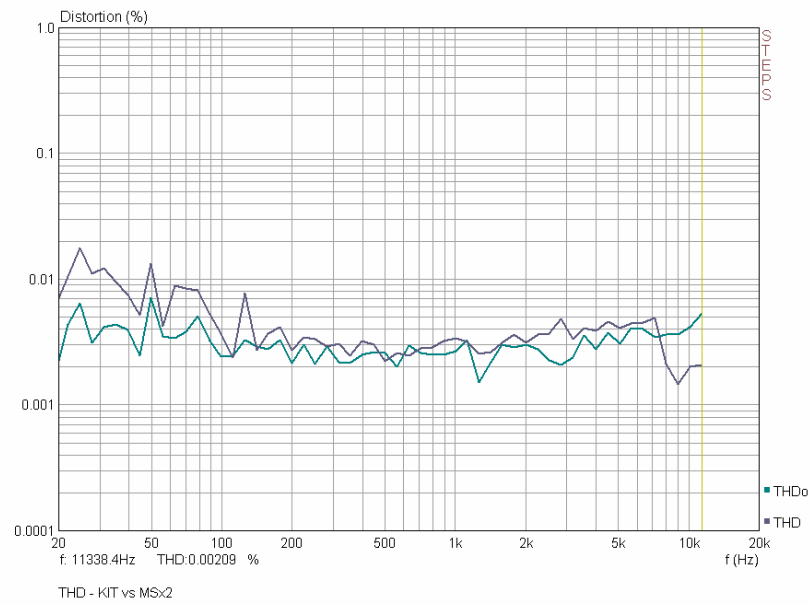
Courbe de gauche -> Niveau de sortie carte son à -21dB. 2.7vrms sur résistance de 7.5 Ohms (environ 1W)

Courbe de droite -> Niveau de sortie carte son à -8dB. 12.7vrms sur résistance de 7.5 Ohms (environ 21,5W)

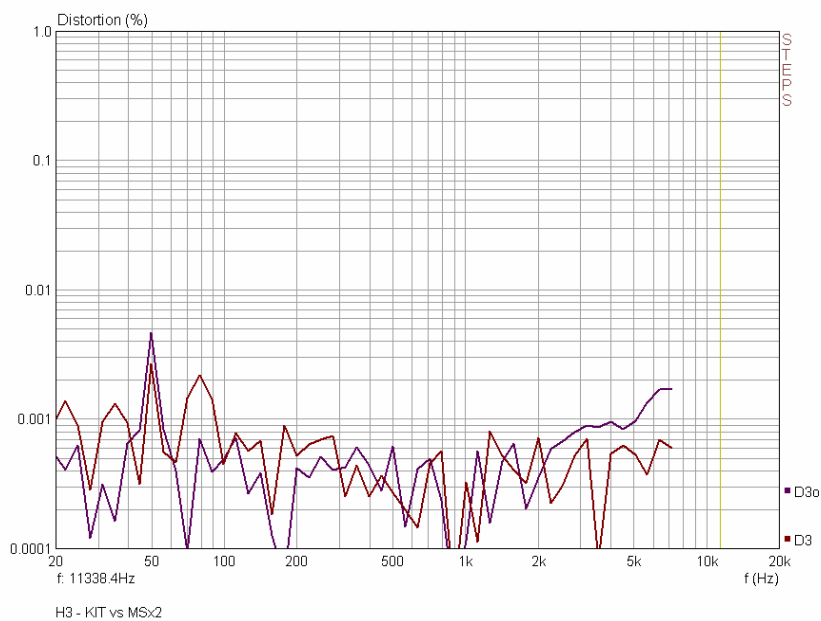
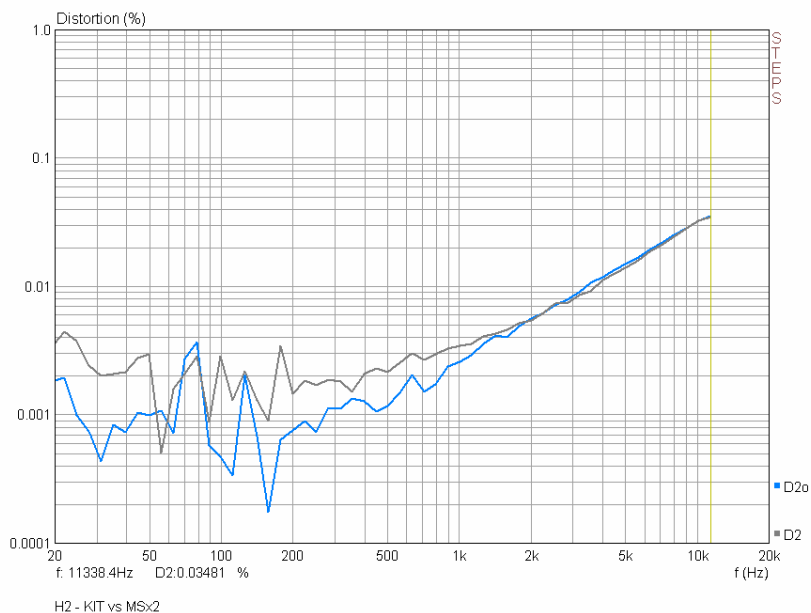
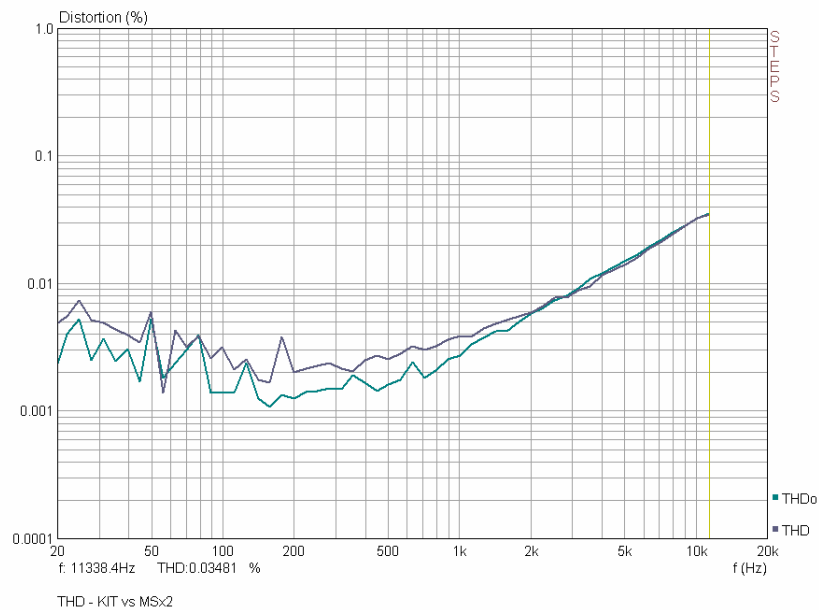
Ci-dessous, une comparaison directe entre le kit selectronic et la carte proto en configuration maître/esclave x2 pour 2 niveaux de puissance.

Il n'y a pas de dégradation en ayant 2 TDA en esclave.

Mesure de distorsion à -21dB (environ 1Wrms sous 7,5 Ohms)
 Courbe : O de Overlay pour la carte proto.



Mesure de distorsion à -10dB
Courbe : O de Overlay pour la carte proto.



4 Alimentation à découpage SMPS-500r.

4.1 Pourquoi cet essai ?

Pour le projet final, prévu pour débiter 400Wrms par voie, une alimentation conséquente était nécessaire. Soit, 1000Va de transformateur pour une version stéréo et environ 100 000 μ F de capacité. Gros coût en perspective et cela reste une alimentation non régulée.

Il fallait en plus rajouter des transformateurs supplémentaires + redressement + capacités pour l'alimentation de la partie driver des TDA. Rien d'extraordinaire mais un coût assez conséquent pour des performances assez moyennes, enfin, tout est relatif

Les alimentations à découpage sont très utilisés, y compris dans les amplificateurs professionnel. Le problème principal est le coût de ces alimentations mais un internaute nommé Alkasar sur le forum HCFR m'a conseillé un site chinois avec des prix très compétitif (www.connexelectronic.com).

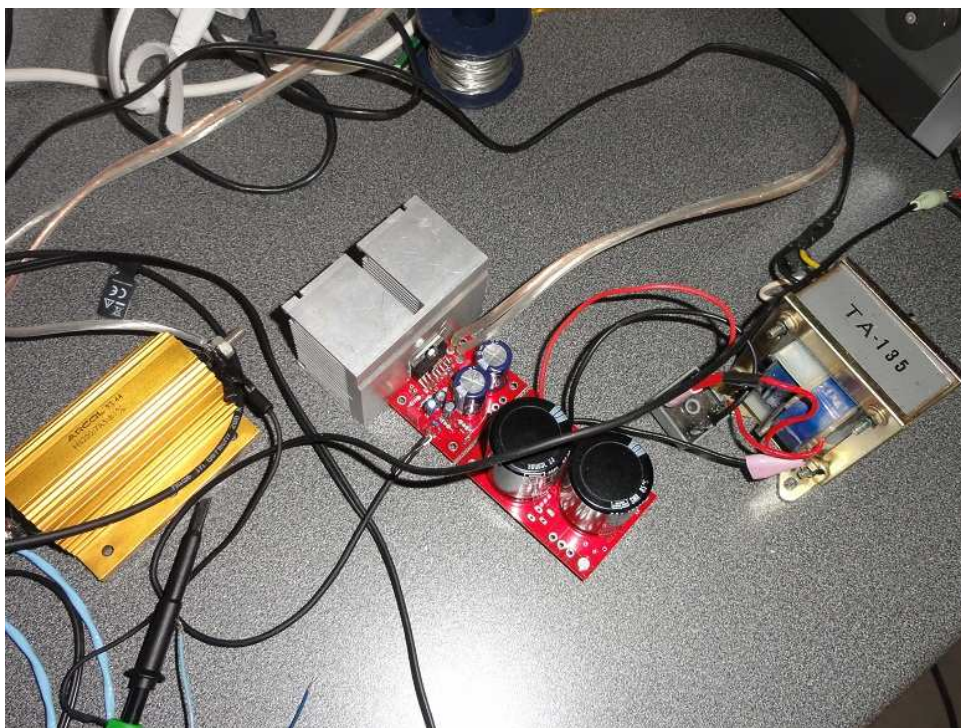
Renseignement pris, je choisi le modèle smps500r qui fourni 500VA avec en plus une sortie auxiliaire sur mesure. Le tout pour environ 75 euros livré....

4.2 Mesures

4.2.1 Alimentation 100VA + 10 000 μ F

Après 2 mois d'arrêt lié à l'attente de l'alimentation, il était préférable de refaire un lot de mesure pour vérifier qu'il n'y avait pas d'écart avec les mesures effectuées au chapitre 1.2.

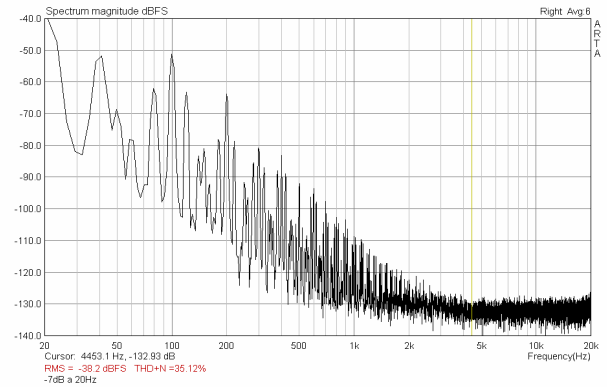
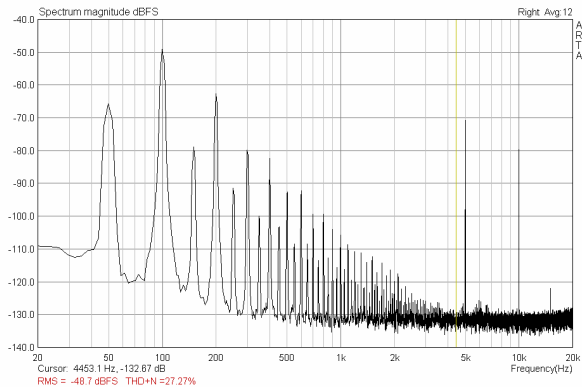
OK donc on continu, toujours avec l'alimentation classique.



Recherche méthode de mesure :

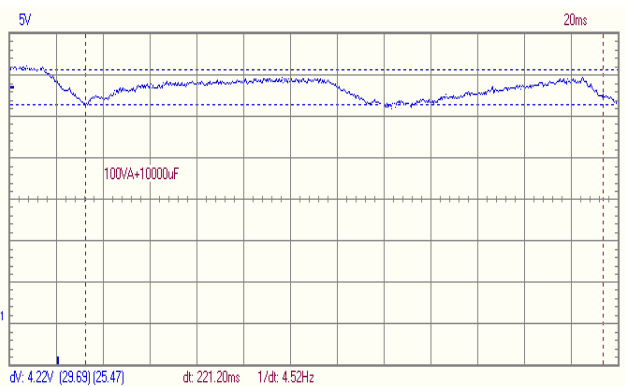
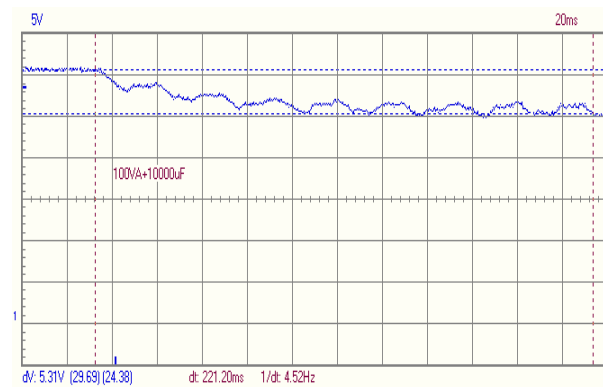
Pour la FFT, l'oscilloscope à ma disposition n'est pas assez performant, pour voir précisément ce qu'il se passe dans le domaine audio. J'utilise donc la carte son.

Vue de la tension d'alimentation lorsque l'ampli est chargé au maximum à 20Hz et 5kHz.



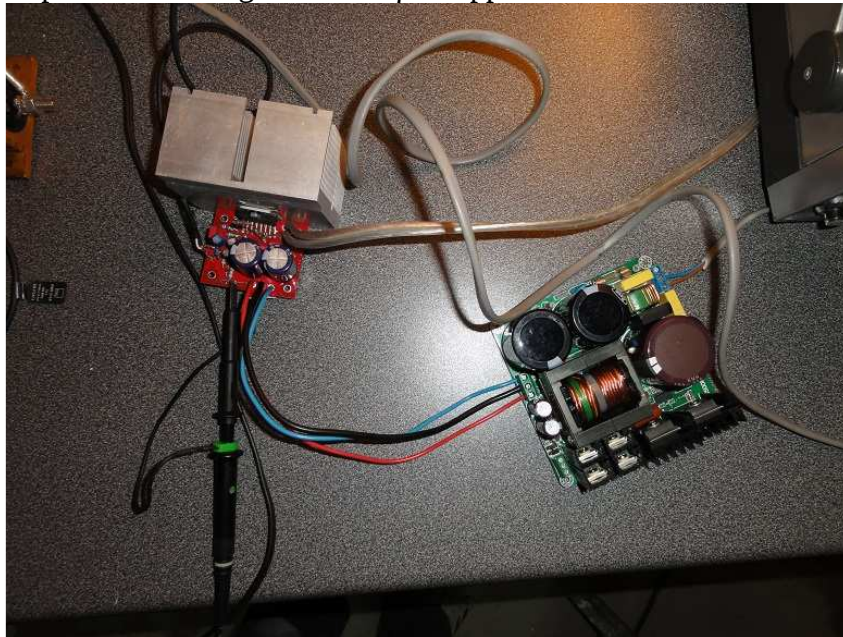
On retrouve donc sur le rail d'alimentation, le signal fourni par l'ampli mais principalement, les harmoniques du 50Hz.

Ci-dessous, le comportement lors d'une sollicitation d'environ 40watts (1kHz à gauche et 20Hz à droite) -> DELTA de 4,22 à 5,33 volts.

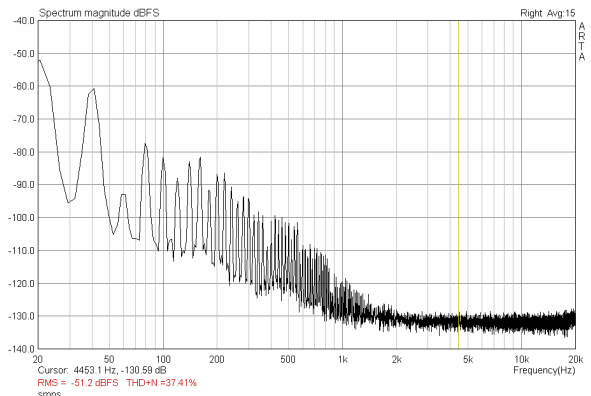
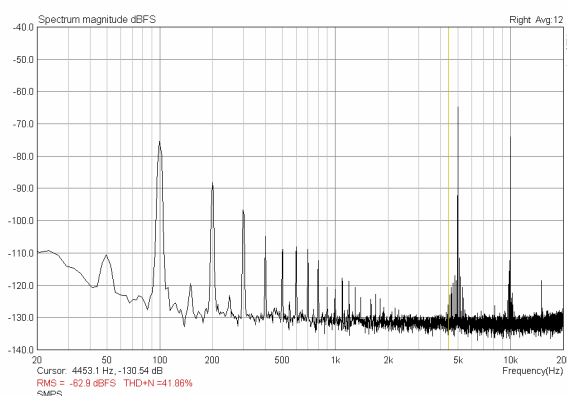


4.2.2 Alimentation SMPS 500r

Capacités de filtrage de $10000\mu\text{F}$ supprimées sur le kit selectronic.

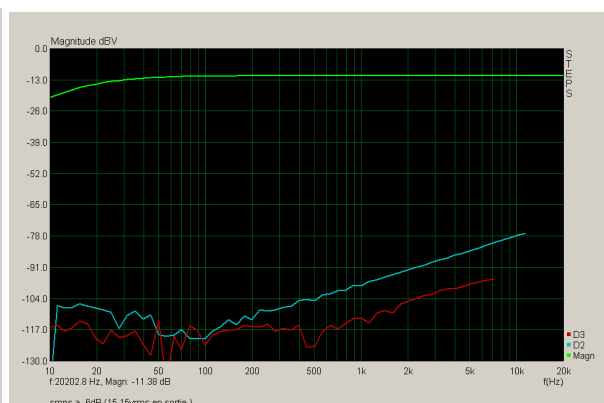


Même mesure que précédemment, on retrouve les harmoniques du 50Hz mais atténués de plus de 25dB. Pour le comportement lors d'une sollicitation, vous ne verrez pas la mesure car il n'y a rien à voir. La chute de tension est infime, $<200\text{mV}$ au lieu des 5V pour l'alim basique.



Du coup, en ayant régler l'alimentation SMPS sur la même tension à vide (+29,6Vdc), j'ai refais des mesures de distorsion. A 21,5W, la distorsion H3 a disparu. Elle était finalement liée à l'approche de la saturation.

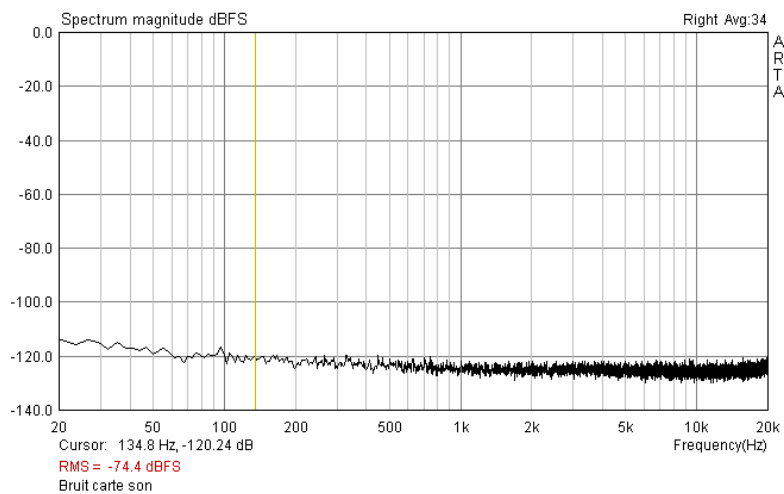
Sur la courbe de droite, c'est la nouvelle puissance disponible pour une distorsion proche de la précédente soit, 30W....



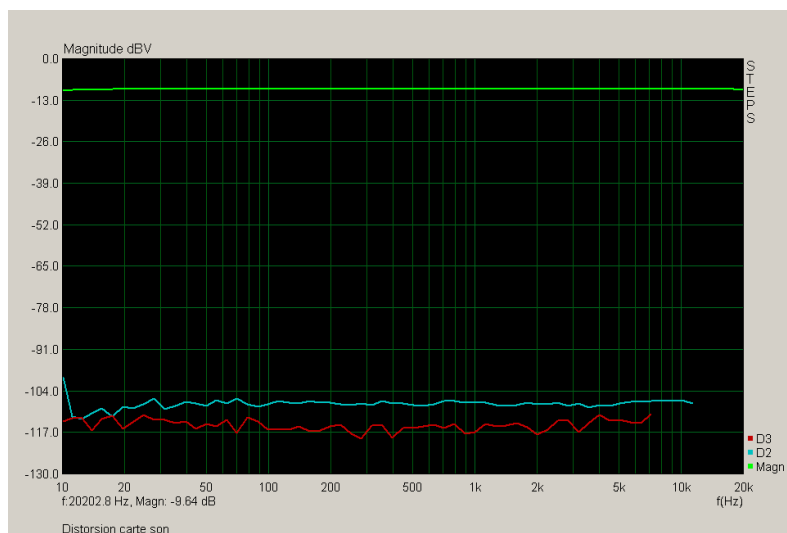
Encore un bon point, la sortie auxiliaire demande juste un léger filtrage, pas de régulation.

5 ANNEXE 1

FFT du bruit carte son (entrée sortie rebouclé).



Réponse en fréquence et distorsion D2 et D3 (entrée sortie rebouclé).



Distorsion D2 et D3 en % de la fondamentale.

