

LES DISTORSIONS D'INTERMODULATION DANS LES AMPLIS BF

La distorsion harmonique (THD) est importante, mais tout le monde sait faire des amplis avec peu de distorsion. Si elle est donnée à la puissance maximale à la limite de l'écrêtage, elle n'est que meilleure plus bas. Elle est mesurée sur une fréquence unique, généralement du 1000 Hz que l'on injecte à l'entrée de l'ampli et on mesure avec un distorsiomètre sur la sortie HP reliée à une charge non inductive.

Par contre la distorsion d'intermodulation (IMD) définit la coloration de l'ampli. Elle est le produit du mélange de plusieurs fréquences, ce qui passe en général dans un ampli, sauf dans un solo de flûte.

Je fais souvent ces mesures (pour le plaisir, je suis à la retraite) avec un générateur-distorsiomètre HP 8903B, un générateur multi-tons Rohde & Schwarz AFS, un oscilloscope numérique HP 54501, un analyseur de spectre BF HP 3580A, une charge / Wattmètre 4-8-16 Ω -1-10-100 W et un atténuateur à décades.

Les appareils utilisés :



A gauche, le banc HP 8903B, générateur 20 Hz à 100 KHz à très faible distorsion, distorsiomètre, fréquencemètre, mesure S/B, wattmètre, millivoltmètre. Il ne génère qu'une fréquence à la fois mais peut être wobblé.

Ici, il mesure sa propre distorsion de 0,0029 % à 1 KHz.

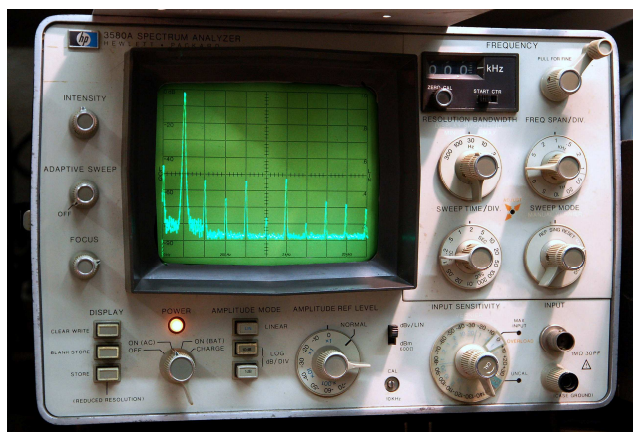
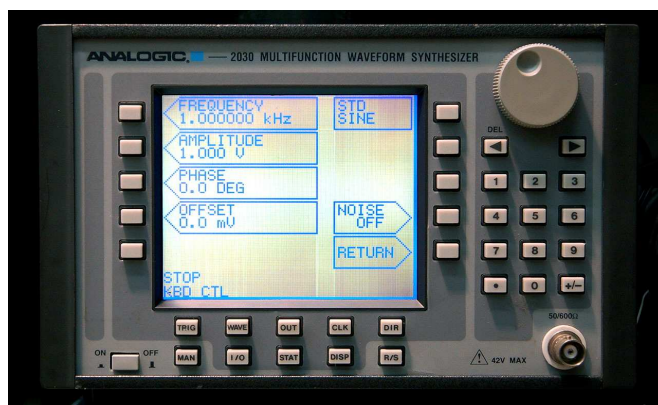
La sortie est en 600 ou 50 Ω , l'entrée mesure fait 100 K Ω asymétriques ou symétriques.

A droite, le générateur de fonctions synthétisé à DSP Rohde & Schwarz AFS fabriqué par Analogic (USA).

Il va de 0,001 Hz à 20 MHz. La sortie se fait sur 600 ou 50 Ω .

Il permet de générer jusqu'à quatre fréquences simultanément à des amplitudes différentes.

Nous en utiliserons deux pour la mesure de la distorsion d'intermodulation.



A gauche, l'analyseur de spectre HP 3580A de 10 Hz à 50 KHz. Plus très jeune, mais toujours précis et sensible.

Il a un générateur de tracking intégré pour mesurer les bandes passantes des filtres, amplis, câbles, etc...

Il a une dynamique d'affichage de 85 dB environ et une sélectivité de 300 Hz à 1 Hz ! L'entrée fait 1 M Ω .

Ici, on voit du 1000 Hz avec des harmoniques de -52 à -80 dB jusqu'à 10 KHz.

Il y a deux façons de mesurer la distorsion d'intermodulation :

On injecte deux fréquences proches mais non multiples, par ex 1000 et 1750 Hz d'amplitude égale, on visualise sur l'analyseur (branché sur la sortie HP) balayant de 0 à 10000 ou 20000 Hz, et on voit une multitude de fréquences indésirables apparaître en peu partout. Par contre cette mesure est visuelle sur l'écran et ne s'exprime pas en %, ou alors il faudrait faire une mesure sur chaque nouvelle fréquence, il y en a pas mal !

Et parmi toutes ces fréquences plus ou moins fortes, certaines apportent de la chaleur, d'autres du néfaste, d'où la "coloration" ou "signature sonore" comme on dit, mais cela dépend aussi du goût de l'auditeur.

MAIS cette distorsion n'est pas linéaire avec la puissance, elle est en général très faible à petite puissance jusqu'à être très élevée à forte puissance. Voir les photos à la page suivante.

L'autre méthode, on injecte deux signaux, un de fréquence basse, entre 60 et 250 Hz, et un de fréquence élevée, entre 4000 et 10000 Hz. La fréquence élevée doit avoir une tension 4 fois plus faible (12 dB) que la basse (par exemple 150 Hz à 1 V et 6000 Hz à 0,25 V).

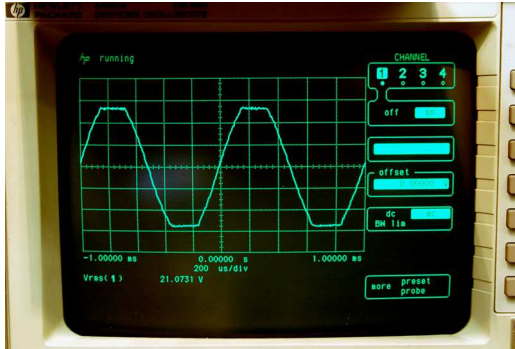
On zoome sur le 6000 Hz avec un analyseur de spectre branché sur la sortie HP (reliée à une charge de 8 Ω) et on voit de chaque côté du 6000 Hz (6000 - 150) et du 6150 Hz (6000 + 150 Hz). La fréquence élevée se retrouve modulée en amplitude par la basse. Voir les photos à la dernière page.

On lit la différence d'amplitude entre le 6000 et le 150 Hz en dB, on convertit en %, et c'est le résultat du l'IMD.

Sur mon vieux QUAD 303, j'ai mesuré de la THD faible même à forte puissance, mais de l'IMD faible au 1/4 de la puissance, moyenne à mi-puissance et catastrophique au maximum de la puissance (des fréquences partout, jusqu'à -30 à -20 dB des deux fondamentales). Et 30 dB correspond à 3 % et 20 dB correspond à 10 % ! Qui va acheter un ampli avec 3 ou 10 % d' IMD ? ! C'est pour ça que c'est rarement mentionné.

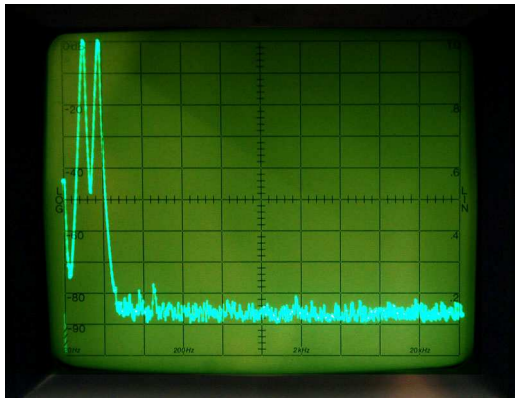
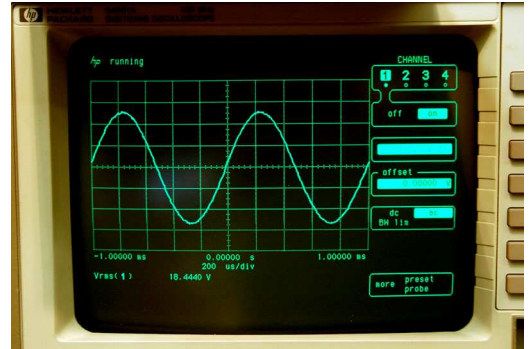
Et encore, je mesure sur une charge non inductive d'impédance constante, ne prenant pas en compte la charge variable du HP. (Sinon aie les oreilles).
Mais d'abord, pour déterminer la puissance maximale d'un ampli, on augmente le volume en surveillant l'oscilloscope branché sur la sortie HP (on mesure une voie puis l'autre), quand la sinusoïde commence à être aplatie, revenir légèrement en arrière.

On mesure à ce moment, soit avec un wattmètre, soit un voltmètre, par exemple sur la photo de gauche, 21 V RMS au carré divisé par $8 \Omega = 55 \text{ W}$, et à droite $18,4 \text{ V}^2 / 8 = 43 \text{ W}$, l'ampli était donné pour 45 W.



A gauche, les sinusoïdes sont écrêtées, la puissance max est dépassée. Ça génère beaucoup d'harmoniques, cause de la destruction des tweeters.

A droite, les sinusoïdes sont correctes, la puissance max n'est pas dépassée.



A gauche, on voit l'écran de l'analyseur qui mesure la sortie du générateur. La ligne supérieure est la référence (0 dB), les lignes suivantes sont de 10 en 10 dB (voir la graduation verticale à gauche).

On règle le gain pour que le signal à mesurer arrive sur cette ligne.

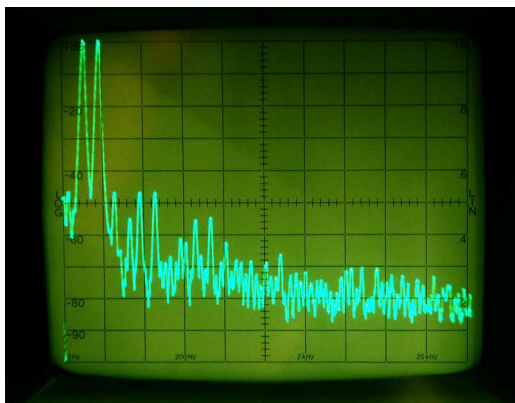
L'échelle horizontale est linéaire et graduée de 2 en 2 KHz, ce qui fait qu'on peut visualiser tout le spectre de quelques hertz à 20 KHz.

Ne pas tenir compte des graduations au bas de l'écran.

Ici, on voit les deux fréquences utilisées, du 1000 Hz et du 1750 Hz, car il faut mesurer avec des fréquences non multiples.

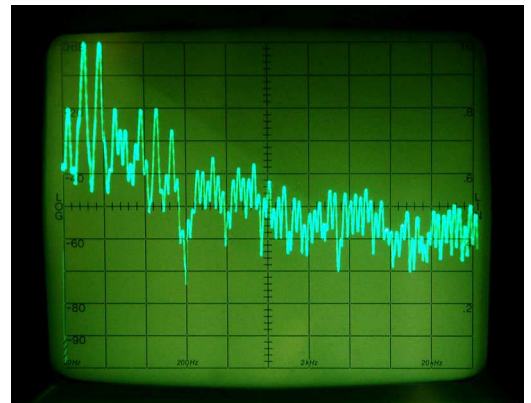
On ne voit aucune fréquence supplémentaire, la distortion est inférieure au plancher de mesure de l'analyseur (à part un petit 4500 Hz environ).

C'est ce qu'il faudrait observer à la sortie si l'ampli était parfait.



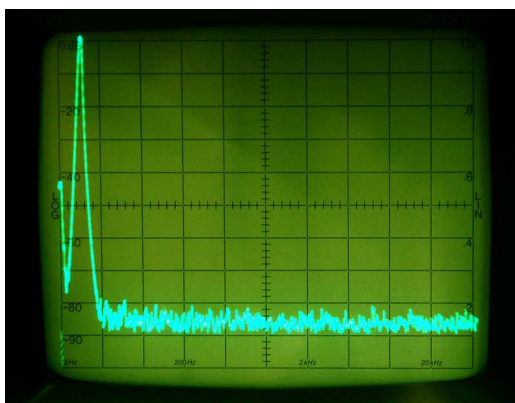
A gauche, l'ampli Quad 303 au 1/3 de la puissance, on voit les fréquences générées par l'IMD, il y en a qui sont à -47 dB, mais c'est quand même inférieur à 1 %.

A droite, à la puissance maximale, l'IMD est très forte, il y a quatre fréquences à -20 dB, ce qui fait plus de 10 % !



Correspondance des dB en % de distortion :

- 0 dB = 100 %
- 10 dB = 30 %
- 20 dB = 10 %
- 30 dB = 3 %
- 40 dB = 1 %
- 50 dB = 0,3 %
- 60 dB = 0,1 %
- 70 dB = 0,03 %
- 80 dB = 0,01 %
- 90 dB = 0,003 %



Ici, le 1000 Hz du HP8903B, la distortion n'est pas visible car elle est à -90 dB.

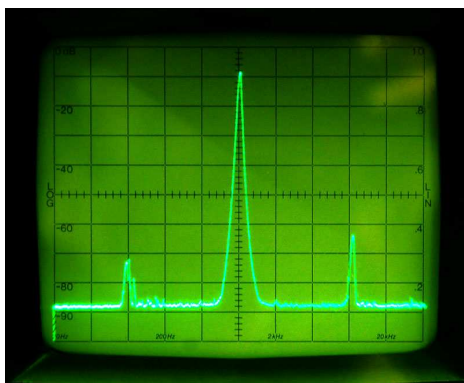
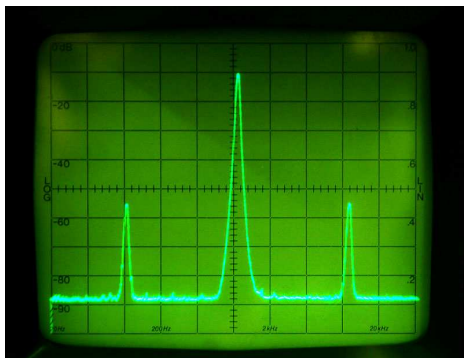
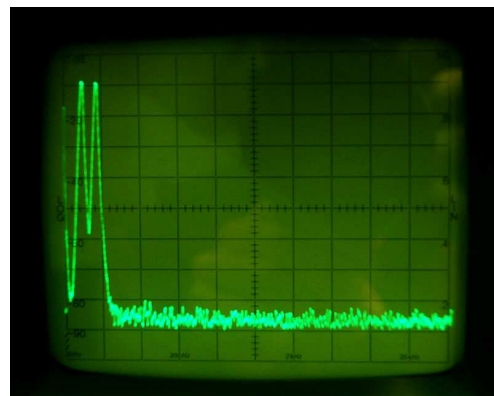


Image de gauche, méthode fréquence haute + fréquence basse :
 Au centre, le 6000 Hz, à gauche du 5850 Hz (6000 - 150), à droite du 6150 Hz.
 L'affichage horizontal est dilaté et va de 5750 à 6250 Hz.
 La ligne de référence a été abaissée à -10 dB pour ne pas saturer l'analyseur.
 Le 6000 Hz se retrouve modulé en amplitude par le 150 Hz, d'où le terme intermodulation.
 Ici, l'ampli à 11 W, la distorsion est à -52 dB, ce qui fait un peu moins de 0,3 %.



A gauche, l'ampli à 22 W, la distorsion est à -45 dB, ce qui fait un peu moins de 1 %, à la puissance maximale, ça monte à -20 dB, ce qui fait 10 %.



Ci-dessus, résultat de la mesure deux tons (première méthode) sur un ampli de meilleure qualité, bien que la distorsion harmonique soit à peu près identique à celle du Quad. Il n'y a pratiquement pas de distorsion d'intermodulation (-70 dB), bien que mesuré à la puissance maximale. Sur le papier, on pourrait dire qu'ils sont pareils, or le son est différent.

Ma conclusion est que deux amplis de même puissance ayant le même taux de distorsion harmonique, la même bande passante peuvent avoir un rendu sonore différent, à cause du taux de distorsion d'intermodulation différent et propre à chaque appareil en fonction de sa conception.

Mais souvent cette notion n'est pas mentionnée dans les caractéristiques techniques accompagnant l'appareil, et c'est pour ça que beaucoup de personnes qui écoutent divers appareils ne croient pas aux mesures, puisque sur les publicités, la puissance et la distorsion sont identiques et à l'écoute, le son est différent.

Une vue de l'ensemble en cours de mesure.

En haut à gauche, l'analyseur, en haut à droite, le HP8903B et le Wattmètre/charge, au milieu, le générateur Rohde & Schwarz AFS, à droite l'oscilloscope, sur la table, le Quad 303 et l'atténuateur à décades.



Michel Antadzé
 F6FLC