

## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

Cette petite étude présente un cheminement d'investigation rigoureux autour d'un HP de grave, afin de définir sa plage d'utilisation optimale et les "bonnes" conditions de sa mise en œuvre.

Le travail présenté ci-dessous repose sur l'utilisation des logiciels REW, SpectraLAB et WinISD, et exploite les possibilités offertes par le filtrage actif.

Pour rappel, le JBL2206H est un HP de grave reconnu, de forte puissance admissible (600W), et de bon rendement (95dB/1W/1m).

Par ailleurs, les réponses en champ proche des HP droit et gauche sont quasi superposables, ce qui témoigne d'une excellente maîtrise de la fabrication.

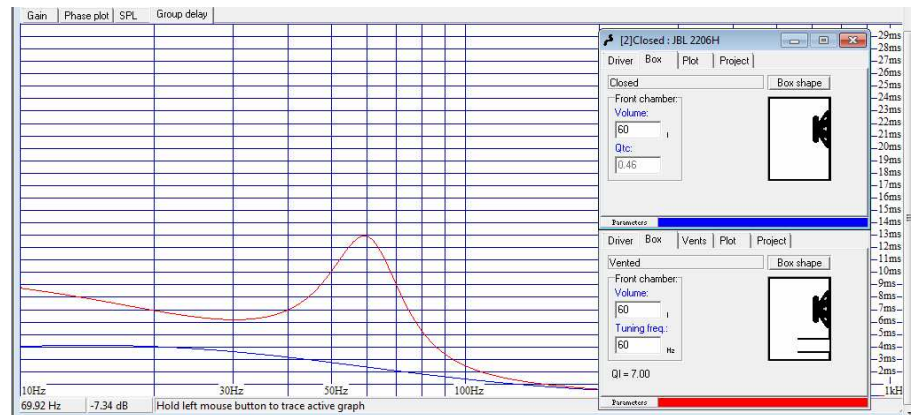
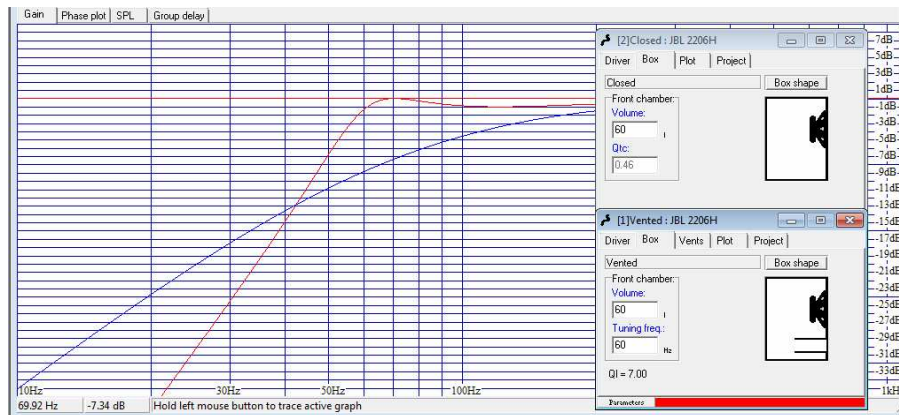
Les HP utilisés ont été soigneusement rôdés (plus de 24 heures au voisinage de l'élongation max).

Mon objectif est la mise au point d'un système multiamplifié à trois voies :

- Une voie sub, sur la base d'un 15" PHL Audio monté en caisson clos
- Une voie grave médium, avec le 2206H
- Une voie médium aigu, avec TD2001 chargée par un pavillon PH3230, dont les mesures ont été publiées précédemment.

### Simulation WinISD :

J'ai fait une simulation d'une configuration BR et d'un caisson clos de même volume (60 litres).



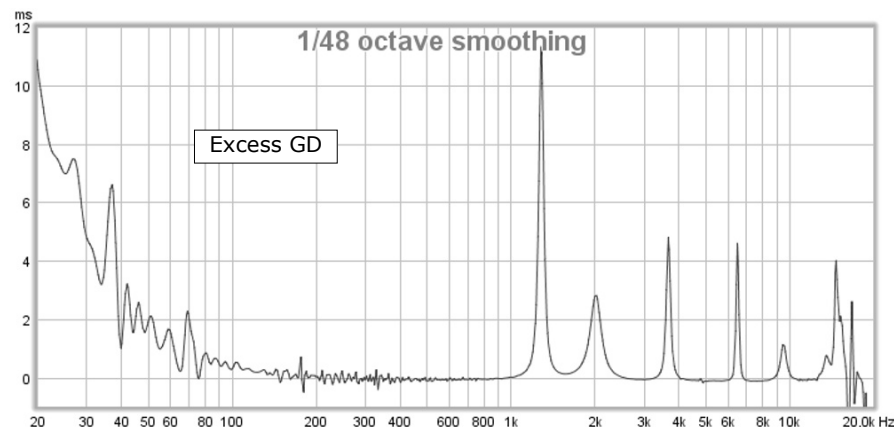
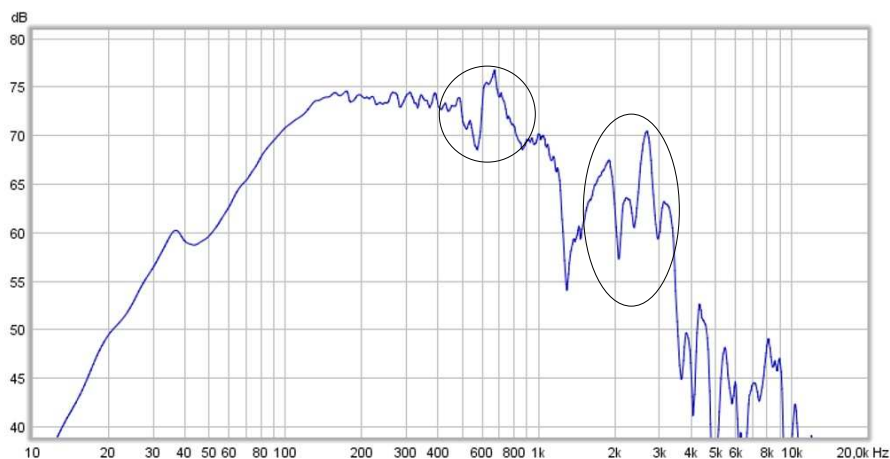
Le caisson clos coupe à 12dB/octave, et présente une chute de 7 dB environ à 80Hz, ce qui se corrige sans difficulté à l'aide d'un filtre actif. Le Q du caisson clos (0,46) est proche de l'amortissement critique, ce qui garantit une excellente réponse impulsionnelle.

Sans correction, le BR descend plus bas, mais, se disqualifie sans surprise par sa courbe de GD.

Mon choix s'est donc porté sur la solution caisson clos.

## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

Mesures en champ proche : mesures en sinus glissant, micro à 2 cm de la membrane



Ces mesures font apparaître :

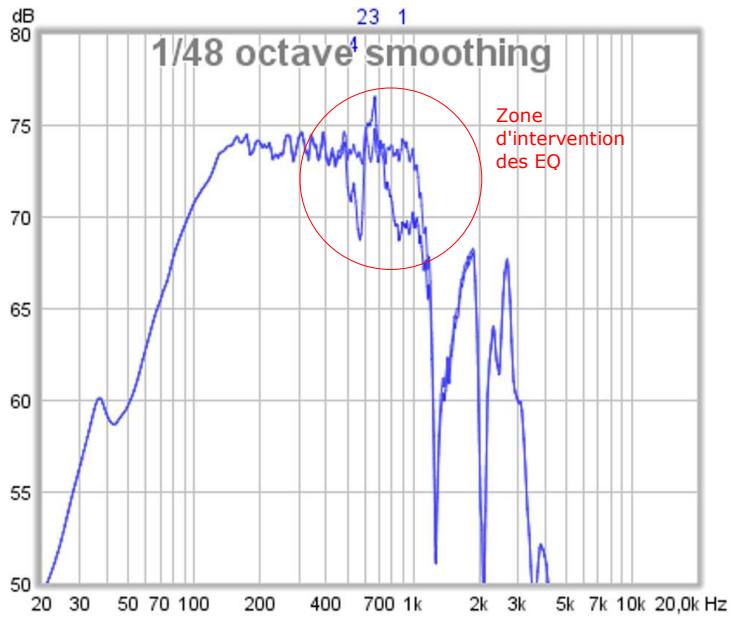
- Une coupure basse conforme à celle observée sur la simulation.
- Un accident de réponse (-5/+5dB) entre 500 et 700Hz, qui sera corrigé.
- Deux accidents de réponse vers 1,3kHz et 1,9kHz. On notera que le premier correspond exactement au diamètre de la membrane, il y a donc là un phénomène directement imputable à la suspension. On se situe en dehors de la plage d'utilisation du HP, mais la bosse sera "rabotée" afin d'éviter la tonique correspondante.

J'ai utilisé les fonctionnalités d'EQ de REW, qui propose les paramètres d'égalisation à utiliser pour rejoindre une courbe cible (target curve), et présente directement la "predicted curve" issue de leur application. J'ai donc demandé à REW ses préconisations pour être flat de 200 à 1000Hz à 1dB près :

Generic	Control	Type	Frequency	Gain	Q	Hz Target T60	Mode T60	Filter T60
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Auto	PK	893,0	5,0	2,45	364	5	8
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Auto	PK	576,0	6,0	11,47	50,2	31	62
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Auto	PK	652,0	-4,3	4,22	155	18	11
<input checked="" type="checkbox"/> 4	Auto	PK	519,0	2,3	20,44	25,4	76	99

## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

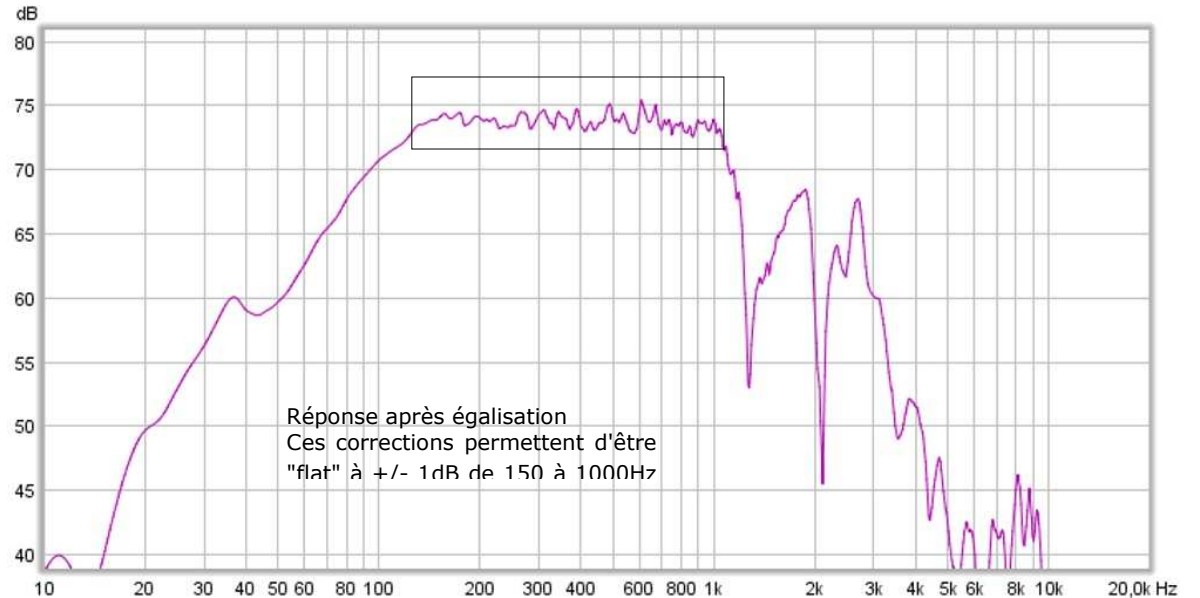
REW affiche également la "predicted curve" issue de ses préconisations. Voici le graphe avant/après correspondant :



Le processeur ne permet pas d'afficher exactement les paramètres préconisés par REW, et les arrondit. J'ai donc effectué le paramétrage suivant, mais le gain du troisième filtre a dû être retouché manuellement :

Fréquence (Hz)	Gain (dB)	Q
516	+2,3	16
579	+6	11
649	-5,3	4,2
900	5	2,4

Nota : on n'est pas obligé de se donner un objectif d'horizontalité aussi sévère que 1dB. Dans mon cas. un objectif de 2dB aurait conduit à la mobilisation de 3 filtres au lieu de 4.

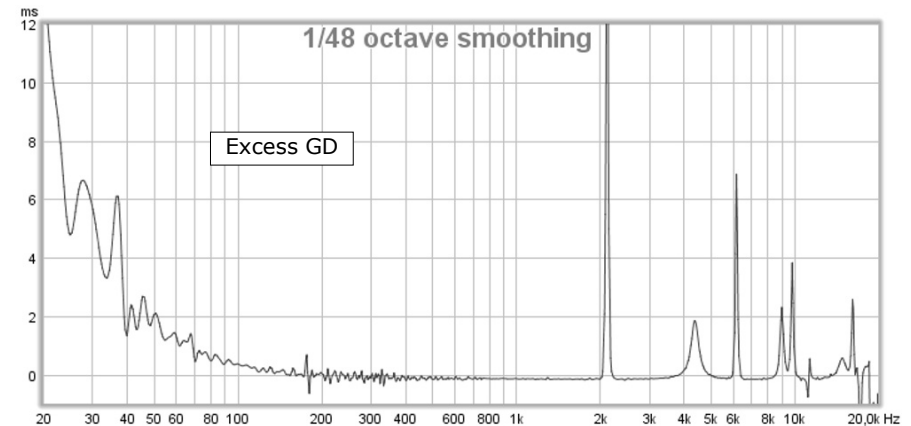
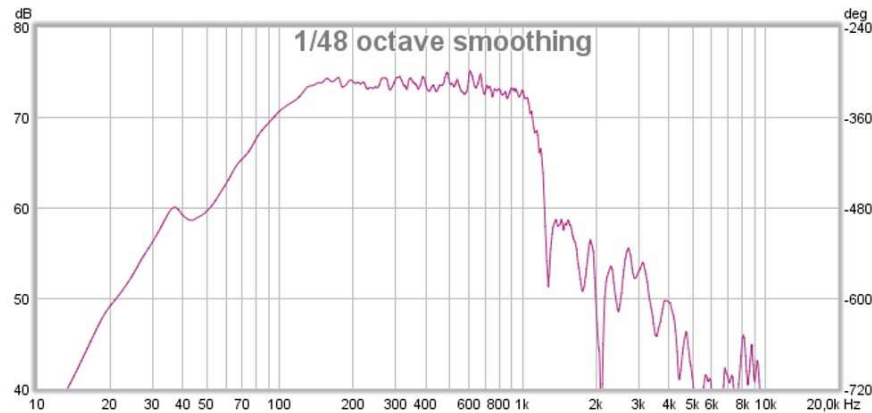


## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

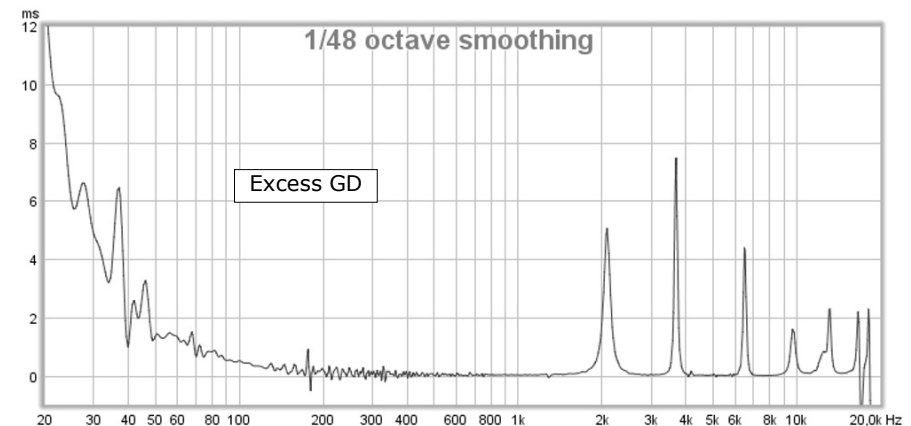
Puisqu'on dispose de ressources DSP importantes, autant en profiter réduire l'accidentologie observée dans la zone de 1,5 à 4kHz.

La courbe ci-dessous montre l'effet de l'application de deux EQ supplémentaires :

- 1 EQ centré sur 1800Hz, gain -15dB, Q=14
- 1 EQ centré sur 2600Hz, gain -13, Q=6,3



Il reste à corriger la réponse dans le bas, comme indiqué en début de document, de façon à prolonger jusque 80 Hz. Pour cela, j'ai ajouté un paramétrique centré sur 80 Hz, gain +5dB, Q=2 :



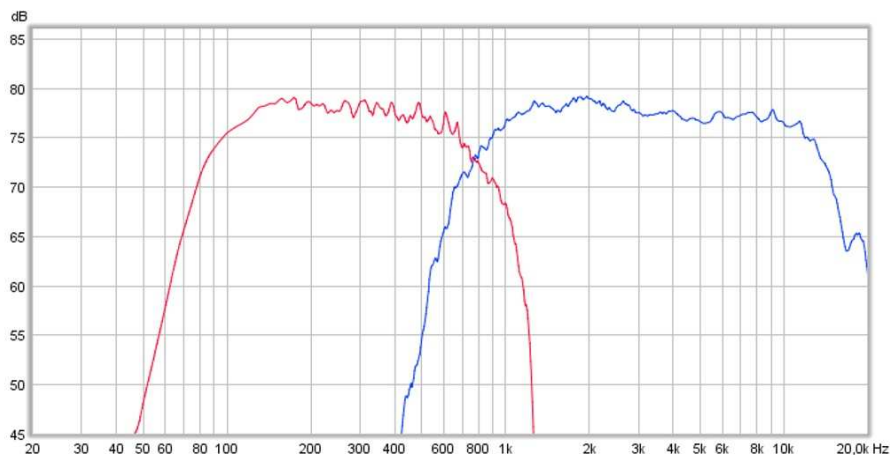
On voit que, de façon surprenante, l'ajout de ce dernier paramétrique est pratiquement sans impact sur l'excess GD.

On est maintenant prêt à filtrer.

## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

Le pavillon PH3230 chargeant le moteur TD2001 a une coupure acoustique de 500Hz. Compte tenu de mesures effectuées précédemment, et publiées sur le fil mesures du forum MELAUDIA, je sélectionne un raccordement à 850 Hz, et un filtrage en Linkwitz-Riley à 24dB/octave.

J'ai conscience que cette coupure est un peu haute pour le HP de grave, dont la réponse chute assez nettement après 1000Hz, Il faudra donc être vigilant sur le raccordement. L'application du filtrage donne la réponse suivante :



Pour mémoire, la réponse en champ proche de la TD2001 filtrée à 850Hz a été reportée sur le même graphique ci-contre.

La TD2001 a été elle-même égalisée de façon à faire disparaître son creux congénital à 1700 Hz.

### Raccordement

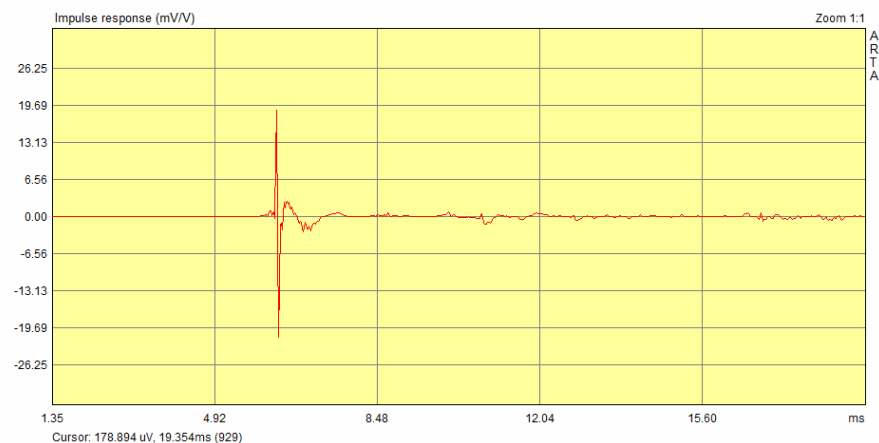
Pour effectuer les travaux de raccordement, on reste en champ relativement proche, le micro est placé à 1 mètre environ des HP, à mi-hauteur de leurs centres acoustiques respectifs.

Il faudra à la fois obtenir une belle continuité de réponse dans la zone de raccordement, et un alignement permettant la production d'une belle réponse impulsionnelle avec continuité de la courbe d'excess group delay. Le respect de la physique me conduit également à m'imposer une contrainte supplémentaire : **les deux HP doivent être en phase**. C'est incidemment une recommandation que m'a faite Philippe Lesage lui-même.

L'image ci-contre présente la réponse impulsionnelle calculée par ARTA à partir d'un simple et unique sweep.

Cette réponse impulsionnelle semble très propre, et elle reflète effectivement la qualité des HP eux-mêmes.

Mais un zoom est nécessaire afin d'examiner de près ce qui se passe au voisinage du **démarrage** de l'impulsion.



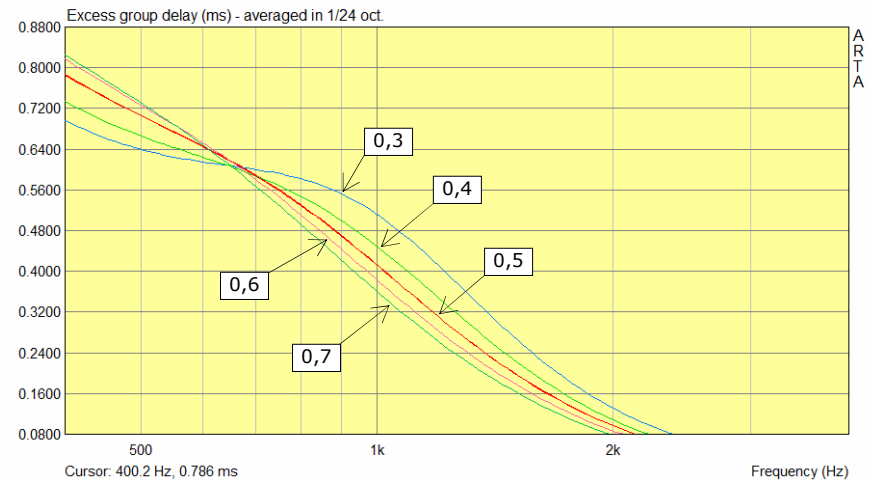
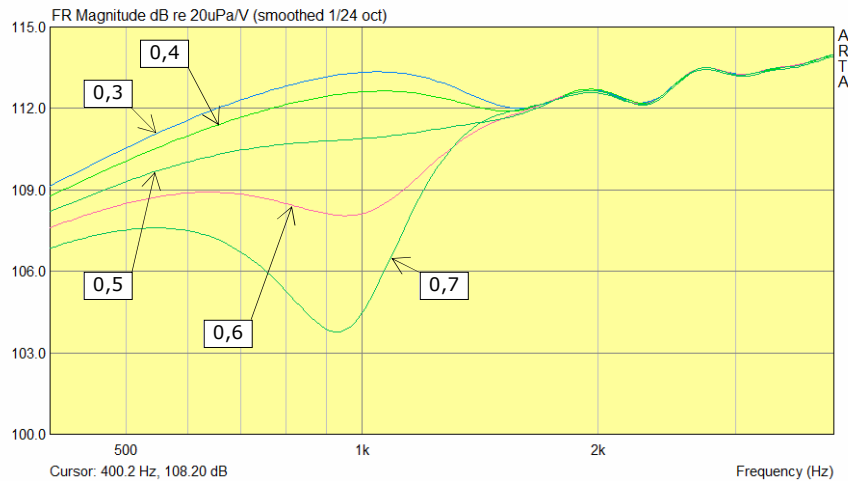
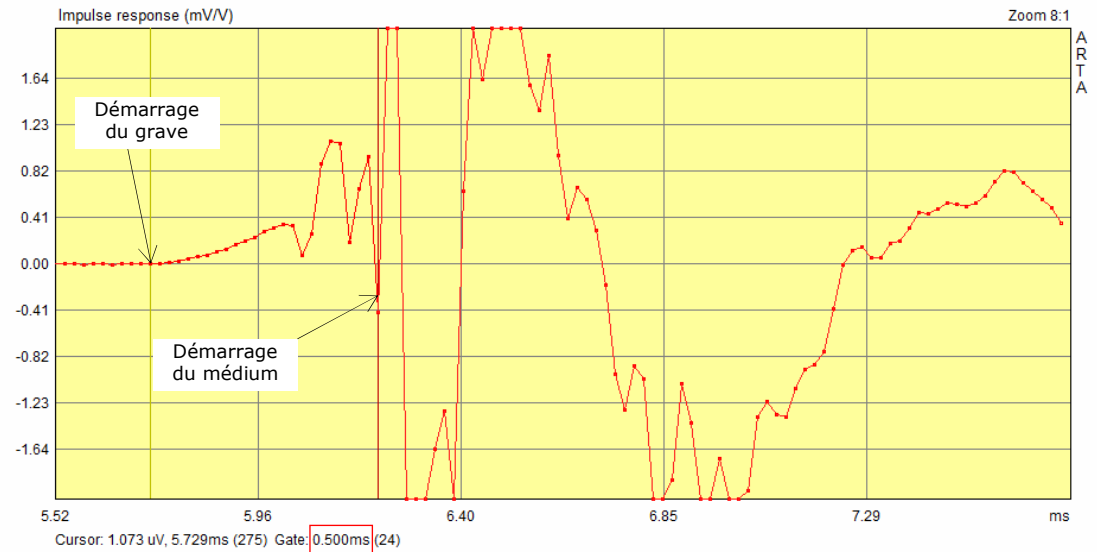
## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

Ce zoom de la même image montre très distinctement "l'avance à l'allumage" du grave par rapport au médium, et ARTA permet d'approcher ce décalage avec une précision correcte.

Le positionnement du marqueur et du pointeur en permet la lecture directe, en l'occurrence 0,5 ms.

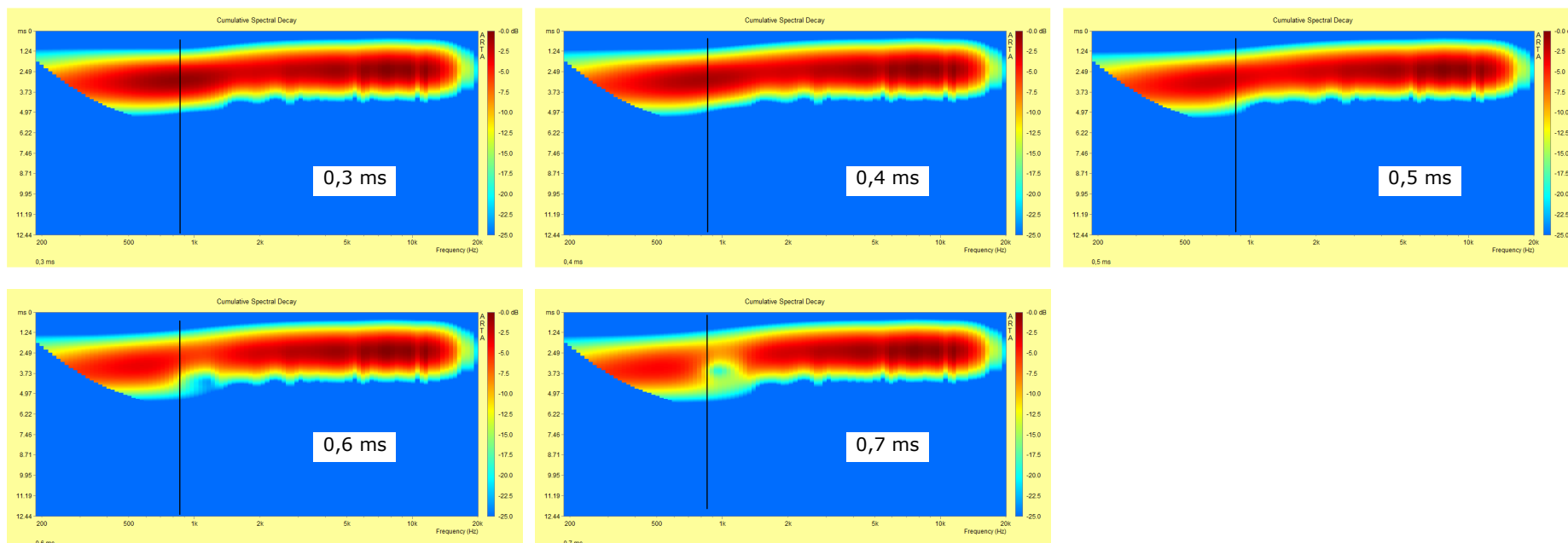
A partir de ce dégrossissage, nous allons tenter d'affiner, et examiner réponse et Excess GD pour des valeurs de délai variant de 0,3 à 0,7 ms par pas de 0,1 ms dans la bande 400-3000 Hz.

**Nota important :** ceci suggère une méthode fiable pour réaliser un alignement. Il suffit "d'avancer" le grave jusqu'à ce que son décalage amont devienne bien visible, puis de corriger exactement.



## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

Ces courbes sont une confirmation que le bon décalage est très proche de 0,5 ms. Ce décalage est d'ailleurs égal au décalage des plans des bobines mobiles des HP, ce qui est logique. Pour ce cas de figure, on remarquera que la superposition des réponses "parle" plus que celle des courbes d'excess GD, mais ce n'est pas toujours le cas. Par acquit de conscience, jetons un coup d'œil sur le CSD pour ces différentes valeurs de délai. Le trait vertical matérialise la fréquence de raccordement de 850Hz.



Le CSD montre une belle continuité dans la plage de délai qui va de 0,3 à 0,5 ms, mais ne donne pas d'information susceptible d'améliorer la précision d'alignement. Dans notre cas de figure, la méthode la plus pertinente s'est avérée celle de la correction du décalage par lecture directe de l'avance de phase sur l'IR elle-même. C'est d'ailleurs logique, celle-ci étant (par calcul) le reflet direct du phénomène physique étudié.

A ce stade du réglage, il est intéressant de faire quelques comparaisons à l'oreille pour différentes valeurs de délai. Ca rend modeste...

Jusqu'à présent, la démarche suivie en champ proche, très rigoureuse, a permis :

- de caractériser individuellement chacun des HP, de façon à évaluer leur plage optimale d'utilisation
- de corriger leurs principaux accidents de réponse, qu'ils soient liés à leur technologie ou à leur charge
- de réaliser leur raccordement et leur alignement, ce dernier ne changeant pas avec la distance

On notera que la réalisation de ce type de mesures est beaucoup plus délicate avec des transducteurs de grande taille ou très espacés. Il faudrait se reculer davantage, et on mesure alors plus de réfléchi que de direct... L'idéal est dans ce cas de faire tout ça dehors.

On notera également que dans le cas de HP multicellulaires ou sectoriels, la mesure est fortement dépendante de la position du micro, surtout en champ proche. Pour les travaux d'égalisation, il est alors impératif de faire des moyennes spatiales comme indiqué plus loin.

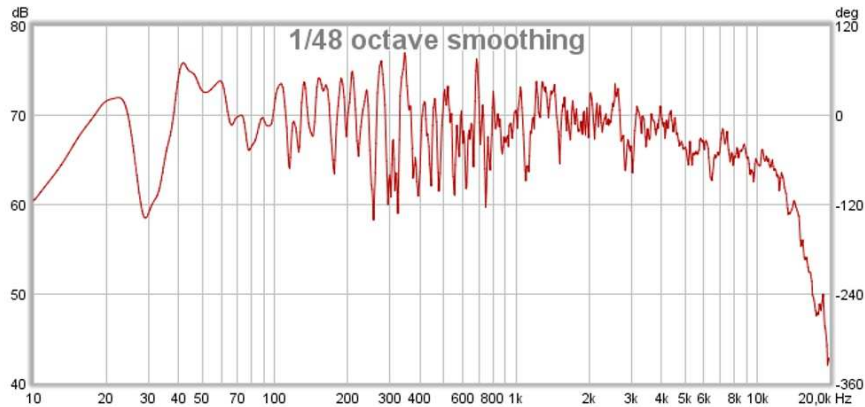
Mais l'objectif est quand même de réaliser une optimisation à l'emplacement d'écoute, pour les deux enceintes fonctionnant simultanément. Et c'est là où ça se corse...

## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

On va maintenant observer comment distance et réflexions modifient la réponse globale.

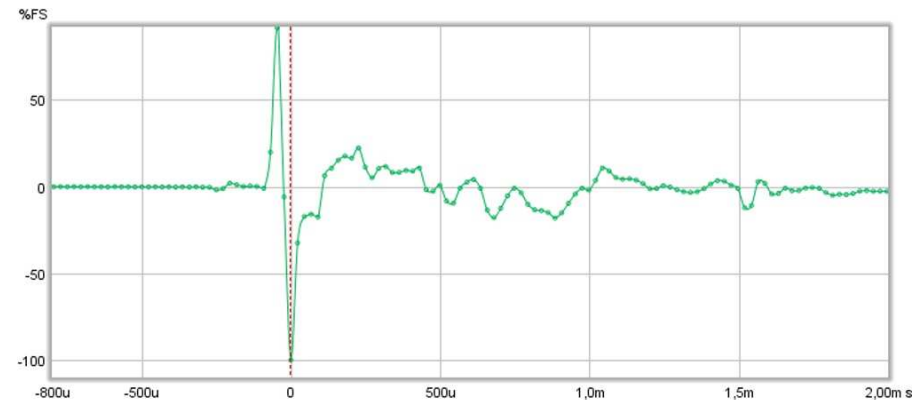
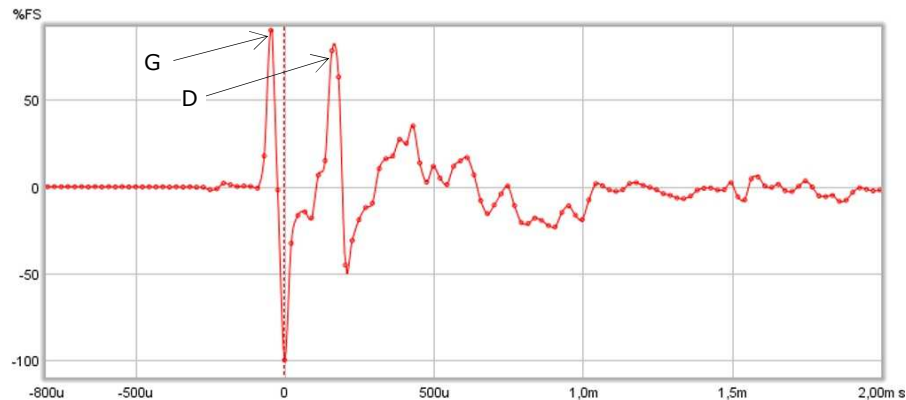
### Reprises d'égalisation et symétrisation

Dès lors que l'on s'éloigne de la source, le champ réverbéré prend de plus en plus d'importance par rapport au champ direct, et les belles courbes obtenues en champ proche prennent une très vilaine allure. On peut même avoir l'impression d'avoir perdu son temps à faire tout ça, le découragement n'est pas loin... On doute même de ses instruments. Ci-après la réponse en sweep de mon système, les deux voies en service, **à l'issue des réglages**, au point d'écoute, c'est-à-dire à 5,50 m des enceintes :



Pour les travaux au point d'écoute, on va d'abord devoir changer d'outils, et de méthode de mesure, pour retoucher l'égalisation et rejoindre une courbe cible qui sera évoquée plus loin.

Mais tout d'abord, il convient de caler temporellement les deux voies, de façon à annuler leur décalage **relatif** au point d'écoute. Pour cela, on fait un sweep sine et on observe généralement la présence de deux pics, correspondant à l'arrivée des impulsions en provenance des deux voies, et on mesure leur décalage par lecture directe à l'aide du curseur. Il suffit alors de paramétrer le délai ad hoc pour les superposer. Ci-après la mesure avant-après :



## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

Pour l'égalisation, la **mesure en tiers d'octave** s'impose maintenant. On passe en régime temps réel (RTA), on utilise le bruit rose, et, de façon à s'affranchir des "fausses mesures" liées à une position fixe du micro, on le mobilisera à la main sur une quarantaine de centimètres de façon à effectuer une moyenne spatiale. Comme dans la vraie vie, finalement, où l'on bouge la tête en permanence.

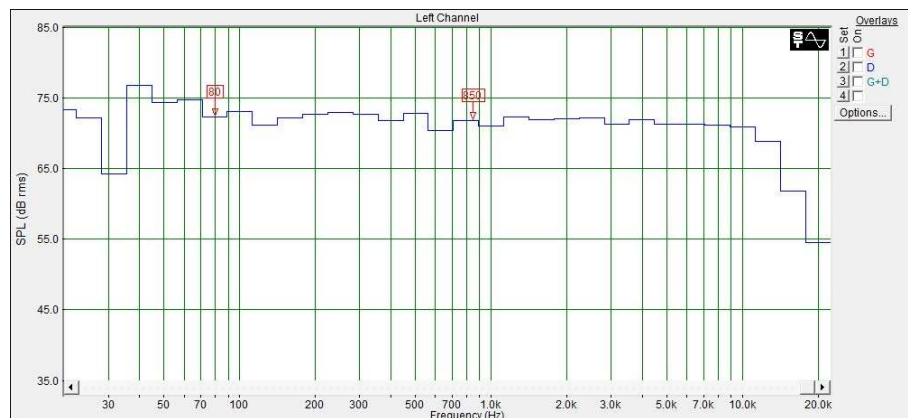
Cette méthode est particulièrement utile pour le médium et l'aigu, et devient absolument obligatoire si l'on a des transducteurs de grande taille.

On retouchera ainsi l'égalisation des niveaux relatifs des divers transducteurs et leur réponse, **en attachant un soin particulier à la symétrie gauche-droite**, qui a un rôle important dans la stabilité de l'image stéréophonique. Dans certains cas, les transducteurs peuvent avoir des réponses sensiblement différentes (il est donc indispensable de les avoir mesurés séparément au stade de la caractérisation), ou la géométrie de la pièce créer des dissymétries, il faudra donc les retoucher séparément.

Dans mon cas, deux paramétriques ont été mobilisés sur la TD2001 droite, pourtant parfaitement identique à celle de gauche en champ proche, afin d'obtenir des réponses identiques au point d'écoute. Sur le grave-médium, quatre paramétriques supplémentaires ont été utilisés afin de régulariser la réponse. Mais pourquoi s'en priver ?

Je réserve toujours pour la fin le raccordement avec les subs, beaucoup moins problématique. Ce point ne sera pas abordé ici.

Il m'a fallu plus d'une heure et demie pour parvenir à ce résultat au point d'écoute, avec moins de 2dB d'écart entre canaux sur toute la bande :



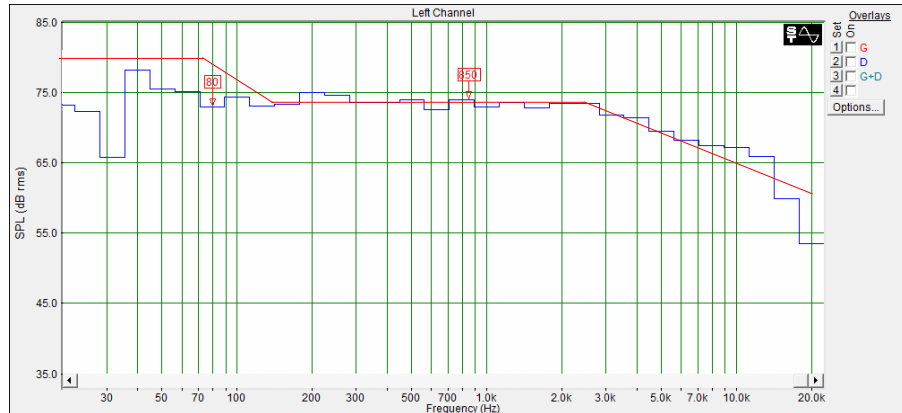
Il faut maintenant rejoindre **une courbe cible**, mais laquelle ?

Après avoir parcouru la littérature, j'ai finalement adopté la cible suivante :

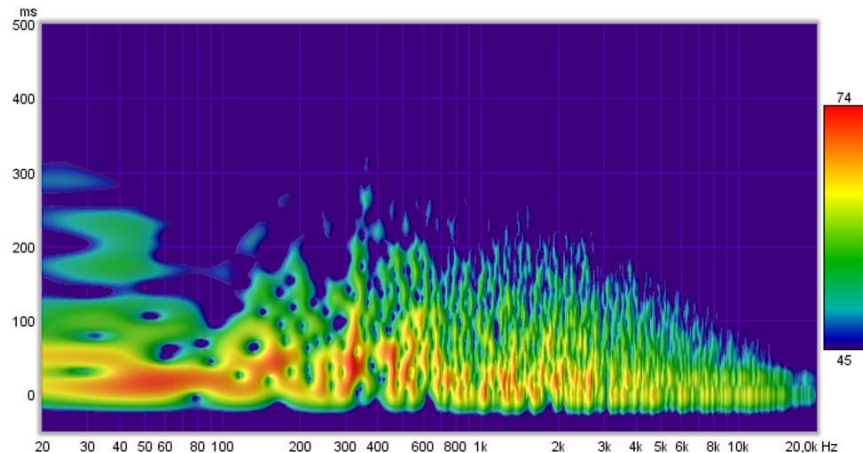
- Flat de 150Hz à 2500Hz
- Coupant à faible pente au-delà, de façon à être à -8 à 10dB à 20kHz
- Montant de 6dB en passant de 150 à 75Hz, flat en deçà

## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

Par rapport à cette courbe cible, indiquée en rouge sur le graphe ci-dessous, l'écoute m'a suggéré de "dégraisser" en dessous de 150Hz, et de relever légèrement dans l'extrême aigu. Dans le haut, il m'a suffi d'un seul paramétrique centré sur 8,5kHz, gain -5dB, Q=1, et voici le résultat :



Un CSD à l'emplacement d'écoute, avec une fenêtre longue, permet d'apprécier la présence de résonances ou de réflexions :

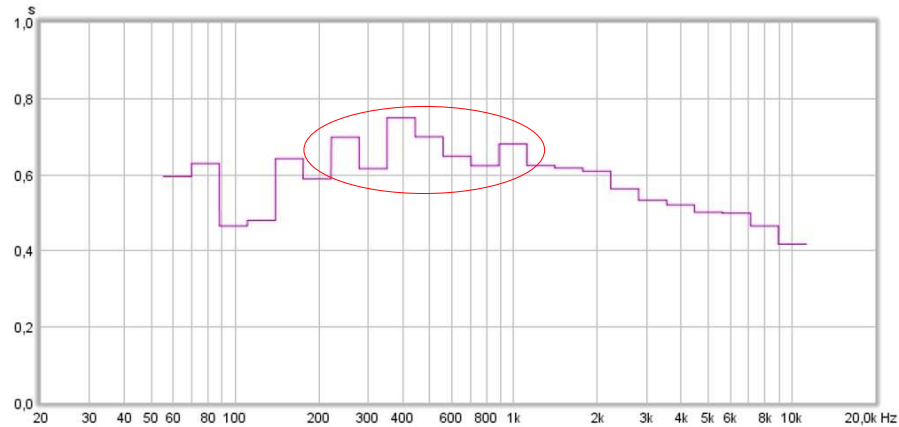


En l'occurrence, le CSD ci-contre donne les informations suivantes sur l'acoustique de la salle :

- Bon équilibre général.
- Pas de réflexion particulière au-delà de 200 ou 300 Hz.
- D'inévitables réflexions dans l'extrême grave, liées à la géométrie de la pièce.
- Un petit excès d'énergie rémanente dans la zone 100 à 250 Hz, qui peut se traduire par un léger voile sur les voix. La pièce mériterait d'être un peu mieux amortie pour cette plage de fréquences.

## Raccordement Grave – Medium Exemple TD2001 et JBL 2206H

REW calcule également le temps de réverbération. Par exemple le T30, qui est le temps nécessaire pour passer du niveau -5dB au niveau -35dB :



Ce graphique met en évidence :

- Un niveau général un peu élevé : 0,5 ms de temps de réverbération est généralement admis comme agréable. En dessous, le son est un peu mat.
- Un TR encore plus élevé dans la zone cerclée, qui est celle véhiculant le plus d'énergie. La pièce est donc sonore, et mérite un peu de traitement. En l'occurrence, des doubles rideaux suffisamment lourds sur la paroi arrière devraient faire l'affaire.