

Table des matières

1) Introduction	2
4) Directivité et variation de la réponse.....	9
5) Diffraction de baffle et variation de la réponse.....	9
B) Les solutions pour résoudre le problème	13
C) Forme finale du pavillon médium + tweeter	14
D) Résultat brut avant correction Dirac Live	14
E) Mesure après correction Dirac Live	16
8) Mesure en proche Système à pavillon concentrique.....	22
9) Passage à la version 5.2.....	23
10) Le traitement acoustique	26
11) Les mesures de contrôle du système	27
1.1. Mesure de la salle et temps de réverbération	27
1.2. Decay, waterfall et Spectro ondelette	28
1.3. Mesure SPL et Phase	30
1.4. Distorsion	32

1) Introduction

En 2017 nous prenons la décision de nous installer en région Parisienne. Nous partons à la recherche d'un appartement. Celui-ci trouvé nous faisons notre projet de décoration avec une pièce de vie principale de 30m² qui regroupe trois fonctions : la cuisine le séjour et le salon. Pour le salon nous voulons un système audio de qualité qui doit rester esthétique.

Les premières complications se résumes dans les étapes suivantes :

Dans mes premières esquisses d'aménagement, j'ai pensé à des enceintes classiques. Mais le rendu esthétique avec des cubes bardés de haut-parleurs n'était du gout de mon épouse qui cherchait une solution plus design.

Ensuite, je me suis rabattu sur des solutions avec des enceintes encastré. Mais les grilles n'était pas très esthétique. Mon épouse les surnommait les grilles de ventilation. Il faut reconnaître que ce n'était pas vraiment design.

Finalement, mon épouse me montre un mur Shape de chez B & O (en 2017 le produit venait de sortir) et me dit : « Je voudrais un truc comme ça. »

Moi : « Waouh c'est plutôt sympathique. Le prix pique un peu mais allons écouter. »

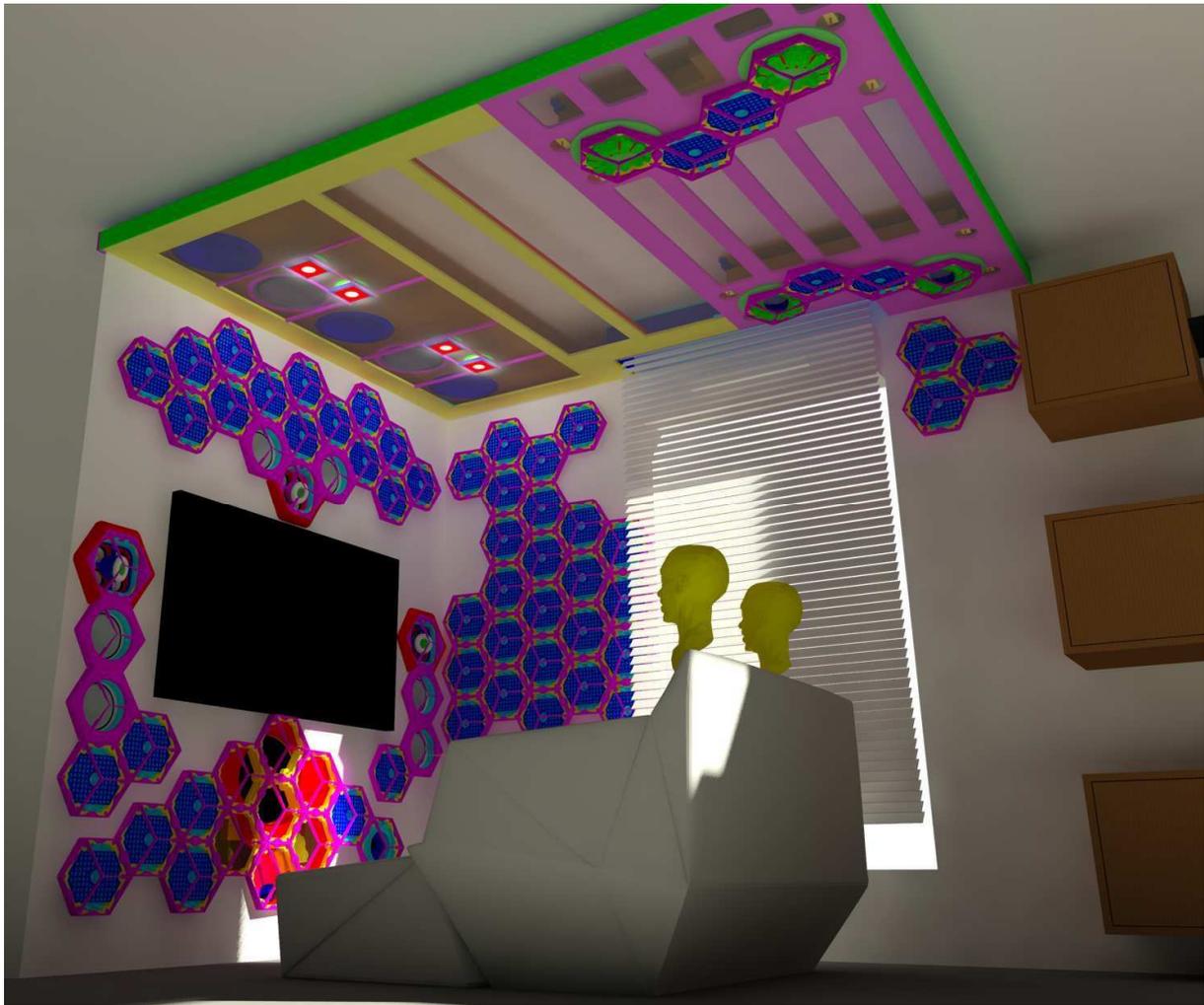
Quelque jour plus tard nous voilà devant une installation de démonstration, c'est propre le son est plutôt claire ça manque un peu de grave et le rendu stéréo est quand même pas terrible. Conclusion au niveau esthétique c'est parfait mais le prix et la technique nous rebute.

Mon épouse me dit : « Tes concepteur, tu ne peux pas nous faire un truc qui ressemble et qui est techniquement meilleur. »

Moi le torse bombé et fière : « Il faut que ce soit esthétique et donc avec une finition irréprochable, pour faire des tuiles comme B & O, je ne vois qu'une solution l'impression 3D. On peut de faire des prototypes et une petite série ensuite. Pourquoi pas ! Cela ne doit pas forcément être difficile à faire. Et dans le cadre du boulot, je dois tester cette technique. » Je viens de mettre le doigt dans l'engrenage infernal d'un projet « Fait toi-même ! ».

Ayant quelles notions d'ingénierie dans ma formation, j'effectue donc une recherche bibliographique pour définir une première version du projet. Le gros problème c'est que je ne connaissais presque rien dans ce domaine, la littérature et les forums audio regorge de bêtise et de solution pas toujours maîtrisées. De plus les auteurs de projets DIY sont souvent pas vraiment honnête avec eu même et masque des défauts flagrants de leur œuvre. Je vais donc essayer de nombreux échec en essayant d'adapter des solutions décrites comme Saint Graal de l'audio.

La tuile décorative, qui est la base de notre projet ressemble la version de B & O mais en plus petit. Elle sera une contrainte extrêmement forte qui va tout compliquer. La tuile c'est au sens propre et figuré.



2) La tuile élément de base de la solution.

Déjà, il y a beaucoup de contrainte à prendre en compte :

- Elle doit être correctement proportionnée pour être intégrée au mur et rester esthétique.
- Elle ne doit pas être trop grande pour rester dans le format d'une grande imprimante 3D courante.
- Elle doit permettre une mise en tension du tissu sans trop de déformation.
- Elle doit être solide pour ne pas rentrer en vibration avec les haut-parleurs et ne pas se déformer à la mise en tension du tissu décoratif.
- Elle doit être durable dans le temps

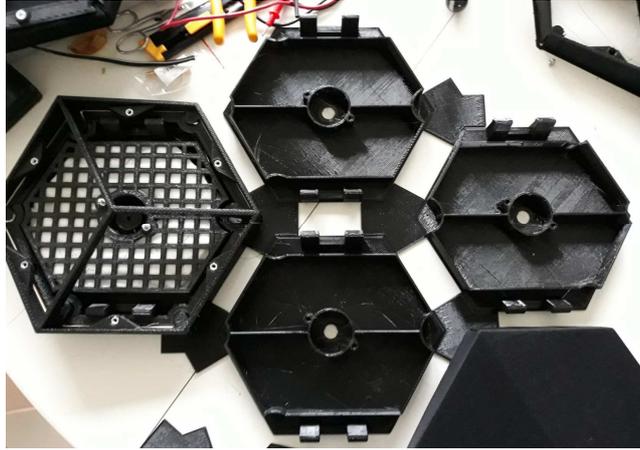
Cela impose d'utiliser un plastique adapté. Le PETG se révélera le meilleur choix pour satisfaire toutes ces contraintes. Il a de bonnes propriétés mécaniques ne se dégrade pas dans le temps avec l'humidité et les U.V. Il est plutôt facile à imprimer avec une buse à haute température et un plateau chauffant.

Après plusieurs heures de dessin, j'arrive à la forme en image ci-dessous. Le premier prototype est plutôt une réussite, on peut tendre un tissu non élastique comme du coton tissé sans aucun problème. Avec les tissus acoustiques en mailles tricotées et plus élastiques c'est encore plus simple à tendre. La forme est trouvée, il ne reste plus qu'à adapter les éléments haut-parleur dedans « Facile la première étape ».

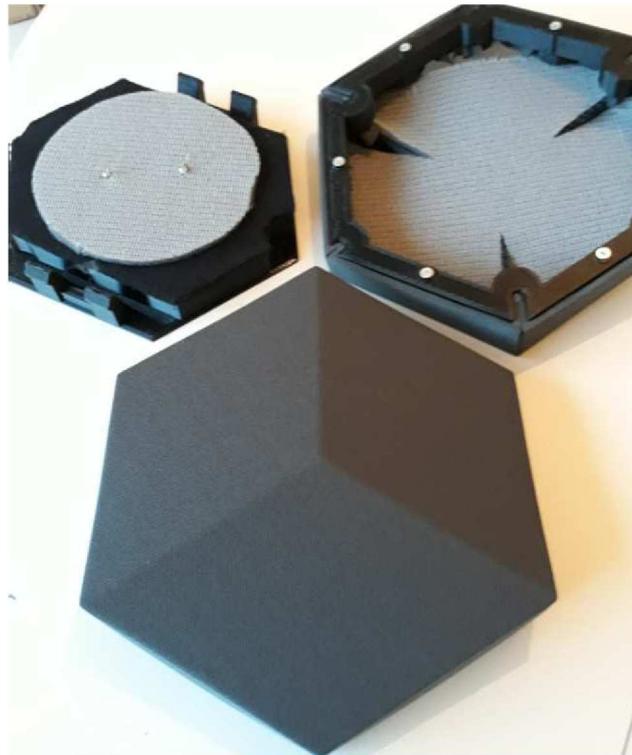


Grille pendant le montage

Grille sur l'outil de maintien



Montage à blanc des tuiles absorbeur avec cale pour positionnement relatif des supports



La tuile avec son habillage

Vous noterez que partir de la grille décorative et construire l'enceinte autour ce n'est pas forcément la chose à recommander. C'est pourtant ce qui va être fait. Pas moins de 5 versions différentes des enceintes principales seront réalisés avant d'avoir une solution qui fonctionne sans gros défaut mesurable. L'estimation sans l'achat l'imprimante 3D était d'environ 2000€. Nous n'étions pas du tout dans le bon ordre de grandeur dirait certain scientifique.

3) Les premiers prototype : beaucoup d'échec un long apprentissage.

A) La première solution : caisson grave et larges bandes.

- Un caisson est dimensionné pour donner un niveau suffisant de 90dB à 25Hz. Mon choix se porte vers une solution close de 150 litres avec un Dayton Audio RSS315HF-4 et un ampli dédié Monaco SAM 300D. Du médium 35mm est utilisée pour faire la caisse en complément du baffle en PLA imprimé.
- Deux caissons avec quatre larges bandes FOUNTEK FE87 en « line array » pour chaque enceinte. Un ampli FX-AUDIO FX1002A TDA7498E Class D. Les Baffles support avec pavillon court en PLA. Caisse en medium 22mm.
- Un MiniDSP 2X4 HD pour la répartition des voies.
- MiniDSP DDRC-22D 24/96kHz et un micro pour les mesures de contrôle et la correction acoustique.



Les résultats et erreurs dans cette solution.

Le choix de large bande en « line array » est catastrophique, en dessous de 200Hz la distorsion est forte, au-dessus de 6kHz cela chute brutalement de -10db à 8kHz. Même si le son est très claire grâce une caisse solide et copieusement amortie (Mesures à 80cm : courbe plate +/- 2 dB de 200Hz à 4kHz distorsion harmonique total 0.1%). La conception est complètement ratée pour les aigus et montre très vite les limites dans les graves. Dire que certain ne jure que par cette solution.

Pour le caisson de basse, les 35mm de medium même renforcé par des entretoises vibrent, deuxième échec !!!!

B) Solution 2 : ajout des ATOHM SD28CR08F.

La solution qui permet de retrouver les aigus est simple, ajout des tweeters avec un nouveau MiniDSP 2X4 HD et un nouvelle ampli FX-AUDIO FX1002A TDA7498E Class D.

Conclusion les aigus sont propres, les cymbales sont parfaitement restituées avec toutes leurs nuances.

En revanche, le caisson mono doit monter au 200Hz pour épauler les line array. Pour la musique symphonique les fortissimos restent brouillons et les instruments difficiles à distinguer. Nous ne sommes encore loin d'une solution idéale.

Le FX-AUDIO FX1002A a du souffle sur les tweeters.

C) Solution 3 : Ajout d'une voie supplémentaire dans les basses et changement de l'amplification.

Pour épauler les line array, l'ajout de deux ATOHM LD165CR08 pour les basses fréquences permet d'atteindre les objectifs au niveau qualité.

Le caisson de basse est renforcé avec des entretoises de 22x25mm tous les 15cm et un contreplaqué marine de 15mm. L'engin de 100kg en place, l'espace entre les deux structures sera rempli par 100 kg de sable.

Les tweeters et les line array sont raccordés à deux FX-AUDIO D802C.

Les caissons de basse fréquence avec les ATOHM LD165CR08 sont raccordés à un ampli QULOOS QA690 2 X 100watt

La répartition entre les 3.1 voies est gérée par le MiniDSP NanoDIGI 2x8 :

- 20 à 100Hz le caisson de 150 litres avec le Dayton Audio RSS315HF-4 (2.5 octaves)
- 100 à 640Hz deux caissons de 20 litres clos avec un ATOHM LD165CR08 chacun (2.5 octaves)
- 640 à 2400hz deux caissons de 18 litres clos avec quatre FOUNTEK FE87 chacun (2 octaves)
- 2400Hz à 20Kz les deux ATOHM SD28CR08F (3.0 octaves).

A partir de cette version l'écoute est plutôt bonne. Il reste néanmoins des défauts qui montrent que tout est loin d'être maîtrisé.

L'image stéréo n'est bonne qu'au point central d'écoute et les mesures montrent clairement que si on s'éloigne de cette zone tout part en vrille au niveau de la réponse. Il faut maintenant tenir compte de la réponse hors axes et de la directivité des éléments.



Montage provisoire avant réception des ATOHM LD165CR08

Les baffles en PLA prévus dans l'épaisseur de la cloison sont visibles

Le tweeter est recouvert par une grille de finition

4) Directivité et variation de la réponse

Quand la longueur d'onde est inférieure au diamètre du HP sur deux, la directivité devient importante. Si on s'éloigne de l'axe du haut-parleur une moitié de ce dernier se rapproche de l'auditeur et réciproquement une autre moitié s'éloigne. L'écart de délai entre ces deux moitiés de transducteur provoque des interférences destructives suivant l'angle et la fréquence. On se retrouve avec une réponse ayant des variations de SPL hors Axes en fonction de la fréquence. En revanche, la phase ne subit pas forcément de variation importante.

5) Diffraction de baffle et variation de la réponse

Si le baffle d'une enceinte possède des arêtes vives ces dernières introduisent une forte variation dans l'espace de propagation de l'onde. A cause de cette variation brutale, les arêtes vont rediffuser un signal qui sera en retard avec le haut-parleur. Ce retard est proportionnel à la distance entre le centre du HP et l'arête.

Quand le HP est au centre du baffle l'écart de distance avec les arêtes du bord varie peu. La distance étant relativement constante, si cette dernière est proche de la demi-longueur d'onde émise on se retrouve avec une forte atténuation du signal global baffle plus HP (Interférence destructive).

Même chose, pour les longueurs d'onde qui vérifient l'équation suivante :

- Distance HP : Baffle = $(N + 0.5) \times$ Longueur d'ondes

N étant une valeur entière.

A l'inverse pour les longueurs d'onde qui vérifient cette équation :

- Distance HP : Baffle = $N \times$ Longueur d'ondes

La réponse SPL est augmentée. (Interférence constructive)

A cause du délai de l'onde réfractée par le baffle, on constate également une variation de la phase.

Sur un baffle courant, ces variations du SPL suivant la fréquence sont souvent très importantes dans l'axe du HP. Hors axe les effets de diffraction du baffle peuvent être atténués.

La distance d'écoute déplacera également légèrement les fréquences en interférences constructives et destructives et modifiera sensiblement l'amplitude des variations de la courbe SPL.

Bref, suivant la distance d'écoute et l'angle, la position et l'amplitude des trous ou bosses de la courbe de réponse SPL vont varier.

Faire une mesure en proche n'est donc vraiment pas conseillé pour faire de la correction de réponse en phase et en amplitude.

Pour réduire globalement la diffraction, il y a trois solutions :

- Ne pas centrer le HP sur le baffle.
- Mettre des matériaux absorbant sur le Baffle
- Arrondir les bords du baffle et guider l'onde sur les côtés du HP (Pavillon).

Les deux dernières solutions sont à privilégier car elles réduisent ou annulent le phénomène. La première ne fait qu'étaler les effets de la diffraction. Avec la tuile décorative inutile de dire que la solution n'est pas triviale.

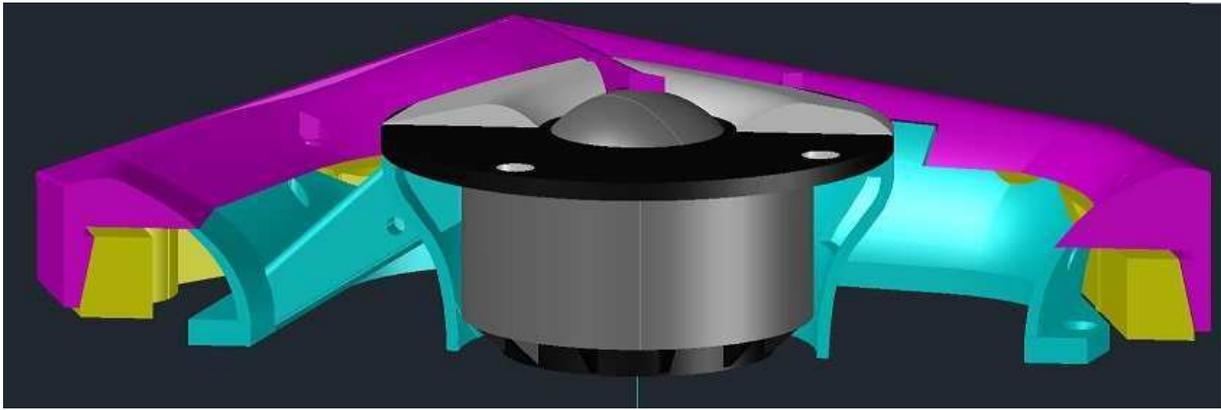
6) Analyse de la directivité et adaptation des enceintes.

La première chose triviale que je vais faire c'est revoir entièrement l'implantation des composants dans la tuile. Je fais un montage coaxial pour gagner de la place et réduire les espacements entre transducteur.

Le cône d'écoute idéale est particulièrement élargi dans le sens vertical. Au niveau horizontal ce n'est pas terrible voir très dégradée car l'axe d'émission est perpendiculaire au mur et ne converge pas au point central d'écoute. De plus dans cette première version, l'absence de guide d'onde en forme de pavillon sur les quatre hautparleurs médium Fountek Fe87 donne une réponse particulièrement torturée en phase et en amplitude. La diffraction sur les bords des baffles décorative est donc impérativement à prendre en compte.



La seconde amélioration a donc visée l'atténuation de la diffraction par l'ajout d'une forme de pavillon.



Le baffle du tweeter a également été modifié afin d'éviter la bosse à 3kHz et le creux à 4.5kHz.

Avec ces modifications la réponse dans l'axe de l'enceinte a particulièrement été amélioré.

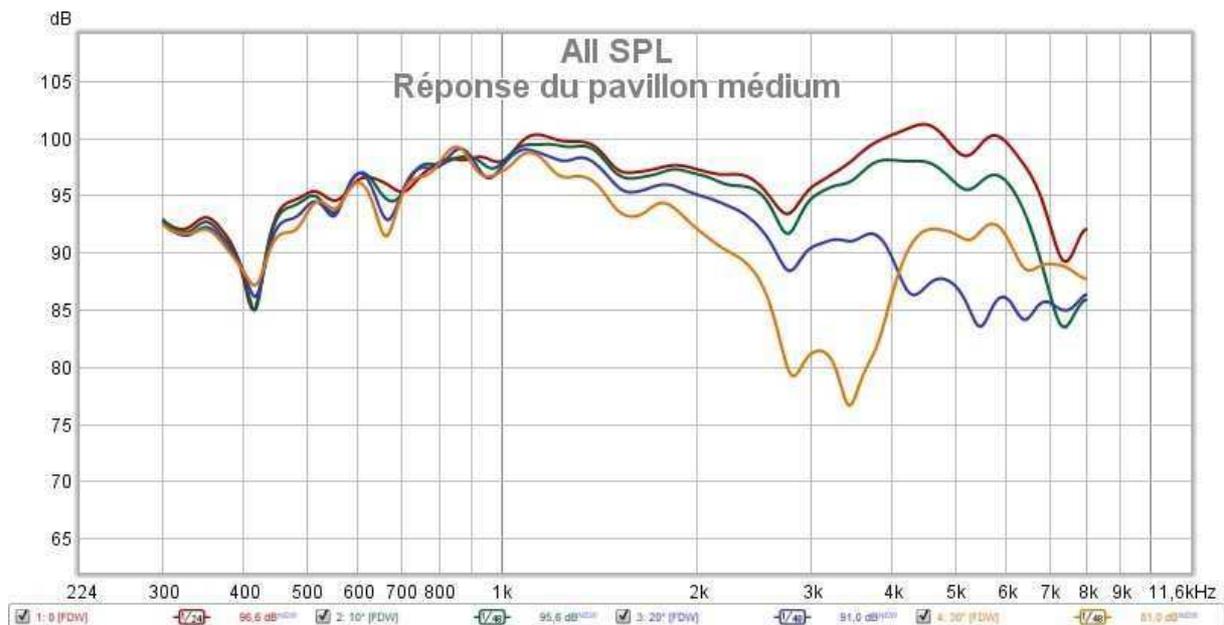
En revanche, nous verrons dans le chapitre suivant que cela n'est pas suffisant. Il subsiste des problèmes liés à la directivité global du système « Array + Pavillon ».

Malgré la linéarisation de la réponse au point central d'écoute, la zone d'écoute idéale est très réduite. Un auditeur placé à droit de cette position centrale a une forte accentuation du niveau de l'enceinte droite et réciproquement pour l'auditeur gauche. **A) Analyse de la directivité.**

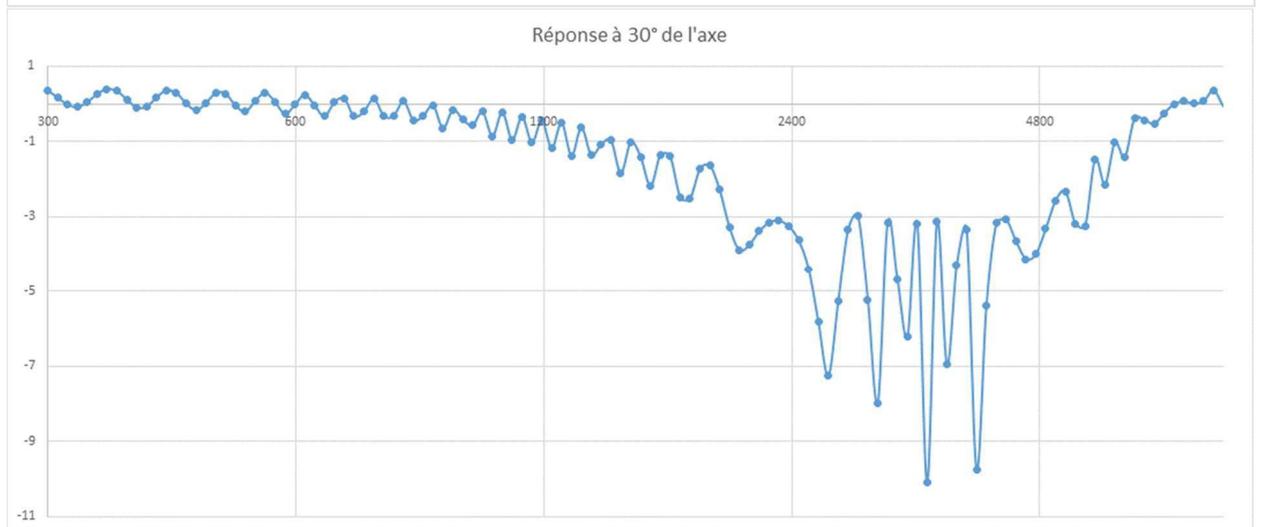
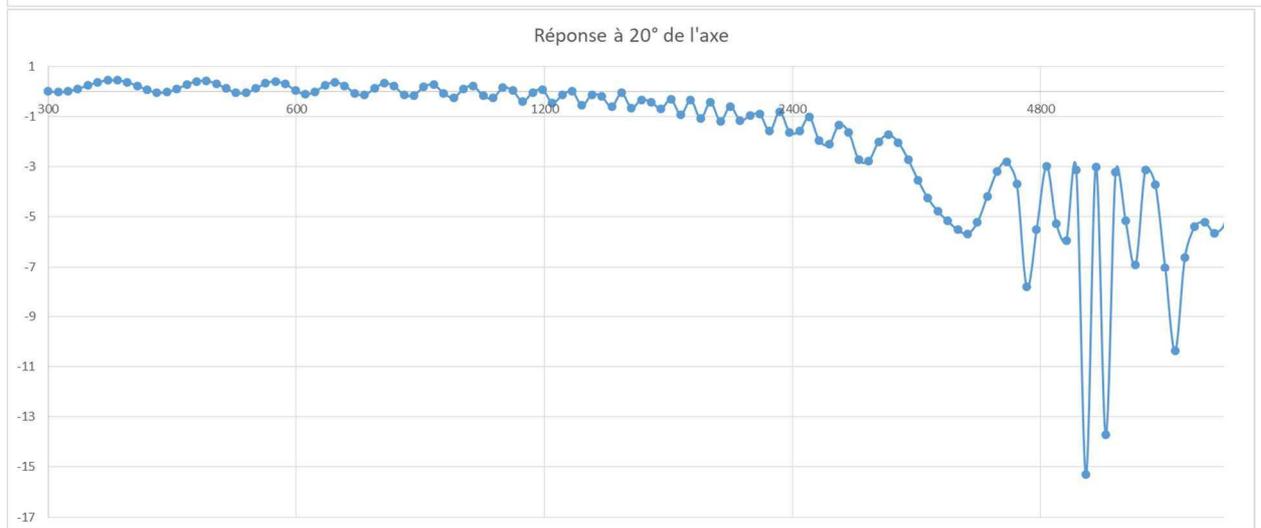
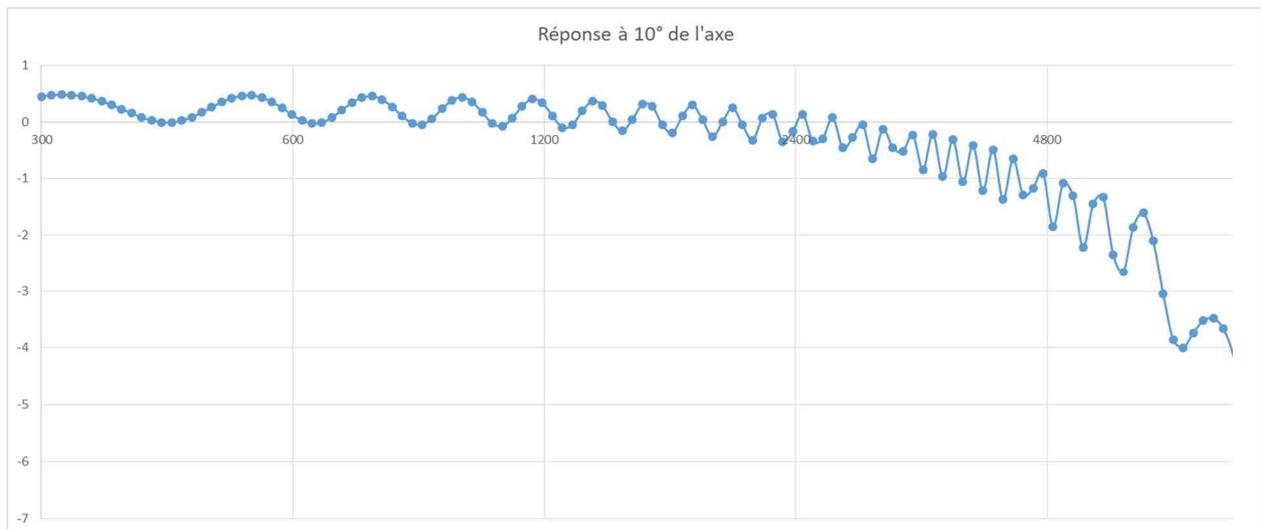
Les mesures suivantes ont été faites avec REW et un micro UMK1 à 50cm du pavillon des Fountek Fe87

On remarque rapidement que hors axes la situation se dégrade plus on monte en fréquence cela semble parfaitement corrélé avec un problème d'interférence entre les deux hautparleurs droits et les deux hautparleurs gauches de la voie médium.

Ci-dessous les mesures entre 0° et 30° avec un pas de 10° des quatre Fountek Fe87



Réponse théorique avec prise en compte de l'interférence suivant l'angle par rapport à l'axe des hauts parleurs

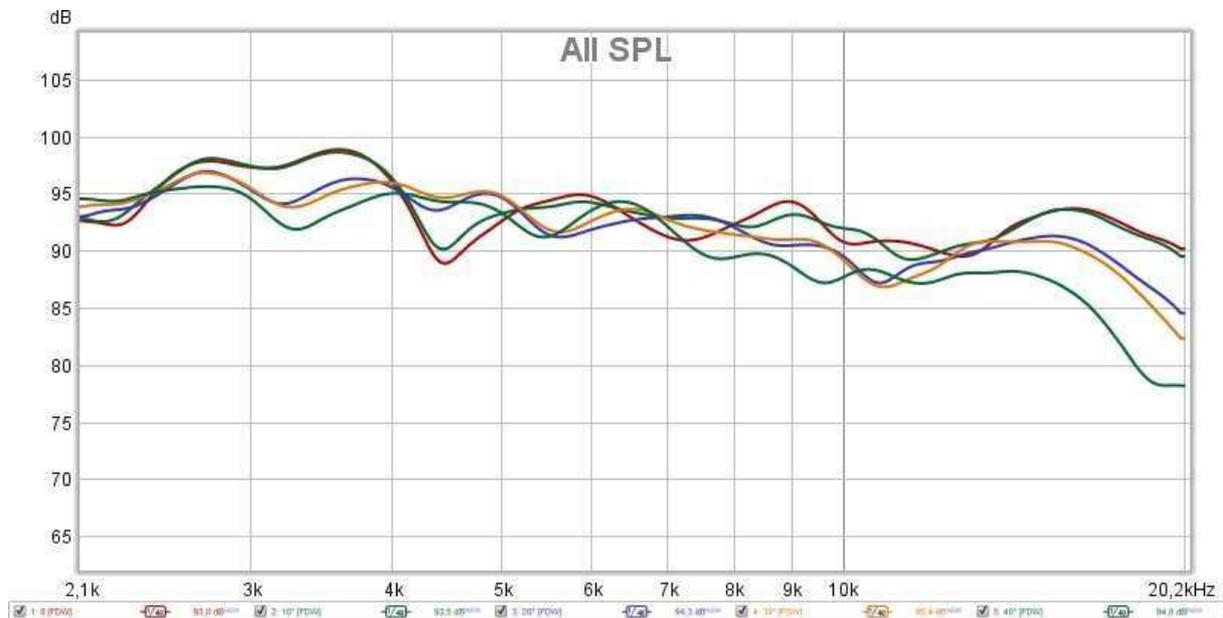


La simulation sont parfaitement cohérentes avec les mesures. Le coupable du mauvais rendu stéréo est parfaitement identifié. Pour l'auditeur droit l'enceinte droite est à 10° maximum pour l'auditeur gauche l'enceinte est à minimum 30°.

La coupure avec la voie aigue étant proche de 3500Hz on remarque immédiatement une différence de niveau très sensible au-dessus de 2000Hz.

Dans une moindre mesure, cette différence n'est que partiellement compensée par le tweeter qui présente un défaut similaire de directivité dans ce contexte d'utilisation.

Ci-dessous les mesure du tweeter Atohm SD 28 CR08F



B) Les solutions pour résoudre le problème

La première solution serait de d'orienté de 23° le tweeter et les médiums, l'inconvénient de cette solution est d'approfondir d'au moins 6cm l'encastrement dans le mur des hautparleurs. La réalisation d'un pavillon guide d'onde devient très délicate voire impossible dans les dimensions des tuiles décorative du mur.

La seconde solution serait de remplacé les 4 haut-parleurs médium et le tweeter par un hautparleur coaxiale. Il faudra néanmoins faire un pavillon guide d'onde et la sensibilité passe de 96db/w à 90db/w dans les solutions du commerce. Le taux de distorsion affiché dans les spécifications est d'ailleurs moins bon que les mesures actuelles de la voie médium.

La troisième solution garde les hautparleurs médium actuelle mais introduit un décalage temporel entre les deux hautparleurs gauches et les deux hautparleurs droits. En théorie ce décale devrait être proche de 27mm pour que l'onde issus des quatre hautparleurs se focalise au point central d'écoute et non dans l'axe perpendiculaire au mur. Même si la solution semble étrange mais elle permet d'uniformiser la réponse autour du point d'écoute. Contrairement aux premières solutions qui sont figés, l'orientation de l'axe d'émission se fait par simple décalage temporelle. Cette solution est utilisée sur la voie médium de la BeOlab 50 qui est constitués de trois HP disposé en triangle.



Pour la partie tweeter, ils seront tournés de 22° vers la zone d'écoute et incliné de 6° vers le bas pour tenir compte de la hauteur au point d'écoute.

Afin de réduire la diffraction, le tweeter dôme est remplacé par un tweeter à compression Monacor HT-958PA/SW avec un rendement de 101db/W/m. Afin d'augmenter de 3db le rendement et ajouter de la surface d'émission, la voie basse est doublée avec deux Atohm LD 165CR 08.

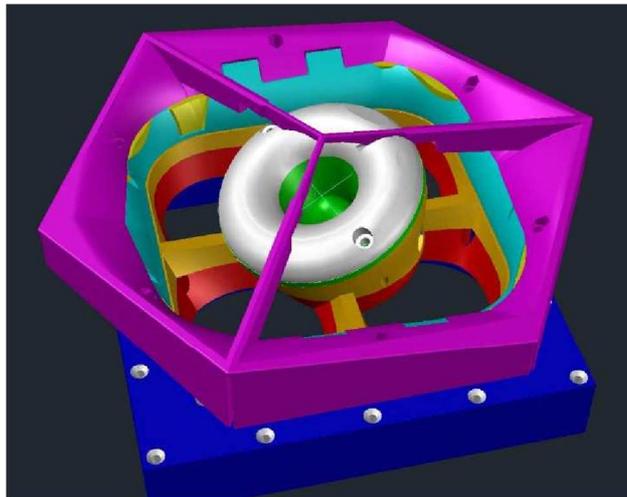
Nous avons donc les spécifications suivantes pour les trois voies :

- Voie basse de 100Hz à 700Hz : 90db/w/m pour 150w admissible
- Voie médium de 700Hz à 3500Hz : 90 à 96db/w/m pour 2x25w admissible - Voie aigue de 3500Hz à 20kHz : 101db/w/m pour 30w admissible.

C) Forme finale du pavillon médium + tweeter

Le guide d'onde sur la voie médium est simulé avec Autolisp pour vérifier la faisabilité et guider la conception.

Le pavillon du tweeter est prolongé pour éviter les problèmes liés à la diffraction avec un montage non bafflé (Demi-anneau gris sur la vue de dessous).

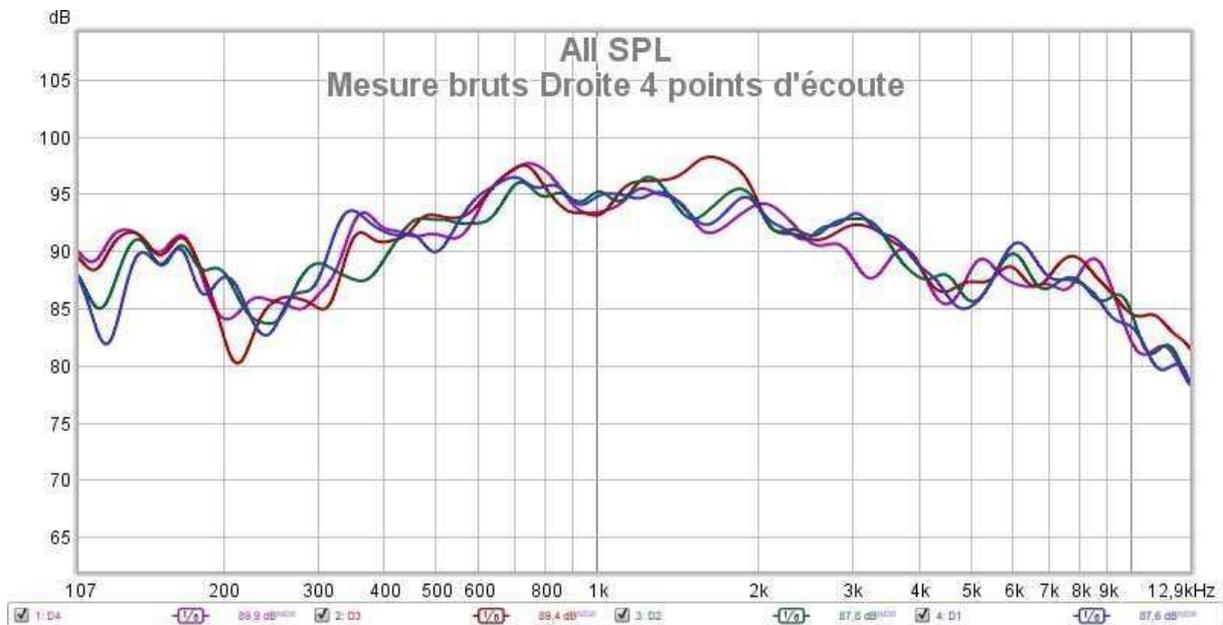


D) Résultat brut avant correction Dirac Live

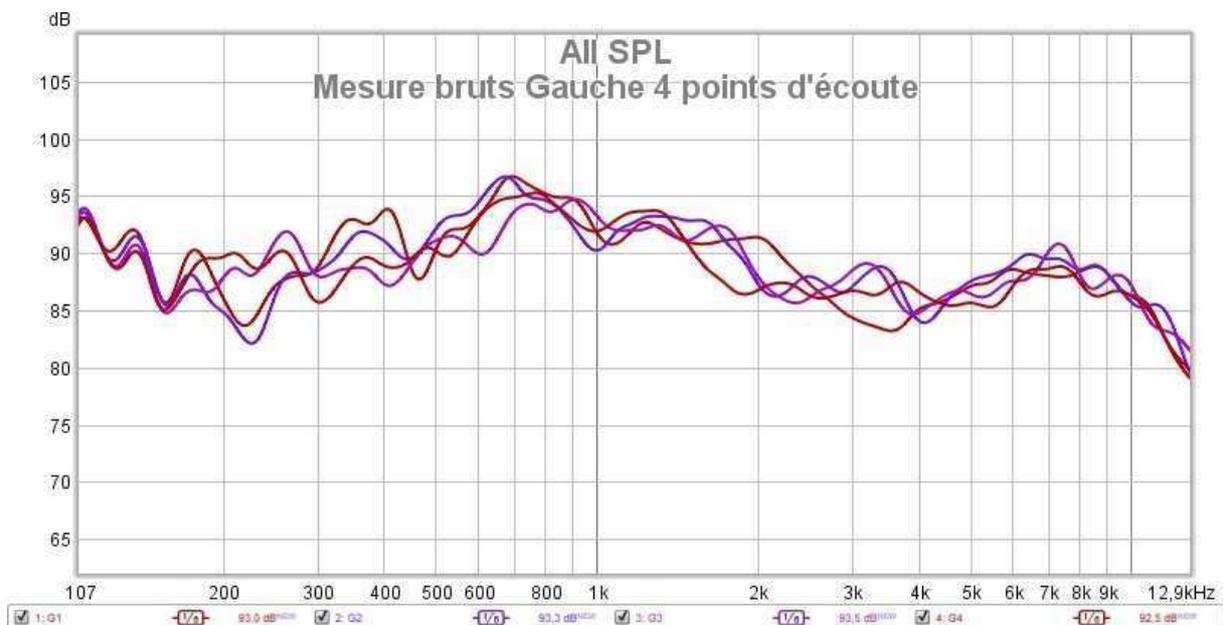
Les mesures suivantes sont faites sur quatre points d'écoute proche de la position des oreilles des auditeurs. Le calage temporel des voies déterminé par mesures au point central d'écoute, impose un

décalage de 35mm entre le côté gauche et le côté droit du pavillon médium. Elles sont fenêtrées sur 10 cycles.

Pour l'enceinte droite



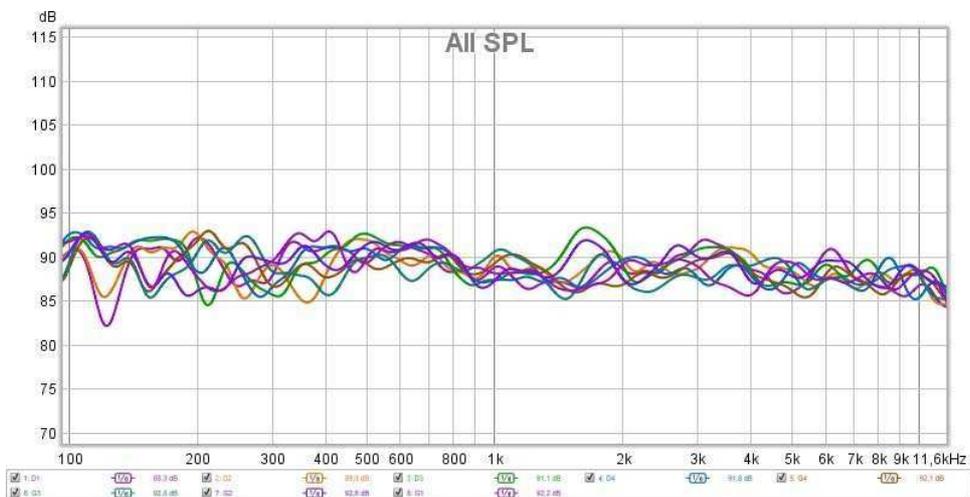
Pour l'enceinte gauche



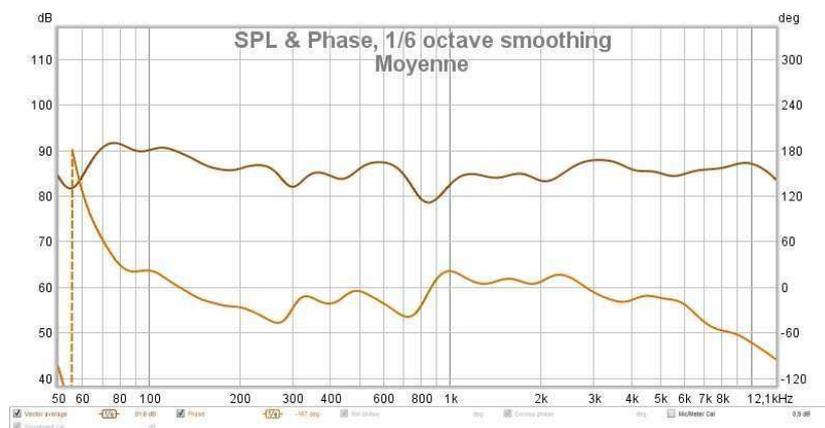
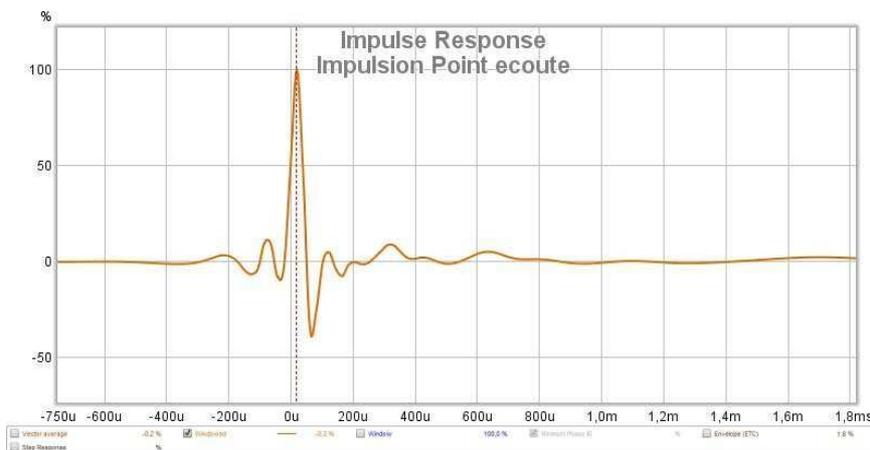
Comme la simulation d'Autolisp le prévoit le pavillon renforce de plus de 7db entre 600Hz et 1.5kHz. Au-delà le renforcement n'est que de 3db d'après les simulations. Le gain est clairement appréciable avec une fréquence de coupure confortable de 3500Hz.

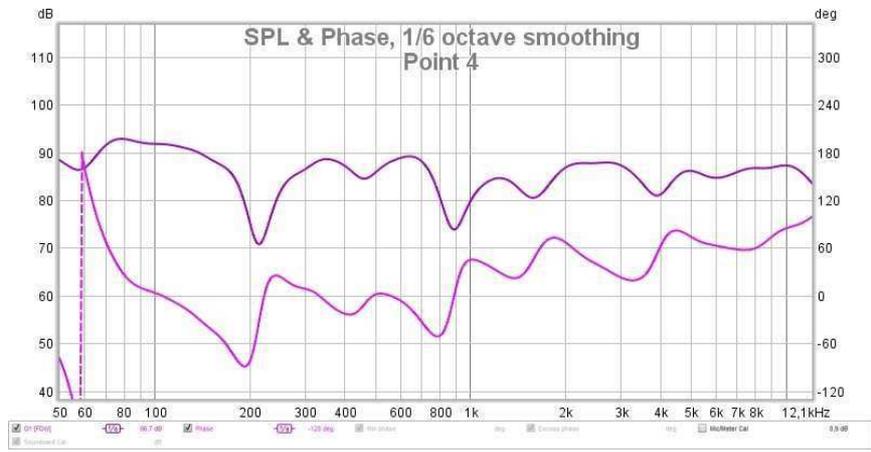
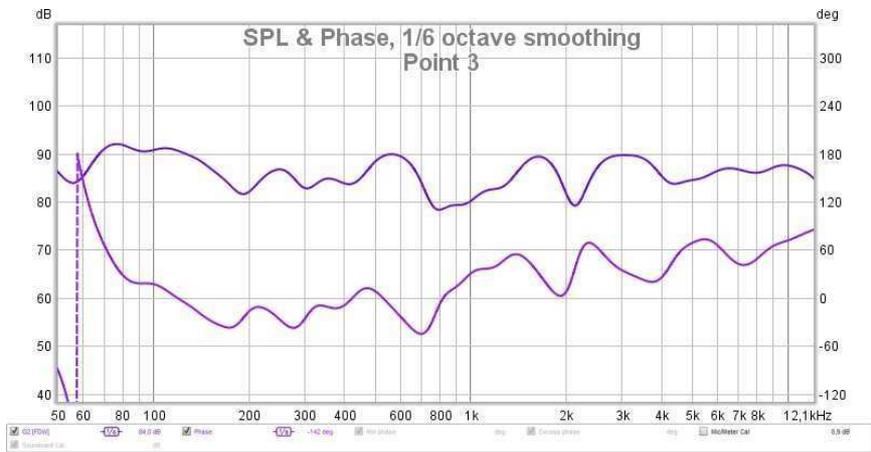
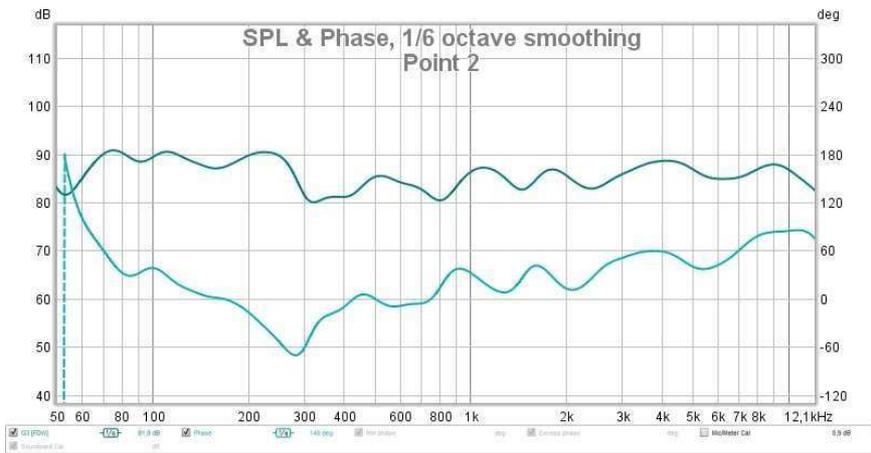
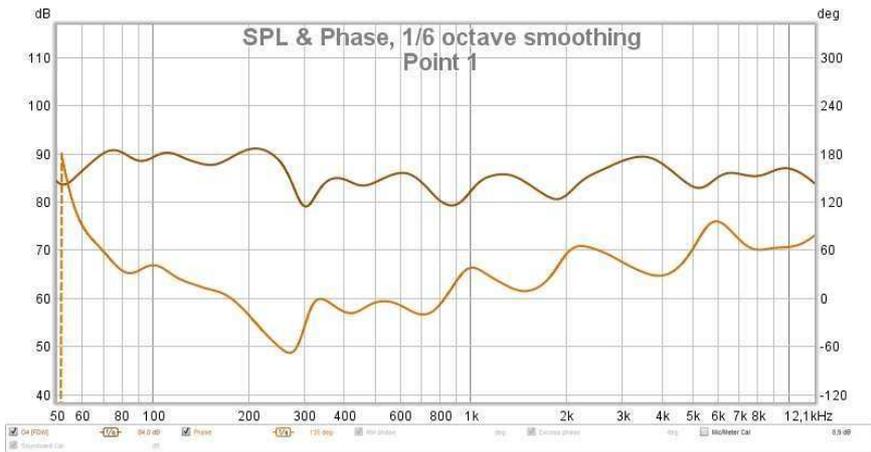
E) Mesure après correction Dirac Live

Après correction la réponse sur la zone d'écoute reste dans une fourchette de +/- 2.5dB. L'écoute stéréophonique est possible sur la largeur globale du canapé avec une spatialisation bien meilleur.



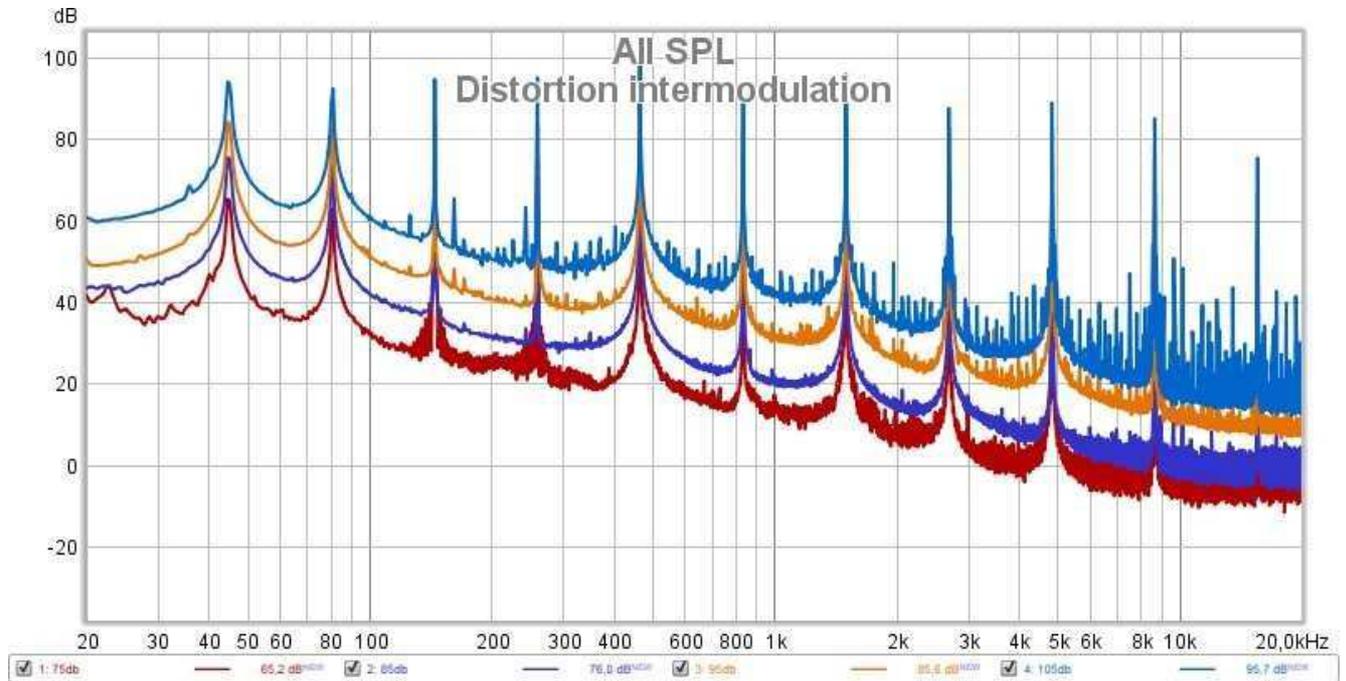
L'impulsion aux différents points d'écoute reste relative stable contrairement au précédent dispositif
La phase reste d'ailleurs plus linéaire sur l'ensemble des différentes mesures.





F) Distorsion et SPL admissible pour une écoute de qualité.

Le graphique suivant montre clairement que pour des niveaux de 85db au point d'écoute (à 2.00m) la distorsion sur des signaux complexes reste faible et se détache pas vraiment du niveau de bruit. A 95db les pics de distorsion restent 50db en dessous. En revanche à 105db les pics sont 35db en dessous du niveau du signal particulièrement dans les aigus, les médiums restant moins affecté.

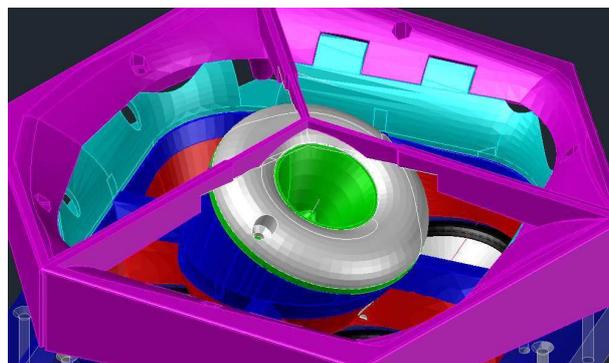


Sur cette analyse vous remarquerez que les mesures s'arrêtent autour de 12kHz.

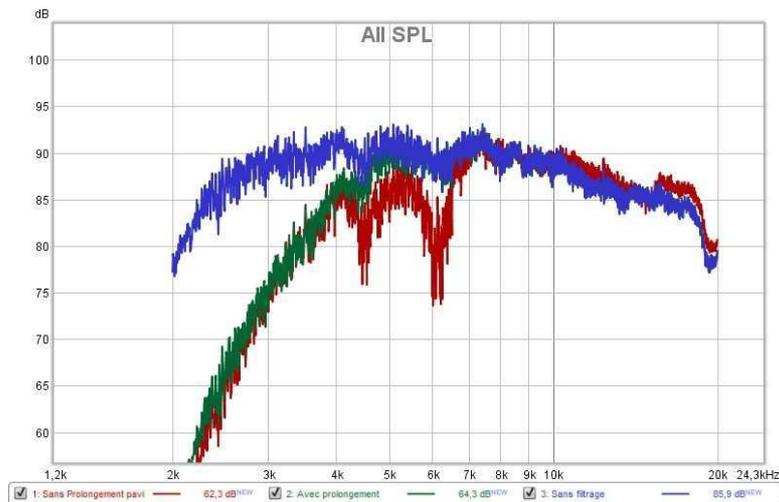
Une raison simple, le Monacor HT-958PA/SW souffre de non-conformité dans sa fabrication, il est totalement incapable de monter au-dessus de cette fréquence. Après plusieurs échanges avec le fabricant, j'ai dû me résoudre à me faire rembourser et de changer de tweeter compression en prenant un fostex FT17h.

7) L'importance des formes arrondi et des guides d'onde.

Sur ce montage du fostex FT17h (Vert), j'ai ajouté un guide d'onde (gris) pour prolongé le pavillon et raccordé la forme cylindrique du support (bleu foncé). De cette manière, il n'y aucun arrete montrant un discontinuité de surface. La courbure de racordement ne fait que 17mm de rayon.



Les mesures suivantes montrent clairement l'amélioration apportée par cette pièce arrondie.



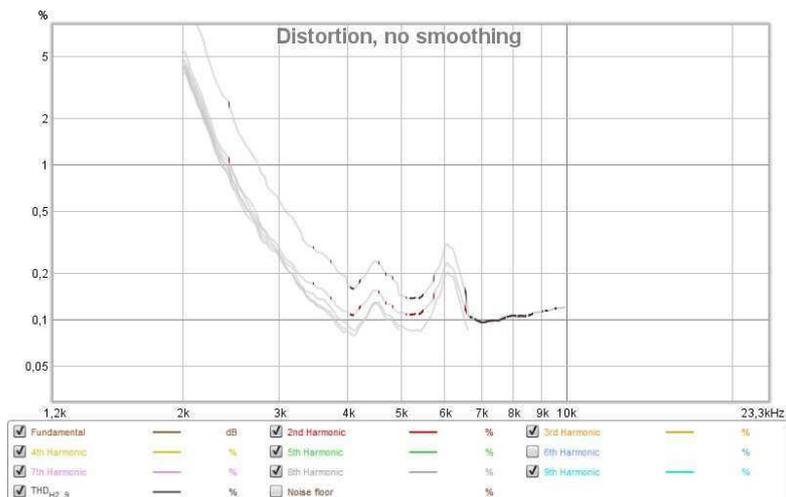
La courbe rouge est faite à partir d'une mesure du tweeter sans la pièce complémentaire. On voit clairement deux chutes de la réponse SPL à 4.6kHz et 6.2Khz avec presque -10db. La fréquence de coupure étant à 3.8khz avec un filtre BW24. Le bord du tweeter provoque une forte diffraction.

La réponse verte est mesurée cette fois dans les mêmes conditions avec simplement l'ajout de la pièce de raccordement. Le rayon de courbure de 17mm permet de réduire la diffraction à 4.6khz soit une longueur d'onde 74mm. Nous sommes légèrement inférieurs au quart de la longueur d'onde pourtant l'effet reste significatif.

La courbe bleue est faite sans filtrage on remarque que les effets de diffractions sont bien contenus sur toute la bande passante du tweeter.

Coté distorsion les résultats sont aussi significatif.

La courbe suivante correspond à la mesure sans pavillon complémentaire.



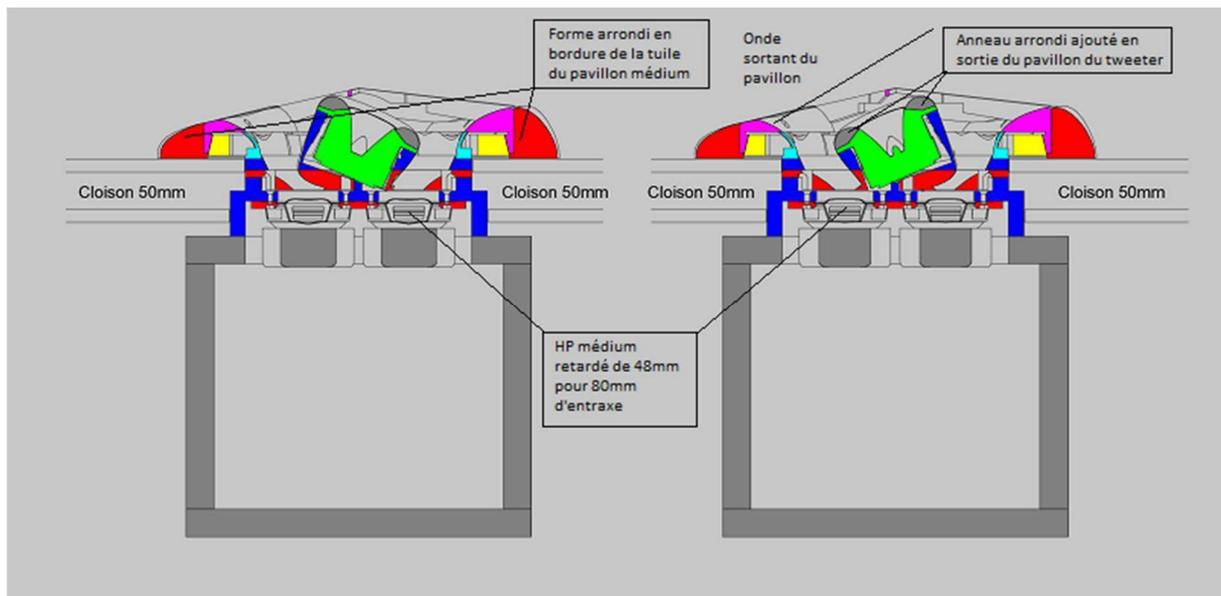
La courbe suivante est obtenue avec l'ajout de la pièce de raccordement.

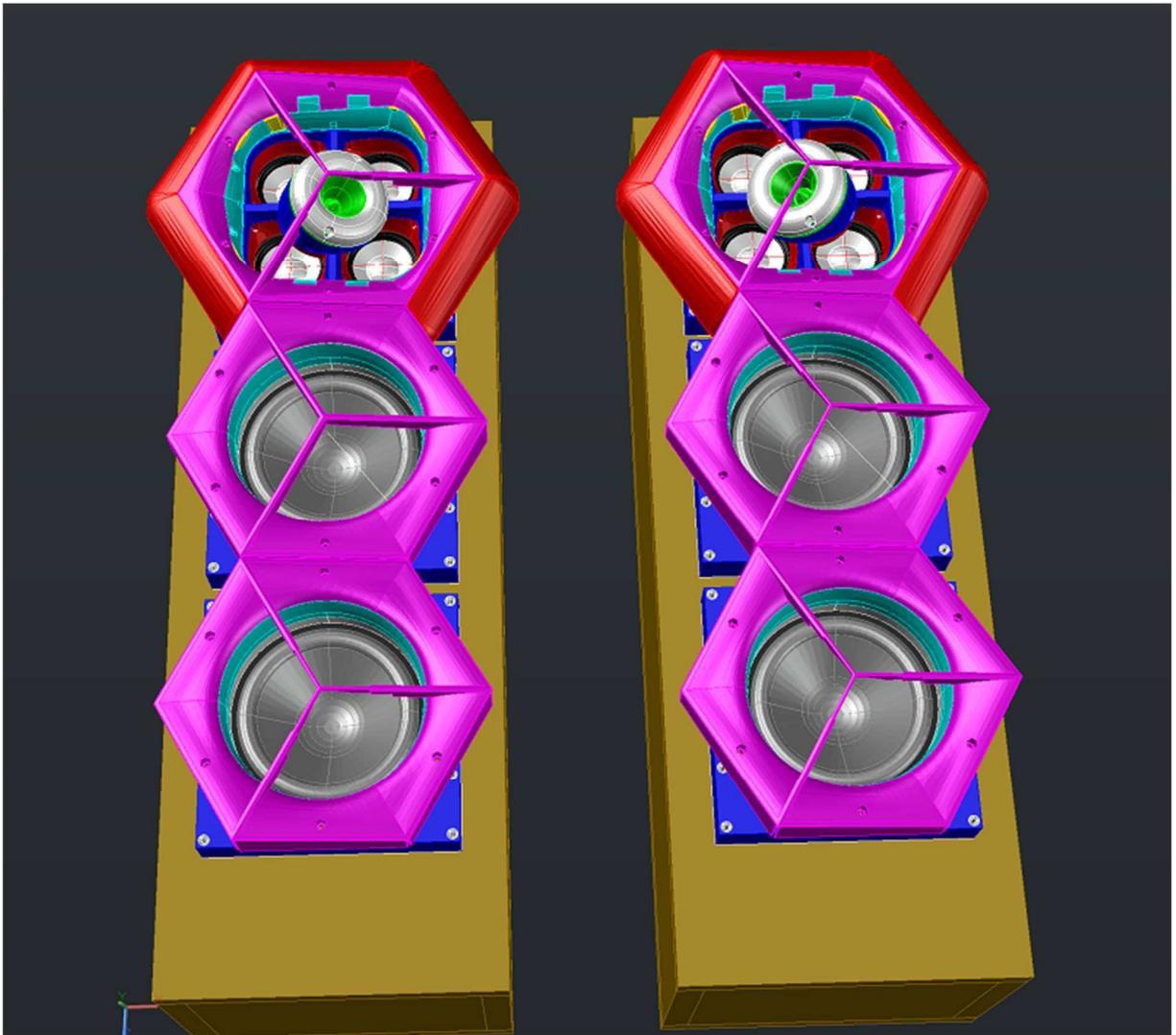
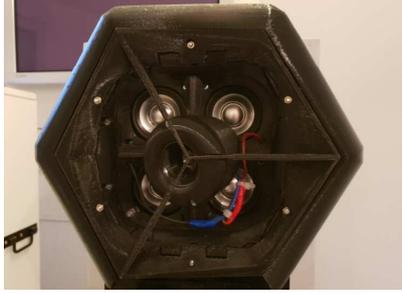


On voit clairement que la chute dans la réponse provoque un remonté de la distorsion relative. Cet effet peut même être accentué si on cherche à égaliser la réponse avec un EQ par filtrage numérique.

C'est sur ce dernier point bien plus que sur la phase que l'effet est audible avec une distorsion mieux contenue même à fort SPL.

La forme de pavillon court sur le médium a le même effet avec en plus une augmentation du rendement global et une baisse de la distorsion à volume équivalent. J'ai appliqué les résultats de la précédente expérience sur le pavillon médium en ajoutant une bordure arrondie sur la tuile.

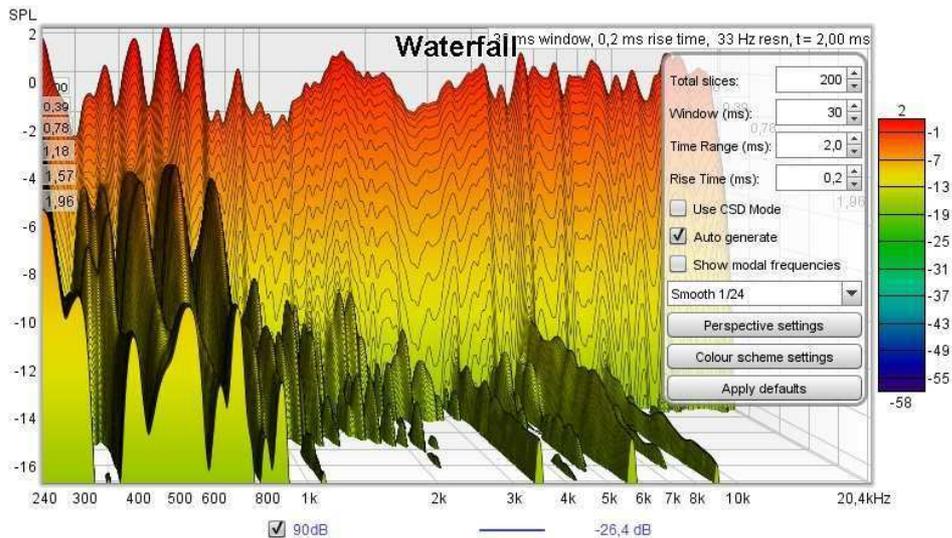




8) Mesure en proche Système à pavillon concentrique

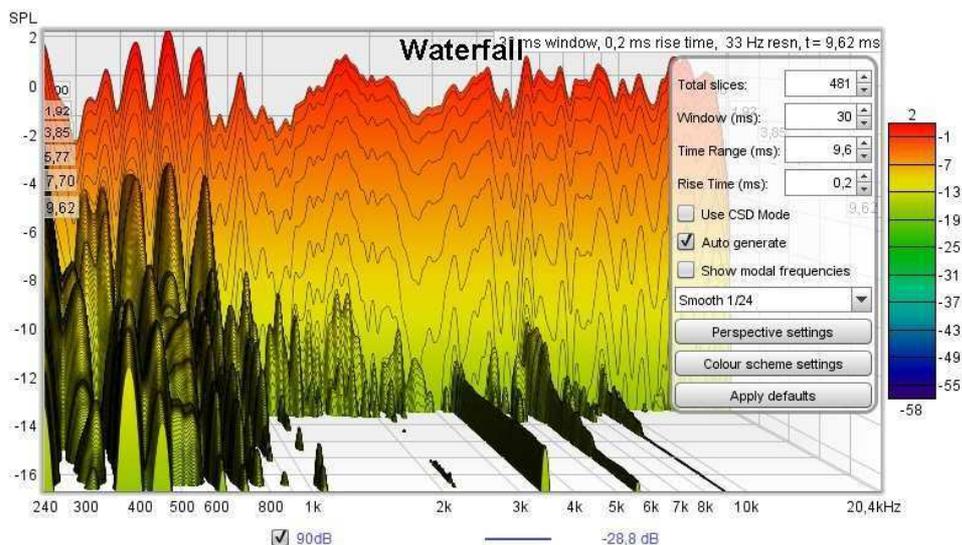
Les bonnes conditions acoustiques du local de Nanterre me permettent des mesures sans réflexion parasite jusqu'à 1kHz.

Le waterfall d'une mesure dans l'axe du pavillon (26° par rapport à la perpendiculaire du mur) et à 50cm de la tuile montre le comportement temporel de l'ensemble. On ne note pas résonnance du système les variations d'amplitude sont maintenant beaucoup plus faible. Le nombre de correction pour corriger la réponse globale et filtrer est fortement réduit. **Waterfall sur 2ms**

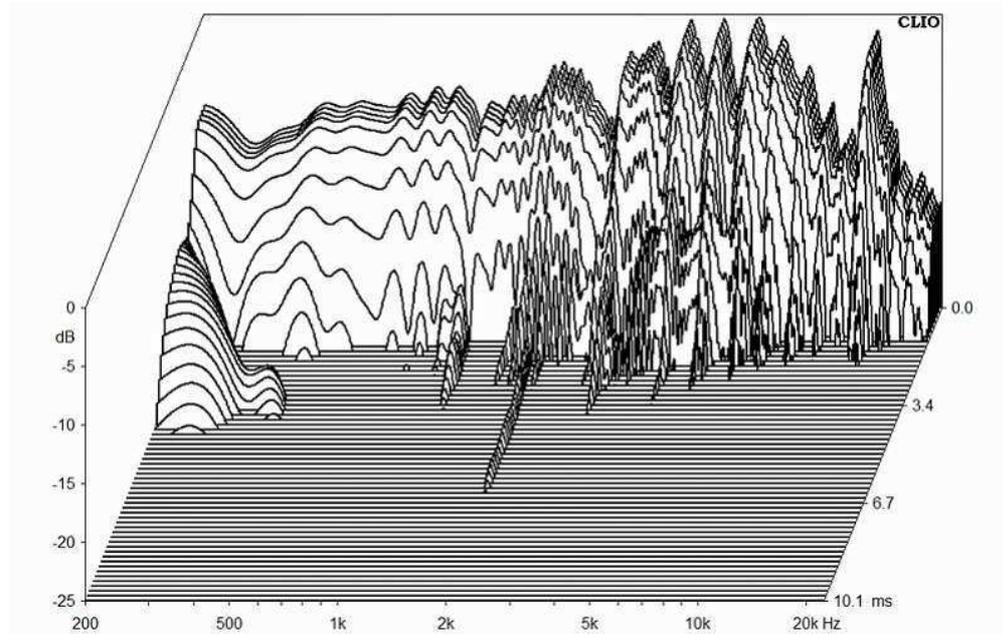


Si on compare avec un hautparleur large bande beaucoup plus chère, la comparaison est sans appel. Les accidents de réponse et les résonnances associées visibles par l'étalement du signal sont flagrants et ne peuvent se traduire que par une coloration marquée du son.

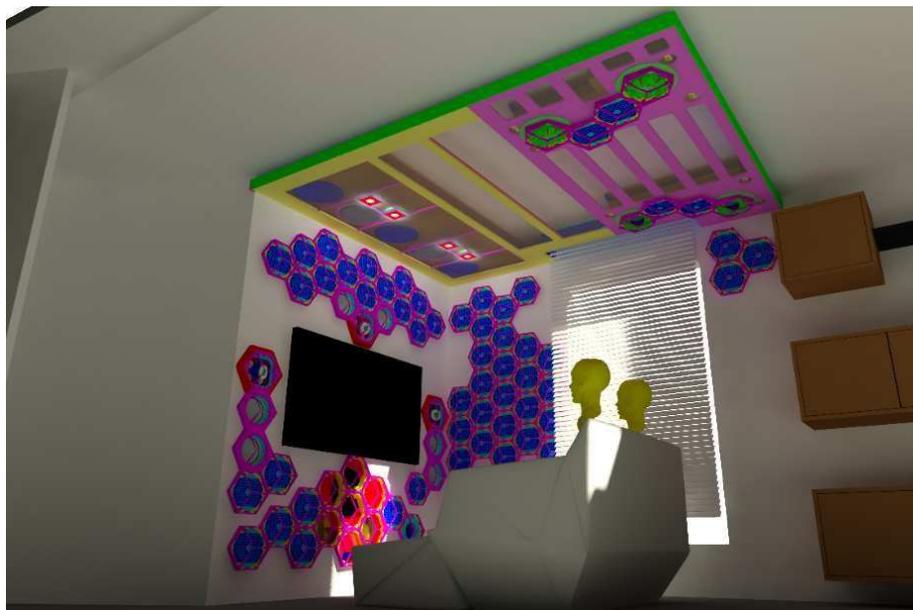
Waterfall sur 9ms de pavillons concentriques



Decay d'un HP large bande avec la même échelle de temps

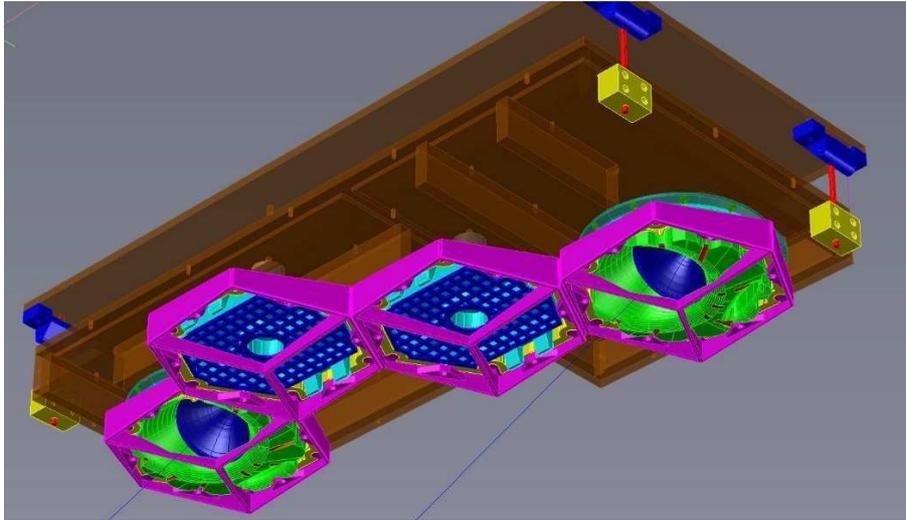


9) Passage à la version 5.2



La version 2.1 étant au point, il est tentant d'appliquer les mêmes recettes pour une voie centrale et d'ajouter des enceintes arrière. Pour ces dernières, l'implantation n'est pas forcément optimum car intégré au faux plafond acoustique. Les problèmes de directivité sont directement pris en compte avec une orientation des transducteurs réglable sur un axes.

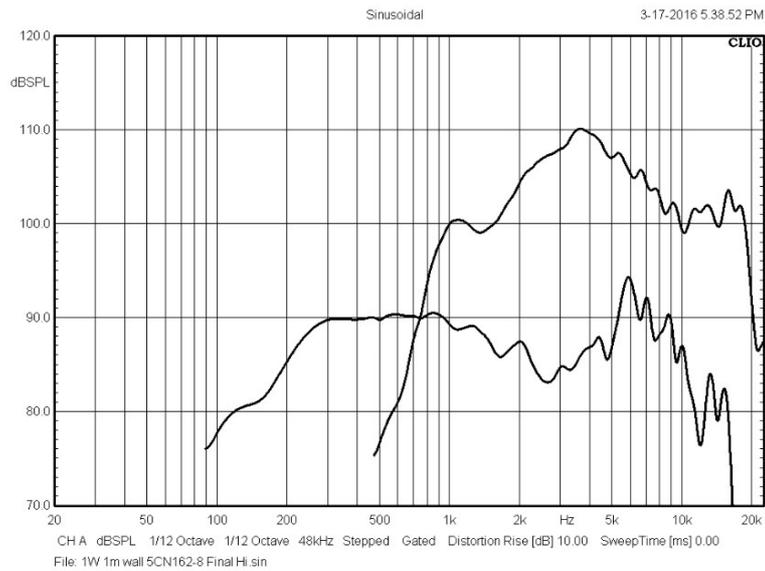
Afin de simplifier la réalisation, j'ai opté pour des transducteurs coaxiaux BMS 5 CN140. Enceinte arrière est escamotable pour permettre la mise en place de la toile tendue



BMS 5CN162 Coaxial

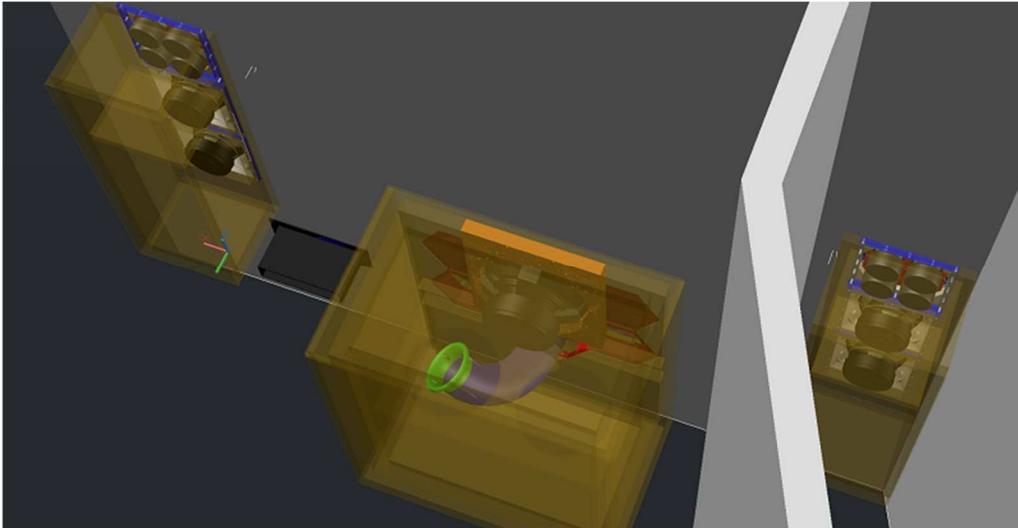


TAILLE	5"
PUISSANCE RMS	130 W
SPL	90 dB
BANDE PASSANTE	80 - 20000 Hz
IMPÉDANCE	8 Ω

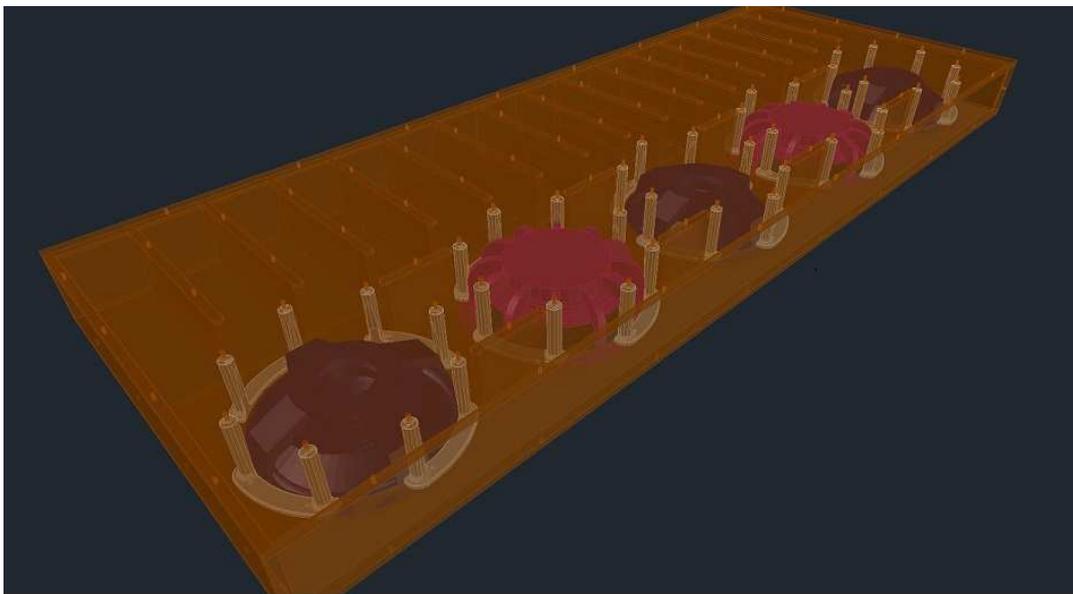


Un caisson supplémentaire dans le faux plafond permet de tripler la surface d'émission dans les très basses fréquences avec au total trois HP de 30cm.

SUB au sol : BR 148L accord 17Hz avec un DAYTON AUDIO RSS315HF-4 Caisson baffle medium 70mm + Parois 35mm MDF + 22mm sable + 18mm en contreplaqué.



SUB plafond : BR Passif 117L Accord 25hz avec deux "DAYTON AUDIO LS12-44 Haut-Parleur Subwoofer Low Profile Double Bobine" et trois DAYTON AUDIO PR315

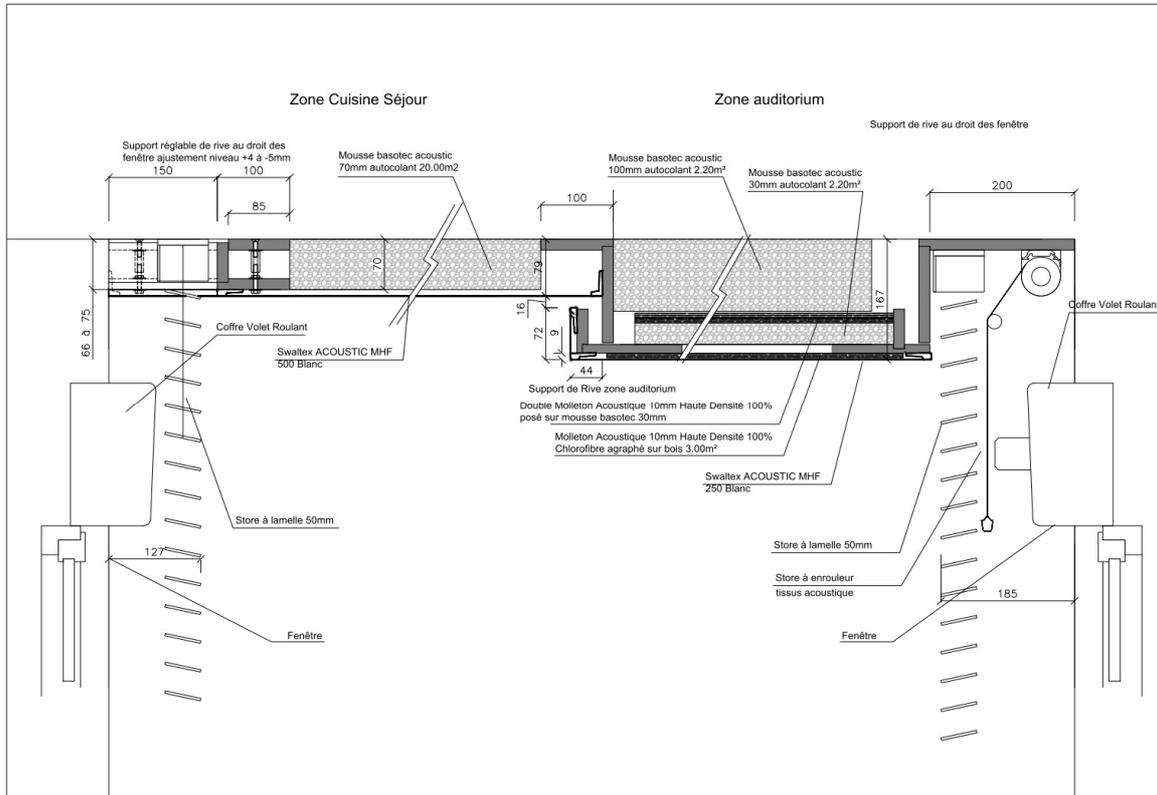


Correction avec une transformé de deux EQ pour adapter les HP au faible volume du plafond.

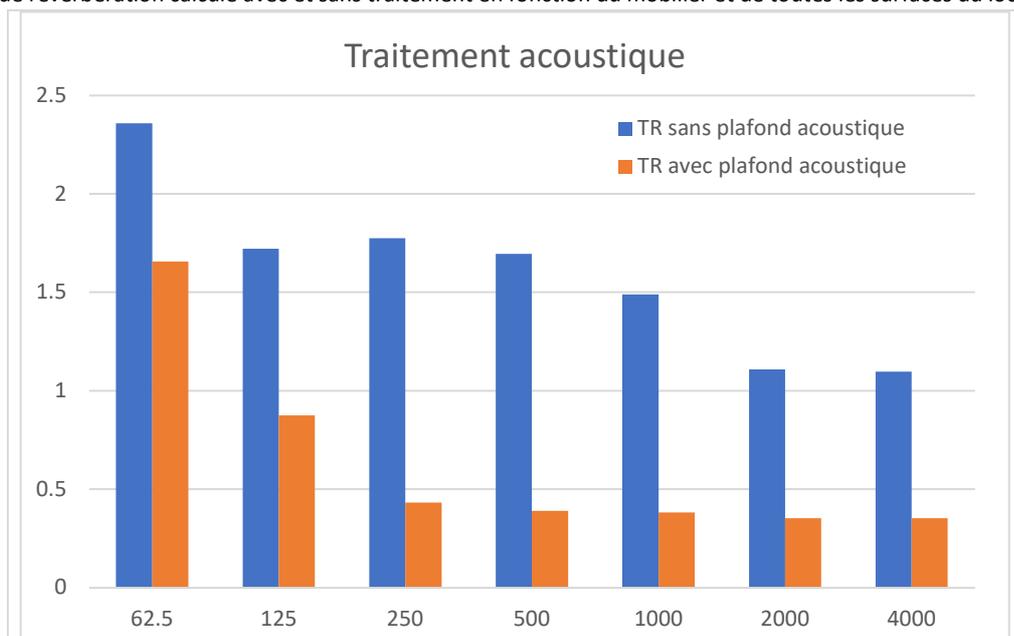
10) Le traitement acoustique

En plus du traitement de toutes les surfaces proches de la zone d'écoute, un plafond acoustique est prévu sur toute la surface. Le but est de réduire le temps réverbération.

Coupe de principe sur le plafond acoustique.



Temps de réverbération calculé avec et sans traitement en fonction du mobilier et de toutes les surfaces du local



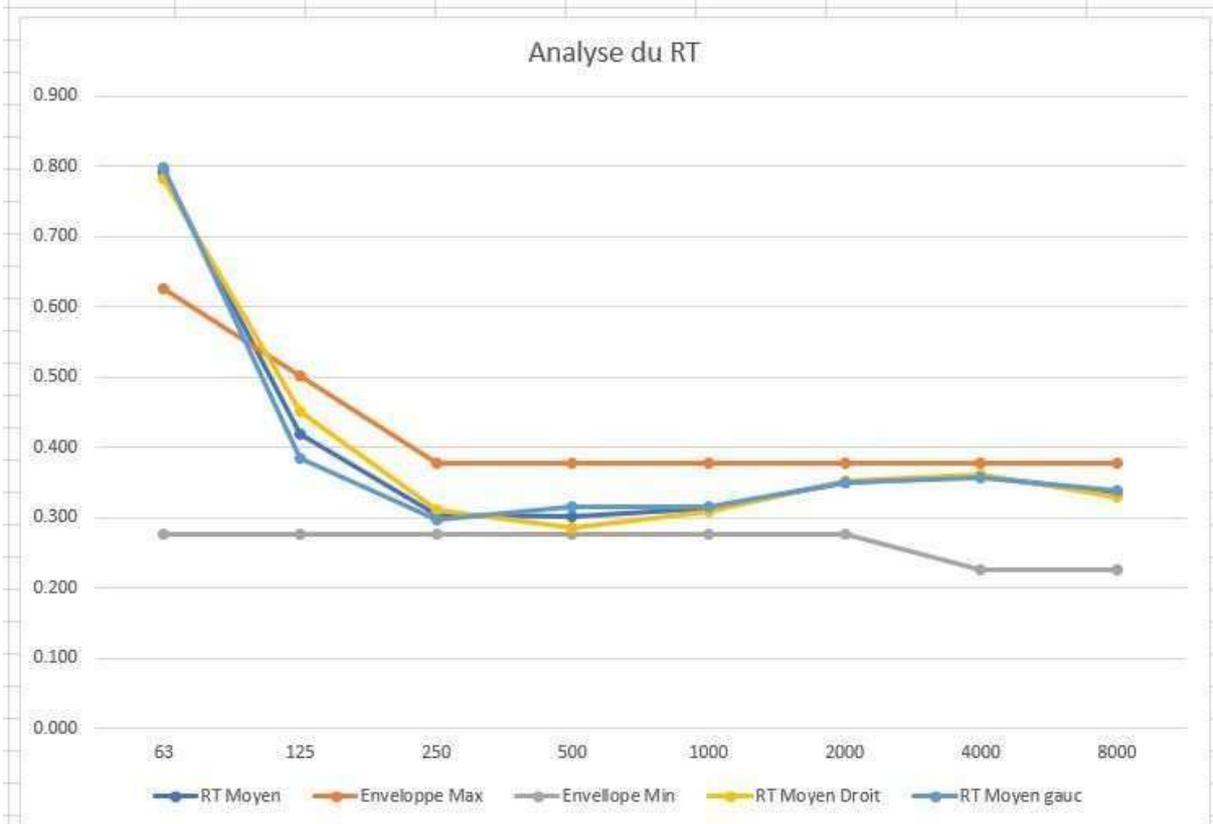
11) Les mesures de contrôle du système

L'ensemble des mesures sont faites dans la zone d'écoute à une distance de 2m des enceintes avant. Le micro utilisé est un micro de calibration USB MiniDSP UMIK-1. Le logiciel « Room EQ Wizard » (REW) est utilisé pour faire des mesures d'impulsion et de distorsion.

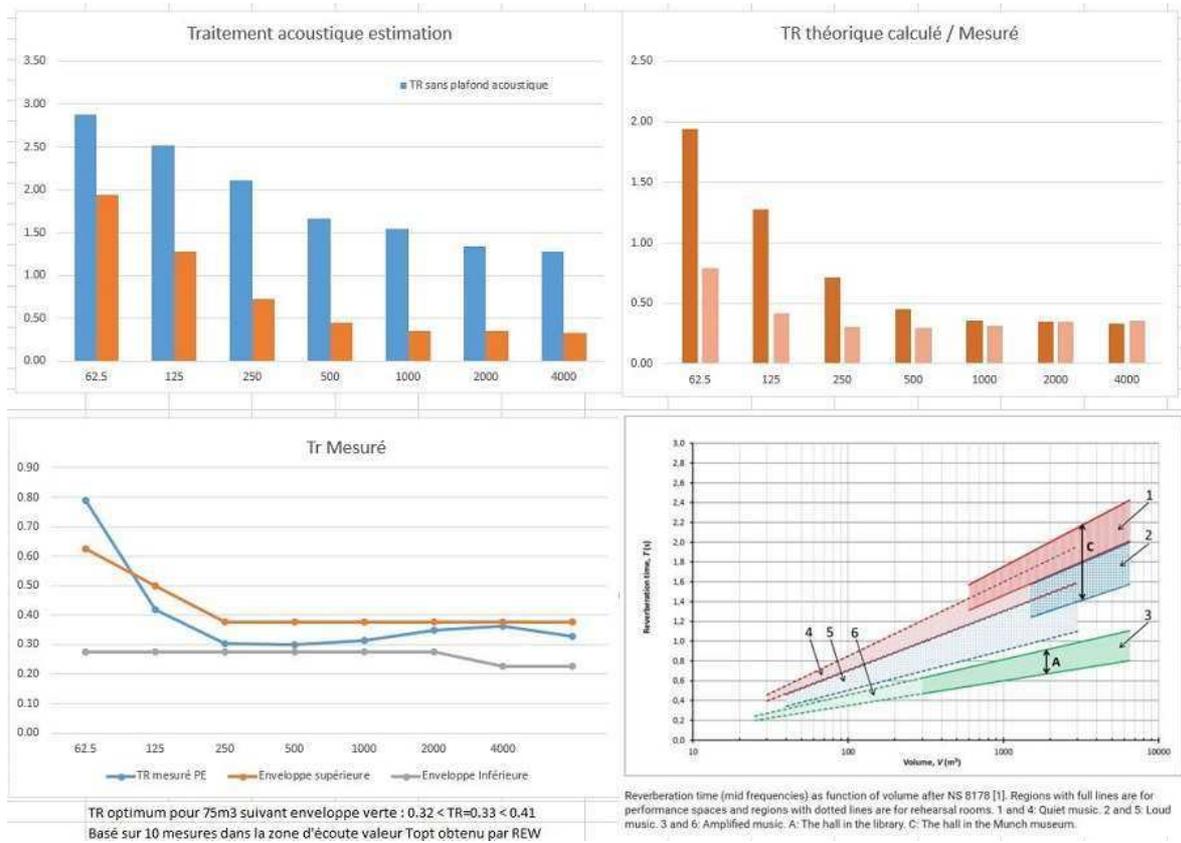
1.1. Mesure de la salle et temps de réverbération

Calcul du Tr avec les valeurs de T_{opt} sur les 10 mesures, un filtre à 6db/octave et résolution à l'octave.

Octave filtered	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
D Cen	0.808	0.436	0.315	0.284	0.308	0.349	0.358	0.329
D Droit1	0.751	0.433	0.325	0.265	0.290	0.354	0.358	0.325
D Droit2	0.934	0.444	0.318	0.286	0.312	0.351	0.364	0.332
D Gau1	0.712	0.455	0.301	0.299	0.312	0.353	0.369	0.330
D Gau2	0.713	0.491	0.296	0.299	0.325	0.353	0.357	0.328
G Cen	0.876	0.356	0.297	0.315	0.311	0.350	0.362	0.341
G Droit1	0.865	0.381	0.313	0.278	0.306	0.340	0.357	0.343
G Droit2	0.908	0.391	0.290	0.300	0.334	0.351	0.351	0.334
G Gau1	0.686	0.397	0.295	0.334	0.318	0.353	0.363	0.339
G Gau2	0.660	0.395	0.291	0.350	0.306	0.350	0.354	0.337
Ecart type	0.100	0.041	0.013	0.026	0.012	0.004	0.005	0.006
Ecart relatif	12.6%	9.7%	4.1%	8.6%	3.8%	1.1%	1.5%	1.8%
RT Moyen	0.791	0.418	0.304	0.301	0.312	0.350	0.359	0.334
RT Moyen Droit	0.784	0.452	0.311	0.287	0.309	0.352	0.361	0.329
RT Moyen Gauc	0.799	0.384	0.297	0.315	0.315	0.349	0.357	0.339
Enveloppe Max	0.627	0.502	0.377	0.377	0.377	0.377	0.377	0.377
Enveloppe Min	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.227	0.227
RT Moyen	0.396							

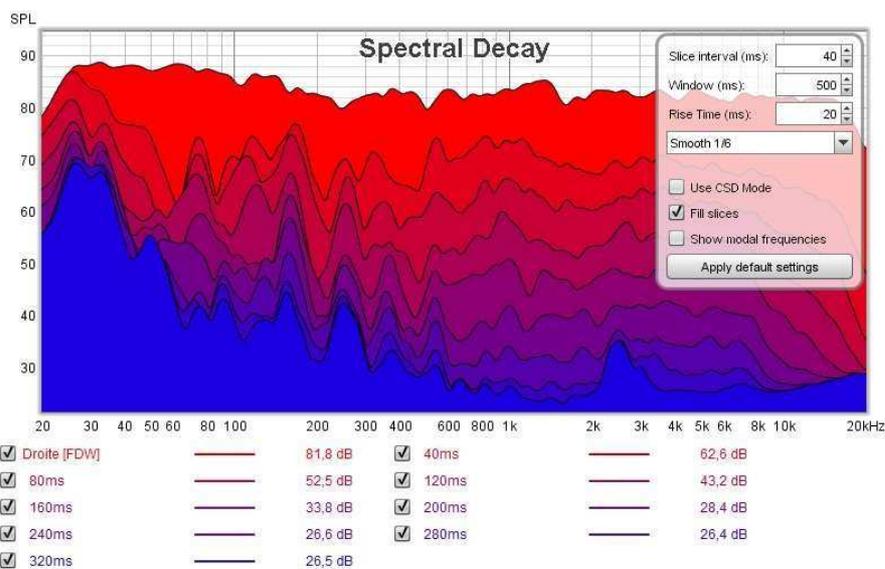


Sur le graphe suivant, on remarque que le calcul du TR théorique n'est pas forcément simple à calculer. Il y a de gros écarts dans les basses fréquences par rapport aux prévisions.



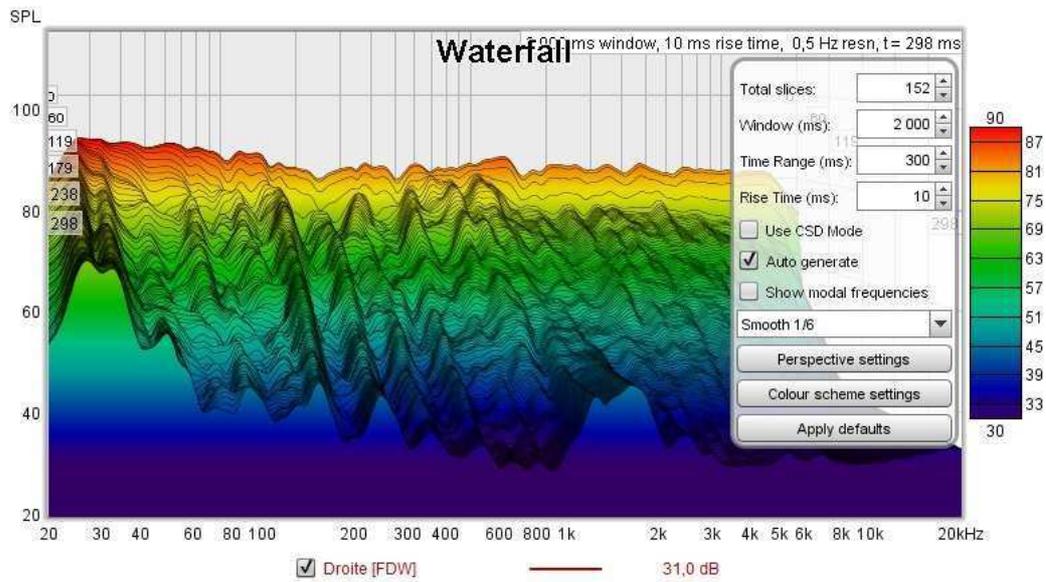
1.2. Decay, waterfall et Spectro ondelette

Decay au point d'écoute



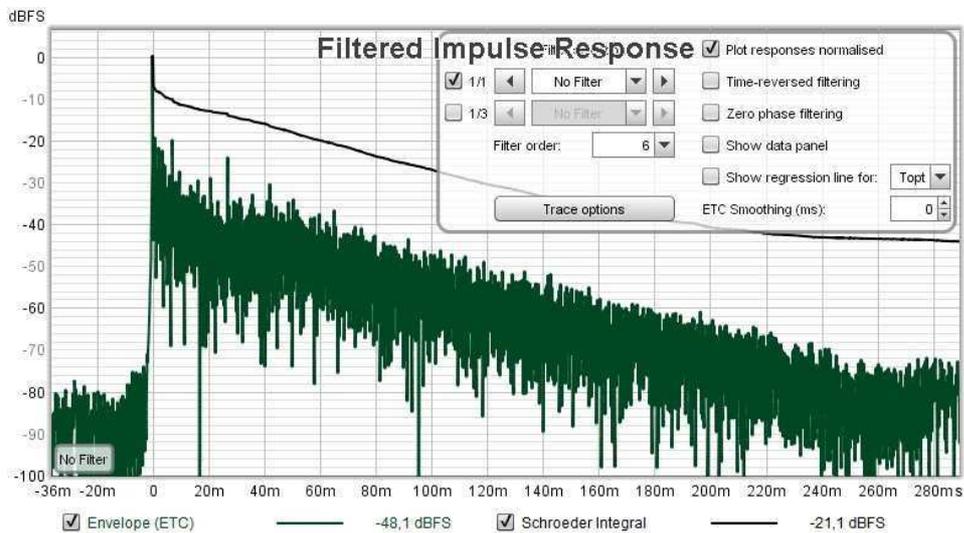
On remarque une chute brutale du decay. La faible distance d'écoute 2m et le traitement des premières réflexions permettent d'avoir un champ direct dominant.

Waterfall au point d'écoute



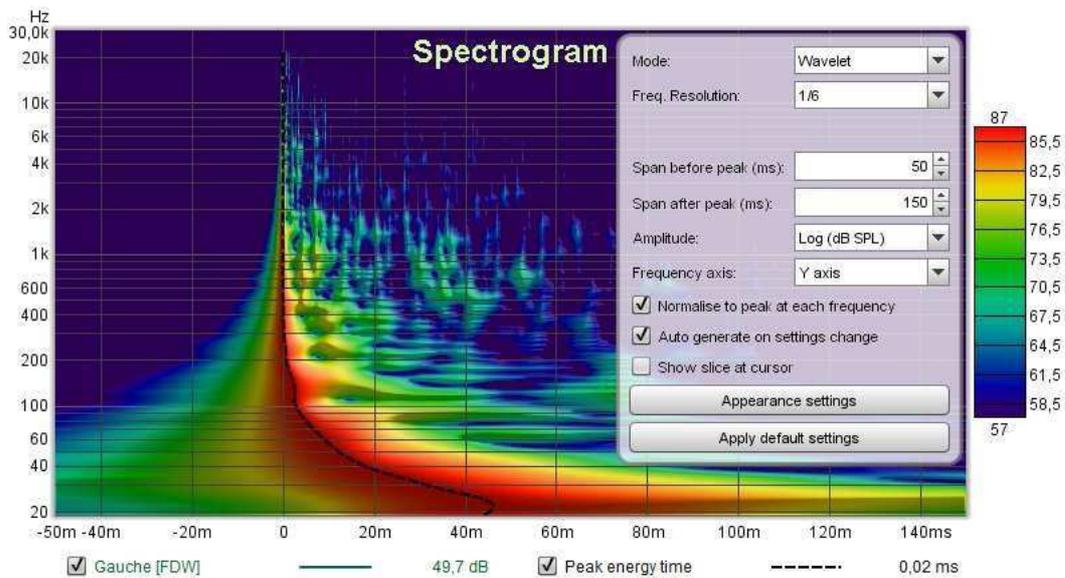
Même constat que sur le DC au-dessus de 140Hz, la décroissance est plutôt régulière après une chute brutale dans les premières 20ms.

ITC



ITC non filtré montre également aucune réflexion au-dessus de -18db, ensuite la décroissance est régulière.

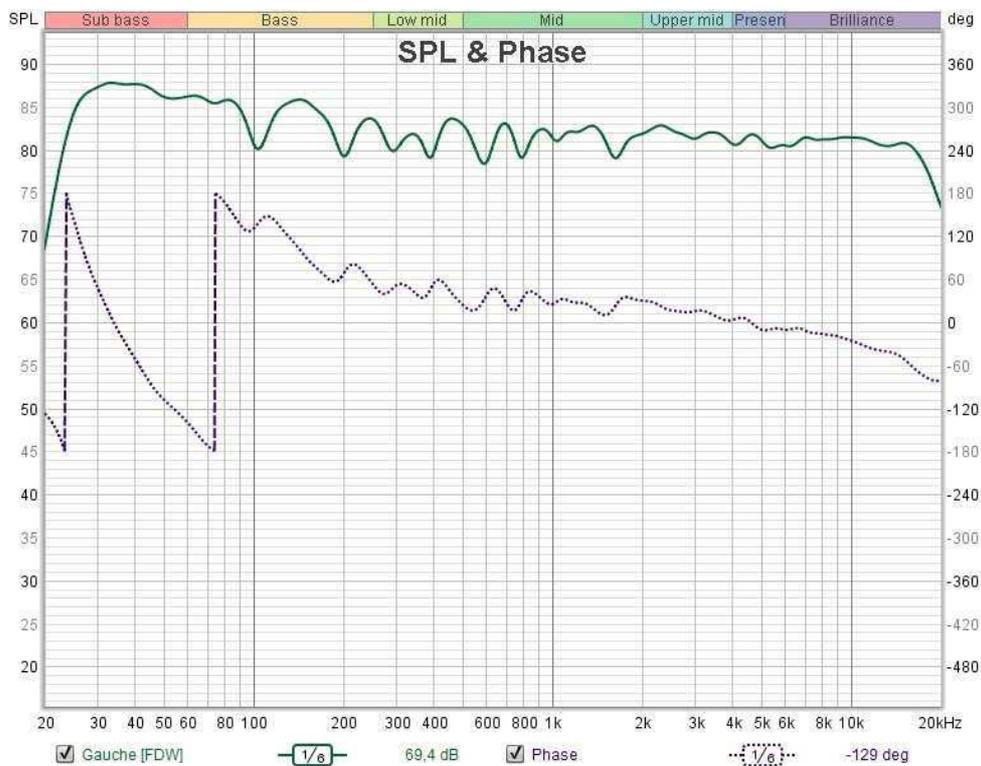
Spectrogramme ondelette



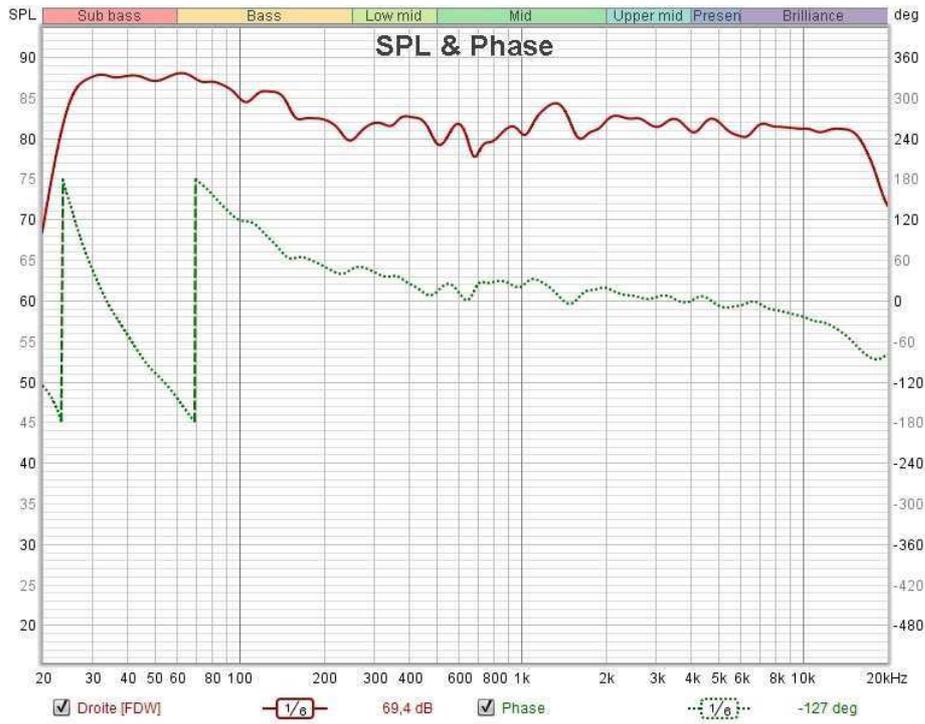
On constate un retard à partir du croisement LR24 à 120Hz entre le caisson Sub et les enceintes. Ensuite le montage BR provoque un retard de 45ms à 25Hz (accord des passifs).

1.3. Mesure SPL et Phase

La réponse phase SPL Filtrage sur 10 cycles pour la phase et lissage au 1/6 d'octave. Côté gauche

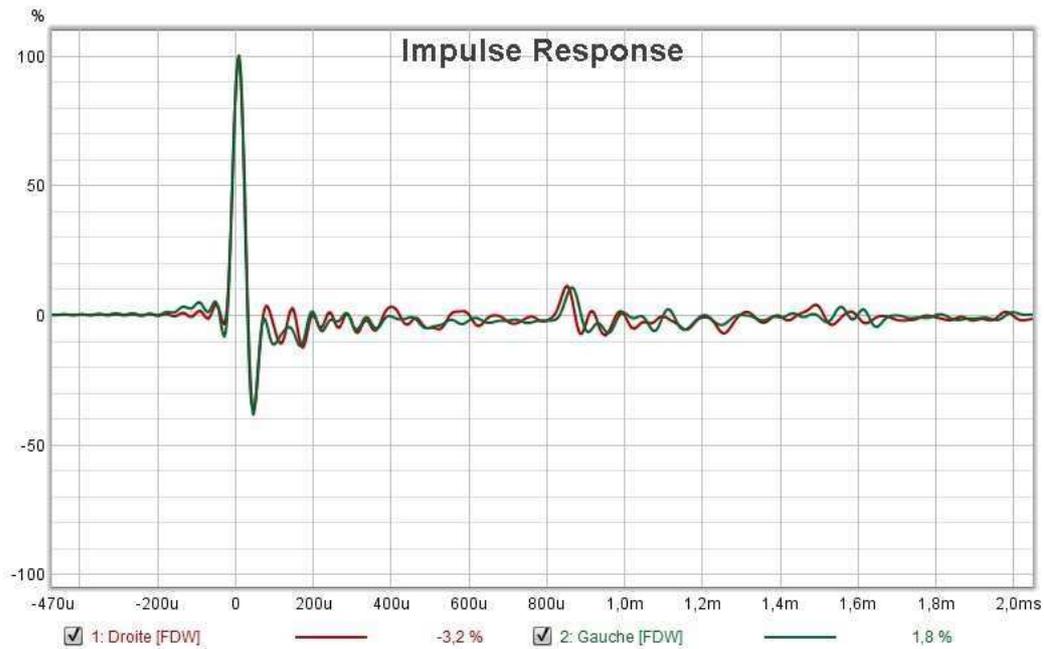


Côté droit



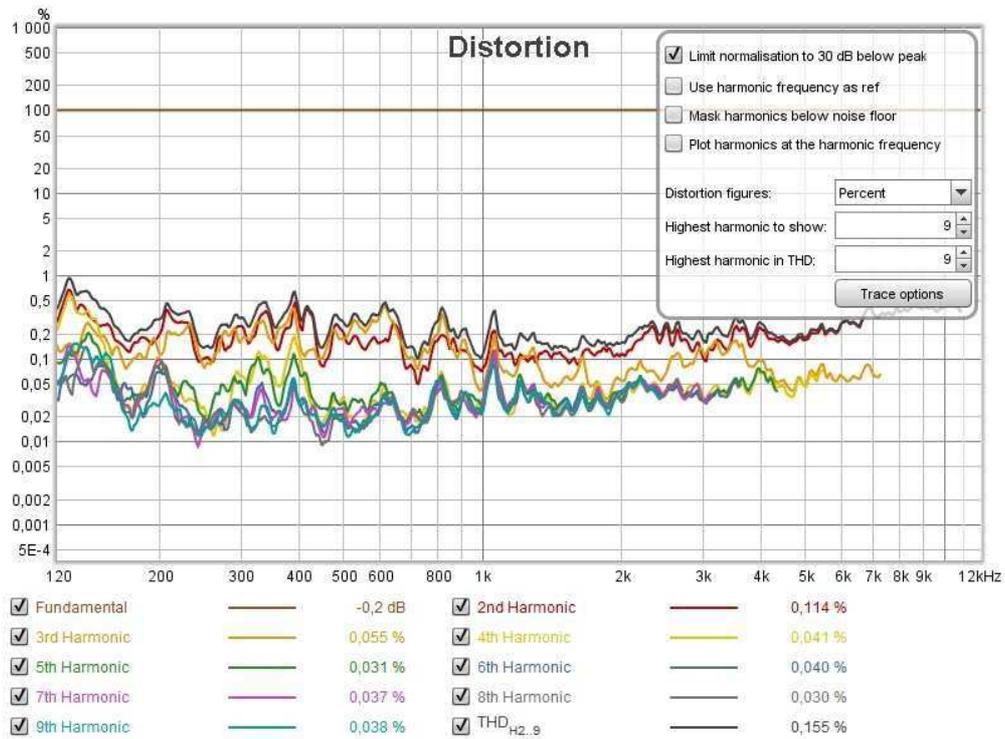
On remarque la rotation de phase au raccord Sub enceinte. Le reste est proche de la phase minimale sauf dans l'extrême aigu.

La réponse impulsionnelle

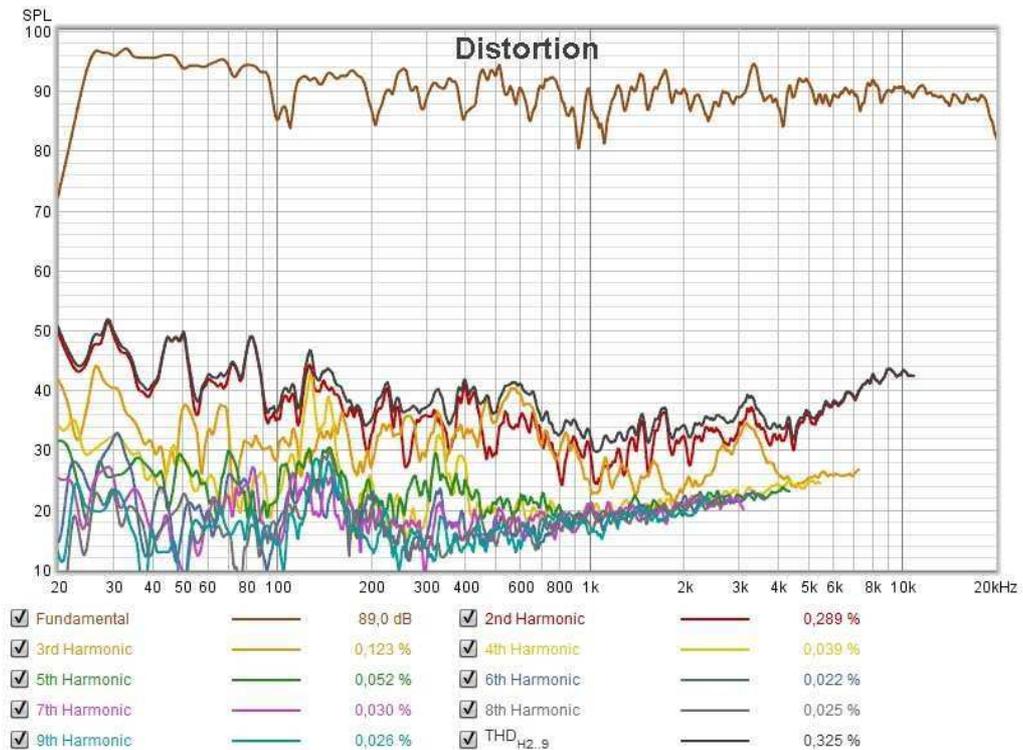


1.4. Distorsion

Distorsion des enceinte principal **mesure à 50cm** pour un niveau de 85dB au point d'écoute



Distorsion globale à 90dB mesure au point d'écoute



La distorsion d'intermodulation à 98db au point d'écoute, la mesure qui intègre 15 secondes de spectre

