



MISE AU POINT D'UNE INSTALLATION EMBARQUEE

DSP A8 et Room Equalizer Wizard V5

Partie 4

9) ANALYSE DES RESULTATS

Dans ce chapitre nous allons découvrir les principaux outils d'analyse que propose REW et en déduire de précieuses informations pour réaliser le meilleur réglage possible.

Ces différentes étapes d'analyses doivent être réalisées sur les mesures de la position 1 de chaque haut-parleur.

a) ONGLET ALL SPL

Cet onglet est un *overlay* (affichage superposé) de toutes les courbes de réponse en niveau. Il regroupe toutes les mesures qui sont présentes dans le volet gauche.

Dans cet onglet, il est possible de réaliser différentes opérations, sur une voire plusieurs mesures. Lissage, opérations mathématiques.

Encadré en bleu, le menu qui permet de réaliser ces opérations entre 2 mesures qui nous servira pour créer les courbes de différences et ainsi appliquer la méthode précédemment citée.

Dans cet onglet, la fonction essentielle est la possibilité de réaliser une moyenne de plusieurs mesures grâce au bouton encadré en jaune.

Ce bouton générera la moyenne de toutes les courbes qui sont cochées dans le bandeau inférieur.

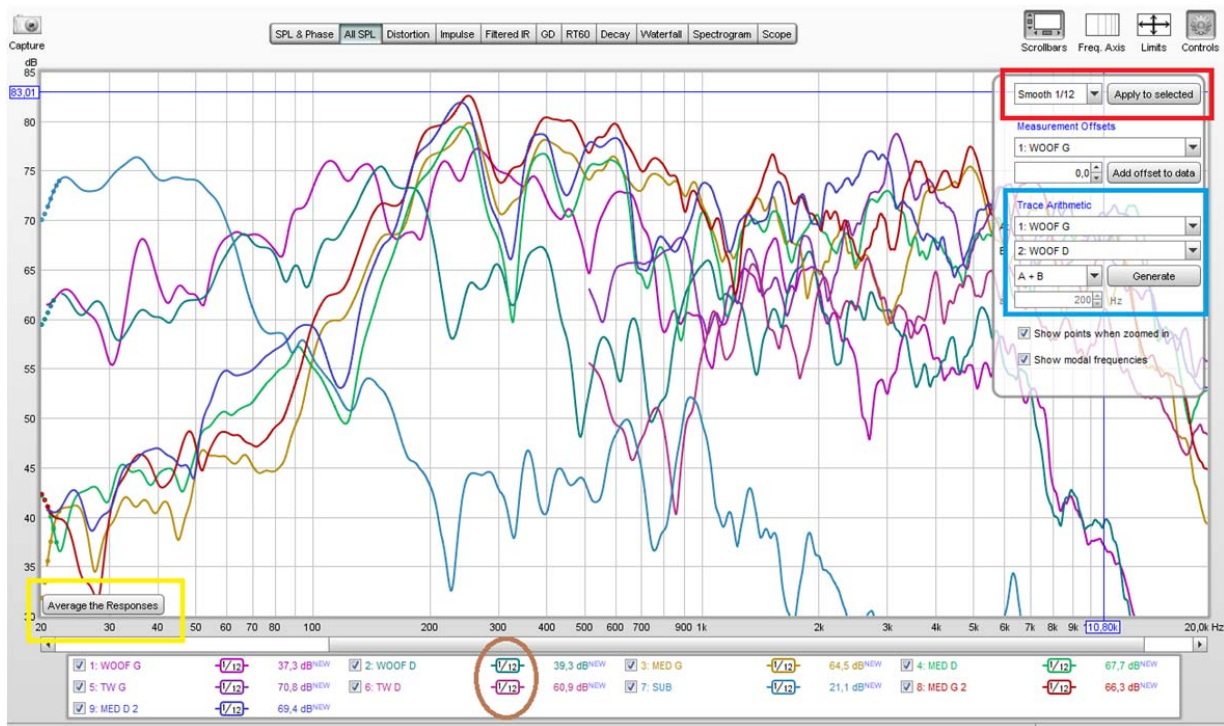
Petite attention sur le lissage (*smoothing*) à utiliser. Lors des étapes d'analyse utilisez de préférence un lissage assez fin en 1/12 d'octave, ou aucun lissage si nécessaire, pour discerner les problèmes de forte valeur Q (bande étroite).

Pour les étapes de génération des moyennes par haut-parleur, utilisez du 1/6 d'octave.

Pour les étapes de simulation d'égalisation et de filtrage, utilisez un lissage en 1/3 d'octave voire en 1/2 vous permettra de prendre du recul et ainsi contrôler l'allure générale des courbes.

Plus on souhaite visualiser en basse fréquences, moins le lissage est nécessaire.

Encadré en rouge le menu déroulant du contrôle du lissage. Ce réglage se répercutera directement à tous les autres onglets du logiciel, la valeur du lissage de chaque courbe s'affiche pour information dans le bandeau en bas à côté de chaque intitulé.



b) ONGLET SPL/PHASE

C'est l'onglet de base pour la lecture des réponses en niveau et de la phase de chaque haut-parleur.

Commencez à vous habituer avec la manipulation des zooms et de la roulette de la souris et affichez la courbe de réponse de manière lisible à l'écran. De même, n'affichez que la partie de courbe qui vous intéresse pour

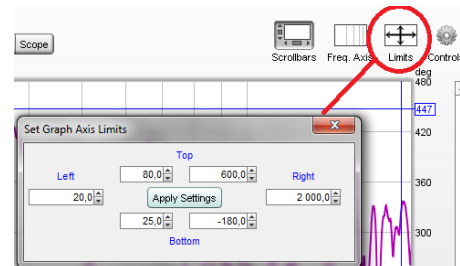
chaque haut-parleur. Utilisez le panneau *Limits* pour vous aider. Par convention, une échelle verticale de 5 dB permet une bonne visibilité.

Tweeter: 500 – 20000 KHz

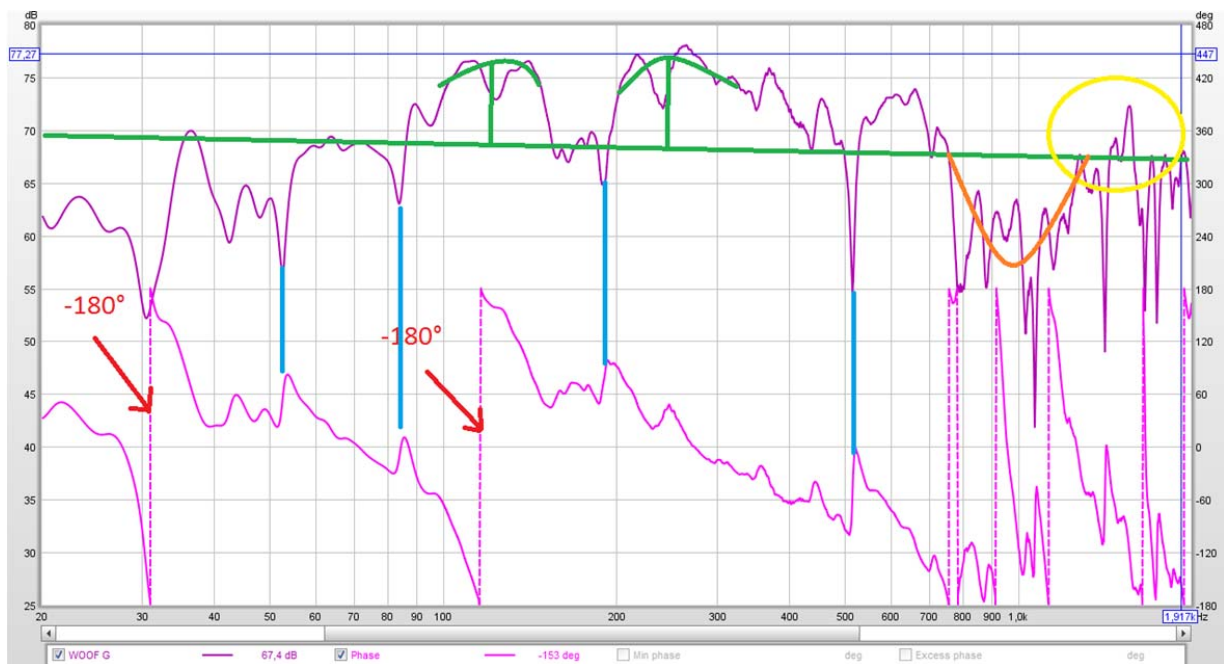
Mid: 100 – 10000 KHz

Woofer: 30 – 2000 Hz

Subwoofer: 20 à 500 Hz



Maintenant que nous avons une bonne visibilité de la réponse en fréquence et en phase, essayons d'interpréter quelque chose. Le long trait vert nous servira de repère visuel. Certains des problèmes que nous allons voir peuvent être liés à la position du micro, confirmez donc toujours vos déductions en regardant les mesures des autres positions.



Commençons par la lecture de la courbe de phase, soit celle du bas. Ici elle est affichée sur un repère +/-180° (échelle à droite) pour faciliter la lecture, on dit qu'elle est repliée (Wrapped phase).

On constate qu'à gauche la courbe commence par descendre puis dès 30hz remonte rapidement en pointillé pour à nouveau redescendre et ainsi de suite, à 120, 760 etc.... Chaque remontée en pointillé signifie que la phase tourne de 180°.

Imaginez maintenant la courbe continue si l'on mettait bout à bout chaque tronçon entre les pointillés. La courbe commencerait à gauche à la valeur actuelle, mais la droite de la courbe finirait à plusieurs milliers de degrés vers le bas. C'est représentation de la phase serait dite dépliée (Unwrapped phase).

Pour vulgariser la définition de ce que représente la phase en des termes et un phénomène physique compréhensible, nous dirons que la phase représente la manière dont s'établit l'arrivée des différentes fréquences dans le temps. Le point de départ se situe à l'extrémité haute en fréquence ce qui revient à dire que l'aigu est toujours en avance par rapport au grave.

Revenons au graphique et analysons maintenant la courbe de réponse en niveau. Les tirets bleus nous indiquent que pour chaque bosse de la courbe de phase correspond un creux dans la courbe de réponse. En vert, on constate aussi d'importants bosses de plusieurs dB.

En orange, on peut distinguer nettement la baisse de niveau dans la zone 750 à 1.2K que nous avons prédit sur la réponse impulsionnelle du chapitre dernier.

Plus loin sur la courbe, avec d'entouré en jaune, un probable pic de fractionnement de membrane, zone où le haut-parleur n'est plus linéaire et produit de la distorsion. Fréquence assez courante, 1.66Khz.

Tous les problèmes signalés en vert et bleu sont des modes propres et ondes stationnaires dues à de nombreuses réflexions comme on peut en retrouver dans un salon de hifi domestique.

Ces accidents dans la courbe de réponse sont donc liés aux dimensions physiques de l'habitacle, hauteur sol/plafond, longueur tablier avant/coffre, largeur de l'habitacle, mais aussi woofer / tunnel central ou longueur de porte. Plus on monte en fréquence et plus le nombre de modes devient important et il n'est plus possible de les distinguer. La courbe de réponse est dite en peigne.

Si l'on mesure approximativement les dimensions de l'habitacle du véhicule dans lequel a été pris les mesures, on trouve : Longueur : 273 cm environ, largeur : 145 cm, hauteur : 115 cm

Ce qui nous donne les modes d'ordre 1 à 61, 114 et 143 et d'ordre 2 à 122, 228 et 287 pour L/l/h. Cela correspond plutôt bien avec les zones en creux et bosses de la courbe de réponse....

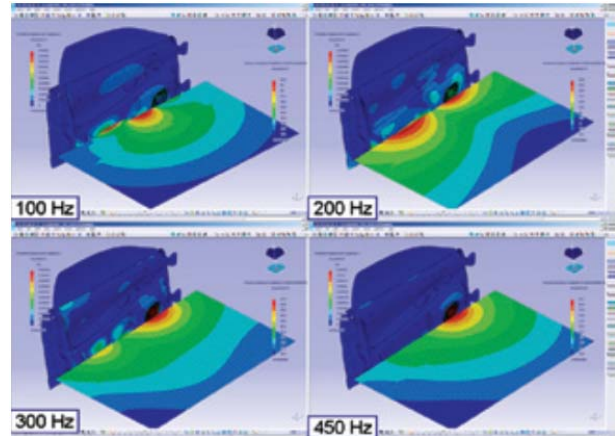
Vous pouvez simuler de manière approximative votre habitacle pour trouver les principaux grands modes propre en utilisant le menu *Room simulator* (bandeau supérieur) et en faisant l'hypothèse, bien entendue fautive, que votre habitacle est rectangulaire....

Pour donner un autre exemple, la bosse à 250 Hz pourrais certainement provenir d'une onde stationnaire à cause de la distance entre la porte et le tunnel central, environ 65 cm à la mesure au ruban, soit environ la demi longueur d'onde d'une fréquence de 250 Hz.

Plusieurs modes peuvent même se concentrer ensemble provoquant de très fortes variations de la courbe de réponse, ce sont les plus destructeurs. Nous verrons plus loin comment les distinguer.

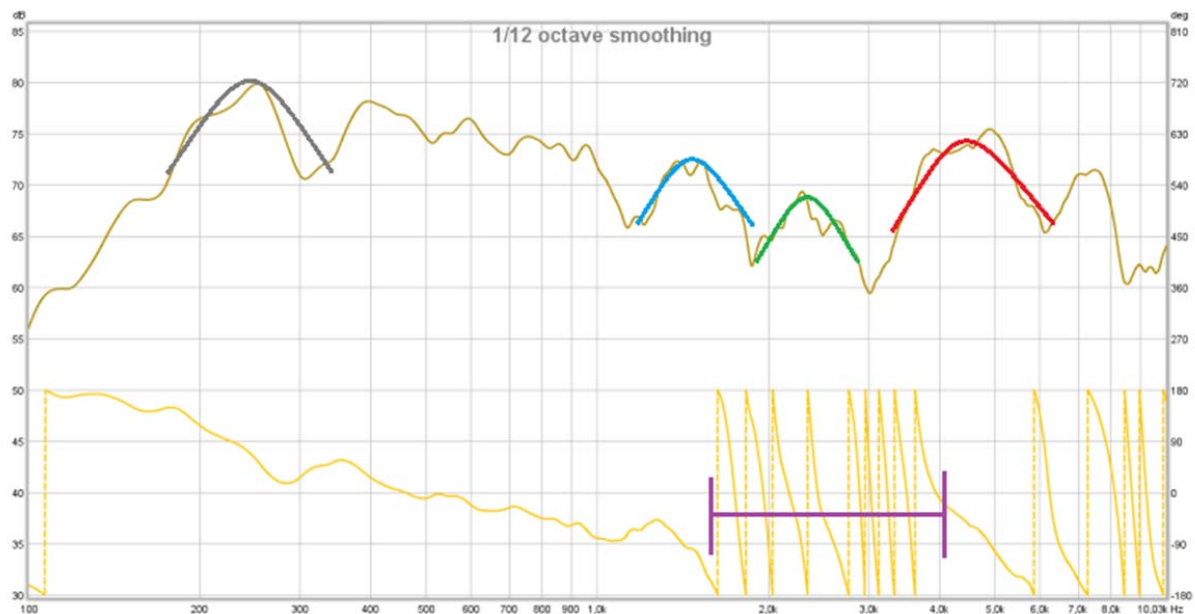
Il existe également d'autres sources de problèmes.

Un panneau de porte qui oscille et produit des ruptures dans la directivité en formant plusieurs points d'émissions peut aussi être source de problèmes. La nature du panneau (matière, rigidité, fixation etc.) influencera le comportement. Sur le graphique ci-contre, on peut observer une simulation du comportement d'une porte soumise à un signal de différentes fréquences. A 100 Hz la source émissive n'est pas sur le haut-parleur, à 200 Hz une seconde source se développe puis se réduit jusqu'à 450 Hz où la pression est seulement émise par le haut-parleur.



D'autres phénomènes peuvent également se créer à cause des nombreux corps creux que possède un véhicule.

Voyons maintenant si nous appliquons le même effort pour interpréter la courbe de réponse d'un médium.



La bosse surlignée en gris et la coupure raide (entre 12 et 18 dB/octave) qui suit en dessous de 200 Hz indique que le médium est dans un trop faible volume, la surtension (facteur Q de l'enceinte) trop élevé provoque une bosse dans la réponse en fréquence et un passe-haut naturel à forte pente.

Les bosses et creux des zones bleue et verte sont probablement des réflexions mais peuvent aussi être des problèmes de membranes. On voit le résultat de tous ces phénomènes sur la courbe de phase dans la zone barrée en violet.

La bosse rouge semble provenir de réflexions sur la casquette des compteurs, gaine de volant, volant. Les médiums de cet exemple sont placés en haut-de porte / cache-rétro. A 5kHz la longueur d'onde étant de 69 mm, cela correspond à la distance entre le haut-parleur et la casquette des compteurs. Cette bosse dans la courbe de réponse n'est pas présente sur les mesures du médium de droite alors que les 2 courbes sont dans l'ensemble très proches.

Au-dessus d'une certaine fréquence il y a tellement de modes propres liés à de multiples éléments physique de la voiture qu'il est très délicat d'avoir une vision assez précise des phénomènes qui se passent. La position du micro étant très importante dans ces zones-là, des écarts conséquents sur les courbes de réponses apparaissent pour de faibles décalages du micro. C'est pour cette raison que nous avons réalisé nos mesures en plusieurs points, pour les moyenner afin qu'elles représentent le comportement global de la zone d'écoute.

Ces exemples montrent à quel point un habitacle de voiture à un comportement très hostile.

Certains problèmes pourront être résolus par une égalisation, d'autres non.

L'objet de ce document n'est pas de développer sur la nature très complexe de tous les problèmes acoustiques de la reproduction sonore en automobile. Tous les véhicules ont des tailles, formes et qualités d'habillage différents, chacun aura ces défauts, c'est ce qui donnera la signature la plus forte à votre installation.

Ce qui nous importe c'est de savoir reconnaître les problèmes. Certains de ces problèmes pourront donner des pistes pour améliorer vos montages par exemple, mais dans l'état, pour ce qui nous intéresse (mettre au point l'installation) il faudra faire avec eux.

c) ONGLET *DISTORSION*

C'est l'onglet de lecture des spectres de distorsion. Il va nous donner principalement des indications précieuses sur le choix des fréquences de coupure. Comme nous l'avons vu, toutes nos mesures sont influencées par l'habitacle, les déductions faites sur cet onglet seront donc à prendre avec délicatesse. De manière générale, si vous remarquez des accidents assez précis sur les spectres de distorsion de la mesure d'un haut-parleur, contrôlez que ces accidents soit présents sur le haut-parleur de l'autre côté et /ou sur la mesure d'une autre position de micro, si c'est le cas, il y a de grandes chances que cela soit lié au haut-parleur et son montage. Si les distorsions sont plutôt différentes à droite et à gauche, c'est probablement l'habitacle qui les produit....et nettement en plus grande quantité que les électroniques.

Regardons un exemple sur le médium vu au chapitre précédent.



Confirmation en bleu sur ce qui était dit au paragraphe dernier. La distorsion remonte sous 300 Hz à cause du volume trop faible de l'enceinte médium. A 1.6 et 2.3 KHz, on peut distinguer dans la distorsion 2 accidents que l'on retrouve dans la courbe de réponse (traits rouge). Il faudra couper ce haut-parleur au-dessus de 300 Hz avec une pente relativement raide pour rejeter cette distorsion et la bosse de la courbe de réponse entre 150 et 300 Hz. En passe-bas, avec de l'égalisation à 1.6 et 2.3K, il sera possible de filtrer vers 3 KHz, là aussi il faudra une pente assez forte et de l'égalisation pour amortir la bosse de la courbe de réponse entre 3 et 6 KHz. Procédez avec le même soin pour analyser les courbes des autres haut-parleurs et ainsi recueillir le même genre d'informations.

Pour toutes les déductions que vous ferez, vous pouvez les noter dans le champ *Notes* de chaque mesure dans le volet gauche du logiciel.

d) ONGLET *GROUP DELAY*

Commençons par un peu de théorie. Qu'est-ce que le *group delay* ? Ou plutôt le temps de propagation de groupe en français.

D'un point de vue mathématique, le *group delay* représente la dérivée de la réponse en phase. Il s'agit de la pente de la courbe de réponse en phase pour chaque fréquence.

Par rapport à l'application qui nous intéresse ici, il donne une indication sur le temps que mets l'onde venant du haut-parleur à se propager à travers l'habitable jusqu'au micro et ceci pour les différentes. En extrapolant

ces résultats, nous allons recueillir des informations sur les problèmes acoustiques qui seront corrigibles et ceux qui ne le seront pas ou difficilement.

Voyons d'un peu plus près à quoi cela ressemble en reprenant pour exemple le woofer gauche en porte vu précédemment.



La courbe violette n'est pas très lisible. On remarquera juste des accidents entre 700 et 3KHz comme nous l'avons déjà remarqué sur la réponse en fréquence, mais aussi des accidents dans la zone entre 60 et 160 Hz. Ouvrez le panneau *Controls* et cliquez sur *Generate minimum phase*, puis affichez la courbe *Excess group delay* en bas.

La courbe de phase *Minimum phase* et la courbe de *Minimum Group delay* correspondante représente la courbe de phase minimale qu'aurait un système ayant la même réponse en fréquence que notre haut-parleur et notre habitacle s'ils étaient linéaires. En d'autres mots, s'ils ne provoquaient aucune distorsion de quelque nature que ce soit.

Nous ne verrons pas dans ce document la procédure mathématique ni tous les aspects théoriques sur lesquels repose les moyens d'obtenir cette courbe.

De plus amples informations sont présentes dans le manuel de REW.

C'est sur cette dernière courbe *Excess group delay* que l'on va observer les zones qui sont potentiellement corrigibles. Ces zones sont appelées *Minimum phase*. Il s'agit du trait bleu sur le graphe ou la valeur est proche de zéro.

Dans ces zones-là, il sera possible de corriger la courbe de réponse avec un filtre *minimum phase IIR* tel ceux présents dans le **DSP A8**, et qui corrigerons à la fois le domaine temporel (la variation de phase) et l'amplitude.

Dans les zones où la réponse n'est pas *Minimum phase* (entourés en jaune) et qu'une bosse apparaît dans l'*Excess group delay*, les corrections IIR que vous appliquerez n'auront peut-être pas le résultat souhaité. Il faudra user de prudence lors des corrections de ces zones et contrôler l'action de celles-ci.

Toutes les zones où la réponse n'est pas *minimum phase* signifient que le système n'est pas linéaire. L'origine de ces distorsions peut être de différentes natures :

- cumulation de plusieurs modes propres à des fréquences voisines (mode ordre 1 à 114 et d'ordre 2 à 122) pour les zones dans le grave
- fractionnement de membrane et multiples réflexions avec des surfaces proches des haut-parleurs (entre 800 et 3K) pour les zones de la partie haute du spectre.

A chaque fois que vous remarquez une zone non *Minimum Phase* de profondes variations de la courbe de réponse et de phase sont présentes.

Grâce au *DSP NX*, une intervention avec un filtre FIR ou l'amplitude et la phase sont indépendants permettra de corriger ces problèmes.

e) ONGLET *DECAY / WATERFALL / SPECTOGRAM*

Ces 3 onglets servent à représenter fondamentalement le même phénomène mais avec 3 illustrations différentes.

Le phénomène qui est représenté dans ces onglets est la décroissance de l'énergie en fonction du temps. C'est l'évolution de la réponse en fréquence dans le temps après l'arrêt du signal. Il sera aisé avec ces outils de voir par exemple les résonances et les modes propres de l'habitable, mais aussi pour contrôler la mise en phase des haut-parleurs.

Ces outils sont très souvent utilisés pour illustrer le comportement d'enceintes. Les enceintes dites « neutre et transparentes » ont un *decay* rapide alors que les enceintes dites avec du « grain » ont un *decay* moins rapide ou perturbé. Pour donner un très très rapide aperçu....

Tous ces types d'analyse sont basés sur des calculs et transformation de la réponse impulsionnelle. De grandes précautions sont à prendre dans le choix du fenêtrage pour que ces outils fournissent un résultat adapté au phénomène que vous cherchez à analyser.

Regardons un exemple d'un subwoofer avec l'onglet *Decay* qui est le plus simple à aborder, mais d'abord essayons de comprendre comment fonctionne cet outil.

D'un point de vue théorique, le *Decay* est obtenu en faisant une FFT de plusieurs tronçons de la réponse impulsionnelle, cela permet de voir « l'état de la courbe de réponse » en plusieurs moments dans le temps après l'impulsion. Le début de chaque tronçon correspond au paramètre *time zero* que nous avons vu

précédemment (et qui nous a servi à obtenir par FFT la courbe de réponse au moment où l'impulsion démarre). L'analyse se comporte comme si nous avons fait glisser le *time zero* plus loin dans le temps à un intervalle régulier pour chaque tronçon et qui produira donc des courbes de réponses différentes. Ainsi de suite, on peut voir l'évolution de la courbe de réponse dans le temps.

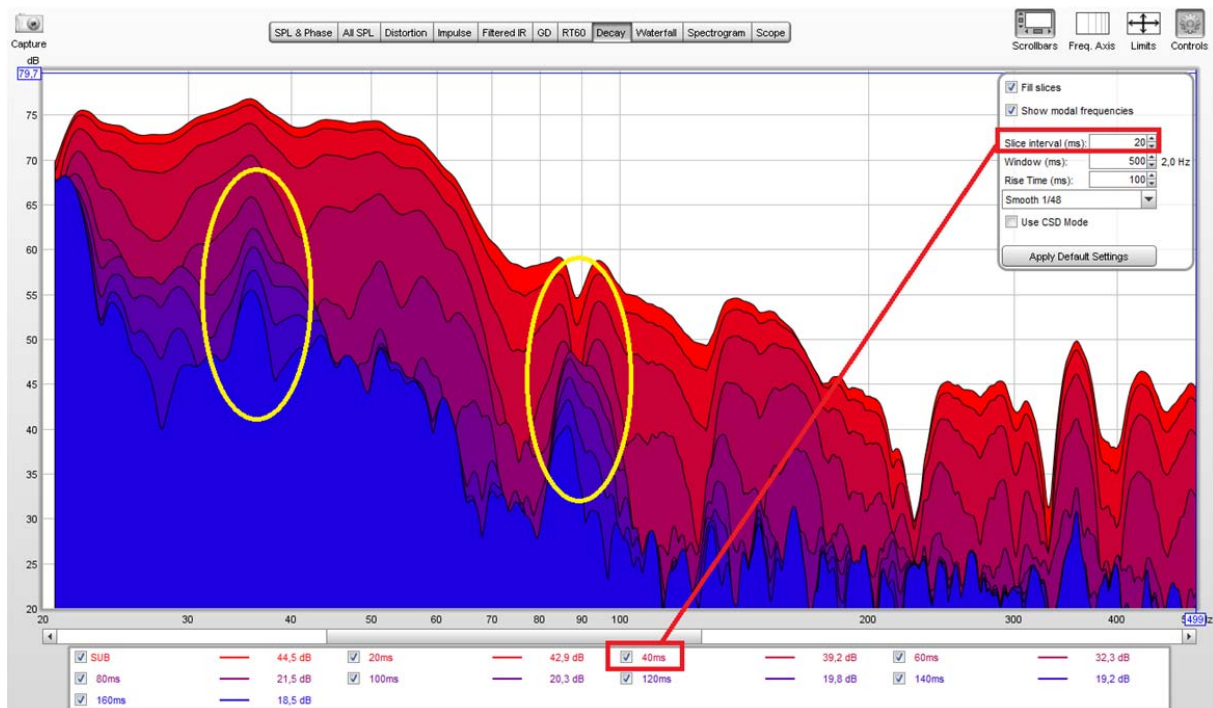
Pour lancer l'analyse, cliquez sur le bouton *Generate* en bas à gauche de la fenêtre.

Réglez ensuite les paramètres suivant le type d'analyse que vous souhaitez réaliser.

S'il s'agit d'un subwoofer, il faut une fenêtre suffisamment grande pour obtenir une résolution suffisante à basse fréquence. Si l'on souhaite analyser une résonance dans le tweeter, les paramètres devront être au contraire plus courts dans le temps. Il s'agit du paramètre *window*, qui règle la taille de la fenêtre après le *time zero* du début de l'analyse de chaque tronçon.

Le paramètre *slice interval* définit l'écart entre chaque début de tronçon.

Le paramètre *time rise* définit la taille de la fenêtre avant chaque début de tronçon. Plus il est grand plus il fera rentrer d'énergie du tronçon d'avant. Si on veut analyser des phénomènes très courts dans le temps il faudra donc faire rentrer moins d'énergie du tronçon d'avant, mais tout dépend à quel intervalle il se situe.



Avant de tirer des conclusions de ces outils il faut bien comprendre l'action des paramètres car c'est eux qui vont rendre valides les résultats.

Sur l'image ci-dessus on peut observer 2 zones de trainage ou l'énergie met plus de temps à décroître qu'à d'autres fréquences.

Ces outils vous permettront d'avoir une vision plus claire de certains phénomènes que vous auriez pu remarquer sur une courbe de réponse ou de phase.

Il n'est pas question ici de faire un énième document expliquant la théorie de ces outils ni une notice de REW. Le sujet est très vaste et il faut de solides connaissances pour obtenir des résultats fiables. Vous peaufinerez vos connaissances et reviendrez sur ces outils plus tard...une fois que votre installation sera réglée....