

MDZLAB



L'ACOUSTIQUE PRO

“ J'AI LONGTEMPS STAGNÉ DANS LE MIX,
MAIS TRAVAILLER DANS DES SALLES DE MIX
PENSÉES ACOUSTIQUEMENT, ÇA A CHANGÉ
MA VIE ET MA VISION DU SON.. ”

AUCUNE PARTIE DE CE LIVRE NE PEUT ÊTRE
REPRODUITE OU DISTRIBUÉE, SOUS QUELQUES
FORMES QUE CE SOIT SANS AUTORISATION.



Bonne lecture !

J'ai conçu ce guide pour te fournir toutes les informations nécessaires sur la prise de mesure et le traitement acoustique d'une salle. Que tu sois un home studiste ou dans le but de construire un studio professionnel, ce guide est une base incontournable.

L'acoustique façonne notre expérience auditive et influence la manière dont nous interagissons avec notre environnement sonore.

Si tu lis ces lignes, c'est que tu as pris ce sujet au sérieux et je t'en félicite ! Ça démontre ta volonté à te professionnaliser dans le mixage audio. Prends ce guide et le traitement de ta pièce au sérieux et ils n'auront que des conséquences positives pour toi, ta room de mix et par conséquent le résultat final de tes projets ! Bonne lecture !

Merci pour ton achat, ton engagement et ta confiance.

Important !

Si tu penses mixer chez toi, travailler l'audio. Il est plus que primordial de faire l'acoustique de l'espace dans lequel tu vas produire !

En réalité, aucun amateur qui débute ne passe par là, et pourtant. Quand un producteur ou un ingénieur du son achètent ou louent un local pour une utilisation professionnelle, leur premier investissement est le traitement acoustique de chaque pièce.

Les premières années de son que tu as faites dans ta chambre avec des enceintes collées au mur et dans un angle. Ne t'aideront jamais à apprendre le mix, tu vas apprendre techniquement ton logiciel, l'enregistrement, la production et les réglages techniques de tes plugins. Mais tu ne pourras pas entendre ce qu'ils font et comment ils agissent réellement sur ton mix.

Ben oui ! Le principal point qu'on recherche dans le mixage est la « neutralité », on veut une écoute neutre ou du moins fidèle à nos actions et à notre équipement. Être sûr d'entendre correctement le son de tes monitorings, ne pas trop t'influencer toi dans ta perception personnelle du son quand tu mixes, dans tes plugins qui doivent être fidèles à ce qu'ils indiquent. Et donc, forcément, ta pièce doit l'être aussi. Il faut voir ta pièce comme le prolongement de tes enceintes. Quand tes enceintes diffusent du son, la pièce et plus particulièrement les murs et les meubles vont être les seuls éléments qui peuvent changer le son entre les membranes de tes enceintes et tes oreilles (qui fonctionnent avec une membrane également d'ailleurs).

Tu as sûrement vécu ce moment où chez toi tes basses fréquences sont parfaites, bien présentes, rondes, parfaites ! Tu vas chez un ami ou dans ta voiture et là, ce n'est pas du tout le même mix, il n'y a aucune basse, ça sonne moins bien. Ben, ce souci vient sûrement de ta pièce, elle te « renvoie » plus de basses et donc tu les entends plus fortes et quand tu mixes, tu te retrouves à les diminuer.

Maintenant, tu comprends pourquoi il est important de faire l'acoustique de ta pièce de mix.

Dans ce guide, on va voir comment faire l'acoustique de ton espace de travail. Je ne suis ni acousticien ni professionnel en acoustique. Ce sont des métiers tout aussi pointus que la technique du son et qui demandent des études approfondies. Pour garantir une bonne acoustique dans ton espace, on va donc utiliser les rudiments de ce métier, à savoir : obtenir et lire des informations fréquentielles et temporelles de sa pièce grâce au micro de mesure et au logiciel Room Eq Wizard (logiciel gratuit).

En travaillant ainsi, on est sûr de faire un travail correct, car on analyse notre pièce et on voit comment elle restitue le son et ce qu'il faut changer.

Toujours accompagner les tests ou les décisions d'une mesure acoustique.

Tu déplaces un meuble, tu ajoutes un traitement ...

Tu fais de nouvelles mesures et tu les compares avec les mesures de ta pièce avant ce changement.

Fais des écoutes.

Un peu comme le point précédent, tu peux faire des écoutes avant et après juste à l'oreille. Pour te forger, disons. Exemple : tu déplaces, ajoutes un traitement, tu te rends compte que quelque chose change, tu essaies d'analyser, une fois ta conclusion faite (imaginons : je trouve qu'il y a plus de haut médium depuis mon changement, c'est ma supposition). Je confirme par une mesure acoustique qui confirmera ou infirmera ton ressenti.

Refaire l'acoustique si tu changes.

Si tu changes de pièce, de sens, tu ajoutes un grand meuble, un miroir, un radiateur... Il va peut-être falloir refaire tes mesures et de nouveau analyser, bouger, ajouter, enlever, refaire des traitements si besoin.

Éviter le matos d'acoustique de commerce.

On verra pourquoi acheter des mousses acoustiques, des panneaux, des bass-traps, etc... est peu utile et super coûteux. Donc pas trop le choix, soit tu te creuse le cerveau avec un logiciel et un micro et tu bricoles (tu verras, j'ai trouvé des solutions simples, je n'aime pas trop bricoler non plus). Soit, tu appelles un vrai acousticien. Qui lui viendra avec tout ça. Mais ne pose pas de traitement pour faire jolie et évite les trucs qui sont plus design que fonctionnels.



partie 1

Position et support d'enceintes

partie 2

L'idéal d'une room de mix

partie 3

Micro de mesure et logiciel





partie 4

Absorption



partie 5

Diffusion



partie 6

Étapes à suivre



I

Position et support d'enceintes

Premier pas

On va retrouver deux cas de figure. En premier, tu n'as encore rien fait, tu as une pièce vide, avec peu de meubles. Le deuxième cas de figure, tu es déjà en place, tu as placé tes enceintes, ton bureau, etc. Si tu es dans le premier cas, tu auras dans ce chapitre toutes les premières étapes à faire. Si tu es dans le deuxième, je te conseille quand même de feuilleter ce chapitre. Quelques ajustements sont peut-être à faire chez toi !

Ce chapitre va te servir pour le positionnement des enceintes et le support à utiliser. Ce sont les bonnes pratiques à mettre en place avant de faire les mesures et le placement du traitement acoustique. Ne pense pas faire tes mesures ou à réfléchir comment poser tes absorbeurs, diffuseurs, etc. sans avoir « tes enceintes placées correctement en position de mix ». Si tu as des supports, utilise-les pendant ta mesure (sauf pour un test avec/sans support).

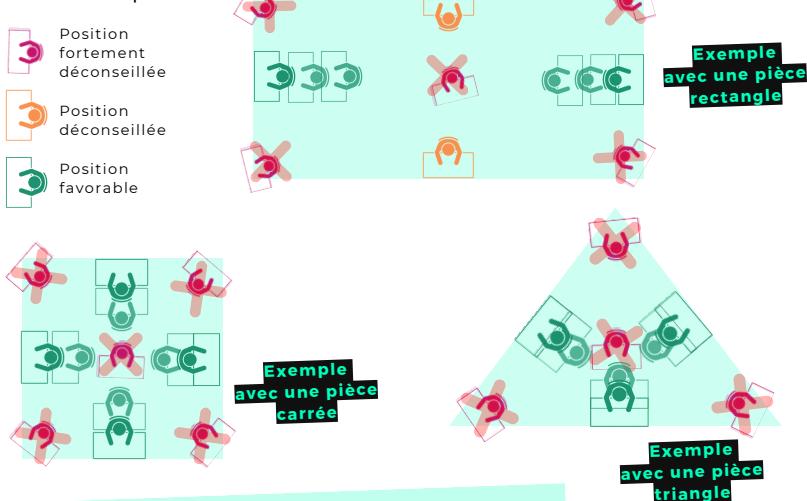
Dans la même idée, si tu bouges tes enceintes, car tu ajoutes un traitement derrière, tu bouges le bureau où elles étaient, etc. Il faut penser à replacer tes enceintes à la perfection et éventuellement refaire des mesures.

Le Point d'écoute

Ok ! Avant toute chose, il va falloir se définir un point d'écoute, un endroit précis où tu vas mixer. Si ce n'est pas encore fait ou que tu peux le changer, il y a des choix que tu peux faire pour déjà limiter les dégâts.

1 Éviter le centre pile de la pièce et les angles

Une fois qu'on a dit ça, il ne va pas te rester grand-chose. Souvent, on se retrouve contre un mur ou sur un côté de la pièce.



2 Respecter au plus possible la stéréo

On va le voir avec le placement des enceintes. La stéréo est le premier point à respecter. Il faut absolument que tes oreilles droite et gauche écoutent la « même chose ». Tu vois, sur mon schéma, j'ai toujours placé mon bureau au milieu du mur. Ainsi, le son rebondira sur mon mur à gauche comme à droite à l'identique (dans l'idéal d'une pièce parfaitement carrée ou rectangulaire).

Pour les pièces rectangles, je te conseille de te placer dans la longueur. Ton mur arrière sera plus loin, donc il rediffusera moins le son.

Dans l'objectif de conserver la stéréo la plus neutre possible. Évite les éléments différents qui peuvent changer l'acoustique à droite ou à gauche. Exemple : une grande baie vitrée à droite de ton oreille pas à gauche, un mur plus loin l'un de l'autre, une enceinte dans un angle pas l'autre, etc.

3

Faire au mieux

Je t'ai donné tous les points pour placer au mieux ton bureau et ton set-up de mix. Bien sûr ! Et c'est normal, tu vas avoir des contraintes, des choses qu'il faudra faire « avec ». C'est pourquoi les mesures vont nous aider également. Ça ne sert à rien de dire :

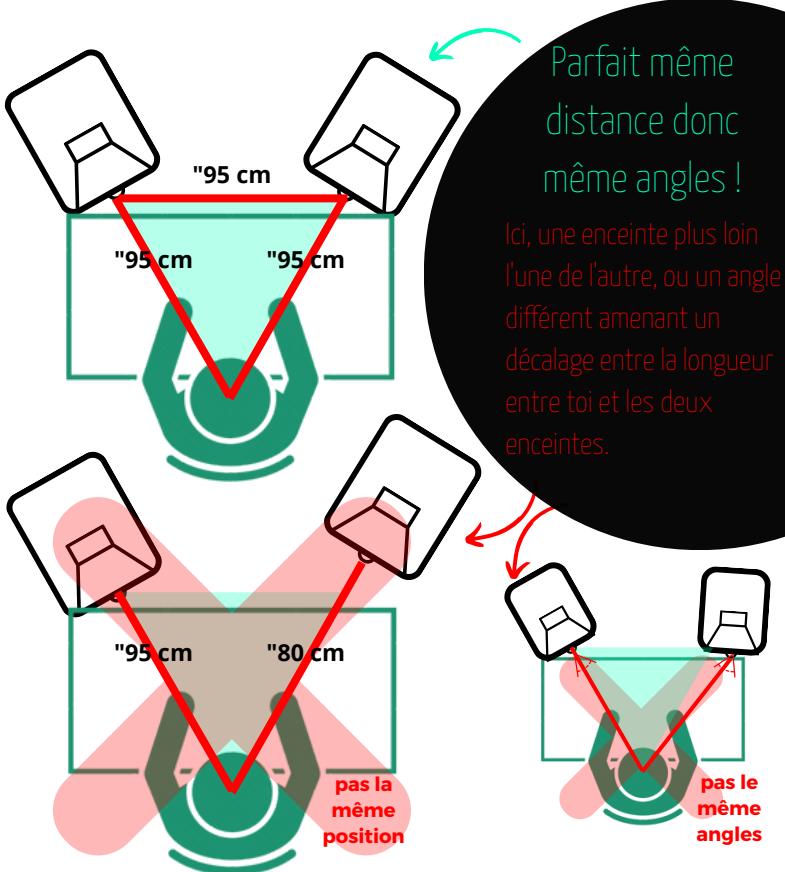
« Super, cet endroit respecte beaucoup de points essentiels, je pose mes enceintes et je mets de la mousse autour. »

Non ! Dans l'acoustique, il y a deux mondes : la théorie et sur le terrain. La théorie permet de faire des hypothèses pour gagner du temps. Mais si tu veux t'assurer que le taf est fait, tu dois mesurer ta pièce. Aucune oreille ne peut analyser une pièce juste à l'écoute.

SI TU ES RIGOUREUX, JE TE CONSEILLE DE FAIRE DES MESURES DE TES DIFFÉRENTS POINTS D'ÉCOUTE POSSIBLES ET DE GARDER LE « SPOT » QUI A DÉJÀ LES MEILLEURES RÉPONSES EN FRÉQUENCE.

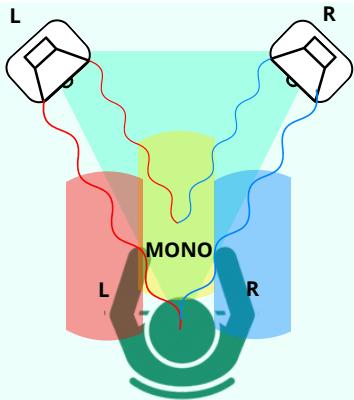
Le placement des enceintes

La première chose dont on parle est souvent le triangle équilatéral. Alors oui, c'est super important, c'est très vrai. Mais ce qu'il faut surtout retenir, c'est que la distance entre l'enceinte droite et ton point d'écoute doit être la même que la distance entre l'enceinte de gauche et ton point d'écoute. Après les trois côtés équidistants, on va revenir dessus ensemble.



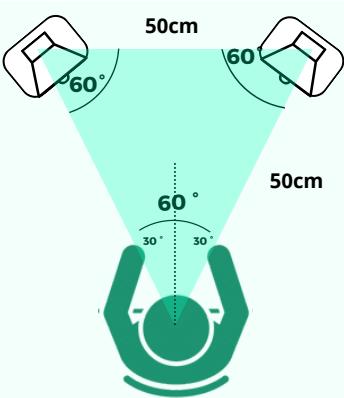
Le triangle magique

Si on te parle souvent du triangle équilatéral, c'est pour t'assurer de placer tes enceintes suffisamment en angle pour avoir une image stéréo ouverte et bien représentée. Voici un peu comment fonctionne le schéma stéréo de tes enceintes quand tu mixes.



Grâce à la stéréo, on a une meilleure représentation du son. On peut identifier si le son vient de droite, de gauche ou du centre.

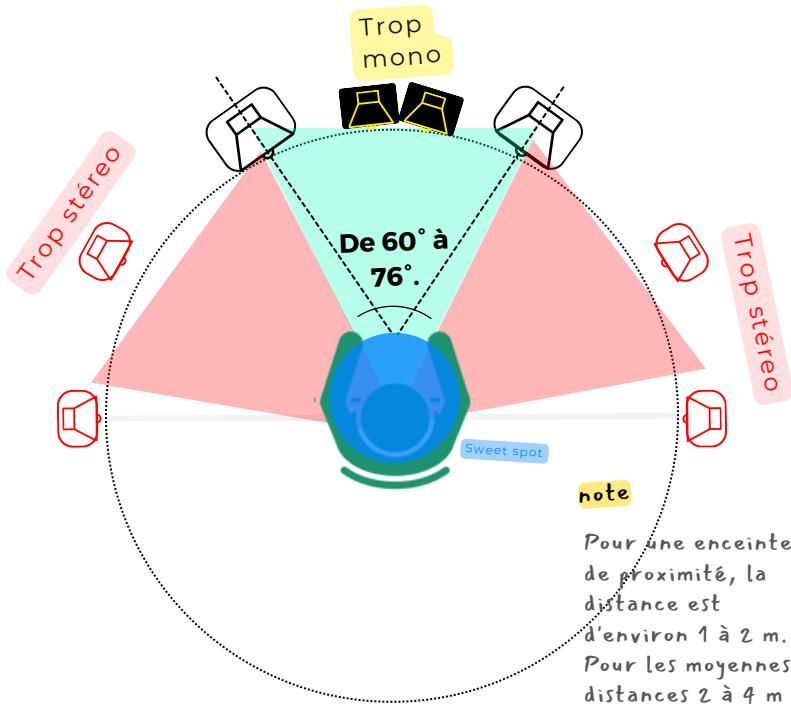
Plus le son sera fort d'un côté L ou R, plus ce son sera perçu à gauche ou à droite. Pour le centre, les enceintes L et R vont diffuser le signal à la microseconde, prêt au même dB. Notre cerveau n'a pas le temps d'entendre de décalage et ainsi pense que le son vient de devant lui (au milieu de ton nez).



Si tu formes un triangle avec chaque côté de longueur identique, alors tu t'assures un bon placement dans la stéréo. Car un triangle équilatéral a toujours des angles de 60°.

Le placement dans l'espace stéréo va faire partie des choses cruciales d'un bon mix. Donc, prends le temps de bien placer tes enceintes. On pourra s'assurer de ça avec notre micro de mesure plus tard !

L'angle entre toi et les deux enceintes va déterminer la stéréo que tu vas entendre. Trop de stéréo empêche l'illusion Mono de fonctionner. Et trop de mono, plus aucune impression de stéréo.



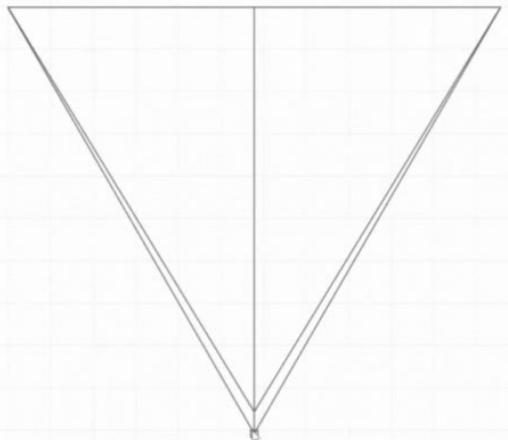
Dans les studios, ce qu'on appelle le sweet spot. C'est souvent le lieu où se trouve le mixeur qui travaille. C'est souvent une des pointes du triangle.

Un angle de 60 ° à ton sweet spot, c'est un placement stéréo correct. Plus tu agrandis l'angle, plus la stéréo sera grande. Inversement, plus l'angle se ferme, plus la stéréo se rétrécit.

note
"La taille de ton enceinte" dépend donc de la taille de ta pièce

note
Ne pas trop te coller
garde une distance idéale

note
Les constructeurs indiquent dans le manuel la distance idéale



Tu vois, ici, je commence avec mon point d'écoute en angle de 60 ° avec chaque côté à 116 cm.

[VOIR LA VIDÉO](#)

En me rapprochant de mon point d'écoute je rétrécis l'angle vers 58°. Je rétrécis mon impression stéréo. Si je passe devant mon « sweet spot », l'angle s'agrandit et donc mon impression stéréo aussi.

Ici, L et R se retrouvent donc avec une longueur différente que la longueur entre les deux enceintes. Mais la longueur droite-gauche reste la même !

Reste maximum entre 60 et 76 °.

Si tu débutes en Home Studio, je te conseille de faire un triangle équilatéral si ton espace le permet. Tu te fais « une oreille » petit à petit et tu t'habitues dans les normes à l'image stéréo dans un mix.

Si tu es plus expérimenté. Apporte des modifications à ton placement actuel si nécessaire. Tu peux essayer d'élargir un peu ta stéréo et voir si tu préfères ou non. Fais-toi des écoutes « au felling ». Change pas d'angle tous les quatre matins. Trouve une position stéréo que tu aimes bien et garde cet angle. Si ta pièce est actuellement nue, cette expérience risque d'être pas mal faussée par la réverbération de la salle. Tu pourras refaire ce test plus tard. Si tu veux changer l'angle après le traitement de ta room, change-toi plus tôt que tes enceintes. Au risque de bouger les enceintes et donc leur rayon de diffusion.

Hauteur des enceintes

Ce chapitre est plus cool, on va se reposer. On reviendra à la technique plus tard.

Pour bien placer des monitoring dans la hauteur, c'est simple : tu dois être dans l'axe acoustique de l'enceinte.

L'axe acoustique, c'est le milieu entre l'axe qui passe du centre du tweeter jusqu'au centre du haut-parleur qui diffuse médium et grave.



La trajectoire de ton axe dépendra aussi de si ton enceinte est verticale ou horizontale.

Dans le cas où ton enceinte a un tweeter + un woofer pour le médium et un boomer pour le bas. Prends l'axe entre le tweeter et le médium. Laisse le bas de côté.



Pour une enceinte à une voix mono, l'axe sera le milieu de la membrane.

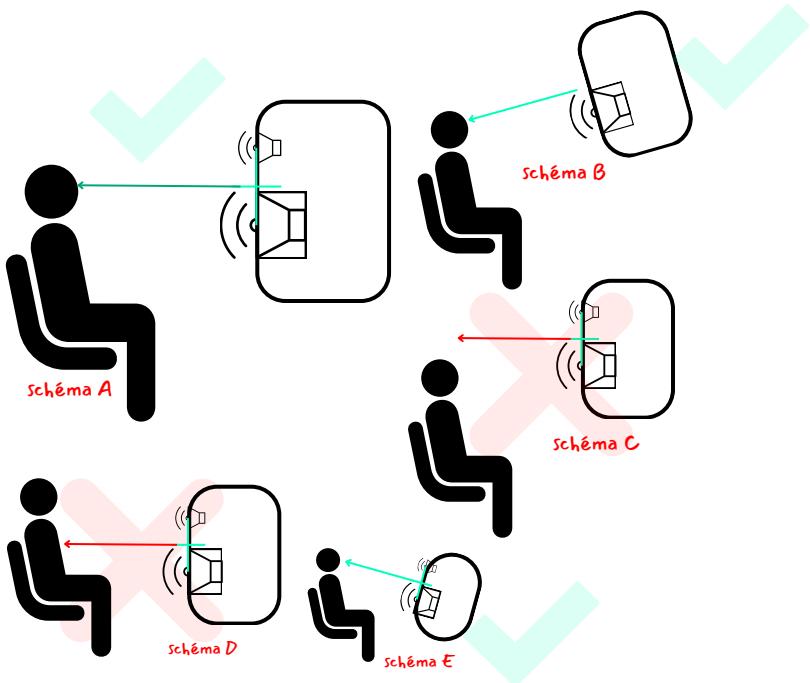
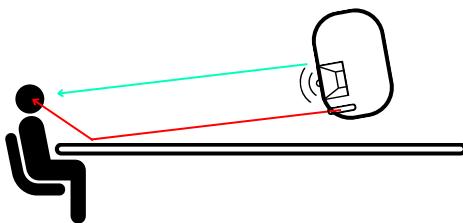


Schéma A, les enceintes sont mises à plat. L'axe acoustique est dans l'axe auditif de tes oreilles. Top !

Si tu as des contraintes comme un bureau plus haut (schéma C) ou plus bas (schéma D). Pas bon ! Opte pour des supports réglables en taille et en angle. Tu penches légèrement tes enceintes ou les surélèves (schéma B et E).

ATTENTION ! PLUS TU PENCHERAS TES ENCEINTES, PLUS TU AURAS POTENTIELLEMENT DE NOUVEAUX « PROBLÈMES » ACOUSTIQUES. TON SON REBONDIRA SUR TON BUREAU PAR EXEMPLE OU AU PLAFOND. FAUT Y PENSER EN AMONT À CE GENRE DE CHOSE.



Les fréquences basses qui sortent de l'évent de l'enceinte rebondissent sur le bureau.

Vertical ou Horizontal

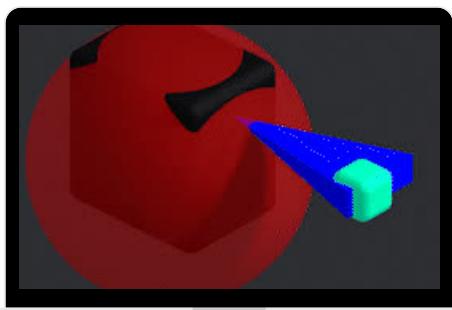
La position horizontale ou verticale n'est pas forcément une question à te poser quand tu commences. La plupart des petites enceintes de Home Studio sont pensées pour fonctionner à la verticale. Les enceintes qui sont placées à l'horizontale sont aussi pensées pour ce cas de figure. Toujours pareil, tu dois avoir ça dans le manuel du constructeur (et ça se voit à la forme aussi)

Pour t'expliquer, j'ai réalisé ces petites vidéos qui te montrent l'impact de la position d'une enceinte sur l'axe acoustique.

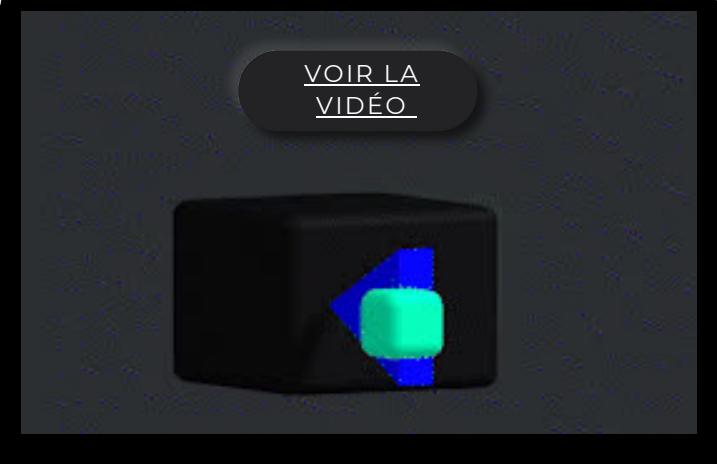
Il faut savoir que le principe même de tes tweeters est d'envoyer les fréquences aiguës vers ta direction (comme un réverbère la nuit). Alors que les basses elles, agissent comme une sphère en 360° autour des enceintes.

Avec les enceintes à la verticale, on voit qu'il y a un moment où, si je bouge de haut en bas, je vais sortir de l'axe acoustique de l'enceinte.

Ce n'est pas le cas si je bouge de gauche à droite.



[VOIR LA VIDÉO](#)



VOIR LA
VIDÉO

Avec l'enceinte à l'horizontale, c'est l'inverse : si je bouge de gauche à droite, je vais sortir de l'axe acoustique de l'enceinte.

Ce n'est pas le cas si je bouge de haut en bas.

Donc, si tu as bien suivi le chapitre, tu devrais avoir compris.

Si tu te déplaces plus vers la gauche ou la droite quand tu mixes, la position verticale sera la meilleure. À l'inverse, si tu te lèves, car tu as des réglages en hauteur, en dessous dans ton set-up. Peut-être une position horizontale sera meilleure.

Moi, j'ai choisi vertical. J'ai plus tendance à pivoter avec ma chaise, à me caler sur un côté du siège, à rouler un peu à gauche, un peu à droite. Mon axe haut-bas lui bouge beaucoup moins.

note

Évite l'horizontale si ton enceinte n'a pas été pensée pour ça.

Les supports !

Comme on l'a vu dans le chapitre précédent, les basses fréquences « cognent » et diffusent en 360°, dans toutes les directions.

Donc ton support doit te servir à bien positionner la hauteur et l'angle de tes enceintes, ok ! Mais plus que tout, il doit être absorbant, sinon il réfléchira les fréquences de tes enceintes. Et c'est bien tout ce qu'on cherche à éviter ici. Avoir des réflexions « anarchiques » dans ta pièce.

Bref, pour faire simple, ne pose pas tes enceintes sur ton bureau, une table de mix ou autre, pose ça sur les supports que je t'indique ici.

Un peu parano pour mes supports, j'ai confiance en une marque. Ils sont spécialisés là-dedans, donc le font bien (ISOAcoustics). Je vais tout lister quand même et mon avis sera le plus neutre possible, avec des points positifs comme négatifs.

Système de « pied »

Super pour régler hauteur et angle.

Existe en format pour bureau et pour tous types d'enceintes.

Prends pas mal de place

Assez lourd

Support en métal

(je ne sais pas ce que ça donne pour les réflexions)

Les pieds d'enceintes, ça peut bien le faire dans le cas où tu les mets derrière ton bureau ou ta table de mix. Tu t'assures qu'il n'y a aucun contact entre tes monitoring et une surface.



Système de « mousse »

Économique

Angle légèrement ajustable

Simple et léger, mais le moins efficace

Option ultra limitée pour régler hauteur et angles.

Mousse de 5 cm



Tu verras avec les chapitres suivants qu'une mousse de 5 cm n'est pas super absorbante, surtout au niveau du bas.

Si tu les as eues avec les enceintes et que tu n'as que ça, utilise-les. Le temps de trouver mieux. Ça évite la résonnance et le contact direct avec l'environnement sur lequel repose l'enceinte.



Système d'arroche murale

Inclinaison et position contrôlée

Économique

Place optimisée, mais fixe

Toutes les enceintes ne s'accrochent pas

Installation plus complexe

"Position près d'un mur"



Tu verras plus tard que coller ses enceintes au mur n'est pas une grave erreur, donc c'est normal que tu retrouves ce genre de support proposé par Genelec ou Neumann pour leurs séries de monitoring

Système de chez IsoAcoustics

Le plus optimal selon moi

Efficace pour le contrôle des basses

Support en caoutchouc

Assez couteux

Différents modèles en fonction de la taille de tes monitorings

Angles et hauteur réglables en fonction du modèle



La forme, l'épaisseur, les caractéristiques des matériaux sont pensé pour l'isolation et "encaisser" les vibrations. C'est des brevets d'études et des technologies propres à la marque IsoAcoustics.

01

Chapitre 1 : Position et support d'enceinte

À RETENIR

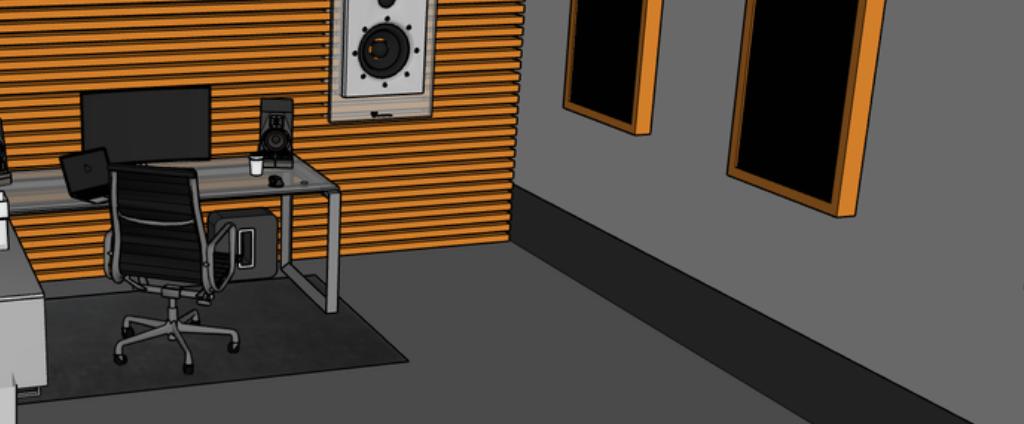
Optimiser au mieux par des mesures son point d'écoute !

Toujours placer son enceinte droite et gauche à la même distance.

Un angle de 60 à 76 ° à ton point d'écoute.

Mettre ses enceintes à la bonne hauteur (pour verticale ou horizontale, prendre des mesures entre les deux, sinon suivre les conseils du manuel ou du constructeur).

Ne pas poser ses enceintes sur le bureau.
Investir dans des supports !



||

L'idéal d'une room de mix

Dans ce chapitre, tu vas mieux comprendre pourquoi faire l'acoustique de ta pièce. On va rentrer dans les détails, comprendre comment diffusent des enceintes et comment circule ou réagit le son autour de toi.

Quelles conséquences il y a pour les basses fréquences, les médiums et les aiguës ? On va voir et expliquer ce qu'est la phase. Et quel problème acoustique une pièce peut engendrer.

On verra ensuite comment sont construites les salles de mix dans les studios ou chez les professionnels. Pour que tu puisses commencer à penser à la tienne et déjà éviter des problèmes éventuels.

La pression atmosphérique

La pression atmosphérique, c'est la densité des molécules d'air qui composent ton environnement. La vitesse et donc ta perception du son dépendra toujours de la pression atmosphérique autour de toi.

Sauf si tu es sous l'eau, les molécules autour de toi sont de l'oxygène. Et la vitesse du son dans l'air est en moyenne de 344 mètres par seconde. Le son parcourt donc 1 km en 3 secondes. La pression atmosphérique dépend de la température, de l'humidité, de l'altitude, de la géolocalisation, etc.

Tu cours beaucoup plus vite sur la plage entouré d'air que dans l'eau. Le son, c'est pareil ! C'est la densité des molécules dans lesquelles il se déplace qui définit sa vitesse et sa course (la durée et le temps).

Voilà pourquoi il vaut mieux toujours faire des mesures. Les calculs donnent des résultats mathématiques qui parfois sont faussés dans la réalité.



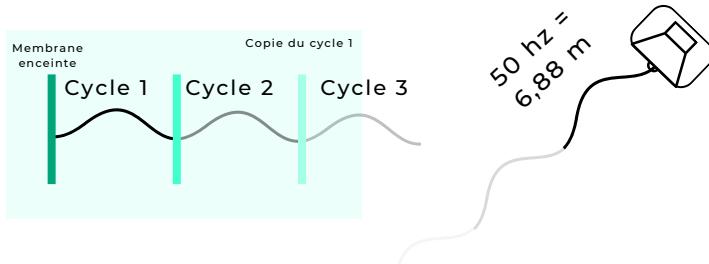
Microphone de contact conçu pour capter non pas les variations de la pression de l'air comme le fait un microphone classique, mais les vibrations d'un matériau solide.

Si le son perd en volume en fonction de la distance, c'est lié à la densité. Le « frottement » avec l'air fait diminuer petit à petit l'énergie que transmettent les molécules jusqu'à épuisement.

Dans un monde où rien n'arrêterait le son, il se propagerait à l'infini. Dans l'espace, il n'y a pas de son, car pas d'atmosphère, pas de transmission possible, c'est le « vide ». Le son a toujours besoin d'un milieu pour se propager.

Pour représenter l'énergie que transmet le son, on l'étudie sous la forme d'une onde. Une onde a une longueur, un cycle qui va se répéter jusqu'à diminuer.

1



Pour calculer la longueur d'une onde, c'est simple : on divise la célérité (la vitesse de propagation de l'onde en mètre par seconde) pour nous 344 par la fréquence en Hz.

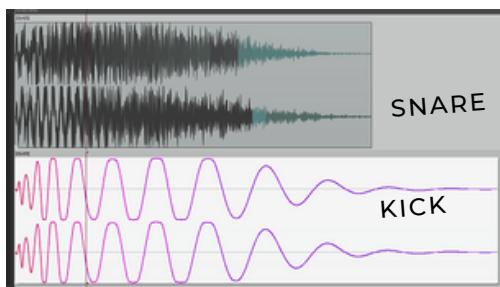
Exemple pour une onde de 50 Hz.

$$\text{Longueur d'onde} = 344/50 = 6,88 \text{ mètre}$$

Exemple pour une onde de 5000 Hz.

$$\text{Longueur d'onde} = 344/5\ 000 = 0,068 \text{ mètre, soit } 6,8 \text{ cm.}$$

Tu comprends pourquoi une onde basse s'entend de plus loin, car elle va parcourir plus de distance en un cycle et donc se propager plus longtemps qu'une onde aiguë qui aura besoin de faire plus de cycles pour parcourir la même distance.



C'est ce qui explique pourquoi un kick a une forme d'onde plus large qu'un snare également.

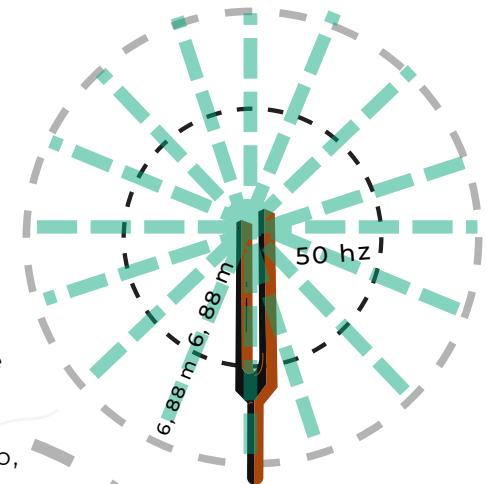
2

Le son a une directivité de 360°. En forme de sphère

Il se propage partout dans ta pièce, rebondit sur les meubles, etc. Jusqu'à finir ses cycles.

Comme on l'a vu juste avant un cycle d'une fréquence basse comme le 50 Hz, c'est 6,88 m.

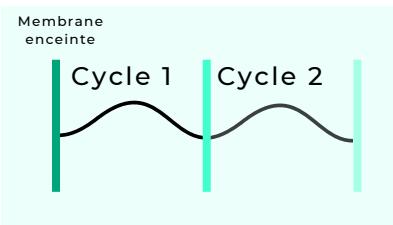
En résumé, dans ton studio, il faudrait un vide de plus de 12 m autour de toi pour pas que ton onde se cogne et change de direction.



L'onde part de l'enceinte commence à diminuer au fil des cycles, jusqu'à heurter un mur. Elle est réfléchie dans l'autre sens, mais continue de diminuer au point de devenir non audible pour l'auditeur en vert.

note

Sur des speakers les fréquences jusqu'à 2 K Hz (dépend de la taille de la membrane) sont en directivité cardioïde, mais c'est lié à la fabrication du tweeter. À l'état naturel, le son a une directivité de 360°.



Si on représente le son en forme sinusoïde, c'est plus pour visualiser son changement d'état, tant pour la directivité du son.

Tu vois, maintenant, on aperçoit plusieurs « soucis ».

Chaque pièce n'a pas le même son, car le « rebond » des ondes va varier d'une architecture à l'autre, de ton mobilier dans la pièce et de ton mobilier set-up (bureaux rack, seconde écoute, etc.).

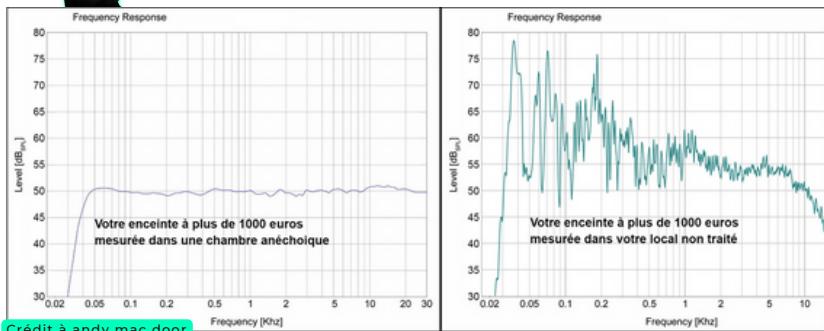
Plus une fréquence sera basse, plus sa longueur d'onde sera longue et si tu as une petite pièce, elle rebondira plus longtemps avant d'être inaudible.

Si les fréquences qui réfléchissent repassent sur ton point d'écoute, tu les entendras deux fois (une fois le son de tes enceintes, une fois le son réfléchi).

Tout ça se joue en quelques microsecondes et n'est donc pas perceptible par ton cerveau. Il ne voit pas ça comme un décalage, mais comme une addition de son ou une soustraction, on le verra par la suite.



Je te laisse un peu de repos pour la suite, ça fait pas mal de lecture déjà !



Si on traite l'acoustique de notre pièce, c'est simplement pour être sûr à 100 % qu'on est le son fidèle de nos enceintes qu'on a payé si cher !

Dans ce studio par exemple, on pourrait avoir une première zone qui est traitée pour l'ingénieur, le technicien son (en blanc) et une pour l'artiste, le producteur, l'auditeur client (en vert). Dans ce cas, on mesure les deux zones d'écoute indépendamment, bien sûr.



Tu peux même pousser le truc. Si tu connais les fréquences que ton client entend, tu peux lui booster un peu les basses en absorbant moins de son côté. Tu peux lui rediffuser des fréquences appréciées par l'oreille comme les 5KHz, paraît-il. Mais toi, dans ton espace de travail, tu restes le plus neutre possible



Pour notre part, on va voir la zone d'écoute principale. La zone où tu écoutes et travaille le mix de tes morceaux !

Mais si tu ouvres un gros studio, tu peux toujours faire la même chose à des zones différentes. Il faudra juste faire attention si tu changes des traitements que ça ne touche pas à ta zone initiale. En gros, il faut mesurer ta zone, la zone client, changer si une des deux ne va pas, re mesurer ta zone, re mesurer la zone client, etc...

Si tu dois faire un compromis entre meilleure écoute pour ta zone et la zone client, n'hésite pas à te favoriser toi. Sauf si dans ta zone client tu as un gros trou dans une fréquence importante comme les « sub », par exemple. Trouve un compromis ou repense ta pièce et son traitement.

La phase

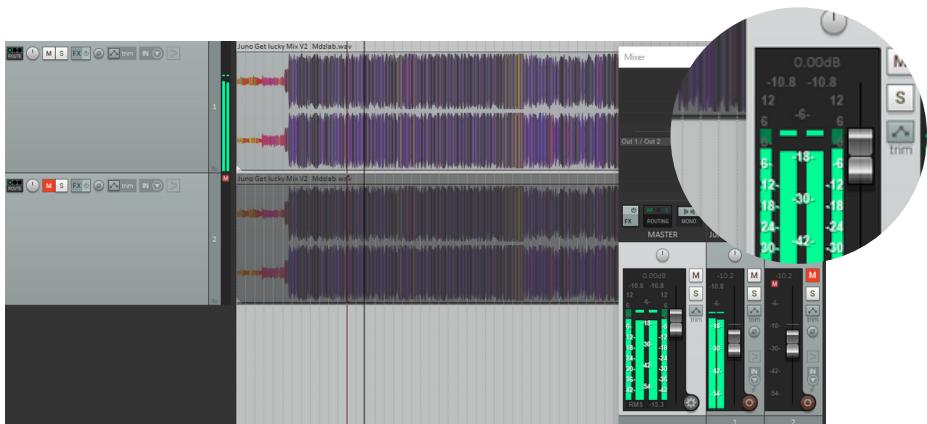
Aller, on va rentrer dans le vif du sujet !

Ce mot, « la phase », tu as dû l'entendre plein de fois. Car c'est la base du son. C'est un phénomène physique qui se produit quand deux sources sonores ou plus parfaitement identiques se rencontrent et alors là, il y a soit un phénomène de phase, soit de déphasage.

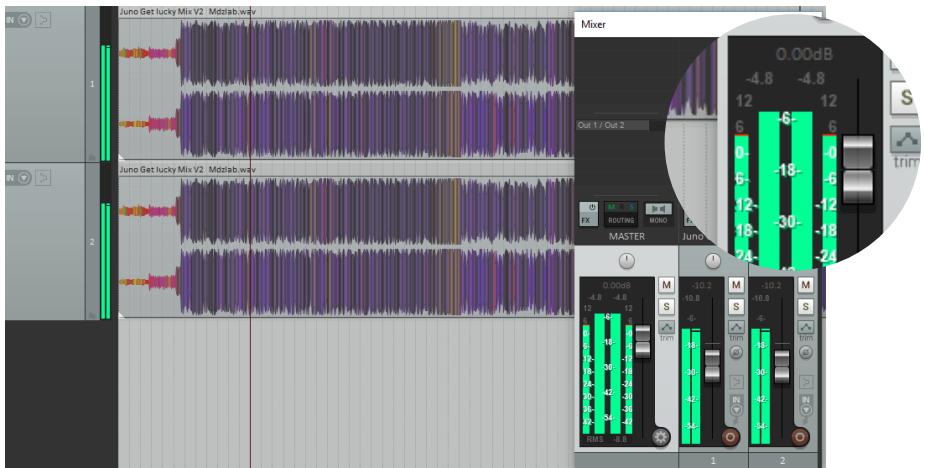
Si deux ondes audio parfaitement identiques se chevauchent. Alors le son est en phase et il sera doublé. Tu l'entendras « deux fois plus fort ».

Si deux ondes audio parfaitement identiques se chevauchent avec un certain décalage dans le temps en millisecondes. Alors le son est en déphasage et tu perdras certaines fréquences jusqu'à la coupure nette du son. Quand tes deux signaux sont en inversion de phase.

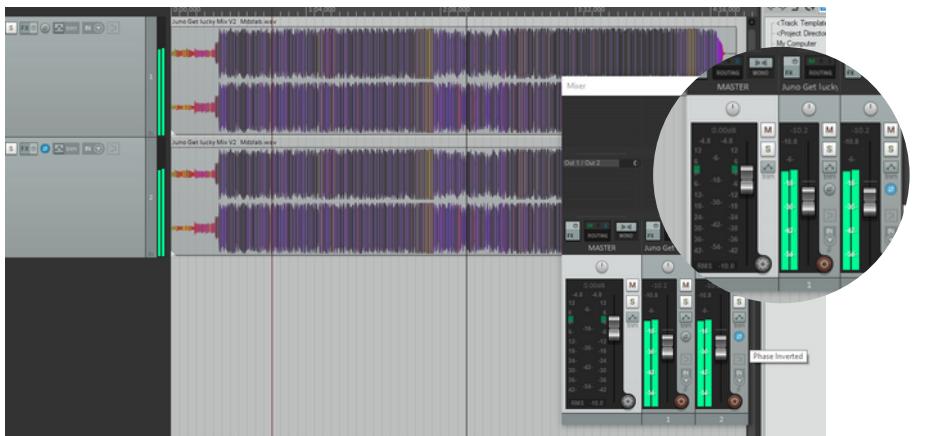
Wahoo ! C'était compliqué, alors que c'est très simple : on va faire un exercice.



Ici, j'ai deux pistes, c'est deux fois la même. J'ai glissé un mix que j'ai fait et je l'ai copié collé. Tu peux faire ça avec n'importe quelle piste audio tant qu'elles sont parfaitement identiques !



Sur la capture d'avant, j'ai muté la deuxième piste. Ici, je retire le mute, on voit que le son augmente au master. Il passe de -10 à -4. Les deux ondes sonores sont en phase, donc le son augmente.



Je passe un des deux signaux en opposition de phase. En gros, l'un aura une forme opposée à l'autre. Et regarde le master : le son s'annule complètement.

Dans ce cas, on est en opposition parfaite de phase.

Mais c'est rarement le cas, c'est même plutôt rare. Plus souvent, les problèmes de phase vont créer du filtrage en peigne. On va y venir !



Tu le vois clairement sur cette vidéo. Au début, mes signaux sont en phase.

« les bosses sont dans les bosses ».

Dès que j'inverse un des deux signaux, les bosses deviennent des creux et inversement. Le signal au master se coupe de suite

1 Quand on pense à ce qu'on à vue précédemment c'est plutôt logique enfaite.

Si tu demandes à la membranes de faire en même temps un mouvement arrière et avant, ça s'annulera donc elle ne bougera pas

2 Pareil pour un son dans l'air les molécules allant de sens contraire s'annule net.

Ici, on a utilisé la phase dans l'audio. Mais la phase, c'est juste un « mot mathématique » pour signifier qu'on étudie un comportement entre plusieurs signaux.

On étudie leur état et leur changement dans le temps. Voilà pourquoi tu retrouves cette notion de phase dans l'électronique, dans le mixage, en mathématique.

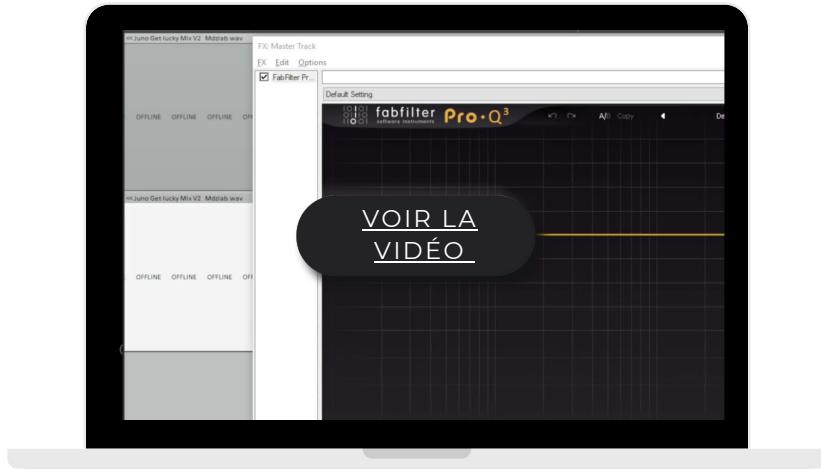
Le filtrage en peigne

On a vu ce qui se passe quand des signaux identiques se chevauchent ou s'inversent. On a compris qu'on perd ou augmente en volume en fonction de la phase.

Mais comme je t'ai dit, avoir des signaux en phase parfaitement inversée, c'est assez rare. Autant en acoustique (tu l'entendras si le son se coupe net) qu'en mixage. Le plus probable, c'est en prise de son. Ce qui explique pourquoi des positions idéales sont utilisées quand tu enregistres en stéréo (avec deux micros en simultané).

Pourquoi on parle tous de phase les techniciens son et pourquoi je tant parle moi, c'est pour te faire comprendre que ce boost ou cette annulation va jouer sur des fréquences précises dans ton son et ça sera presque aléatoire. En gros, si tu as des problèmes de phase dans ta salle de mix, tu peux avoir plus de 10 dB dans les 5 k, un creux de 20 dB dans les 3 k, un peak de 15 dB dans le sub à 100 Hz, etc... Et là, tu te retrouves avec une écoute plus du tout neutre.

Le meilleur moyen pour visualiser ça, c'est le filtrage en peigne, un délai de quelques microsecondes qui vient détruire totalement l'équilibre de la courbe en réponse des fréquences.



Exemple avec le même mix.

Dès que je décale la piste de quelques millisecondes, le filtre en peigne apparaît.

Ces creux pas jolis te font perdre en qualité et en précision et ça peut jouer dans tout l'espace fréquentiel audible.

Vue que dans ta salle le son va rebondir et se dupliquer, il y a de fortes chances que tu aies des problèmes de phase qui annulent ou boostent des fréquences.

C'est à ça que sert le traitement acoustique. On va contrôler la zone autour de toi (ta zone d'écoute) pour être sûr que tu n'aies pas de filtrage dans les fréquences lorsque tu écoutes ton son durant le mix dû aux rebonds de tes murs environnants.

Tu commences à comprendre comment on va procéder, peut-être. On va d'abord éliminer les réflexions qui te renvoient des ondes sonores dans ton point d'écoute, c'est ça le plus important en numéro 1.

Les modes propres

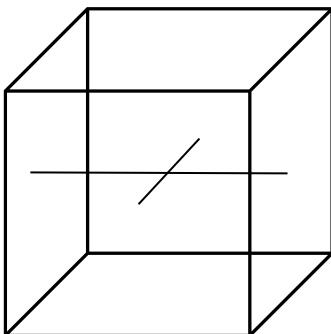
Aller ! Un des derniers chapitres très théoriques. Après, ça sera plus concret.

Mais je trouve important de bien tout t'expliquer. Si tu as lu les premières parties pour comprendre les modes, ça va être plus cool.

Les modes vont être les « types » de diffusion dans une pièce liée à ses murs.

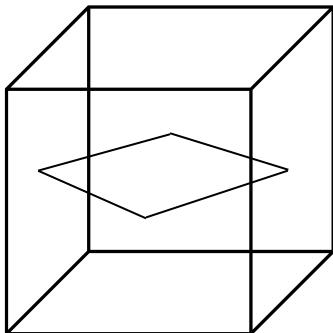
Modes axiaux

Créé par la réflexion de deux parois parallèles.



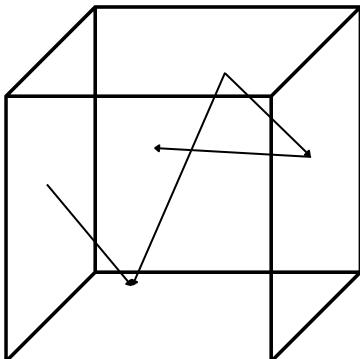
Modes tangentiels

Créé par la réflexion de deux parois contiguës
(Qui se touche)



Modes Obliques

Créé par la réflexion de toutes les parois (mur, plafond, etc.)



« On va traiter en premier les modes axiaux, ils vont créer plus de soucis de phase, car ils se renvoient sans cesse l'onde sonore sur des distances courtes. Les autres modes sont moins importants, car ils se diffusent, perdent donc de l'énergie et reviennent moins fort à nos oreilles »

Si tu as pensé comme ça. Félicitation ! Tu as tout juste. Ce guide commence à faire effet.



Le premier problème qu'on rencontre avec les modes axiaux, ce sont les ondes stationnaires.

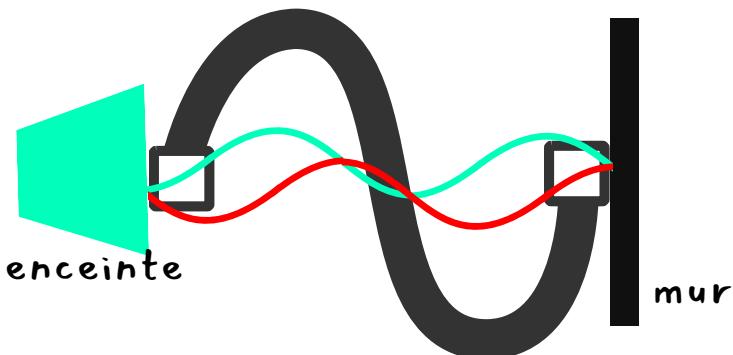
Comme tu as suivi les chapitres précédents, je vais résumer vite, car le but est que tu comprennes ce qu'est une onde stationnaire, rien de plus.

Si tes enceintes envoient 60 Hz, l'onde va avoir besoin de plus de 10 m pour perdre en énergie (en volume). Donc, quand elle va heurter ton mur derrière toi. Son énergie va être rediffusée par ton mur. Créant une nouvelle onde de 60 Hz qui se diffuse en sens contraire.

Et on a vu ce qui se passe au niveau de la phase quand deux ondes se chevauchent : ça s'annule, ça se multiplie ou crée du filtrage en peigne.

Donc une onde stationnaire, c'est ça, une nouvelle onde créée par le déphasage de deux ondes similaires qui se diffuse en sens contraire.

onde stationnaire

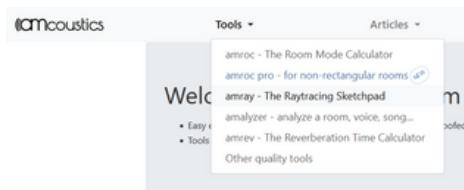


Tu vois sur le schéma que les ondes diffusées par l'enceinte sont les mêmes que l'onde réfléchie par le mur. Une onde parasite qui stationne se crée. Parfois, elle va venir amplifier le son, des fois le diminuer par des problèmes de phase. Les ondes stationnaires : c'est beaucoup lié aux basses fréquences, car les longueurs d'onde sont plus grandes et les formes plus similaires.

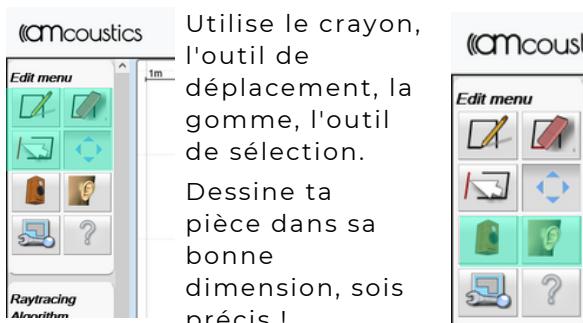
Construire ta room

On a quasiment tout vu. Tu as toutes les informations pour construire ta room de mix. Maintenant, on va lier toutes ces théories sur le terrain !

En premier, tu peux dessiner et analyser ta pièce en 2D sur papier ou le faire grâce au site Web Amcoustics.com.

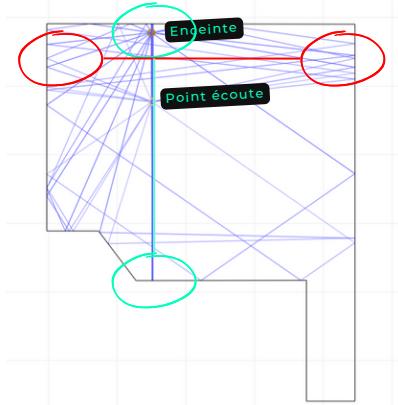


Dans l'onglet Tools, utilise Raytracing Sketchpad.

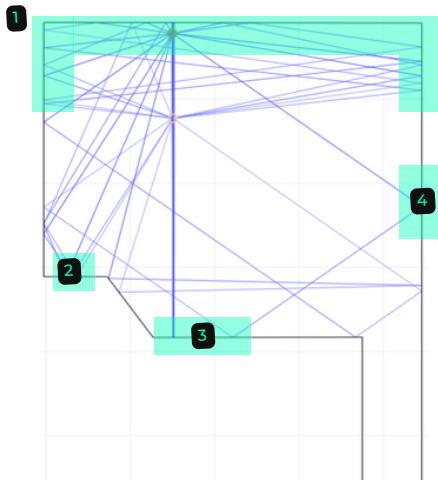


Utilise le crayon, l'outil de déplacement, la gomme, l'outil de sélection. Dessine ta pièce dans sa bonne dimension, sois précis !

Place tes enceintes avec le bouton speaker. Et ton point d'écoute avec le bouton en forme d'oreille.



Une fois fait, ça te donnera un truc comme ça. On peut retrouver les « soucis » et les modes de ma pièce. Et en premier, les axiaux qui vont me poser des soucis. Donc, en gros, j'attends de toi qu'une fois ton schéma fait. D'être capable de l'analyser pour déterminer comment traiter ta pièce. Même si ça reste très théorique ! Tu confirmeras ça avec des mesures, donc pas de souci, tu peux te tromper !



Pour mon exemple, je vais d'abord me soucier du 1, ce sont les réflexions les plus proches de moi. Si aux mesures, j'ai des soucis vers les 100 à 500 Hz, il est probable que les principaux fautifs soient ces murs.

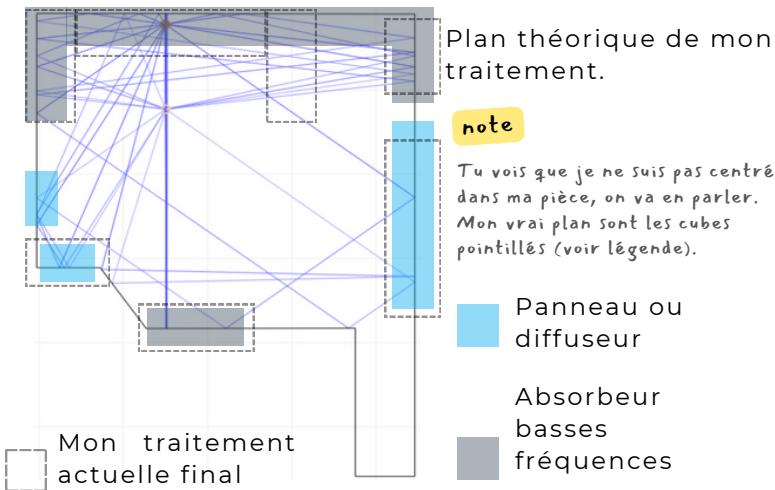
Ensuite, en deux, je dois traiter le mur qui a les deuxièmes réflexions les plus proches.

En trois, je retrouve un soucis de mode axial et on le voit : le trait est épais et les ondes « stationnent » (on dirait qu'on est passé plusieurs fois). Même si c'est un peu éloigné, il est possible que des soucis dans les bas et médium bas relevés dans mes mesures soient liés à cette zone aussi.

Déjà, théoriquement, je sais que je peux diviser mon travail d'acoustique en plusieurs points :

Les zones 1 et 3 : À traiter en premier. Les soucis de sub seront sûrement présents, donc penser à des modules capables de traiter les fréquences qui te poseront soucis lors de tes mesures. Si par exemple tu as des soucis à 100 Hz, 200 Hz ou plus bas, ce n'est pas des panneaux qu'il va falloir, mais une sacrée épaisseur de matériel absorbant ou les technologies qu'on va étudier dans le chapitre 5. Théoriquement les zones 1 et 3 sont réglé. Tu confirmeras par des mesures que les soucis dans les bas et bas médium aient disparus. Il te reste peut-être des soucis dans les zones 2 et 4. Sur des fréquences plus hautes des panneaux ou des diffuseurs peuvent faire l'affaire.

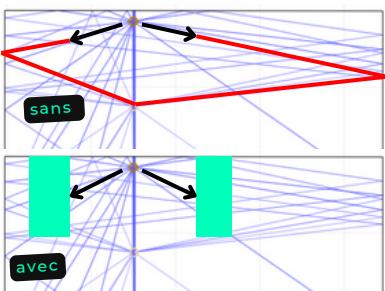
Attention, avec les calculateurs de pièce ou de mode, il considère ta pièce vide. Si tu as des murs au milieu de ta pièce, du mobilier, rien n'est pris en compte. Ils sont pratiques si tu as besoin d'imaginer la localisation idéale théorique des traitements. Mais ce n'est en aucun cas fiable. Utilise Amcoustic pour faire des mesures et évaluer sur le plan d'Amcoustic quelle zone est liée au souci relevé par tes mesures. Traite les soucis un par un. Tu focalises d'abord les zones proches et problématiques (basses). Tu confirmes que c'est réglé par des mesures. Tu règles un autre souci ainsi de suite.



Soucis et solutions

Les principaux soucis dans le placement de ton point d'écoute et des traitements peuvent être :

Tu n'as pas la possibilité d'être pile au centre :



Tu l'as peut-être remarqué. Dans ma salle de mix, je n'avais pas la possibilité d'être pile au centre, donc j'ai recréé deux murs absorbants. Pour couper directement toutes les premières réflexions de droite et de gauche.

Essaie toujours de garder une symétrie gauche-droite. Une cohérence dans la distance, l'environnement. Pense-y quand tu places ton point d'écoute, mais aussi dans le placement de ton mobilier ou de tes traitements.

Tu n'as pas la possibilité d'être loin des murs :

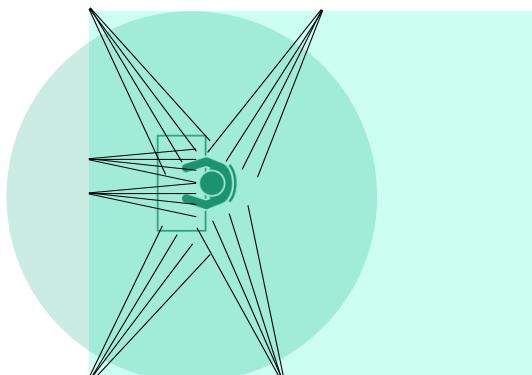
On va le voir juste après, mais si tu ne peux pas être à 2 mètres du mur de derrière tes enceintes, il vaut mieux s'y coller.

Tu as des soucis en dessous de 70 Hz :

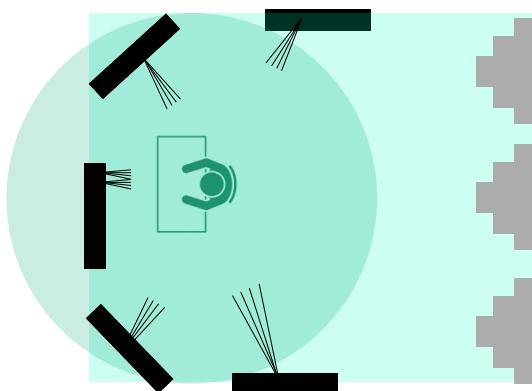
Si tes mesures relèvent des soucis en dessous des 80-90 Hz. Les traitements vont être importants. Pas forcément chère, mais plutôt peu envisageable si ce n'est pas chez toi. Envisage peut-être de changer d'enceintes pour avoir des monitorings moins riches en sub. Ou sinon, pense à bass trap laminaire et Helmothz (chapitre 5)

LIVE END DEAD END

LEDE, c'est la méthode la plus utilisée en studio professionnel pour concevoir l'acoustique. L'idée est simple : traiter autour de l'ingé son pour qu'il n'ait que le son des enceintes et peu de réflexion. Mais rediffuser grâce au mur derrière le point d'écoute grâce à des diffuseurs.



Ici, je note rapidement les murs les plus proches de l'ingé qui pourraient lui renvoyer des ondes et créer des problèmes de phase.



Puis j'applique le traitement pour que le son ne rebondisse plus sur le mur, mais s'écrase dans un panneau adsorbant et ne revienne pas aux oreilles de l'ingé.



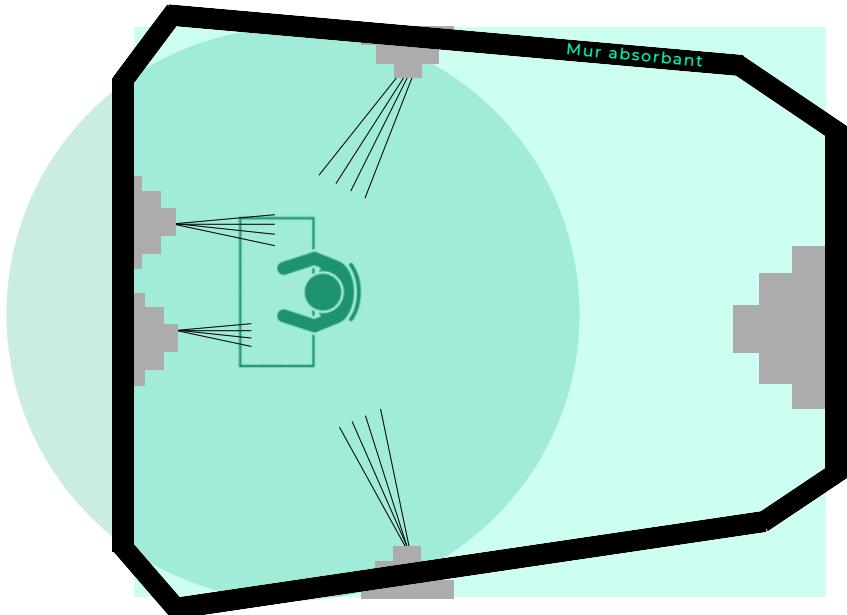
Au fond, diffusion pour ne pas avoir une pièce trop sourde !

Adsorbeur ou diffuseur peuvent être aussi placés au plafond, les premières réflexions sont aussi cachées là.

FREE ZONE

Il n'est pas bon d'être trop sourd dans ta pièce de Mix. Aujourd'hui, certains studios ont des systèmes avec beaucoup plus de diffusion, donnant des salles de mix plus vivantes. Mais attention, très souvent, le studio reste traité par absorption avant la diffusion. Des murs en matériaux adsorbant sont construits, puis recouverts de tissus ou de lames de bois espacées formant les murs intérieurs du studio. Ça évite les plus gros soucis dans tout le bas du spectre. Et quitte à refaire une pièce, autant ne pas la faire avec des murs parallèles et casser les angles pour réduire les réflexions courtes.

La méthode RFZ (réflexion Free Zone) consiste en la même chose. Éviter le retour des ondes pour celui qui mixe. Mais cette fois, on utilise la diffusion. L'objectif d'un diffuseur est de casser l'onde sonore en une multitude d'ondes, évitant donc les rapports de phase. On se retrouve avec des room mix plus naturels, mais tous aussi neutres.



Je vais finir ce chapitre en parlant des enceintes et de leur placement au mur.

On va faire simple, si tu as 2 m ou plus derrière tes enceintes avant un mur, Ok ! Sinon, colle tes enceintes au mur.

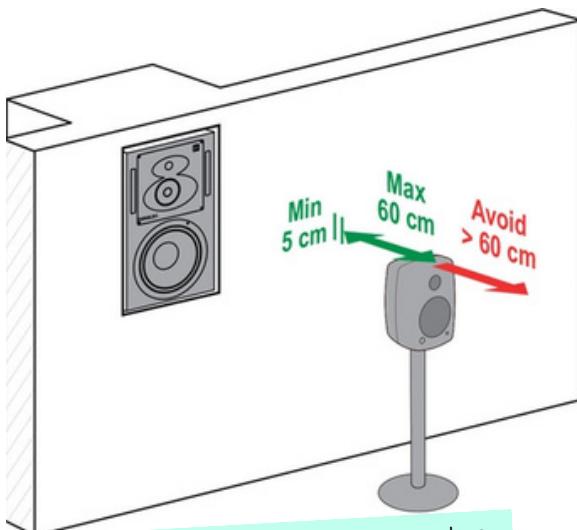
La marque GENELEC recommande de coller à 5 cm du mur les enceintes. Ainsi, on aura une annulation de la phase plus importante dans les fréquences basses. Et les fréquences aiguës sur une enceinte sont directives grâce au tweeter, donc moins de soucis.

5 cm, si tu ne veux pas te prendre la tête, sinon : inspire...

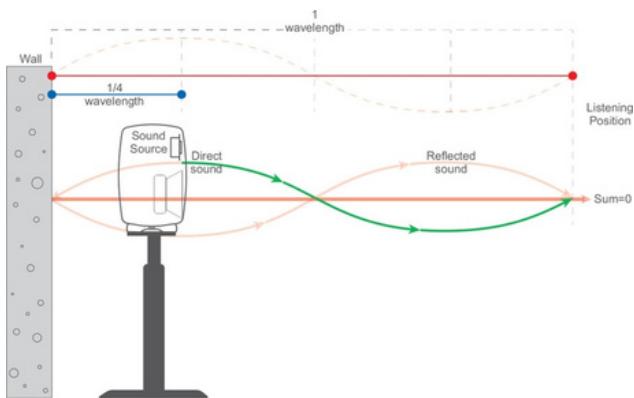
Si l'enceinte est placée à une distance du mur correspondant au quart de la longueur d'onde *, l'onde sonore réfléchie par le mur se retrouve hors phase à la position d'écoute si celle-ci se trouve à une distance correspondant à une longueur d'onde. Au premier point d'annulation, cette diminution peut être entre -6 et -20 dB. L'EQ de l'enceinte ne pourra pas améliorer ce problème. GENELEC

Une autre méthode consiste à encastrer l'enceinte dans le mur, mais souvent, ce mur n'est pas qu'un simple mur, mais fonctionne comme résonateur. On en parlera dans le chapitre 5.

Moi, ce que j'ai fait. Avec mon micro de mesure, j'ai vu que j'avais un gros peak à 400 Hz avec mes KRK collés au mur. OK, j'ai calculé la profondeur d'absorption dont j'avais besoin (chapitre 5). C'était pour ce cas 20 cm de matériaux absorbants. j'ai mis 20 cm de mousse collés au mur (20 cm en profondeur) puis les KRK vers 5-8 cm de la mousse. J'ai refait mes mesures pour vérifier que c'était réglé (pour ce soucis).



Les recommandations de Genelec



Le calcul du quart de l'onde

Si ton enceinte a un événement basse à l'arrière. Évite de la coller au mur.



02

Chapitre 2 : L'idéale d'une room de mix

À RETENIR

Éviter les soucis de phase qui vont influencer sur la neutralité de ton point d'écoute.

Identifier comment le son va sonner dans ta pièce grâce au mode, par de la théorie des calculateurs

Confirmer par des mesures les traitements qu'on applique.

Trop prêt ou trop loin d'un mur, c'est mieux

Utiliser les méthodes LEDE ou RFZ (moins conseillé, plus technique)

Studio Black Bird construit par John McBride basé sur quasiment que de la diffusion.





III

Micro de mesure et logiciel

On va ouvrir le logiciel Room EQ Wizard. On va pouvoir étudier le son de ta room de mix dans l'espace fréquentiel et temporel.

REW (Room EQ Wizard) va devenir l'oreille de ton studio. Sauf si tu t'aperçois que des mesures n'ont pas de sens. Ça peut arriver de faire une mauvaise mesure (le micro bouge, une voiture passe, un bruit chez le voisin, le pied tombe...). Tu peux faire confiance à 100 % à REW et aux mesures que tu feras.

On va étudier le son via différents panneaux et visualisations. Toutes les visualisations sont utiles et t'apportent une autre vision du son, donc utilise-les.



Le bon choix



Behringer ECM8000

C'est le plus économique et celui que je te recommande. Il ira largement pour ce que l'on veut mesurer.

Les micros SonarWorks

Des marques comme Sonawork ou IK Multimédia avec ARC2 proposent des systèmes complets avec micro et logiciel qui corrigent ta pièce directement.

L'inconvenant et pourquoi je ne te recommande pas, c'est qu'il applique un EQ correctif juste avant la sortie de tes enceintes. En réalité, il te reste encore beaucoup de soucis acoustiques, comme le temps de reverberation dans ta pièce qu'il ne traite pas.



Les micros à plus de 100 €

Le prix va dépendre des dB SPL qu'il peut encaisser, de sa précision et de la bande passante. On s'en sert sur des gros montages de studio ou lors de calage d'enceinte pour le live.

LE MATOS

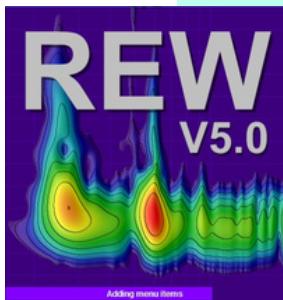
MICRO Behringer
ECM8000

COUT 35 EUROS

Prévois un XLR
et un pied de
micro.



LOGICIEL



Room EQ Wizard
(REW)

Téléchargement gratuit



<https://www.roomeqwizard.com/>

Télécharger REW depuis leur site officiel :
<https://www.roomeqwizard.com/>

Downloads

The current version is V5.20.13, revised 26th September 2022. If you are looking for V5.19 it is here.

[V5.19 cannot open V5.20 mdat files](#)

Beta version downloads are hosted at [AV Nirvana](#), home of the [REW support forum](#). To view the REW revision history click [here](#).

OS

Downloads



Win 11/10/8/7
Vista
XP Pro x64

Windows 64-bit installer (42.9 MB, includes private 64-bit Java 8 runtime)



Windows 32-bit installer (43.3 MB, includes private 32-bit Java 8 runtime)



10.11 - 13

macOS DMG (51.3 MB, includes private Java 8 runtime)

Notarized universal binary for Intel and M1/M2 Macs. [On Ventura set the theme to Light \(not Auto or Dark\) to run the installer](#). Mic access is included in the code signature and will be requested if necessary. A mic access prompt for REW can be forced using `tccutil reset Microphone` from a terminal before starting REW then using a feature that requires mic access, such as the SPL meter.



AMD64

Linux AMD64 installer (42.7 MB, includes private Java 8 AMD64 runtime)



All

Linux installer (22.4 MB, requires a Java 8 runtime)

[Sampledata.mdat \(8.0 MB\)](#)

Sample measurement data

REW marche uniquement avec les modules Java, il te l'installera automatiquement, tu n'as normalement rien à faire.

REW est disponible sur Mac, Windows, Linux. Moi, j'utilise la version Windows, mais si tu bosses sur Mac, tu vas pouvoir avoir exactement les mêmes fonctions que moi, seul l'aspect graphique change.

Une méthodologie sur

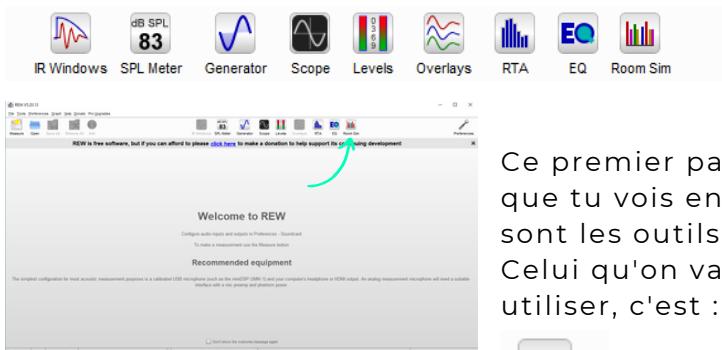
Pour commencer ce chapitre, je te conseille grandement d'avoir lu les chapitres précédents.

Dans ce chapitre, on va utiliser un simulateur de room pour calculer les différents modes de ta pièce.

J'utiliserais celui de REW, mais il en existe d'autres !

ATTENTION, CES LOGICIELS NE SONT EN AUCUN CAS UNE SOURCE FIABLE, TU NE PEUX TE REPOSER QUE SUR LEUR RÉSULTAT.

Ouvre le logiciel REW



Ce premier panneau que tu vois en haut sont les outils. Celui qu'on va utiliser, c'est :



Room Sim



Calcul les modes d'une pièce. C'est lui qui nous intéresse

Les autres modes

 IR Windows	Modifier le type et l'étendue des fenêtres Impulse Response pour la mesure actuelle.	 Levels	Niveau RMS, des entrées et des sorties.	 EQ	Utilisée Pour étudier les effets de l'EQ sur la mesure actuelle.
 SPL Meter	Sonomètre qui affiche le niveau de pression acoustique.	 Overlays	Tracer n'importe laquelle ou la totalité des mesures chargées sur le même graphique.		
 Generator	Générateur d'onde.	 RTA	Générer des tracés d'analyseur en temps réel.		
 Scope	Oscilloscope.				

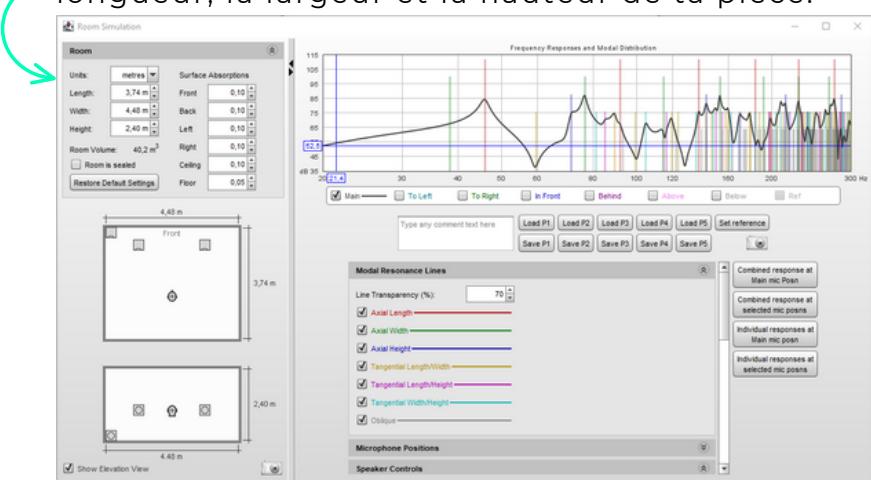

Room Sim Ce mode va te permettre de te donner une idée des fréquences qui peuvent poser problème dans ta pièce.

Et à quel niveau d'amplitude et à quelle fréquence les ondes stationnaires changent le son de ta pièce ?

Tu peux cliquer et ouvrir le panneau Room Sim.

On va commencer par la gauche.

Tu vois ce panneau, c'est ici que tu indiques la longueur, la largeur et la hauteur de ta pièce.

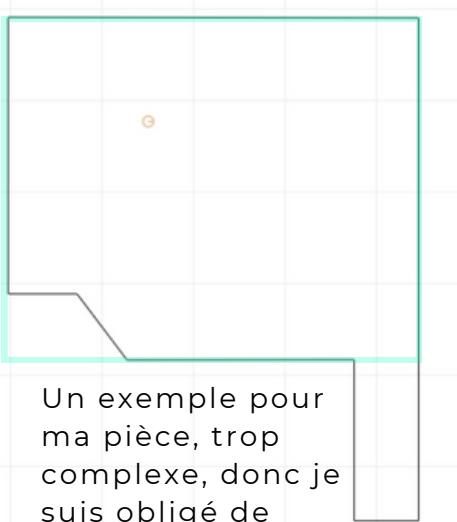
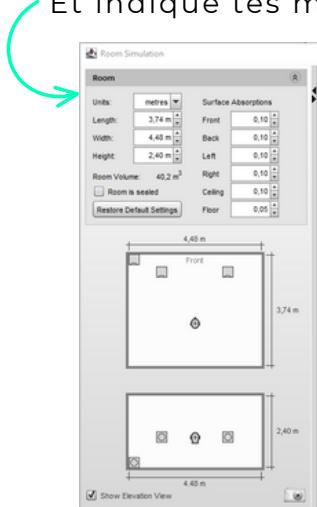


On peut constater déjà qu'on a un soucis ! Si ta pièce n'est pas carrée ou rectangle. Tu ne pourras pas vraiment la représenter, faire ta simulation avec précision.

Voilà pourquoi les calculateurs de Room ne sont jamais « fidèles ». Si ta pièce a une toiture penchée, un mur plus long d'un côté, un enfoncement. Le calculateur ne le prendra pas en compte. Tout comme ton bureau, ton mobilier, matos de rec de mix etc

Mais il va te montrer quelles fréquences vont être problématiques dans ta pièce. Et cette information est cruciale pour construire ton traitement acoustique. Si tu connais les fréquences qui résonnent ou stationnent dans ta pièce, tu sais comment les absorber (chapitre 5 et 6).

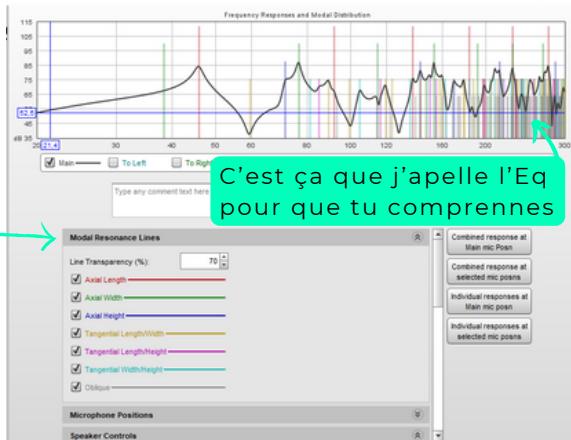
Essaie de « simplifier » la géométrie de ta pièce.
Pour faire un carré ou un rectangle.
Et indique tes mesures dans REW.



Un exemple pour
ma pièce, trop
complexe, donc je
suis obligé de
réduire en un
rectangle (en vert).

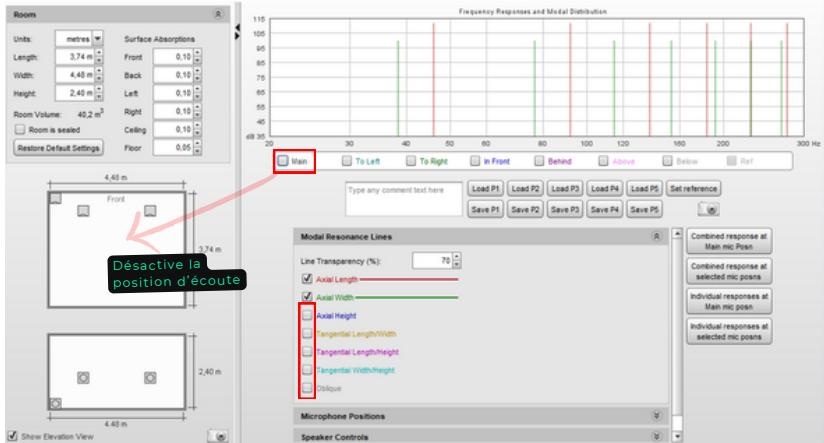
Une fois tes
valeurs
entrées, tu
peux voir sur «
l'Eq » les
différents
modes.

Tu as aussi le
panneau pour
filtrer les
différents
modes que tu
affiches.



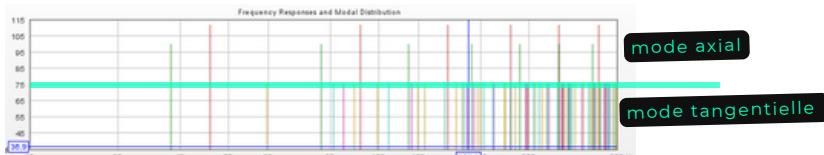
(panneau mode resonance lines)

C'est ça que j'appelle l'Eq
pour que tu comprennes

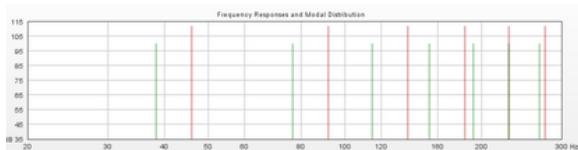


Pour avoir un visuel un peu plus lisible, tu peux désactiver toutes les cases que j'ai encadrées en rouge.

Tu as donc devant toi seulement les modes axiales sur la longueur et la largeur. On a vu que ce sont les premiers modes à traiter. On peut même maintenant s'apercevoir qu'en effet, ce sont ces modes qui résonnent le plus et donc amplifient énormément les fréquences parasitées.

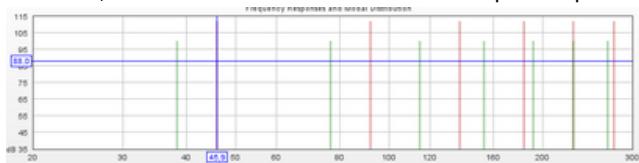


Les modes axiaux ont des simulations de peak entre 100 et 115 dB SPL. Tant dit que les modes tangentiels ont des peaks beaucoup moins forts vers les 75 dB SPL.



Ce qui est cool avec ces calculateurs. C'est qu'il te donne une idée des fréquences qui vont poser des problèmes dans ta pièce et donc évaluer ton traitement et ta façon de le concevoir.

Si tu déplaces ta souris sur la courbe des fréquences, il te donne une valeur plus précise.



Note-toi toutes ces valeurs sur un bloc note ou une feuille, mais garde-les !

Voilà ce que je fais, moi :



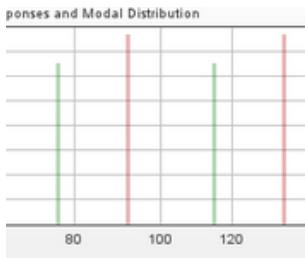
Ici, je rentre toutes mes relèves. J'appuie sur save 1 pour sauvegarder (tu peux appuyer sur load 1 pour le recharger). Puis je screen avec l'appareil photo pour créer un fichier avec mes notes.



Si je compare la courbe de réponse de ma zone d'écoute à ce qu'il m'a annoncé, tu vas voir qu'on n'est pas loin, mais c'est pas précis !



J'ai une bosse à 126 hz et une autre un peu plus à gauche vers les 80 hz, c'est ce qu'on retrouve ici :



Avec mon traitement j'ai pas pu réduire entièrement le boost créé par les réflexions de ma pièce. Mais ça l'a bien réduit. Mes peaks sont passés de 25-30 à maximum 5 dB SPL et tu vois que le reste est quasi plat.

On fait un point ?

On a déjà vu pas mal de choses, je vais te faire un récap de tout ce que tu dois avoir fait avant de continuer.



Choisi ton cas

Tu as déjà ton point d'écoute tu bouges pas

Revoit le positionnement de tes enceintes, ton triangle et leur support. Inclinaison Hauteur

Repense ton placement LEDE ou Free Zone sur papier ou grâce à Amcoustics.

Identifie les modes et les problèmes de fréquences de ta pièce grâce au room sim de REW.

Tu peux aussi commencer à mesurer et tu auras des résultats plus précis pour travailler.

Fin : tu dois avoir un schéma de ta salle et son traitement « idéal » théorique et un document des fréquences à traiter.

Tu commences avec une salle vide.

Tu dois déterminer où va être ton bureau et ton point d'écoute.

(Si tu as le choix) Utilise les logiciels de calcul de room comme Amcoustics pour trouver l'endroit idéal.

Voit le positionnement de tes enceintes, ton triangle et leur support. Inclinaison Hauteur

Pose ton placement LEDE ou Free Zone sur papier ou grâce à Amcoustics.

Identifie les modes et les problèmes de fréquences de ta pièce grâce au room sim de REW.

Tu peux aussi commencer à mesurer et tu auras des résultats plus précis pour travailler.



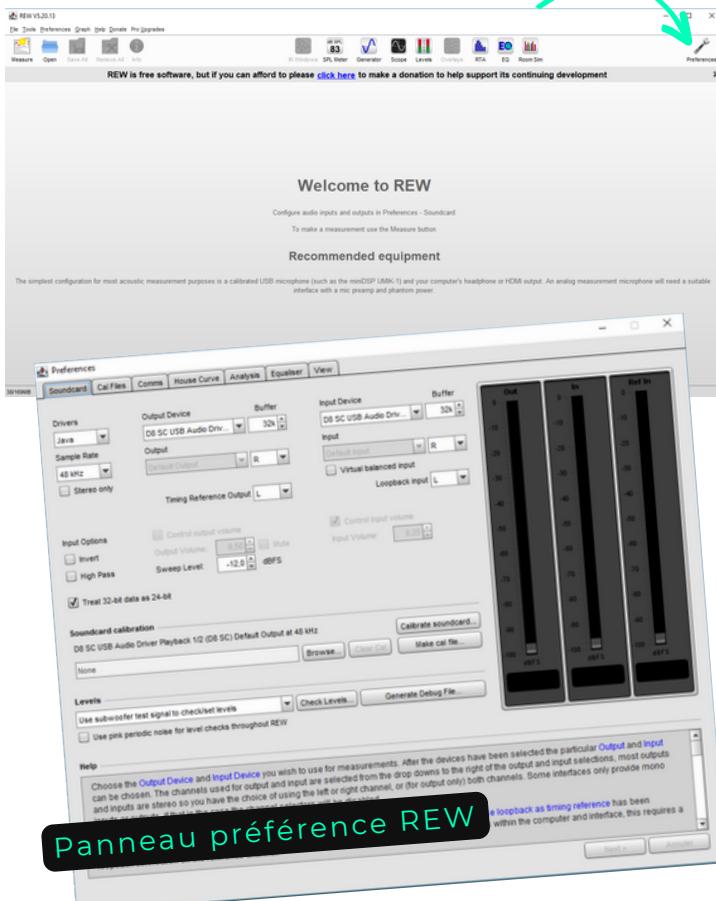
REW

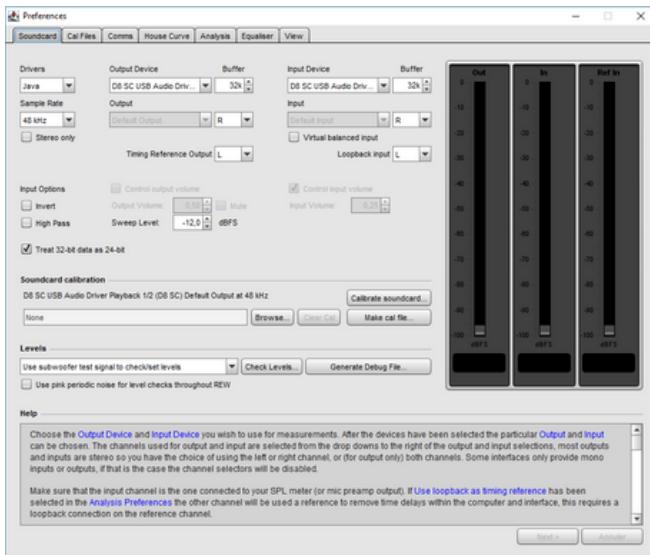
Explorer le Logiciel

Les paramètres

Ça y est, on va pouvoir ouvrir REW et bientôt commencer. Mais avant, comme sur ton daw, on va devoir régler le logiciel et voir les paramètres, pour éviter d'y revenir.

Préférences (haut droit)





Dans les paramètres. Dans l'onglet soundcard tu vas retrouver quatre points importants.

Le panneau des configurations entrée et sortie.

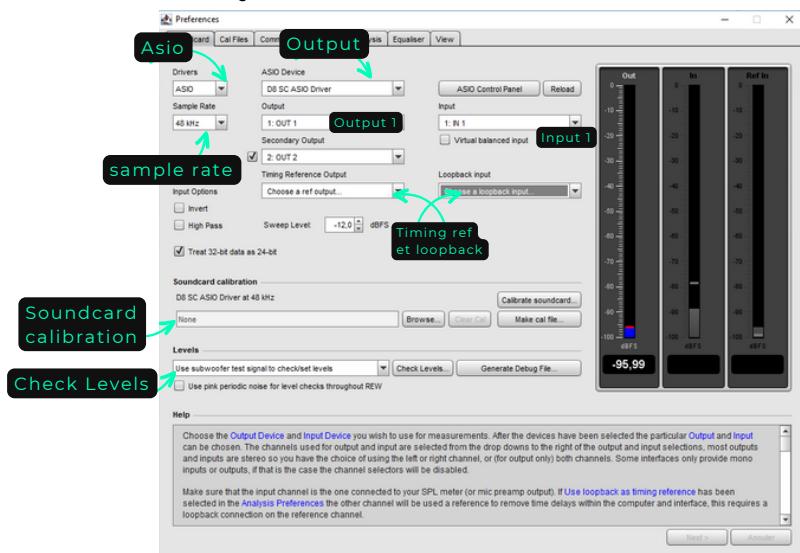
Les réglages de time reference et Loopback

Le soundcard calibration

Et le panneau Level

Config In et Out

Dans ce panneau, tu vas retrouver ton driver de carte son, tes sorties et tes entrées. Pour certaines mesures, on utilisera une sortie, pour d'autres deux. Donc ce panneau comprend le bien, on va y revenir.



En premier règle toi sur Asio

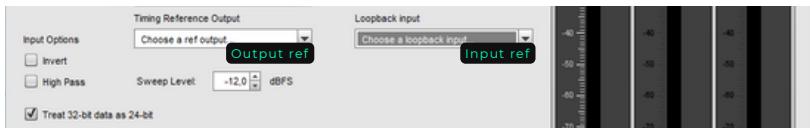
Le sample rate : je te recommande d'utiliser celui avec lequel tu bosses tous les jours. Inutile de mettre plus grand ou plus petit.

Output : à régler en fonction de l'enceinte que tu veux mesurer

Input : numéro de pré-ampli où est branché ton micro de mesure.

Time reference et Loopback

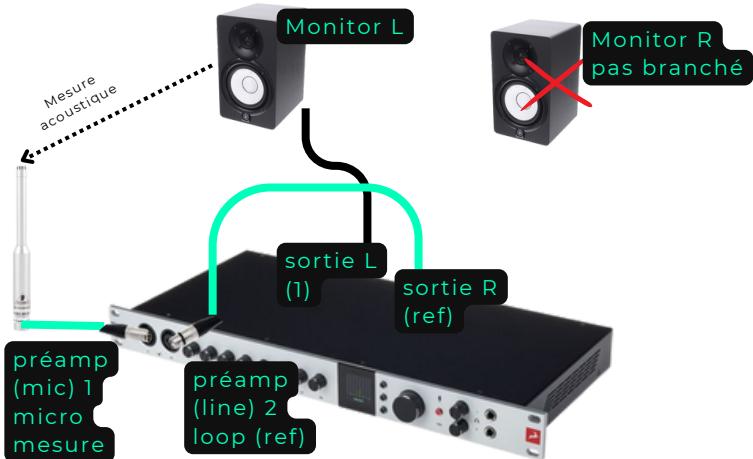
Ce panneau va te servir à calculer de la distance dans REW. C'est bien cool pour vérifier si tes enceintes sont à la même distance de ton point d'écoute au millimètre près !



Pour ce faire, on va devoir faire une boucle en hardware. Le but est de relier avec un xlr ta sortie de ta carte son qui part vers les enceintes (pour moi 2) à l'entrée de ton pré-ampli qui reçoit la boucle (pour moi 2). Tu lui indiques la boucle que tu as faite, ce n'est pas obligatoirement 2 vers 2. (Préampli entrée ligne)

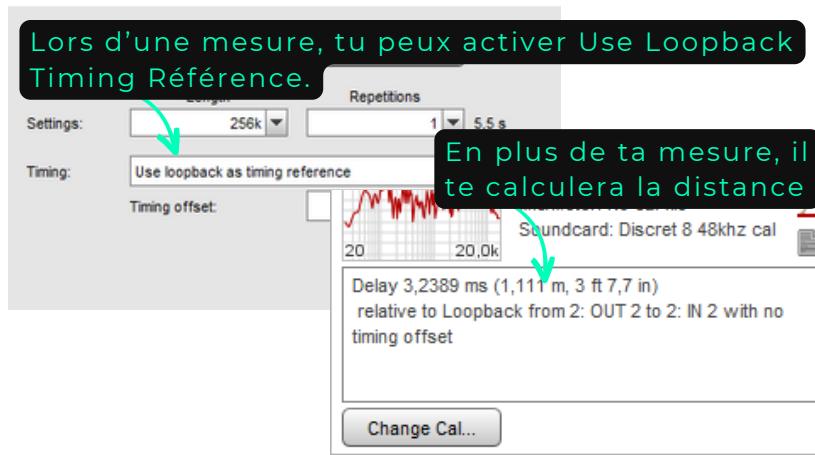


Résumé : si tu veux mesurer du temps, REW te demandera toujours une référence, donc obligé de faire cette boucle. Ça lui permet de connaître la latence même infime de ton ordi, de ta carte son... et de les déduire de ses calculs de distance.

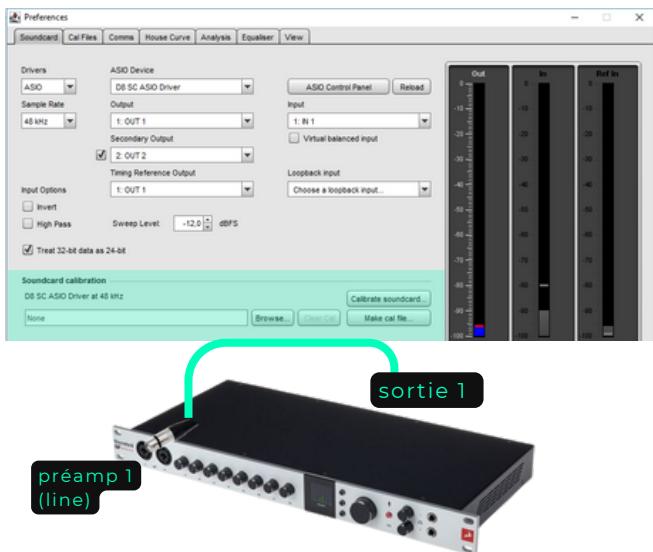


Là, je fais une mesure pour l'enceinte L (gauche).

Donc elle est branchée et envoie un signal qui sera capté par le micro de mesure. En parallèle, la sortie R envoie un signal aussi qui rentre directement dans le préamp 2. En faisant la différence de milliseconde entre ce qu'il reçoit en 1 et en 2, REW sera à quelle distance se trouve ton micro de ton enceinte L.



La Calibration

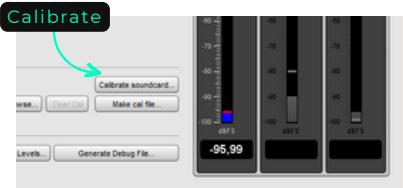


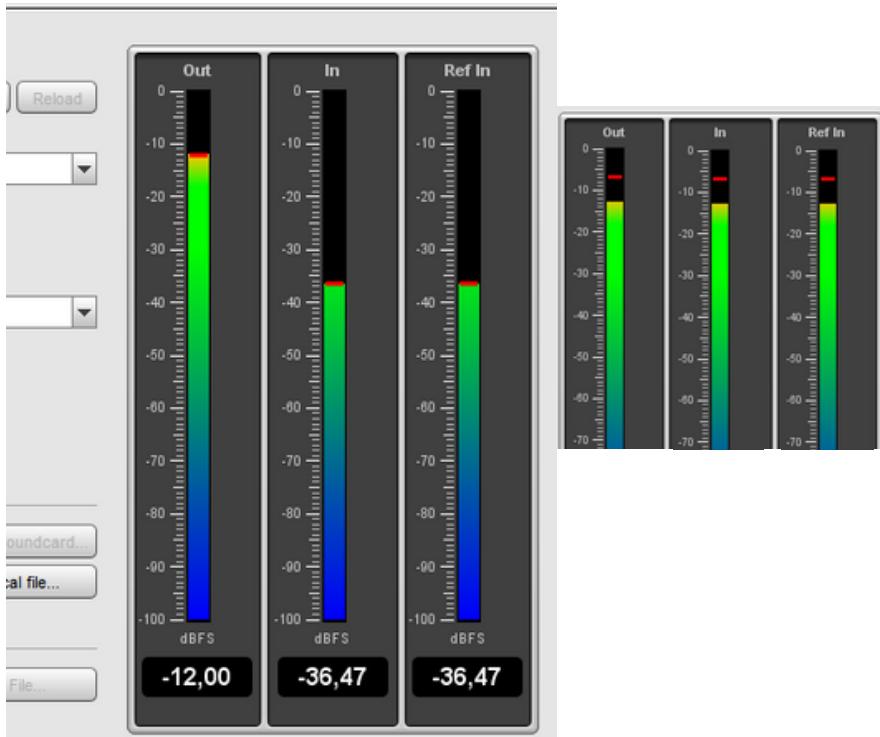
Pour la calibration de ta carte, tout va se passer sur le panneau In et Out.

Comme pour le loopback. On va créer une boucle, mais cette fois entre le Out que tu as sectionné et le In.

On va mesurer les défauts de ta carte son, disons donc pense bien que si tu change de carte, faut refaire, si tu changes d'échantillonnage aussi (sample rate)

Ta boucle est bien configurée en hardware et dans les préférences. Appuie sur Calibrate puis Next deux fois.





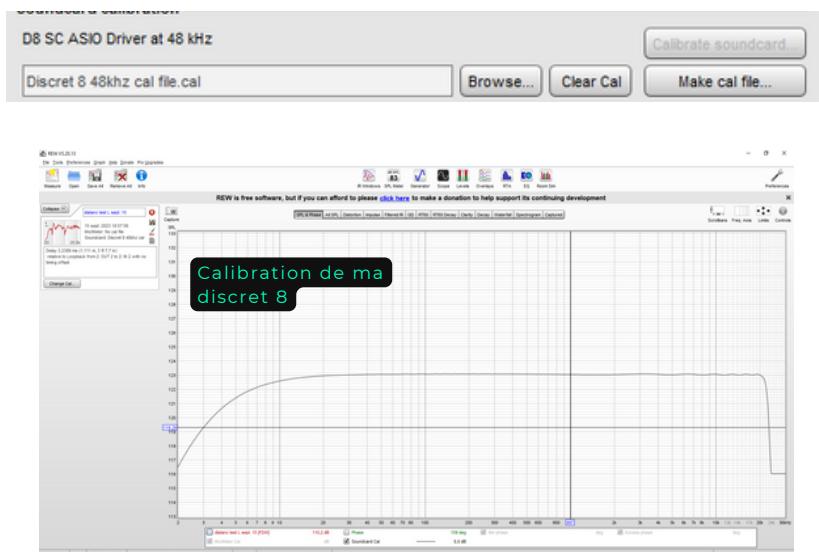
Il va t'envoyer une sinusoïde pour que tu puisses mettre au « même volume » le out et le in. Monte le son de ta carte son (comme si tu montais le volume de tes enceintes, sauf que là, tu montes le volume de ce qui passe dans le pré-ampli). Quand tu es à moitié, régle le reste avec le volume de gain du préampli. Le bouton physique de ta carte son. (Normalement, ce qui te permet de monter ton micro mais là, c'est ta sortie output qui y est branchée).

Le but est d'obtenir environ le même niveau en in qu'en out.

Tu continues avec Next et la calibration se fait. Un signal passe entre le out et le in et REW te créera un fichier te montrant le signal, le bruit de ta carte son.

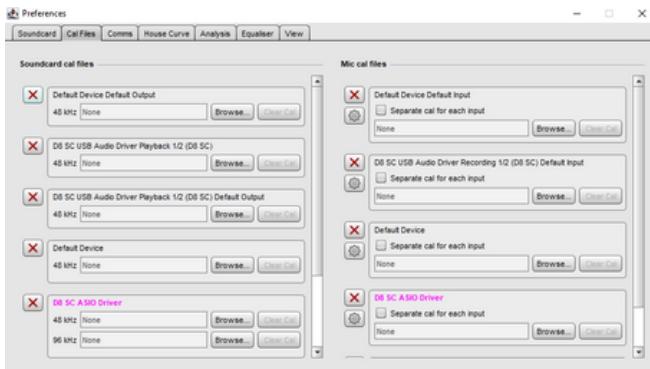
Pour finir, clic sur Make cal file et enregistre ton fichier de calibration. Nomme le et garde le quelque part.

Exemple nom : (carteson)+(samplerate)+filecal



En indiquant ton fichier de calibration à REW. Il déduira les défauts fréquentiels de ta carte à ceux de ta pièce. Parfois, ne pas faire la calibration peut être stratégique. Si ton interface change le son quand tu travailles. Pourquoi ne pas l'inclure dans ton traitement. (À réfléchir) Les cartes d'aujourd'hui n'ont pas de changement trop conséquent. À toi de voir si tu calibres ou non ton interface.

Tu peux charger ton fichier de calibration pour chaque input et output. Onglet Cal Files



Certains constructeurs de micro te donnent un fichier de calibration.

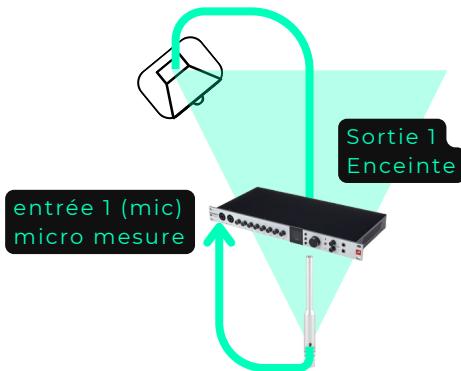
Pour l'ECM 8000, ce n'est pas le cas. Dans la boite tu as sa courbe de réponse qui reste super plate !

Le check level



Le check level, c'est le plus simple ! Comme pour la calibration de la carte son, on va ajuster les niveaux entre le volume de l'enceinte et celui que capte le micro. Ce panneau sert à avoir une pression identique en sortie et en entrée pour ne pas fausser nos calculs. C'est la vérification la plus importante !

En "out", tu dois avoir une sortie branchée vers une enceinte et en "in", ton micro branché en direction des enceintes à ton point d'écoute. Une configuration plutôt classique.



En premier, monte le volume de l'enceinte au volume auquel tu travailles normalement.



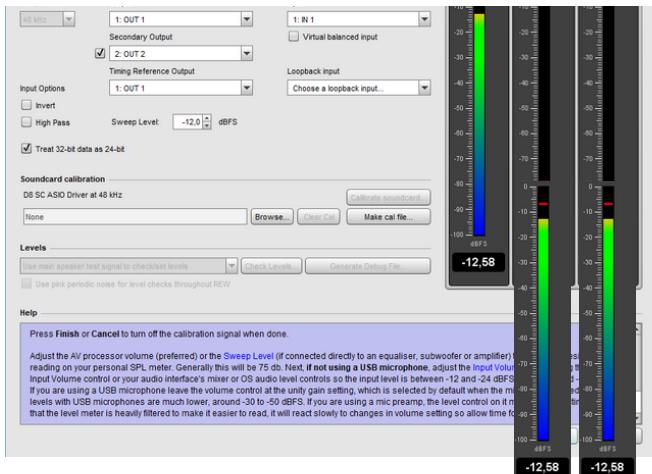
SPL Meter

Si tu as un sonomètre. Utilise le SPL Meter. REW t'indique la pression acoustique qu'il envoie : si tu as la même à ton sonomètre au point d'écoute, c'est bon, tu peux le confirmer à REW.

Si tu n'as pas de sonomètre, rien d'obligatoire ! Ça ne t'empêchera pas de voir ton acoustique. Si tu en as un, vérifie qu'il affiche bien en dB(c).

Maintenant, avec le gain de ton pré-ampli monte le volume du micro pour qu'il capte le son des enceintes.

Le but est d'obtenir environ le même niveau en in qu'en out. Une fois Ok clic sur Finish



Une fois ton check level fait, tu ne dois plus toucher au volume de tes enceintes durant les mesures que tu fais (si elles doivent avoir un rapport entre elles) ni au volume du pré-ampli. Sinon, tu fausseras tes mesures. Si ces mesures sont en lien, il faudra les refaire et tu dois re « check level » tes niveaux.

note

Attention, peu importe la mesure que tu fais, tu ne dois jamais dépasser le zéro, sinon tu satures et ton signal ne sera plus le même.

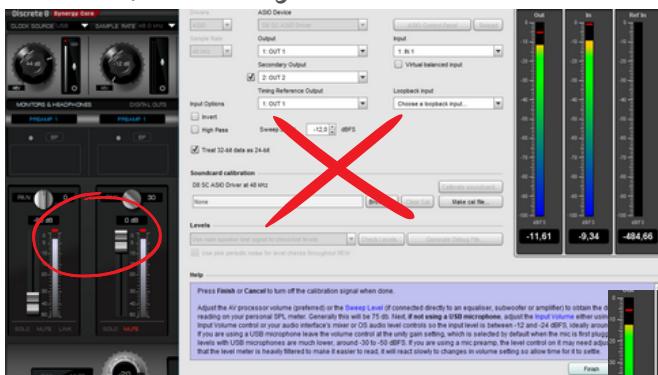


Il sera déformé (entre l'in et l'out) par du clipping (retiens ce mot, si tu ne le connais pas encore, il reviendra). Bref, vaut mieux que ton In soit à peine moins fort que ton Out plutôt que de clipper ton signal.

Tu peux voir le clipping sur ta carte son ou son panneau de contrôle également (souvent identifié par une diode rouge).



Ici dans REW, j'ai les bons signaux, mais dans mon entrée physique de ma carte son, je dépasse le 0 dBvu, donc je clip, il me l'indique en rouge.



note

Si tu as une petite carte son de Home Studio, tu dois avoir peu de bruit de fond. Les petites cartes son sont souvent bien calibrées et isolées pour ne pas avoir de soucis dus au rapport signal-bruit. Maintenant que tu as un sacré paquet de connaissances dans l'acoustique. Je te laisse cette décision.

"Faire ou non la calibration de ta carte"

On va vouloir connaître les défauts de ta carte son pour ne pas les compter dans notre analyse, mais au final, ça ne sera pas mieux de les compter comme un défaut en plus dont il faut avoir conscience ? À toi d'en juger ? Tu as vu que ça ne change pas grand-chose. En plus, je pense que si tu n'as pas une carte son studio comme moi, tu auras une courbe plus plate que la mienne.

note

Attention quand tu fais des loops pour calibrer ou pour le calcul de temps ! Tu fais une manip assez « dangereuse » : ne fait pas re sortir la loop sur ta sortie au risque de créer un sacré larsen. Tu peux calibrer ta carte son avec les enceintes éteintes.

Tu envoies le son de ton enceinte, donc tu es en entrée ligne sur ton préampli. Change si tu es en micro ! Pas de 48 volts non plus (il n'y en a pas sur une entrée ligne normalement, mais des fois elles sont combinées). Je te le précise fait gaffe si tu viens à tester des trucs !

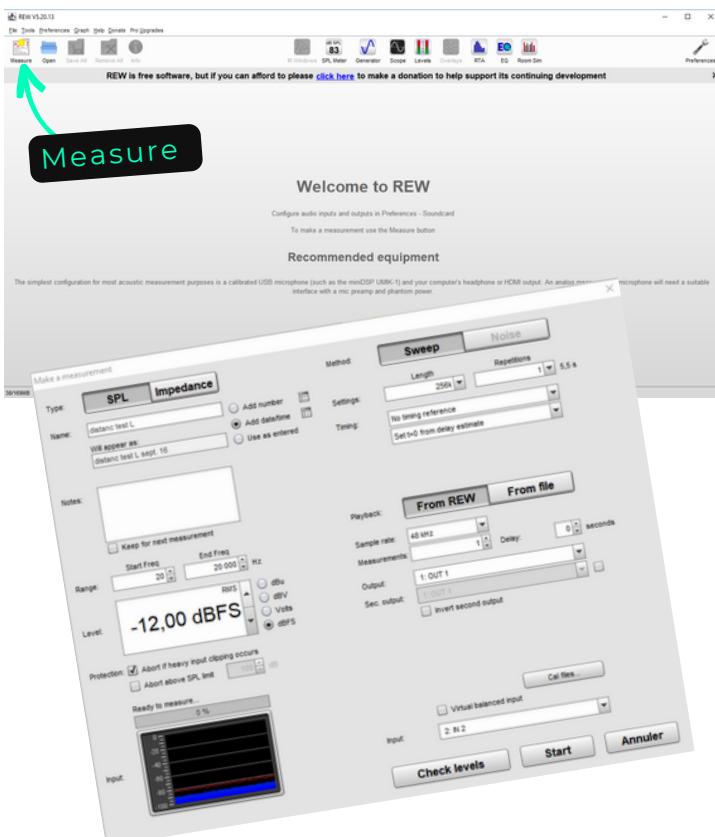
note

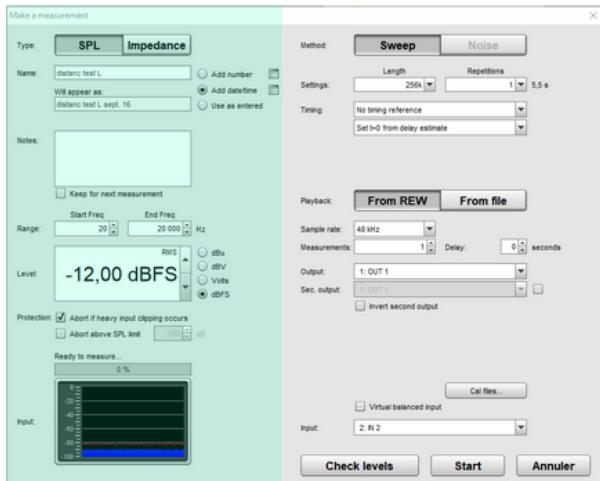
Parfois, tu peux te perdre à avoir trop changé le visuel de ce que tu observes. Ferme et re ouvre REW en sauvegardant si nécessaire.

Faire une mesure

Pour faire ta première mesure Appuie sur le bouton mesure en haut à gauche. Il va t'ouvrir un nouveau panneau, on va voir ça ensemble.

Appuie sur Measure (haut gauche)





Colonnes gauche : le **SPL** mesure. En gros, tous les paramètres qui vont être liés à ta mesure, ici, on est en pression sonore, donc en SPL. Le panneau d'impédance, c'est pour mesurer la résistance, la capacité électrique d'un haut-parleur. On ne l'utilisera pas pour nos mesures, on restera en SPL.

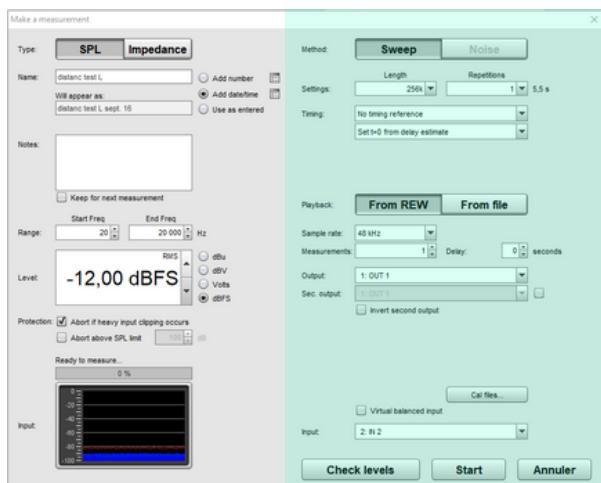
OK, en premier, le **nom**: Super important, nomme bien tes mesures, j'insiste, mais tu vas en avoir à faire, donc nomme les bien !

Notes : en dessous pour te noter, mémoriser des trucs. Pratique !

Range : c'est à quel fréquence tu taf nous ça sera toujours 20 à 20k. Sauf si tu as des mesures spécifiques à faire, ça peut te servir à zoner une plage de fréquences.

Level : ni touche pas reste sur -12 dBfs, c'est très bien.

Input : Affiche le volume du signal qui passe dans le micro.

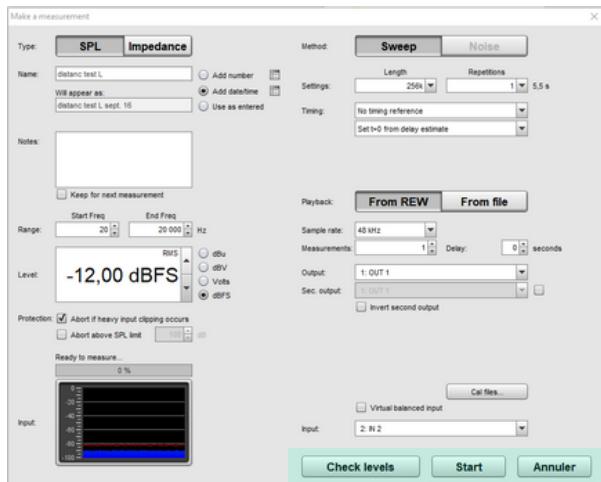


Colonne droite **Sweep**, c'est le signal que tu envoies. On reste en sweep. Ça va faire comme un filtre de fréquences, un sweep du grave à l'aigu. **Setting length** : la longueur du sweep reste à 256 K. **Répétition** : le nombre de sweep que lance REW.

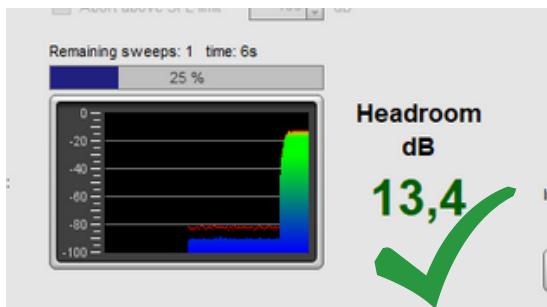
Timing : si tu as un timing ref et un loopback fonctionnel, régle-le sur : **use loopback as timing référence**, 0,000 ms. Sinon, laisse à **No timing référence**.

From REW : **sample rate** : l'échantillonnage. **Mesurement** : le nombre de mesures qu'il va faire. Parfois, c'est bien d'en faire plusieurs au cas où il y a eu un petit bruit perturbateur dans ta mesure. **Delay** : le temps qu'il met à se lancer comme un retardateur sur un appareil photo. Tu peux, avant qu'il se lance, sortir de la pièce, tenir un panneau, etc.

Out : c'est la sortie, si tu as besoin, tu peux faire les deux speakers. **In** : l'entrée préampli du micro de mesure.



Pour lancer une mesure **Start**, pour refaire ton niveau **check level**. Annuler pour annuler



Quand tu fais ta mesure, il t'affiche le In. et t'indique si tu as dépassé le zéro. Si c'est ton cas, tu es en rouge, pas en vert, revois ton check level, tu clip quelque part, diminue ton entrée en premier après ta sortie.



Voilà, les mesures n'ont plus de secret pour toi ! Le dernier chapitre t'expliquera lesquelles faire, tu verras ! Avec un peu de pratique, ça va aller. REW est super complet comme tu peux le voir. C'est un outil qui peut avoir beaucoup de puissance dans ton home ou studio !

Important



Place ton micro
à la vertical
face à ta
source

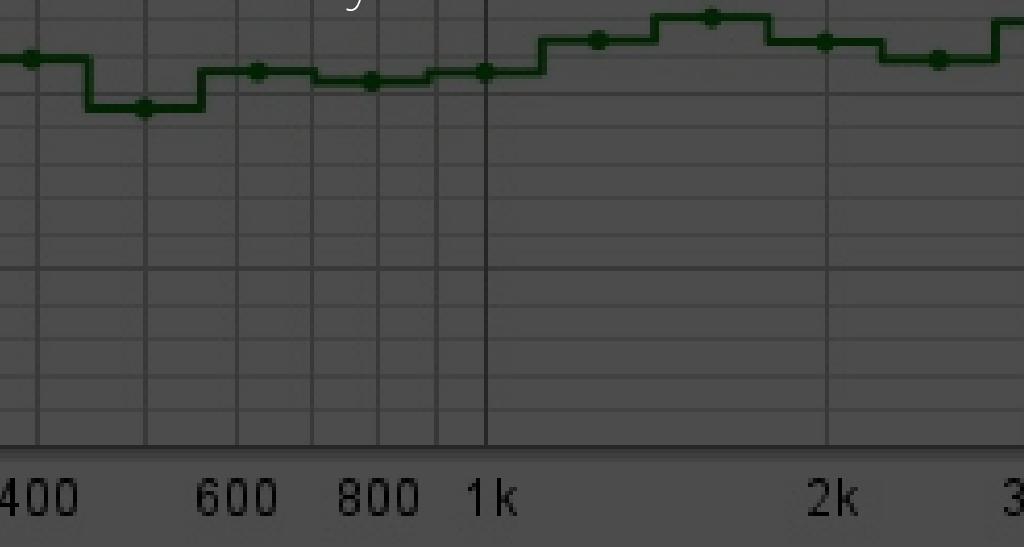


Pas à
l'horizontale

Pour la suite, on va voir ce qu'on peut récolter comme infos pour améliorer ton écoute ! On va mettre le doigt sur quelles fréquences te posent problèmes et on va voir comment se comporte le son dans ta pièce.

REW

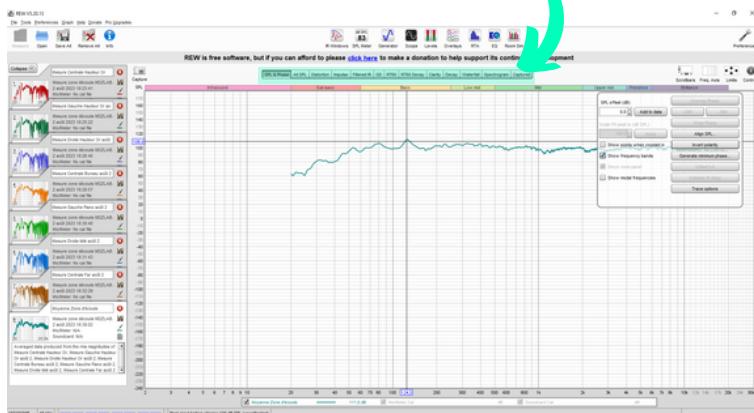
Analyser tes mesures



Les panneaux d'analyse

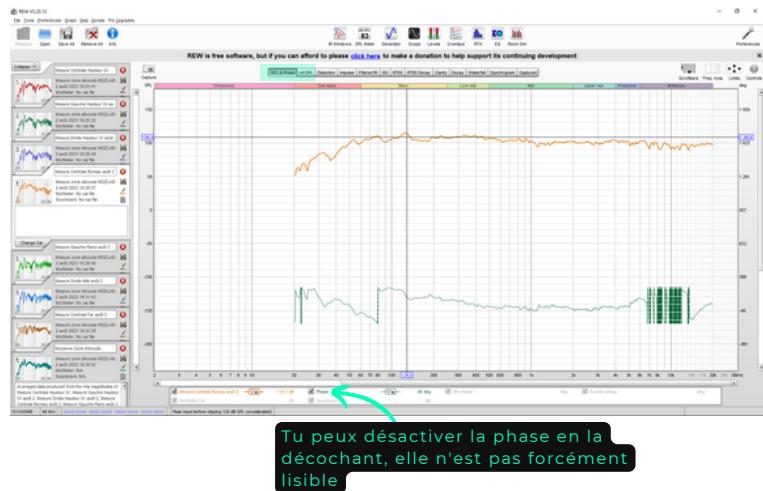
En premier, je vais parler des panneaux d'analyse que l'on va utiliser et étudier dans ce guide.

Retrouve les différents types d'analyse en haut de la fenêtre principale de REW.



LE SPL ET PHASE

Le premier panneau qu'il t'affiche souvent après ta mesure c'est le SPL et Phase.



Ça se lit un peu comme un EQ. Mais plus précisément, c'est une courbe de réponse des fréquences en niveau SPL.

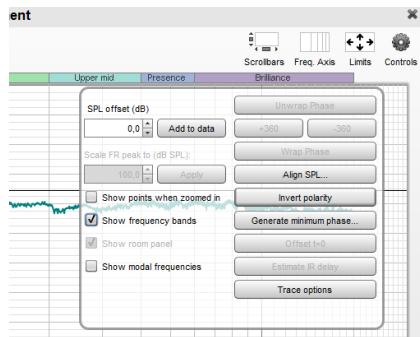
Grâce au sweep qu'on envoie lors des mesures, ton micro détermine des informations fréquentielles. REW connaît la pression SPL de chaque fréquence qu'il envoie, il les compare avec les informations captées par le micro et fait son petit calcul pour t'afficher cette courbe.

C'est pour ça que la calibration Spl au sonomètre peut être un plus, mais ça n'empêche en rien d'analyser notre room et de voir les fréquences qui clochent.

Donc, à l'horizontal, ce sont les fréquences de 2 Hz à 30 kHz pour mon cas. Et en vertical, ce sont les dB SPL.



Les trois options en haut à droite vont pas mal te servir. Soit pour afficher plus de détails ou d'informations, soit pour cibler des zones à travailler ou observer.



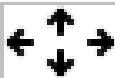
Scrollbars

Scrollbars sert à afficher les barres de scroll pour naviguer plus facilement.



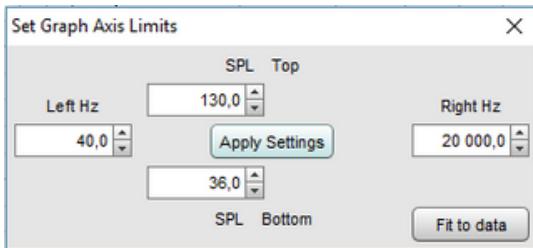
Freq. Axis

Freq. Axis sert à changer l'affichage de la courbe de réponse. Ne change pas.

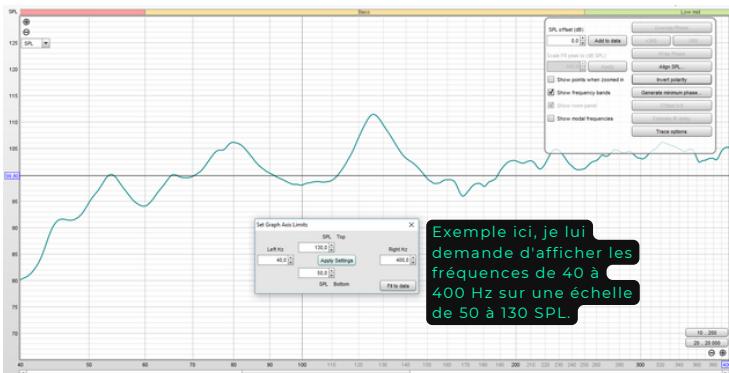


Limits

Limits te permet de définir une limite de ce que tu observes avec tes analyses. (Ses données changeront en fonction de ce que tu analyses).

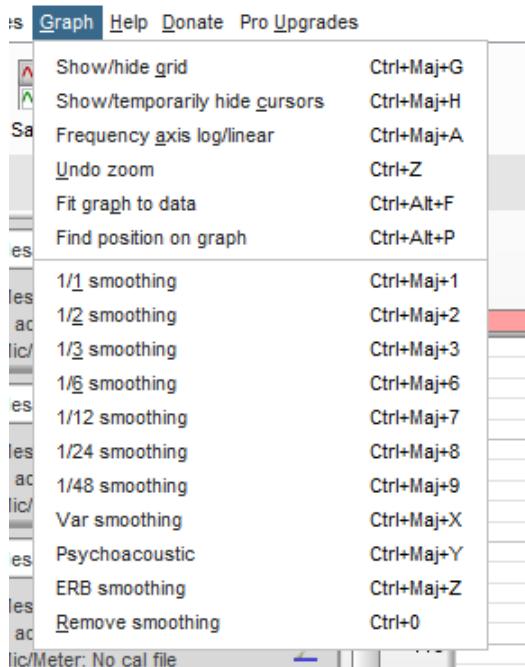


Avec left Hz, tu choisis le début de la fenêtre gauche des fréquences, avec right Hz, la droite. Pareil pour les SPL top, le SPL le plus fort et bot, le SPL le plus bas.



Après, ça ne sert pas de trop affiner. Si tu fais du calibrage d'enceintes, ça peut te servir.

En haut, tu as le bouton **Graph**. De manière générale, utilise l'affichage 1/24 ou 1/48.



Remove smoothing pour enlever le lissage.

Voilà pour le panneau SPL, tu sais un peu tout !
On peut analyser mon écoute au studio.

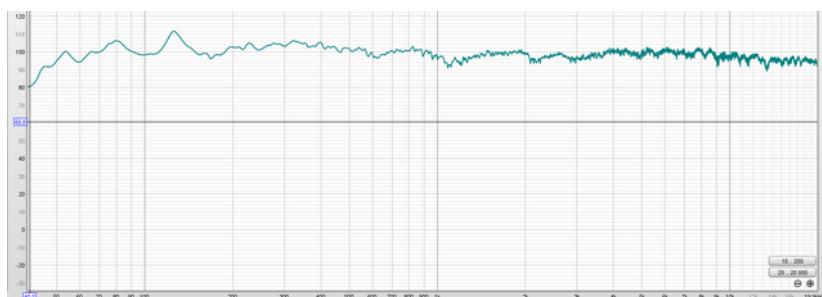
Tu verras, dans le chapitre 6, j'ai créé une série de mesures à mon point d'écoute pour en faire une moyenne. C'est cette moyenne que j'analyse. Cette mesure, en moyenne, n'est fonctionnelle qu'avec l'affiche SPL et Phase. Les autres fenêtres d'affichage qu'on va étudier ne peuvent être analysées qu'à partir de mesures spontanées (chapitre 6).

On voit déjà bien que mes enceintes de proximité tombent à partir de 48 Hz.

Ensuite, une bosse vers les 125 Hz, qui est pas mal liée à mes enceintes aussi, celle à 80 Hz plus liée à ma pièce. J'ai comparé aux courbes de réponse données dans le manuel d'achat des enceintes.

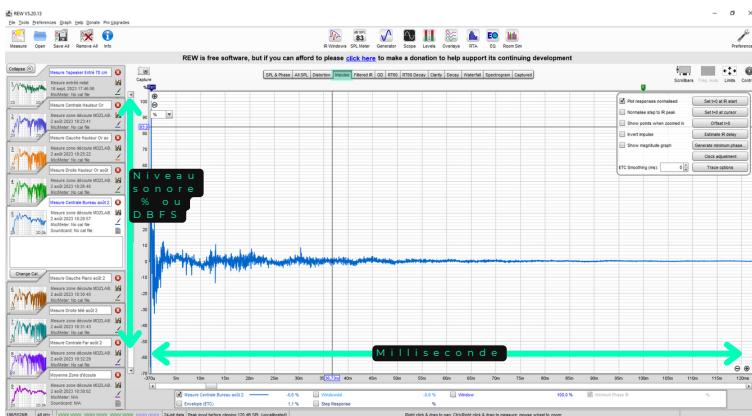
On peut voir la courbe tomber un peu à partir des 9 k.

Pareil pour le milieu des mids à 1 kHz (lié aux enceintes), mais ça reste quand même pas mal. Mon peak le plus haut, si je peux résumer, c'est les 110 à 5 dB de trop. Ce qui est vraiment peu dans une pièce mal traitée, ce sont des « écarts » de 20 à 45 dB que tu peux avoir. (Voir page 30).



IMPULSE

En plus d'analyser ce que donne ta pièce dans les fréquences grâce aux panneaux SPL et Phase, tu peux aussi voir le son dans le temps, sa diffusion d'un point de vue temporel. Et tout ça avec la même mesure grâce au panneau **Impulse**.

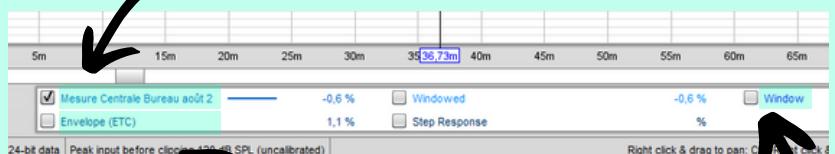


note

Si tu es en pourcentage, c'est le pourcentage par rapport au signal le plus fort capté durant la mesure. Très souvent, c'est le sweep lancé lors de la mesure qui est le signal le plus fort, sinon, c'est que tu as une sacrée réflexion dans ta room ou eu un problème lors de la prise de mesure.

Dans ce panneau, il y a trois paramètres que tu peux étudier. L'impulse, on utilisera pour cela l'affichage en %. L'ETC, on utilisera l'affiche en dBFS. Et la fenêtre Windows qui elle est un peu particulière, on le verra.

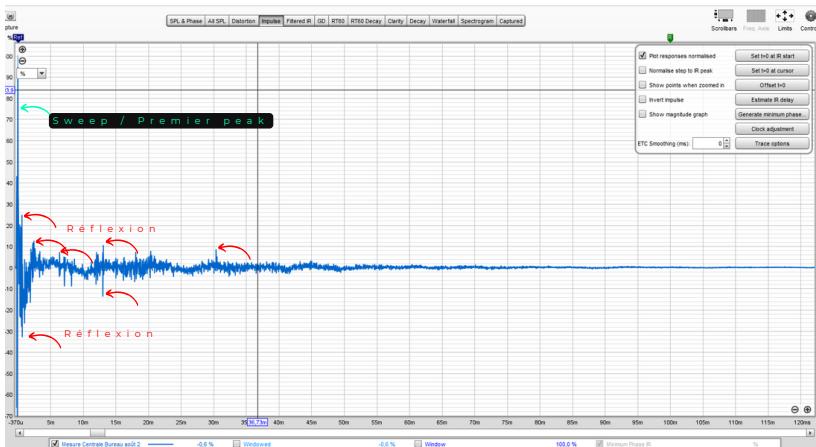
L'IMPULSE



ETC

WINDOWS

IMPULSE

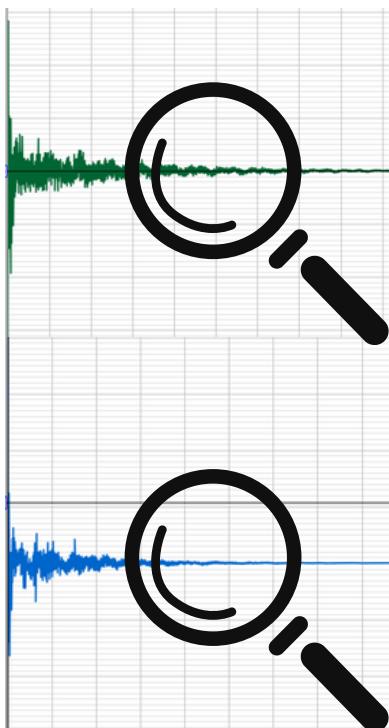
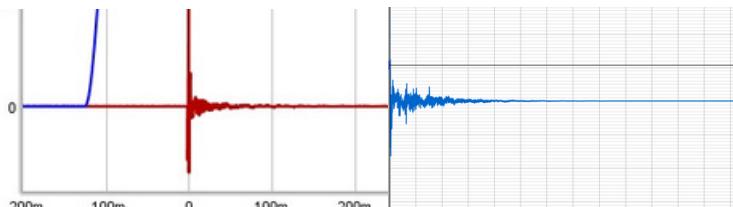


C'est la réponse impulsionnelle de ton enceinte au point d'écoute. Pour te décortiquer ça, le premier peak à zéro, c'est le sweep lancé qui part de ton enceinte et qui est capté par ton micro.

De suite après, c'est la dispersion du son, ça, c'est normal, mais les peaks qui dépassent sont des réflexions (bureau, supports, carte son, machines, tables de mix, mur...). Tout ce qui se trouve dans ta pièce et qui fait rebondir et relancer l'énergie du son. Qui était en train de s'estomper.

De gauche à droite, tu as le temps exprimé en millisecondes.

Ici, on a une impulsion en rouge et une en bleu. Sur la rouge, on voit très bien qu'il n'y a quasiment aucune autre réflexion, le son diminue au fil du temps. Sur la bleue, il y a 7 ou 8 peak qui dépassent qui ne sont pas dans la continuité du son. L'onde sonore percute un solide et donc ne finit pas son cycle, elle est relancée.

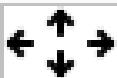


J'ai pris le temps de prendre une mesure dans une pièce de 3 m² environ non traitée (vert). La pièce étant plus petite, donc les rebonds sont encore plus proches entre les murs. On le voit clairement que le son met beaucoup plus de temps à se réduire. « Il résonne. » Dut à ma petite pièce dans une grande salle, j'aurais plutôt eu des grands peaks.



On voit bien que ma courbe bleue s'arrête plus vite. En vert, elle rebondit pas mal avant de diminuer.

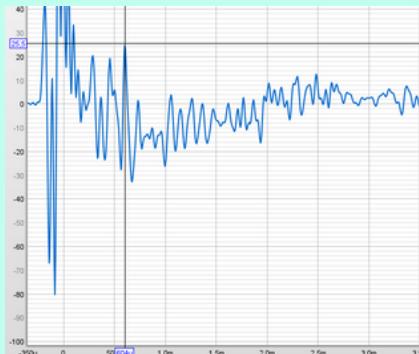
Un autre problème aussi, le premier peak commence à -100 % (en vert, il faut zoomer). C'est lié au fait d'avoir posé mon enceinte au sol dans ma pièce. Si tu mets ton enceinte directement sur ton bureau, comme moi, je l'ai posée au sol en contact direct. Ça influence les premières réflexions, évidemment. Mon premier signal se mélange beaucoup trop avec la première réflexion qui rebondit sur le sol.



Limits

Pour travailler ton impulse, tu peux te mettre sur une échelle de 10 à 100 ms (milliseconde).

Autre chose de bien avec ce graphe, ça marche aussi avec l'ETC qu'on voit juste après, c'est de pouvoir calculer la distance que ton son a parcourue après avoir émis le premier signal. Vue qu'on s'exprime en temps, tu peux savoir à combien de mètre, de centimètre sont tes « peak » les plus problématiques une fois ton signal émis !



Un exemple avec ce peak qui se trouve à 604 μ s (microseconde).

Tu connais la vitesse du son en mètres par seconde.

Convertie 604 μ s en seconde = 0,000603

Multiple par la vitesse du son qui est de 344 mètres/seconde (c'est pour ça qu'on a converti les μ s en s pour être en rapport équivalent avec la vitesse du son qu'on exprime en seconde).

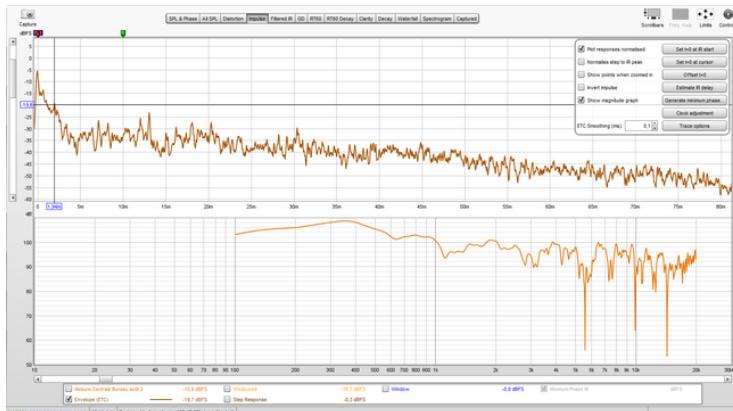
$$0,000603 * 344 = 0,207 \text{ m}$$

Soit une réflexion de 20 cm à ton endroit d'écoute. Donc là, c'est sûrement mon bureau.

Oui, il y a des réflexions que tu ne pourras pas enlever totalement. Ça fait partie du jeu. Ici, tes mousses acoustiques que tu vas bientôt jeter, ahah ! Peuvent te servir pour mettre autour de ton bureau ou de ton setup.

ETC

Energy time curve ou la courbe d'énergie Elle revient un peu au même que l'impulse, surtout dans notre contexte d'analyse. On doit avoir un signal émis en premier, puis un son qui décroît de manière progressive.



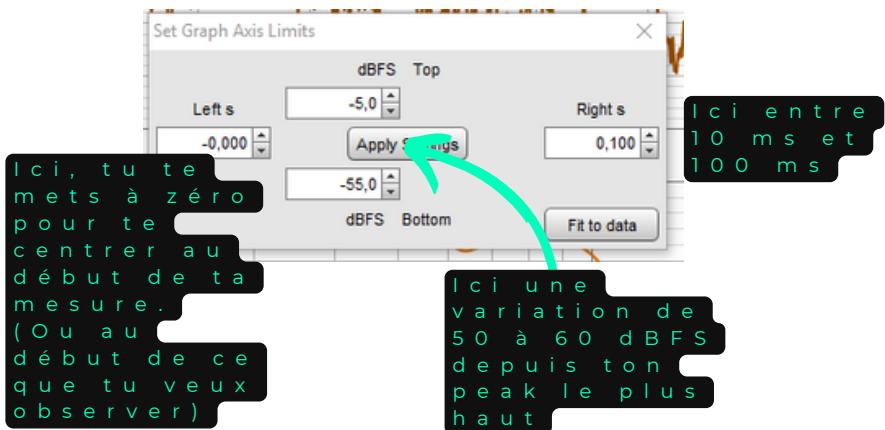
On dit en général d'être à -30 dBfs à 30 ms après le signal émis. Ceci est bien sûr de la théorie. Le but est toujours le même : éviter les peak et avoir un son qui décroît.

Je trouve juste l'impluse (l'affichage d'avant) plus simple pour voir l'amplitude des réflexions et le « trajet » que parcourt ton son et son amplitude en pourcentage par rapport à ton premier signal.

L'ETC, elle me permet de voir la diminution du son dans le temps en dBfs.

Pour interpréter tes ETC ou ton impulse, il ne sert à rien de se mettre sur des temps d'analyse très longs.

Tu peux régler tes limites de graphe autour des 10 à 100 millisecondes et des variations de 50 dbfs max (si tu es en pourcentage, reste toujours sur du 100 % à 100 %).



Notre cerveau lui commence à détecter un son comme une réflexion à partir de 45 à 50 ms (peu voire pas perceptible) jusqu'à 100 ms (perceptible delay audible). On n'a pas tous la même écoute, ne l'oublions pas.

Mais si tu as des réflexions au-dessus des 150 à 200 ms, tu l'entendras, et ce phénomène pourra créer des ondes stationnaires, en particulier dans les basses qui émettent plus d'énergie.

En résumé, si ça résonne avec suffisamment de latence pour que ton cerveau le perçoit, ça va créer :

De l'écho, dans les aigus, les hauts médiums. C'est communément ce qu'on appelle de la reverbe.

Des bourdonnements dans ta pièce, un son qui traîne dans les basses. Ça reste de la reverbe, des vibrations qui rebondissent, donc ne s'arrêtent pas, changent de direction et s'entrecroisent.

Dans le cas des aiguës, ça s'entend mieux, car la longueur d'onde étant plus courte, ton cerveau peut mieux analyser et dissocier la différence entre l'onde originale et celle réfléchie.

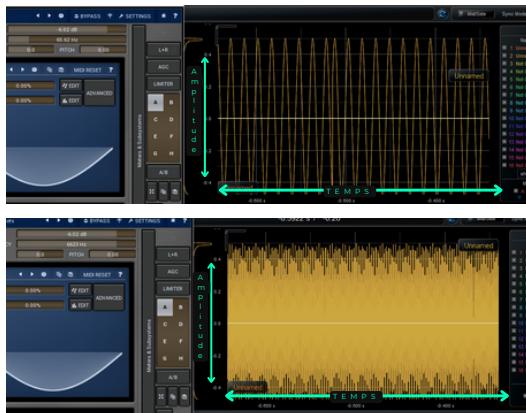
Pour analyser les basses, l'oreille humaine est moins performante. Ton cerveau aura du mal à dissocier onde originale et onde réfléchie. Et te donnera une estimation des vibrations qu'il perçoit.

Vois ton cerveau comme le convertisseur d'une carte son qui convertit le signal électrique de ton micro en code pour ton ordi. Ton cerveau lui transforme la pression de l'air en décharge neuronale.

L'impulse te permet de voir les réflexions émergentes autour de tes enceintes, donc si oui ou non, tu as le son fidèle de tes enceintes ou s'il est tronqué ou biaisé par des réflexions. Oui, tu auras toujours des réflexions, mais le mieux, c'est d'en avoir le moins possible ! Une jolie impulsion te donnera une écoute plus précise sur les transitoires, notamment et sur la décroissance de ton son (utile pour régler un compresseur ou des longues reverbes en mix par exemple).

Windows

L'autre point fort du panneau Impulse est de passer d'une vision temporelle à fréquentielle. Je reprend les premiers chapitres. Le son est une vibration plus ou moins rapide, donc un 4000 Hz, revient à dire que la pression acoustique varie 4000 fois par seconde.



Un signal à 65 Hz est plus large entre les vibration qu'un signal à 6kHz

Pour passer du temps aux fréquences, on n'a pas attendu REW non ! Les mathématiciens de l'époque ont mis en place un calcul. Une formule pour transformer les données temporelles électriques en une exploitation plus visuelle en Hertz. Pour faire simple, on passe de la sinusoïde qu'on a vue juste au-dessus à un affichage type Eq. Mathématiquement, on utilise un calcul qui s'appelle la transformation de Fourier.



Mais pour codifier autant mathématiquement qu'informatiquement un signal électrique, il faut le capturer. L'électricité est un peu comme de l'eau : elle n'a pas de forme, elle s'écoule, soit elle passe, soit elle ne passe pas. On utilise alors des fenêtres de mesure. On calcule l'électricité d'un temps A à un temps B et on voit ce qui se passe dans ce laps de temps.

Une fenêtre de mesure n'est donc qu'une façon d'avoir un intervalle entre un niveau d'entrée et de sortie pour « calculer » son comportement (déformation de forme, changement temporel, analyse spectrale, etc.).

Je te parle de tout ça, car la fenêtre IR windows utilise la FFT, qui est un algorithme de calcul visant à améliorer la transformation de fourrier (le calcul va plus vite). Gauss, Tukey... sont les mathématiciens qui ont élaboré chacun leur algorithme.



IR Windows dispo dans les outils
(voir page 54)

IR Windows

Ce panneau te permet de paramétriser ta fenêtre de mesure dans le temps. Pour te donner un affichage du son en Hertz. (mode graph).

Tu peux avoir plusieurs formules de calcul pour ce faire.

Tukey, rectangle ou Hamming. Ce sont ceux que je te recommande.

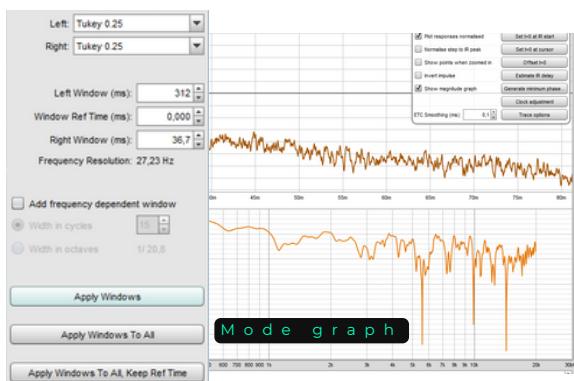
Window Ref time :

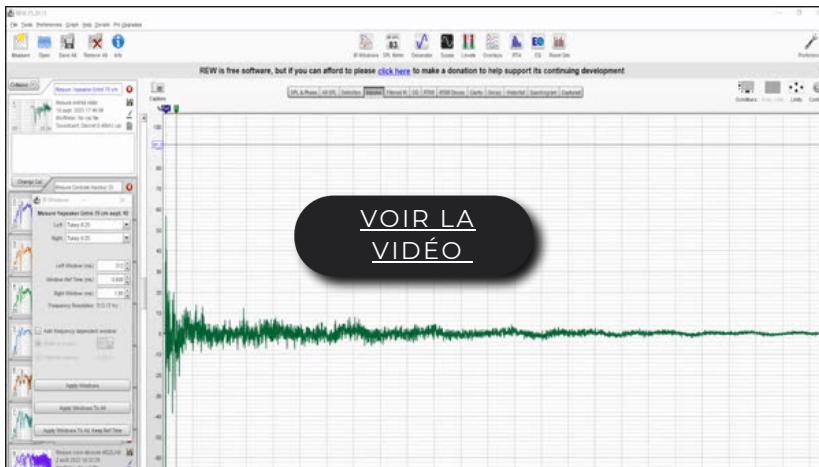
Référence à laquelle ton impulse commence (souvent 0ms)

Left window :

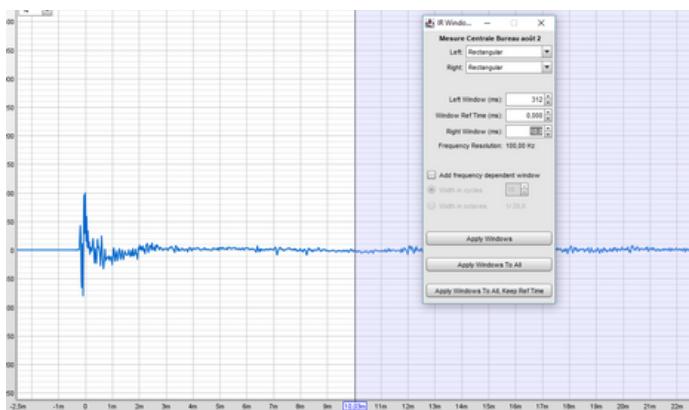
Début de la fenêtre

Right window : Fin de la fenêtre





Tu vois, en réduisant ma fenêtre d'impulse, ma courbe de réponse change. Car plus tu prends en compte un temps très court (en gros, les premières réflexions), plus les basses ne peuvent pas être calculées par REW. Qui a besoin d'une fenêtre de mesure plus grande pour faire son calcul. C'est dû à la longueur des ondes basses. À partir de 40 ms, on voit les basses fréquences apparaître sur le graphe. Ici, je suis à 120 ms, donc même pas le quart d'une seconde !



En jouant avec cette fenêtre de mesure, tu peux analyser ce qui se passe avant les premières réflexions et avoir donc un visuel graphique en hertz pour voir précisément les aiguës et les hauts médiums que te diffusent tes enceintes, mais pas pour le bas du spectre. (ça peut être bien pour de la correction d'enceintes, par exemple).

Mais plus tu vas ouvrir ta fenêtre, plus tu vas faire entrer des réflexions dans le calcul FFT, donc tu n'auras cette fois pas juste le son des enceintes, mais aussi des réflexions.

À l'inverse, tu peux regarder à partir des 50 ms quelles fréquences basses résonnent et diffusent longtemps dans ta pièce.



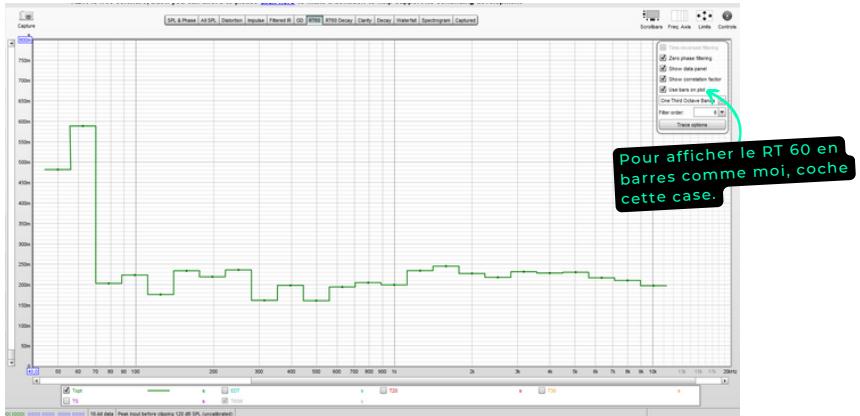
Je te fait un petit résumé !

Le SPL et la phase te permettent d'analyser les courbes de réponse de ton point d'écoute.

L'impulse lui permet d'analyser les réflexions et de les situer dans ta pièce. Et de connaître la force de décroissance du son dans ta room en milliseconde et en dBfs.

La fenêtre de mesure permet de passer du temps aux fréquences grâce aux calculs logarithmiques. Tu peux analyser la réponse fréquentielle de tes enceintes à un moment précis dans le temps et donc travailler sur ton point d'écoute avant de prendre en compte les premières réflexions dans ta FFT.

RT 60



Non, ce n'est pas un droïde dans Clone Wars !
Mais c'est ce qui te permet d'analyser/de voir la
réverbé de ta pièce, sa résonance.

En même temps que tu envoies ton sweep, il y a
caché dans le sweep des impulsions qui
permettent justement à REW de calculer le
RT60. Le RT 60, c'est le temps exact que met une
zone de fréquence à diminuer de 60 dB SPL dans
ta pièce après l'arrêt net du signal. Dit
simplement, c'est toute la réverbé de ta salle qui
décroît jusqu'à 60 dB SPL !

Pourquoi je te parle de ça, qui rejouit un peu
tout ce qu'on a vu avec l'impulse juste avant.
C'est parce que le RT60, c'est la mesure utilisée
universellement. C'est le Rt60 qu'on utilise pour
définir la norme acoustique d'une pièce. Studio
de musique, auditorium, salle de concert,
cinéma, amphithéâtre, stade...

Ces recommandations sont classifiées sous le diminutif ISO.

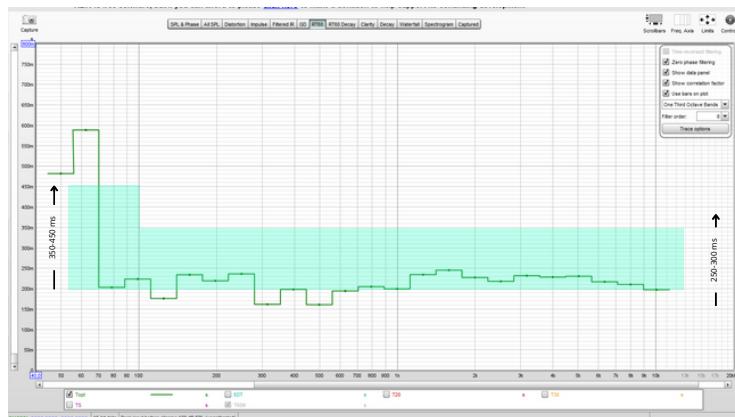
ISO 3382-1 : salles de spectacle (norme FR)

ISO 3382-2 : salles ordinaires (norme FR)

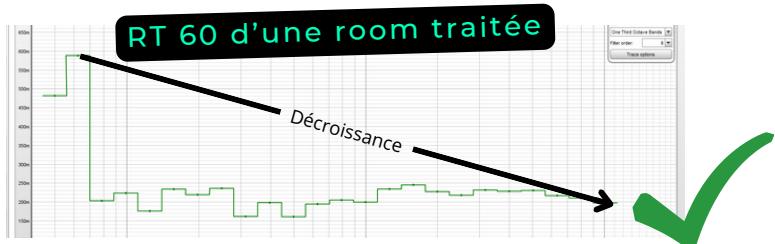
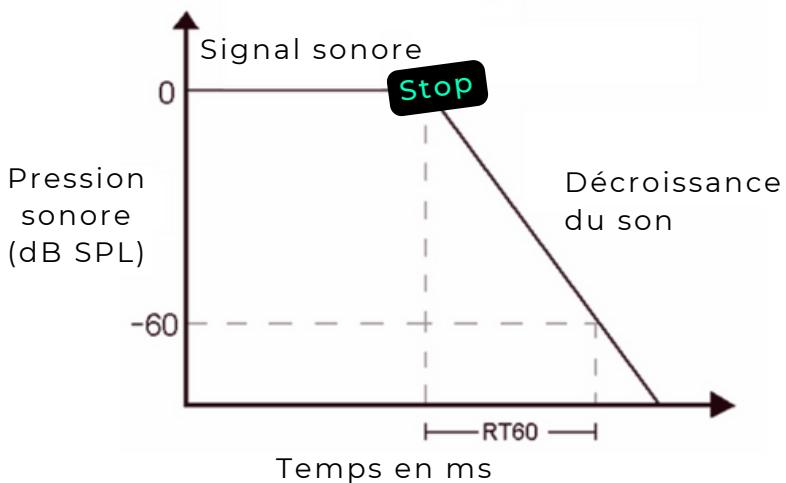
ASTM E2235 (norme internationale)

Ce sont des recommandations et comme toute recommandation, certains les écoutent, d'autres non. Même entre les recommandations européennes et celles américaines, ça change. Pour ton Home Studio, suit les indications suivantes. Ça va déjà faire un énorme plus dans ton écoute :

Avoir un RT60 d'environ 250-300 ms dans les fréquences de 20k à 200 Hz, puis augmenter jusqu'à un maximum de 350-450 ms dans les fréquences basses et infra basses à partir des 100-80 Hz

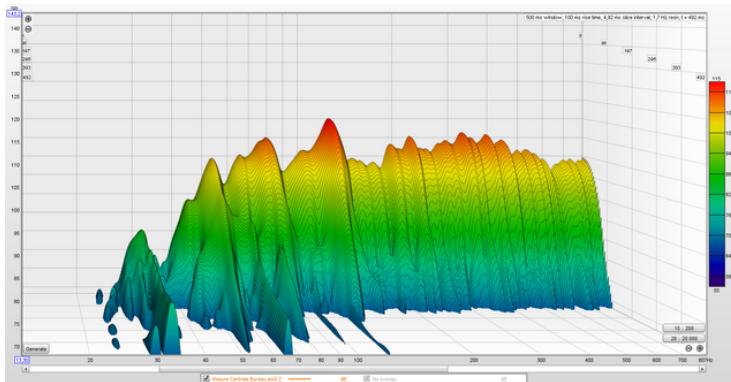


RT60 schéma:



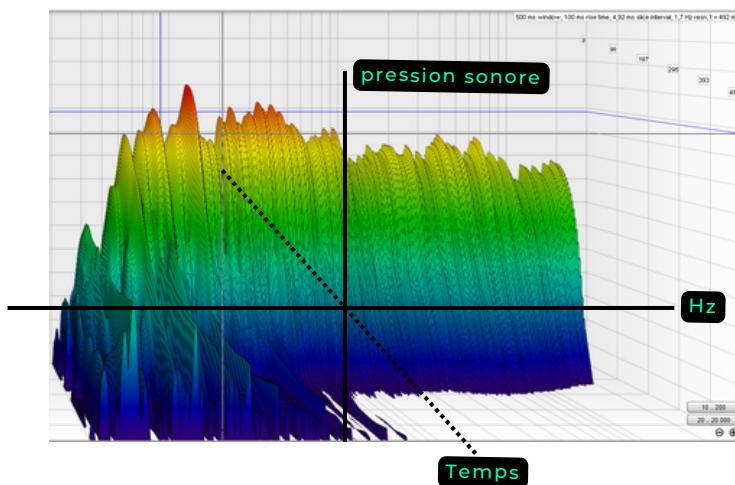
Pour finir ce chapitre, tu as aussi le RT30 et le RT20 qui sont la même chose sur 20 ou 30 dB.

Waterfall

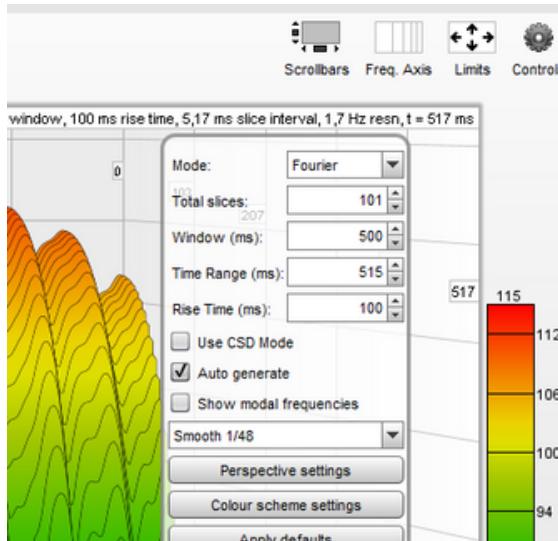


La cascade en français. C'est encore une autre façon de visualiser le son à ton point d'écoute.

Cette fois, on voit le son sur trois axes. Les fréquences, le temps et la pression sonore.



Tu peux utiliser la visualisation en cascade particulièrement pour les basses fréquences. En la réglant bien, tu vas pouvoir voir les résonances modales de ta pièce. Et les fréquences Hz qui en sont associées.



Controls :

Pour paramétriser l'affichage du temps.

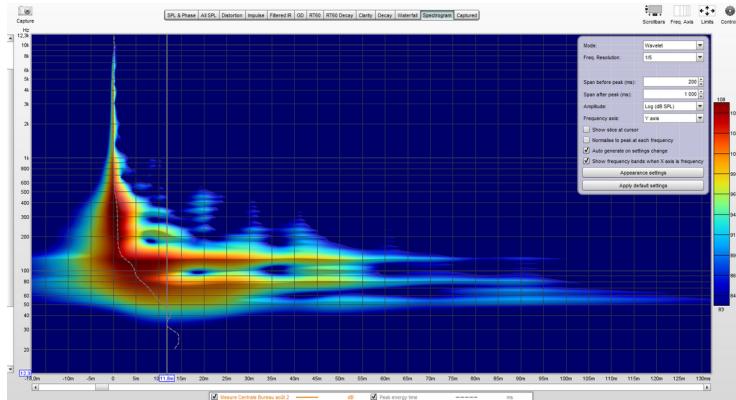
Limits :

Pour les fréquences et les SPL.

Pour les fréquences, tu choisis la zone que tu veux analyser. Pour les basses, par exemple, tu mets de 500 Hz à 20 Hz. Pour le temps (Windows ou TimeRange), tu peux laisser entre 450 ms et 500 ms (tes recommandations RT60 EBU, c'est mieux). Pour les SPL, tu pars de ta mesure la plus haute en dB et tu enlèves 55-60 dB. Exemple : mon point le plus fort est à 117, je fais 117-60.

À partir de 50 dB, tes oreilles n'entendent plus la résonance, donc moins de soucis, sauf pour les très basses fréquences qui, parfois, ne se véhiculent pas que par l'oreille, mais par le reste du corps. Toujours pareil, une bonne acoustique doit donner une jolie cascade qui s'arrête assez net et n'est pas trop déformée dans son homogénéité fréquentielle.

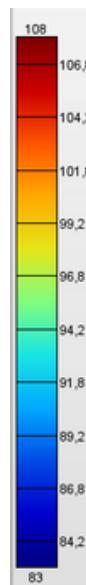
Spectrogram



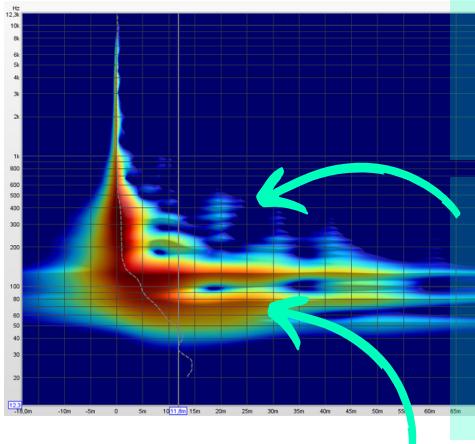
Le spectrogram utilise encore une autre méthode de calcul (le wavelet). Cette fois, on a le temps dans l'axe horizontal et les Hz dans l'axe vertical. Et la pression sonore est exprimée par un code couleur (un peu comme une caméra thermique).

Plus la zone tend au rouge, plus la pression sonore est intense. Et inversement, les zones bleues représentent une pression sonore faible.

Zone bleue : pression équivalente à 83 dB SPL, zone rouge à 108 dB SPL.



Ce mode est pratique pour voir un résumé un peu global de ce qu'on a vu dans chaque autre panneau. Je t'explique pourquoi.



En premier, tu peux voir les fréquences problématiques de ta pièce. Ici, on retrouve mes « bosses » vers les 128 Hz et les 70 Hz.

En deux, les réflexions dans ta pièce. Ici, tu vois, le son réaugmente en volume après avoir diminué, j'ai donc une réflexion vers les 300 Hz à 20 ms, mon bureau surement.

Trois, les fréquences et les résonances modales dans les basses qui traînent dans ta pièce

Ça donne un aspect global si le son est bon dans ta pièce ou non. Tu peux revenir sur le spectrogramme une fois ton traitement commencé pour voir comment ça avance et ce qu'il te reste comme soucis.



C'était un sacré morceau, ce chapitre. Ce logiciel est vraiment très complexe et complet. Utilise aussi le chapitre 6 pour créer tes mesures en moyennes ou spontanées pour analyser le son avec les différents panneaux. Mais retiens que de manière générale, on veut un son flat sur l'espace fréquentiel et qui se coupe assez nettement. Que ta pièce ne raisonne pas même si tu ne l'entends pas.

Pour la suite, c'est le plus cool. On va parler bass trap, absorption et diffusion. Ça va être plus fun et concret. Tu vas voir, tes solutions seront vite trouvées.

03

Chapitre 3 : Micro de mesure et logiciel

À RETENIR

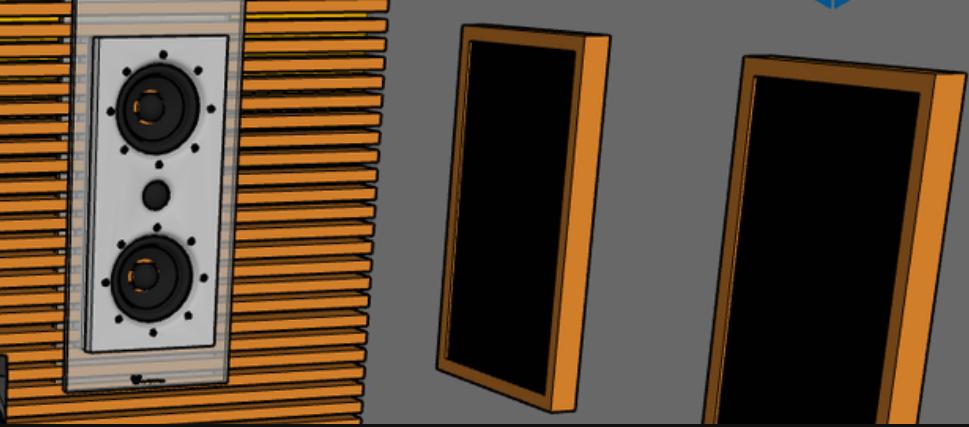
Bien configurer les paramètres de REW

Faire un check level avant la mesure, ne pas changer de niveau pendant la mesure.

Utiliser les fenêtres temporelles et fréquentielles et arriver à des résultats corrects sur l'ensemble, pas seulement sur une fenêtre.

Place ton micro à vertical face à ta source

Jamais valider une mesure qui a du clipping



IV

Absorption

On va parler de l'absorption, c'est une des techniques pour faire l'acoustique de ton studio. Tu auras dans ce chapitre les différents matériaux à utiliser. Et le schéma de construction de chaque traitement possible.

J'ai trouvé pour toi des traitements simples à construire et à mettre en place pour gérer les hautes fréquences comme les médium fréquences. Sans avoir besoin de beaucoup d'investissement matériel, dans l'espace chez toi ou financier.

Pour les fréquences infrabasses (à partir de 100 Hz), l'absorption est une autre paire de manches. Mais on va évoquer les traitements possibles utilisés dans les studios professionnels. À toi de voir l'investissement humain et matériel que tu veux mettre dans ton acoustique.

Les matériaux absorbants

Laine

Ici, je ne vais pas rentrer dans le débat de quels matériaux sont les meilleurs. Tu me connais, je préfère avancer. Donc que tu choisisse laine de verre, de roche, de chanvre, ce n'est pas super important. La seule chose à regarder, c'est : les AFR

Les AFR, c'est la quantité d'air qui passe et ça, c'est important. Si le matériel ne laisse pas passer l'air, l'absorption est moins efficace. Un caillou est moins absorbant qu'un matelas. Pour le son, c'est pareil, il s'écrase sur le matériel, sauf que pour lui, ce n'est pas tant son poids qui écrase le matériel, mais l'énergie qu'il transmet dans l'air. Un AFR de 5 à 7 c'est top (ça, tu l'as écrit sur les descriptions de produit). Plus l'AFR est bas, plus il est efficace. Donc AFR 4 encore mieux, AFR 8 moins bien.

AFR : Air Flow Resistivity

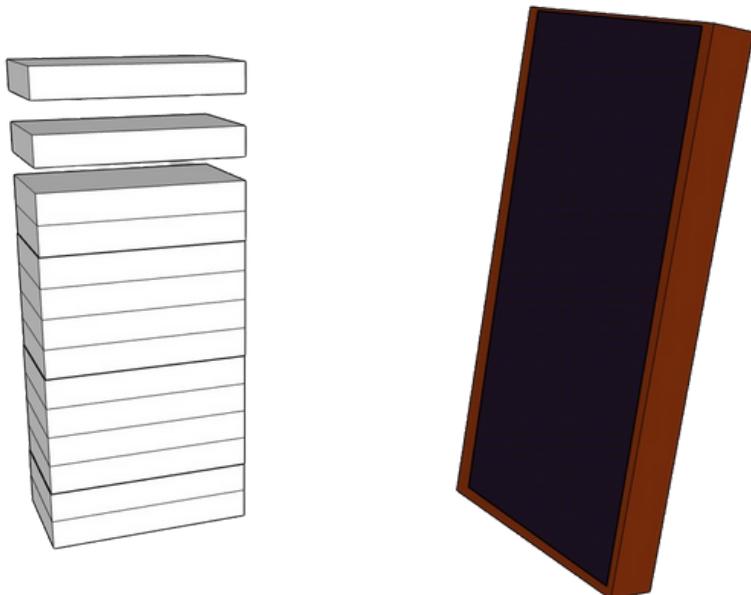
L'autre gros débat sur les panneaux est la dangerosité. Pareil, je ne suis pas là pour le débat, donc oui, utiliser de la laine de verre de roches peut être toxique. Sauf si tu travailles bien et que tu utilises des pares-vapeurs pour bien emballer la laine. Ne pense pas que c'est le tissu sur ton panneau qui te servira de protection.

UTILISE LE PARE-VAPEUR ET LES CÔTÉS DU CADRE POUR CRÉER UNE JOINTURE QUI EMPRISONNE LA POUSSIÈRE DE PARTICULES.

Sinon, utilise des laines non toxiques. (Laine de chanvre par exemple) Des laines anti-feu aussi, c'est toujours mieux ! Bref, je ne veux pas que tu t'intoxiques ou que tu brûles dans ton studio !

Mais tu es grand et majeur, donc tu fais ce que tu veux !

Pour le cadre, je te recommande un bois léger flottant. Du lambris, par exemple, surtout si tu veux les accrocher au mur !



Mousse

Comme pour les laines, ce n'est pas n'importe quelle mousse qui fait isolant acoustique. Il faut aussi que l'air puisse s'écouler. Donc il te faut des mousses alvéolées avec des minuscules trous si tu veux. Plus la cavité de ta mousse sera fine et irrégulière, plus l'absorption sera efficace.

Les plus connues sont les mousses polyuréthane, c'est elle qu'on utilise pour les mousses isolantes qu'on te vend en ligne. Preuve que le matériel n'est pas mauvais ! Sur les produits en ligne, c'est souvent l'épaisseur et les dimensions qui font douter de l'efficacité. Mais on va y revenir.

Si tu pars sur de la mousse, les matelas premier prix sont le produit idéal. Tu regardes bien la composition du matelas, souvent décrite dans la fiche technique. Si c'est 100 % polyuréthane, c'est top ! Si tu as des matelas de plus haute qualité avec des couches de matière différentes, je ne te conseille pas. Les mousses mélamines sont très efficaces aussi, mais moins facilement trouvables et moins économiques.

Une fois ton matelas trouvé, acheté, ça se découpe bien. C'est simple, léger, pas besoin de cadre, tu peux faire des blocs et les empiler. Pour les absorbeurs au sol, c'est le TOP ! Et une fois de plus, l'efficacité sera surtout dans l'épaisseur et la surface que couvre ton traitement.

CALCUL D'ABSORPTION

La profondeur

Les deux paramètres vraiment importants sont le placement dans la pièce + la taille de ton traitement pour son efficacité.

Pour connaître l'efficacité d'absorption de ton traitement, deux possibilités :

Tu connais la profondeur de ton traitement (panneaux, basstrap...) en mètre. Tu multiplies cette profondeur par 4. Tu divises par 344 le résultat (344 pour la vitesse du son en m/seconde).

Calcul pour 50 cm de matériau absorbant.
Fréquence max absorber =

$$4 * 0.5 = 2$$

$$344/2 = 172 \text{ Hz}$$

Absorption max jusqu'à 172 Hz pour 50 cm de matériaux adsorbant.

Deuxième calcul : Tu connais la fréquence à absorber. Divise la vitesse du son par les fréquences à absorber. Divise le résultat par 4. Ça donne en mètre la profondeur nécessaire.

$$340 \text{ (m/s)} / 172 \text{ (Hz)} = 2$$

$$2 / 4 = 0.5 \text{ mètre.}$$

4 c'est pour le quart de la longueur d'onde, qui est le point le plus dynamique dans le cycle d'une onde.

Résumer

Pour l'absorption des très aiguës et des médiums jusqu'à 800 Hz, tu devrais t'en sortir avec des simples panneaux ou médium trap bien positionnés dans ta pièce et assez profonds pour être efficace.

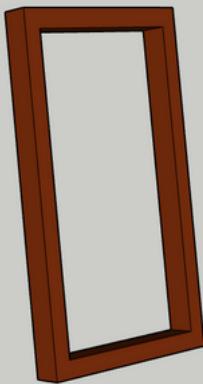
Retiens que ça ! Plus un matériau laisse passer l'air en minuscule compartiment, plus il sera bien isolant. Et plus l'épaisseur de l'isolant est épais en mètre, plus il sera efficace sur des longueurs d'ondes plus grandes, comme les basses et infra basses fréquences.

Tu comprends pourquoi les mousses qu'on trouve en commerce marchent peu. Car elle dépasse rarement les 5 cm à 15 cm de profondeur. Avec de la mousse ou de la laine et un peu de DIY, tu peux te fabriquer des choses bien plus efficaces et personnalisées à ta pièce.

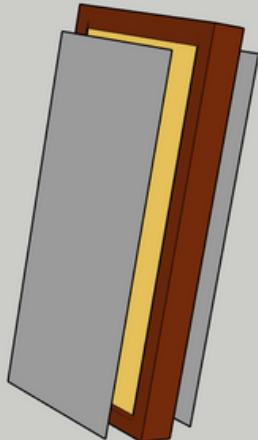
Moi, pour ma pièce et dans mes traitements finaux, j'ai conçu de l'absoption jusqu'à 80 cm.

Fabrication d'un panneau

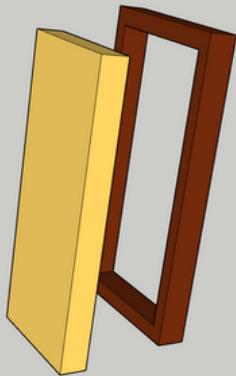
Fabriquer un cadre en bois



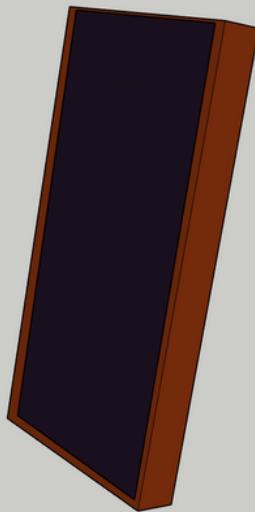
(pour la laine irritante)
Ajouter le pare-vapeur.
Fermer hermétiquement
au scotch.



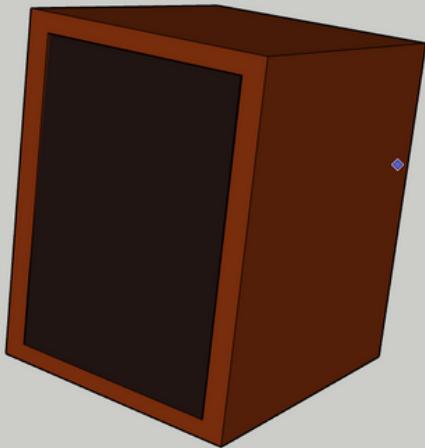
Y déposer ton isolant



Fermer par
un tissu qui
laisse passer
l'air.

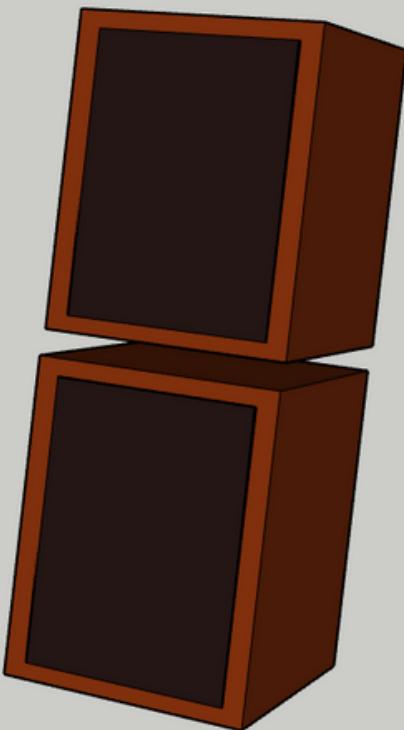


Conseil : pour éviter de couper la laine, fait des cadres de la taille d'un panneau de laine.
Conseil : prend du bois léger si tu l'accroches au mur.



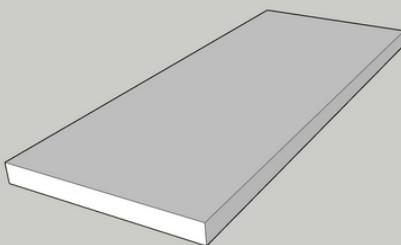
• Tu peux en faire des plus profonds de taille différente. Pour gagner en efficacité sur l'absorption des médiums

Les empiller dans un coin ou un endroit qui pose problèmes aux médiums de ta pièce.

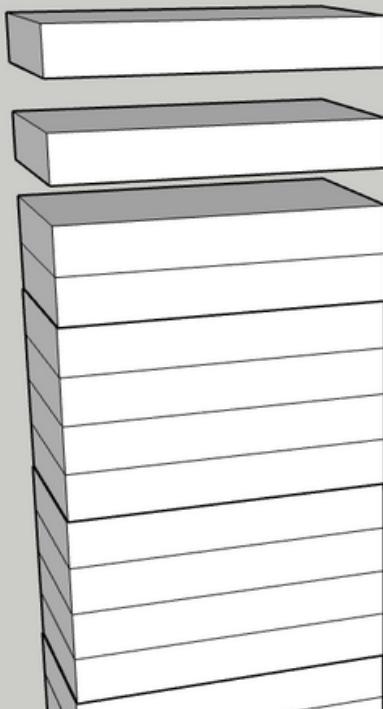
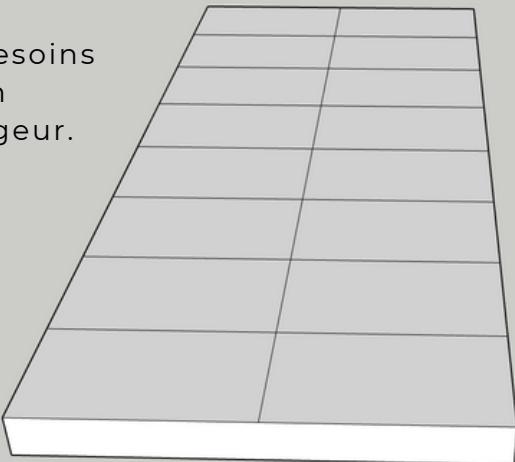


Médium trap au sol en mousse

1 À partir d'un matelas 100 % mousse polyuréthane



2 Le découper en bloc additionnable en fonction de tes besoins en profondeur, en hauteur et en largeur.



3

Additionner les blocs. Les recouvrir d'un tissu pour l'aspect esthétique.

**Les + et - du panneau
bois et caisson
médiaum trap**

Accrocher au mur

Moins léger

Fabrication plus complexe

Efficacité dépend de la profondeur et surface

Peut-être plus économique.

**Les + et - du médium
trap mousse**

Poser au sol

Léger, transportable

Fabrication simple

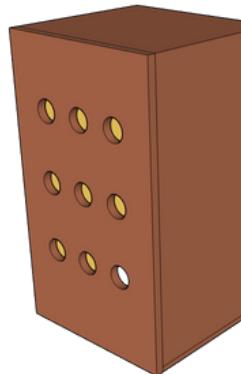
Efficacité dépend de la profondeur et surface

Demande peu d'outils

Plus de surface d'absorption
(car pas de cadre)

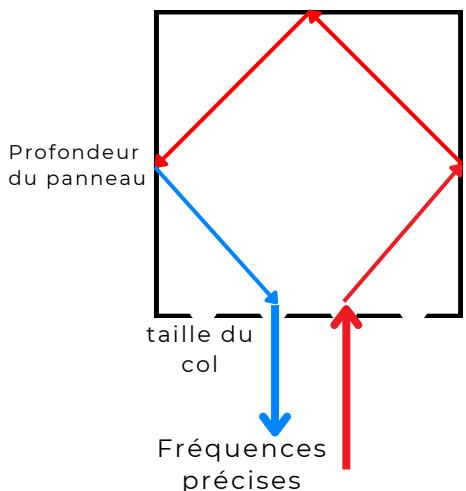
Les absorbeurs

Résonateurs



Helmholtz, boite à son

On a vu sur la phase qu'elle pouvait altérer l'espace fréquentiel. En amenant une réduction, un boost partiel ou total du son. Cette fois, on va l'utiliser en bien. Le but des absorbeurs résonateurs est de créer une boîte qui vibre. Sous cette vibration, la boîte émet un son qu'elle laisse échapper. Produisant une fréquence.



Ici, un panneau Helmholtz. La forme et la disposition des trous laissent passer l'air. L'air frappant à l'intérieur de la boîte rebondit, créant une nouvelle vibration (une fréquence). Cette fréquence ne va dépendre que de la profondeur du panneau et de la taille du col (le trou par lequel passe et sort l'air).

schéma 1 sans Helmholtz

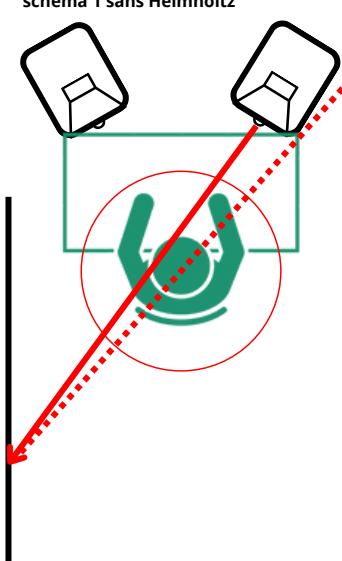
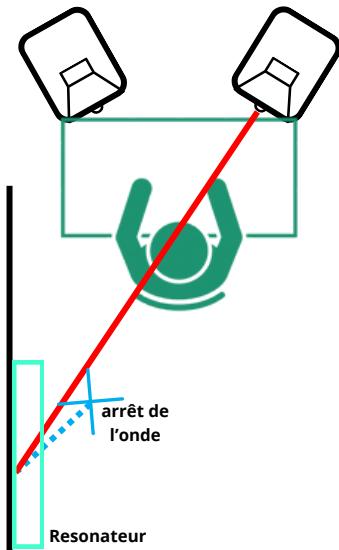


schéma 2 avec Helmholtz



Sur le schéma 1, sans panneau absorbant, l'onde tape le mur et continue sa course dans le sens opposé. Croisant ainsi les autres ondes, créant un mélange non cohérent pour tes oreilles entre le son des enceintes et celui réfléchi par ton mur. Dans le schéma 2, l'enceinte diffuse le son. Il rentre dans la boîte, la vibration à l'intérieur de la boîte s'échappe, créant une onde sonore précise s'annulant par opposition de phase.

Quand je dis que ton panneau doit résonner, c'est à l'intérieur de la boite. Les parois de ta boite ne doivent pas vibrer. Il te faut donc une bonne épaisseur pour tes panneaux. Une épaisseur « fine » de 3 mm par exemple, comme ce qu'on trouve en commerce, sera efficace dans les médiums haut médium. Une épaisseur plus élevée (22 à 25 mm par exemple) sera plus efficace pour les basses. Ce qui devient plus dur pour accrocher au mur.

Le mot Helmholtz vient du scientifique Hermann von Helmholtz. La résonance de Helmholtz est un phénomène de résonance de l'air dans une cavité. Il a mis au point des résonateurs sous forme de sphère pour étudier le son et la hauteur des notes. Leur principe est très proche des instruments à vent, ou plus bêtement de l'effet musical de souffler dans une bouteille pour en faire une flute. Ce phénomène n'est pas utilisé seulement dans la musique, mais dans l'aéronautique pour limiter le bruit de certains moteurs ou appareils, dans l'architecture pour éviter la propagation de certaines ondes. Mais aussi pour les enceintes qui sont équipées d'évent ou de basse reflex (on va y revenir). En soi, le principe est efficace. En revanche, il est pratique sur une seule plage de fréquences. Contrairement aux laines minérales ou aux mousses qui vont être plus globales sur l'absorption. C'est pour ça qu'on combine souvent Helmholtz + absorption. Mais en soi, une boite vide, ça marche.

Donc, pour utiliser ces résonateurs, il te faudra déjà connaître les fréquences que tu veux traiter.

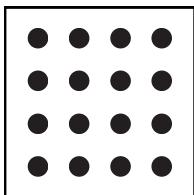
Je ne te conseille pas de faire une boite vide. Tu peux combiner cette technologie avec l'absorption classique (tu mets une laine minérale ou une mousse dans la boite) pour gagner en tranches d'absorption.

Petit rappel : plus ta boite sera profonde, plus elle sera efficace pour les basses. Un panneau de surface plus épais également.

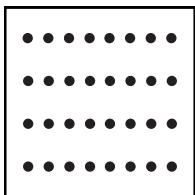
Pour les rendre plus optimisées pour les médium et bas médium, il te faut aussi prendre ces paramètres en compte :

La somme de toutes les surfaces des trous, plus elle sera faible, mieux c'est.

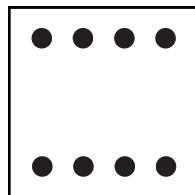
Le nombre de trous. Plus la globalité de la surface de ton panneau a des trous, plus le son entrera dans ta boite. Et donc, ton panneau sera plus optimisé dans la surface qu'il capte.



Trou Ø5 cm
= 40cm



Trou Ø1 cm
= 32cm

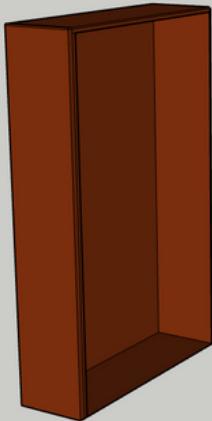


Trou Ø5 cm
= 80cm

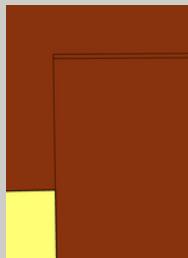
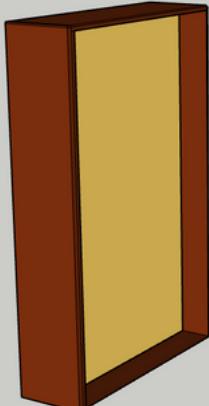
Pour calculer la somme de toutes les surfaces des trous, prends le diamètre du trou et tu multiplies par le nombre de trous. Exemple : dans mon panneau 1, les trous font 5 cm, il y en a en 16, donc $16 * 5 = 80$ cm. Le panneau deux est donc plus efficace avec 32 cm pour 32 trous, donc une captation plus grande que le troisième panneau qui n'a pas que 8 trous et rien au milieu.

Fabrication d'un panneau

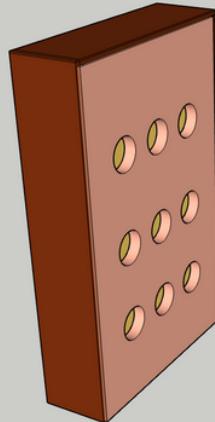
Fabriquer une boîte
en bois d'une
profondeur définie



Y déposer ton isolant
pour plus d'efficacité



Tu dois fermer ta boîte
hermétiquement ! Évite les
jours et fait en sorte que
l'air ne puisse pas sortir.



Fermer avec ton panneau
perforé d'épaisseur et de
forme définie.

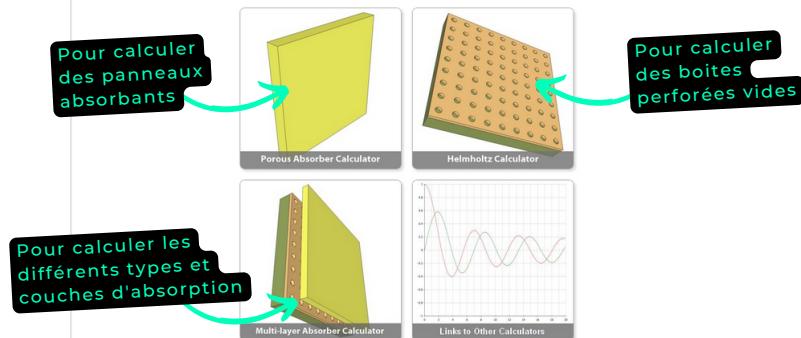
Conseil : fait des formes simples. Les simulations de calcul seront plus fiables.

Conseil : choisis un bois dense pour éviter d'avoir une boîte qui vibre.

Comme j'ai déjà dit, pour faire ton panneau, tu dois déjà savoir quelles fréquences te posent des soucis. Ensuite, tu dois réaliser des modèles pour voir quelle épaisseur de planches sera la meilleure, quelle profondeur est plus optimale. Pour cela, utilise le site

<http://www.acousticmodelling.com/>

acousticmodelling.com



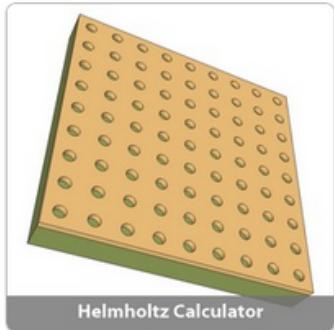
Dans l'ordre, on va voir le Helmholtz Calculator, le Porous Absorber Calculator et enfin le Multilayer Absorber Calculator.

note

Le « Helmholtz calculator » utilise le mode de calcul allard et champoux.

Pour un résultat utilisant le mode de calcul de Komatsu (page 134), choisis le mode : « Multi-layer calculator »

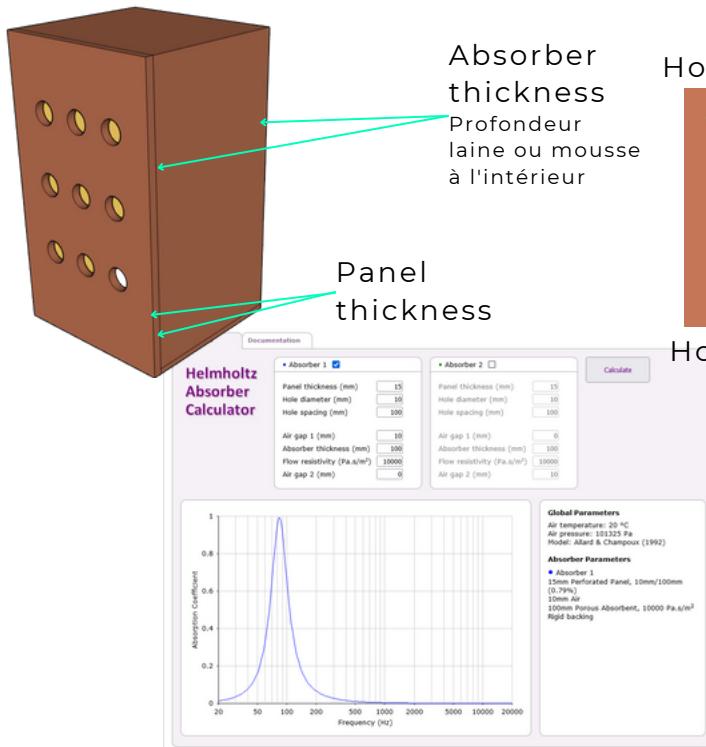
Helmholtz Calculator



Panel thickness : c'est l'épaisseur de ton panneau en millimètre.

Hole diamètre : le diamètre des trous

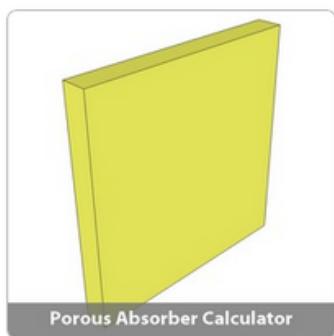
Hole spacing : c'est l'écartement entre chaque milieu des trous



Air Gap 1 : la distance en mm entre le panneau perforé et l'absorbant poreux.

AIR GAP 2 : la distance en mm entre l'absorbant poreux et le support rigide.

Porous Absorber Calculator



Porous Absorber Calculator

Simple, tu indiques la profondeur de ton panneau dans Absorber la thickness en millimètres.

Flow resistivity est souvent indiquée sur les laines minérales pour les mousses. J'ai trouvé cette référence sur Internet : 13078.

Air gap, c'est si tu laisses un vide entre le mur et le panneau.

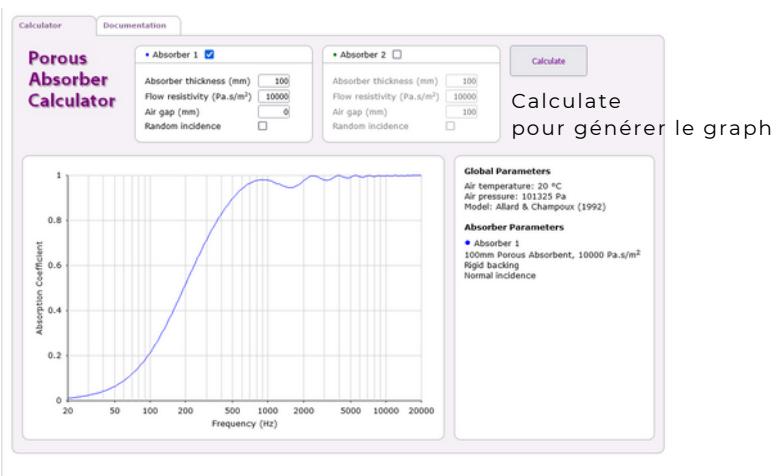
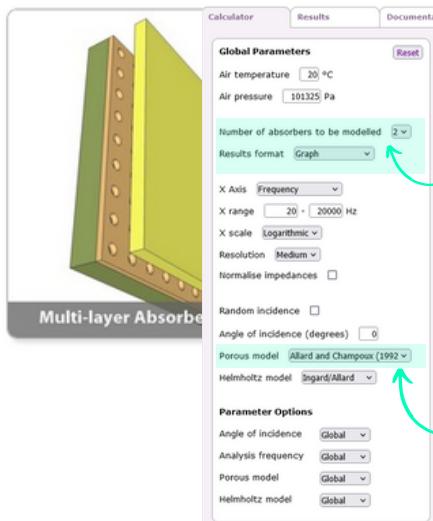


Table 1. Theoretical optimal structural parameters of the composite sound-absorbing structures.

Investigated Frequency Range (Hz)	Polyurethane Foam			Micropерфорated Poly(methyl Methacrylate) Panel			Optimal Average Sound Absorption Coefficient
	d_{pf} (mm)	σ (Pa.s/m ²)	ϕ	t (mm)	d (mm)	b (mm)	
100-1000	10	13078	0.956	0.3	0.29	12.79	0.3969
	10	13078	0.956	0.3	0.38	4.11	0.5179
100-2000	20	13078	0.956	0.3	0.48	6.51	0.5409
	20	13078	0.956	0.3	0.25	2.02	0.6611
100-1000	30	13078	0.956	0.3	0.39	4.59	0.6283
	30	13078	0.956	0.3	0.21	1.31	0.7374
100-2000	40	13078	0.956	0.3	0.36	3.71	0.6884
	40	13078	0.956	0.3	0.17	0.86	0.7849

Multi layer Absorber Calculator



Ce que tu peux surtout paramétriser, ce sont les zones en vert.

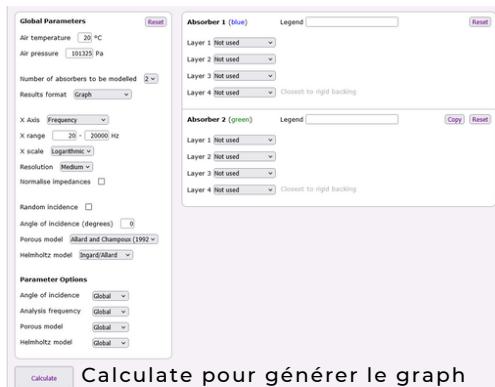
Le nombre d'absorbeurs que tu veux modéliser et le résultat donné. Pour faire des comparaisons

La formule mathématique utilisée pour le calcul du matériau absorbeur

Komatsu (2008)

Allard et Champoux : adaptés au calcul des panneaux absorbants. Méthode de calcul imposée par AcousticModelling dans les modes de calcul Porous et Helmholtz calculator.

En revanche, Komatsu sera plus efficace pour les basses trappes à « slot » et « perforé ». (Les résonateurs)



Absorber 1 (blue) Leg

Layer 1 Not used

Layer 2 Not used

Layer 3 Air

Layer 4 Porous Absorbent

Layer 5 Limp Membrane

Layer 6 Perforated panel

Layer 7 Slotted Panel

Clos Leg

Tu peux ensuite « composer » ton absorbeur comme tu veux. Entre une couche d'air, de matériaux absorbants, une membrane souple (on y reviendra), un panneau perforé ou un panneau à lame.

Absorber 1 (blue) Legend Reset

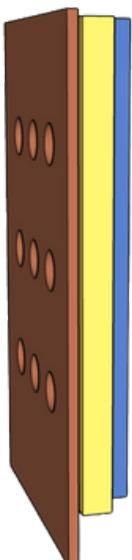
Layer 1 Perforated panel Thickness (mm) Hole diameter (mm) Hole spacing (mm)

Layer 2 Porous Absorbent Thickness (mm) Flow resistivity (Pa.s/m²)

Layer 3 Not used

Layer 4 Not used Closest to rigid backing

Dans ce chapitre, ce qui va surtout t'intéresser, c'est une couche de panneau perforé et une couche de matériaux adsorbant.



Une couche de bois (marron)

Une couche de matériaux (jaune)

Une couche d'air (bleu)

Imagine le tout dans une boite, bien sûr !

Les + des panneaux résonnateurs perforés

Les - des panneaux résonnateurs perforés

Terriblement efficace sur une zone de fréquences précise.

Peut s'accrocher au mur.

Peut être "décoratif"

Marche sur les médium bas médium

Plus d'efficacité pour moins de profondeur que les simples panneaux absorbants.

Plus tu veux de l'efficacité dans les basses, plus tu auras de poids et des besoins de profondeur.

Marche que pour une fréquence précise. Donc, peut être « inutile » si tu changes de room, par exemple.

Fabrication et calcul complexe

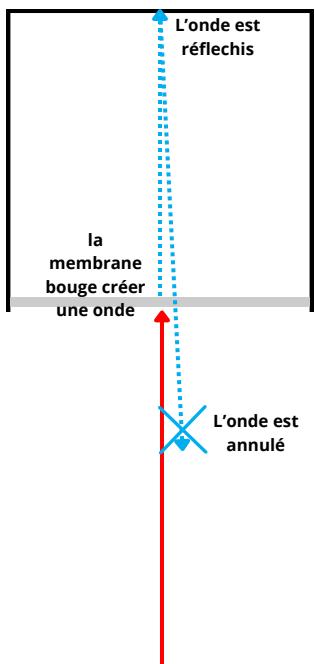
Les calculs peuvent ne pas s'avérer justes sur le terrain.

Doit être hermétique.

Les Membranes souples



Ce sont les derniers types de basses trap dont je vais parler ici. Comme pour le Helmholtz, le principe est de jouer avec la phase et l'opposition de phase. Mais cette fois avec un panneau constitué d'une membrane souple qui reflète les fréquences pour lesquelles il a été conçu. Comme une membrane d'une enceinte qui se mouvoit et fait vibrer l'air face à elle.



Si le principe est toujours aussi simple, la conception de ces basses trap ne l'est pas. Pour que ces bass traps fonctionnent, tu dois avoir une boite hermétique comme pour les Helmholtz. Donc déjà, pas simple de faire une boite hermétique tout en ayant une membrane qui « bouge ». Les calculs sont complexes et les simulateurs ne sont pas toujours précis. Donc il faut faire des tests des prototypes, ça peut devenir couteux et chronophage.

Le gros avantage, c'est de pouvoir avoir des taux d'absorption très élevés avec une profondeur ultra réduite. Pour des 100 hz, 5 cm peuvent suffire, pour des 50 hz, 10 cm, 15 cm iront. Mais la fréquence traitée est encore plus précise que le Helmholtz. Et du moment que tu veux absorber de larges zones de fréquences, il te faudra la même épaisseur que pour des panneaux perforés. Pour finir, ce genre de panneaux vieillit mal dans le temps. Si les membranes se détendent, elles ne produisent plus la même fréquence.

Tu peux concevoir ces panneaux de trois manières différentes. La carrée reste la meilleure forme géométrique :



Type piston



Le but est de faire un joint autour de la membrane. On est vraiment proche d'une membrane d'enceinte.



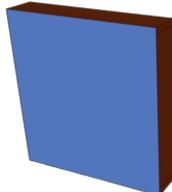
Type posée



Ici, la membrane est coincée dans une rainure de la même épaisseur.



Type encastré

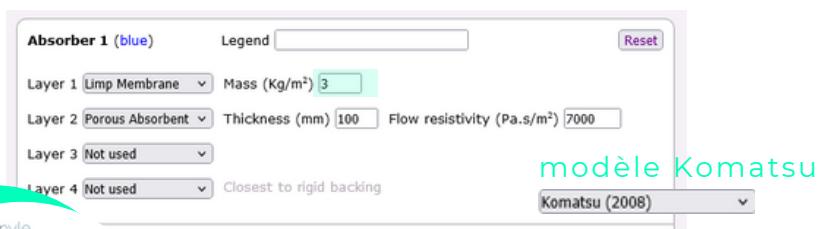


Ici, la membrane est posée/collée/agrafée par dessus la boîte. 100 % fermé hermétiquement

Pour la membrane, tu prends un support type vinyle (revêtement pour le sol). Ou une membrane rigide mais souple (fine planche de contreplaqué) qui s'assouplira moins dans le temps.

Une fois de plus, ces panneaux ne sont vraiment pas l'idéal : pénibles à construire, changent dans le temps, demandent des tests et des calculs pas toujours simplifiés par les simulateurs. D'ailleurs, le simulateur Acoustics Modeling ne simule que les types piston.

Pour faire une simulation, rien de plus simple.



de sol vinyle

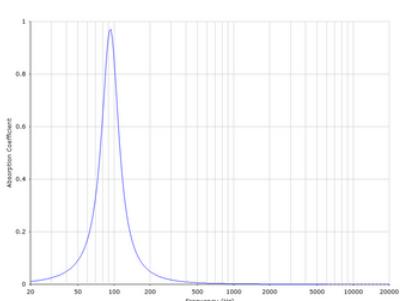
... 32-913-5005

évènement de sol en vinyl pour équipement des EPA

- Résistance de surface : $R_{pp} < 10^8 \Omega$
- Résistance à la terre : $R_g = 10^7 \Omega$
- Longueur de rouleau : 25m
- Poids du rouleau : 112 kg
- Épaisseur : 2,0 mm
- Poids : 3000 g/m²
- Surface : lisse
- Face intérieure : sablée

Conforme à : IEC 61340-5-1

Indique le poids de ta membrane en kg/m². Puis la profondeur d'absorption dans le fond de la boîte. Laisse un jeu entre la membrane et ton matériau absorbant pour qu'elle puisse se mouvoir.



Les résultats sont épataants, c'est vrai. Avec 10 cm, je peux absorber les 100 Hz. Mais la réalité peut être très différente.

Voilà, ce sont vraiment des basses trap/médium trap intéressantes, mais qui pour moi ont trop de contraintes pour le peu que ça ramène. Généralement, dans les studios et les home studios, on veut traiter une large zone de fréquence. Ces panneaux peuvent être bien après avoir éliminé 85 % des soucis pour affiner ton traitement.



Sur le Net, certains recommandent d'utiliser Komatsu, d'autres Allard et Champoux. Si tu veux faire ton choix, sache qu'Allard et Champoux est généralement la meilleure option en termes de précision. Cependant, si tu n'as pas de données expérimentales et que tu dois estimer les coefficients d'absorption en utilisant des données géométriques et des propriétés de matériau, la méthode de Komatsu sera un choix qui apportera des résultats plus fidèles.

Bref, Allard Champoux, bien pour les panneaux, car on connaît les données techniques des AFR des laines et de la mousse. Mais avec du Helmholtz et des panneaux réfléchissants, on est limité aux données géométriques de notre boîte et à la propriété du matériau, donc plus tôt Komatsu. Tu peux trouver les rapports des deux thèses en ligne.

Les sub et les basses

Je crois l'avoir déjà dit, mais les basses sont tes pires ennemis en acoustique.

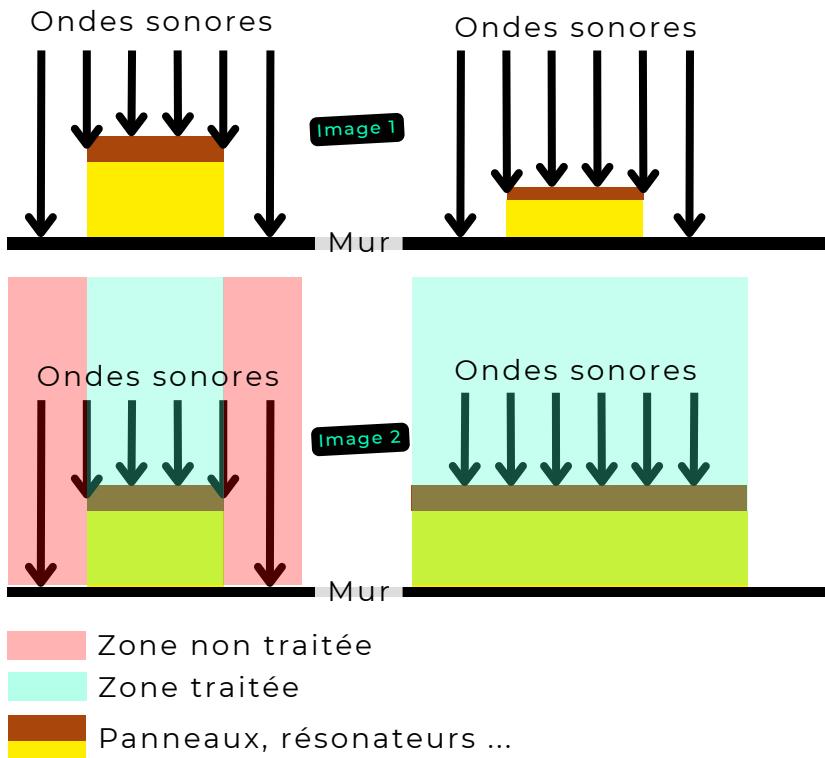
Si tu as de gros soucis en dessous des 70 hz, il va falloir y remédier et ça demande de l'investissement, du temps, des connaissances et de l'argent. Tu peux reprendre le calcul de tout à l'heure pour connaitre combien de profondeur de matériau absorbant tu as besoin pour une fréquence à 55 Hz par exemple, tu verras que c'est énorme.

Donc attention si tu ne peux pas faire de gros travaux acoustiques (tu n'es que locataire, tu n'habites pas seul, etc...). Avoir des enceintes avec des sub qui tombent bas ou des enceintes bi-voix, ça ne va pas t'aider. Tu auras de meilleurs résultats et un meilleur acoustique avec des enceintes de proximité.

Avant de continuer sur les derniers chapitres. Je veux que tu comprennes bien une chose. Quand tu vas réaliser ton acoustique, tes traitements, donc les panneaux, les résonateurs ou n'importe quelle autre technologie. Il faut vraiment que tu dissocies deux choses.

Un : les caractéristiques de tes composants, donc tout ce qu'on vient de voir dans le simulateur. En changeant ces paramètres (profondeur des matériaux, espacement et taille des cols pour les Helmothz...) tu changes le comportement de ton traitement sur le plan fréquentiel.

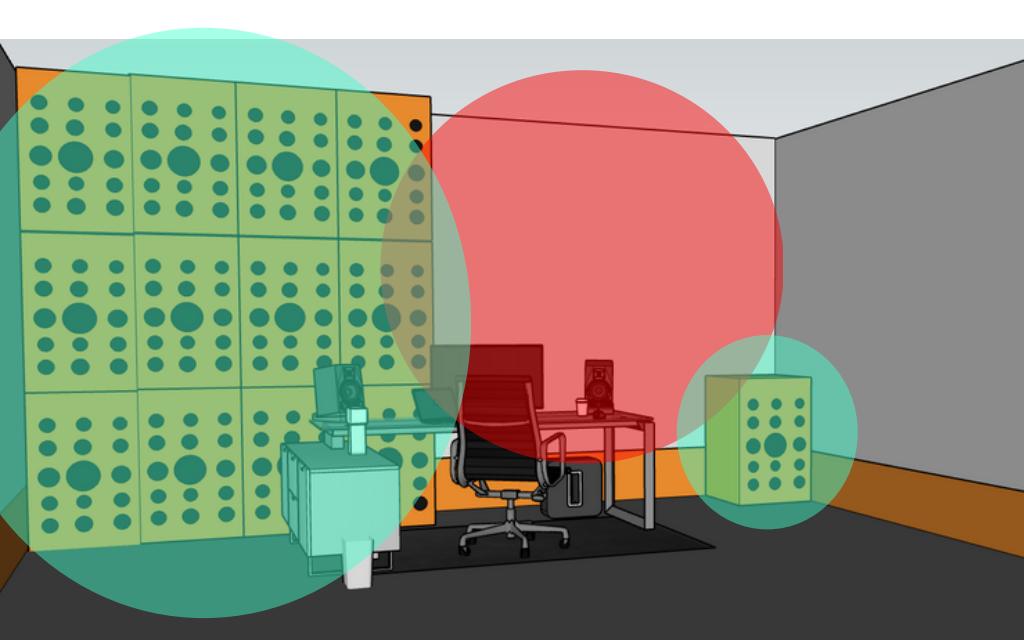
Et deux : la largeur, la hauteur, elle va influencer la zone d'efficacité de ton traitement.



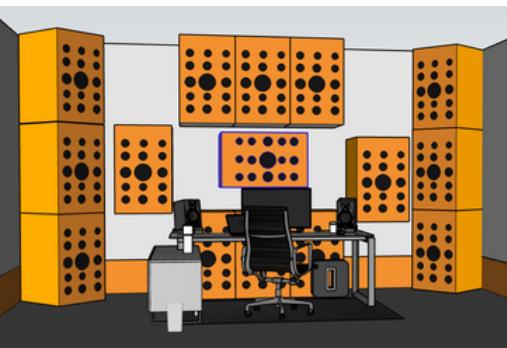
Sur l'image 1, on voit que mes panneaux ont des profondeurs différentes. Donc, il y a un changement dans les caractéristiques du panneau : chacun aura un coefficient d'absorption défini et propre à son rapport de volume entre chaque matériau.

Dans l'image 2, les panneaux ont les mêmes caractéristiques, celui de droite est juste plus large, donc couvre une plus grande surface permettant d'absorber plus d'ondes dans la zone où il se situe. En revanche, les deux panneaux ont exactement les mêmes coefficients d'absorption et agissent sur la même tranche de fréquences.

Donc, quand tu fais ton traitement, faut que tu penses à construire tes panneaux en fonction de la zone où il sera placé et de son efficacité dans les fréquences. Je veux dire par là qu'autour de tes enceintes, tu vas avoir plus de basses, donc ton traitement sera différent qu'ailleurs dans ta pièce. Et bien sûr, ce n'est pas un tout petit panneau même bien pensé pour l'absorption des sub qui va absorber tout dans ta pièce.

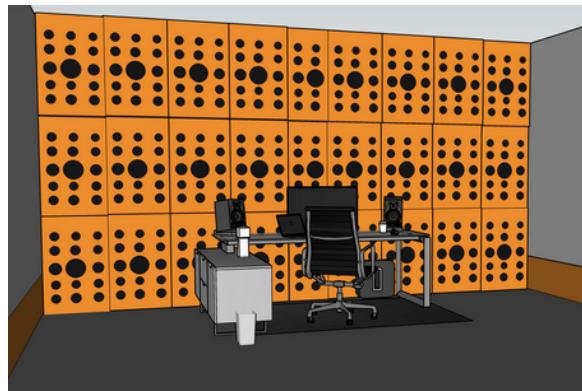


Zone verte, mes caissons agissent. Zone rouge, ils n'ont aucune efficacité.

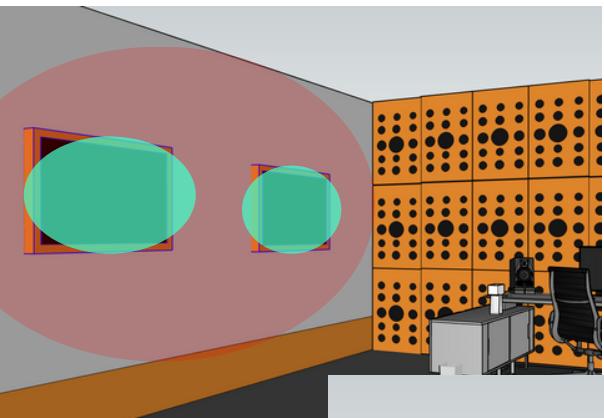


Tu peux travailler précisément, viser les zones qui seront des directs retours pour tes oreilles.

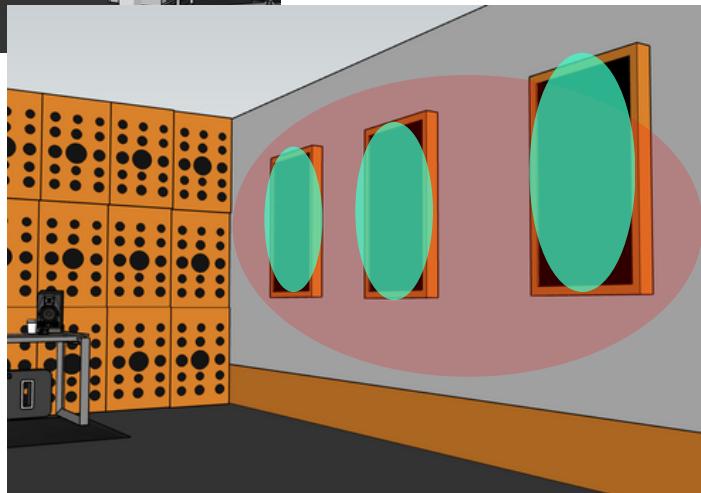
Où alors travailler large pour régler tous les problèmes en une fois.



Pareil pour les panneaux, leurs placements seront dans la zone d'absorption, mais pas autour.



Ici, je recouvre plus la longueur, mais moins la hauteur.

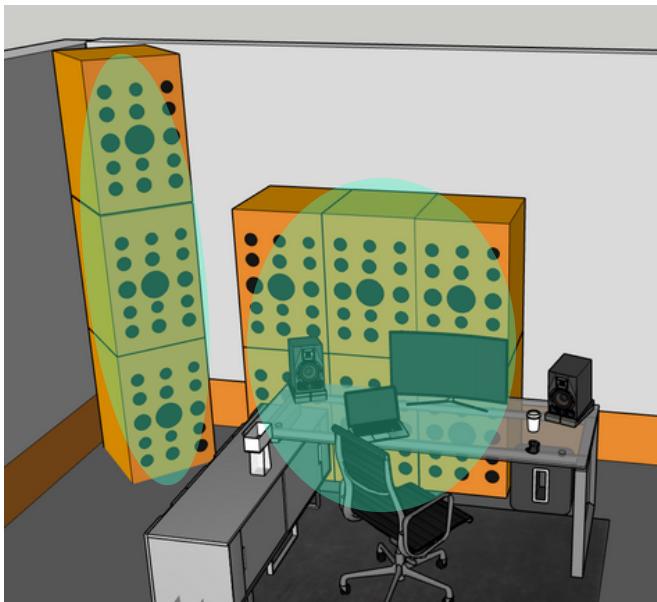


Ici, c'est l'inverse

Laminaire

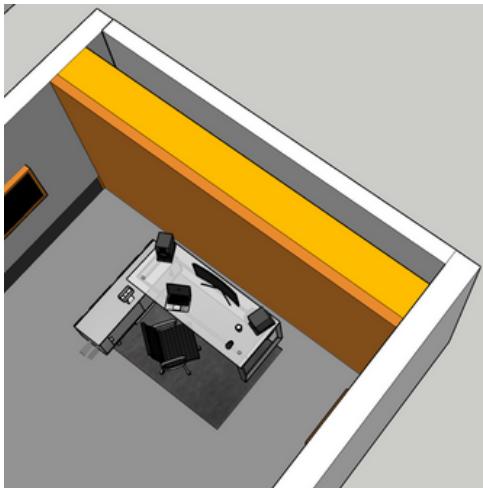
Tu dois te dire surement que faire des boîtes de 1 mètre de profondeur avec une épaisseur de bois de 10 cm ça risque d'être lourd à accrocher au mur et effectivement. En plus, je te rappelle que si tu veux que ton résonateur marche, il doit être 100 % hermétique.

Une fois tes calculs faits pour absorber les basses, deux choix s'offrent à toi. Soit tu construis des boites bien hermétiques et tu les empiles.

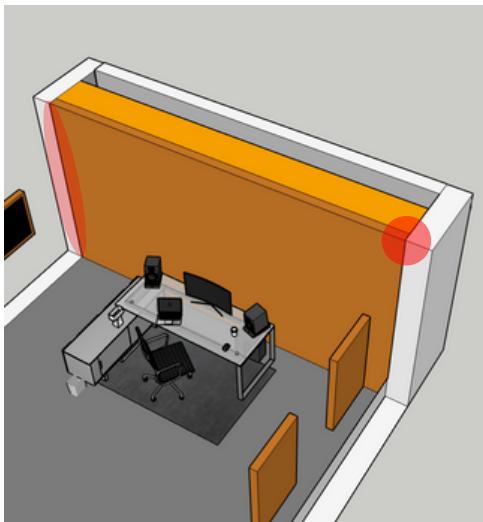


Mes blocs une fois assemblés ne forment qu'une zone d'absorption. Mais si je sépare mes blocs, je crée deux zones qui marchent indépendamment.

Une autre option ultra efficace et utilisée dans plein de studio est d'utiliser le mur arrière comme le fond de sa boîte résonateur.



Le côté et le mur arrière me permettent de faire une partie de ma boîte. Il me reste à mettre mon panneau à trou, ma laine et je peux même laisser du vide.



Si je coupe le reste du mur, on retrouve cette forme de boîte. Mais attention, assure-toi une étanchéité à l'air à 100 % à l'intérieur pour que l'air ne puisse pas sortir des extrémités du mur.

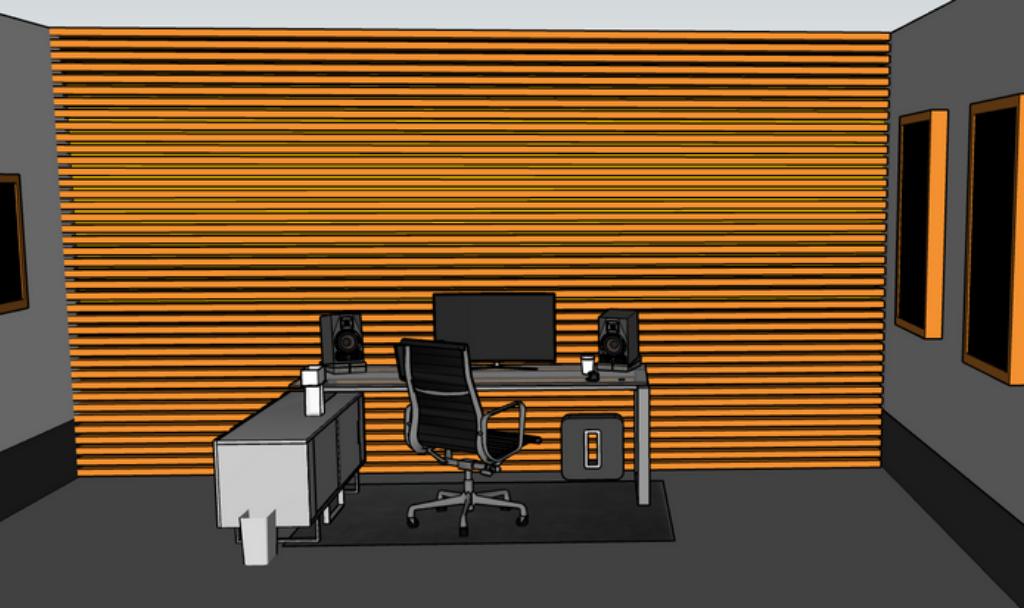


Dernière technique, car tu n'as peut-être pas envie de poser une planche de plusieurs mètres carrés et d'y percer des petits trous tous les 60 mm. Ce sont les résonateurs à lame ou laminaire.

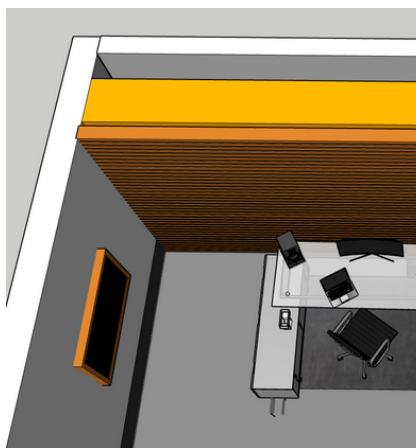
Au lieu de faire des trous dans un panneau. Tu crées « un mur » avec des lames que tu espaces régulièrement. Mais le principe reste le même : le son entre dans la boîte et ressort par les espaces ouverts. En sortant, il produit une nouvelle onde qui annule celle ciblée.

C'est comme pour un event de basse sur une enceinte : certains auront des events ronds et d'autres des events en formes de fentes.



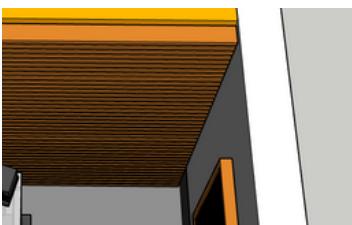


Les espacements sont peut-être un peu larges sur mon schéma 3D. Mais tu comprends le principe.



Toujours pareil, derrière tes lames, tu y mets ton pare-vapeur, ton absorbeur et tu peux laisser du vide pour l'efficacité.

L'air doit seulement passer par les fentes des lames. Il ne faut pas qu'elle puisse sortir des extrémités du mur.





Si tu as à déménager et à changer de room assez régulièrement, tu peux aussi te fabriquer des boites comme pour les Helmholtz et tout assembler en t'assurant que tout soit hermétique entre les boites.

Absorber 2 (green) Legend SP Copy Reset

Layer 1 Slotted Panel Thickness (mm) 60 Slot width (mm) 6 Slot spacing (mm) 78

Layer 2 Porous Absorbent Thickness (mm) 280 Flow resistivity (Pa.s/m²) 4000

Layer 3 Air Thickness (mm) 280

Layer 4 Not used Closest to rigid backing

Pour calculer tes panneaux laminaires sur le site AcousticModelling, utilise le layer slotted panel.

Absorber 2 (green) Legend SP [Copy](#) [Reset](#)

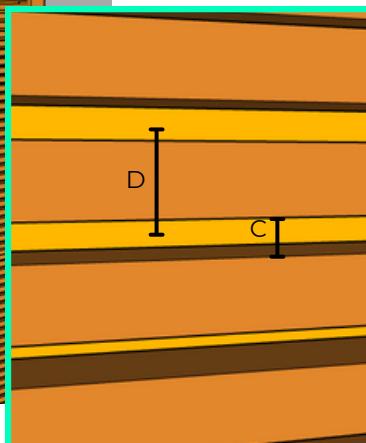
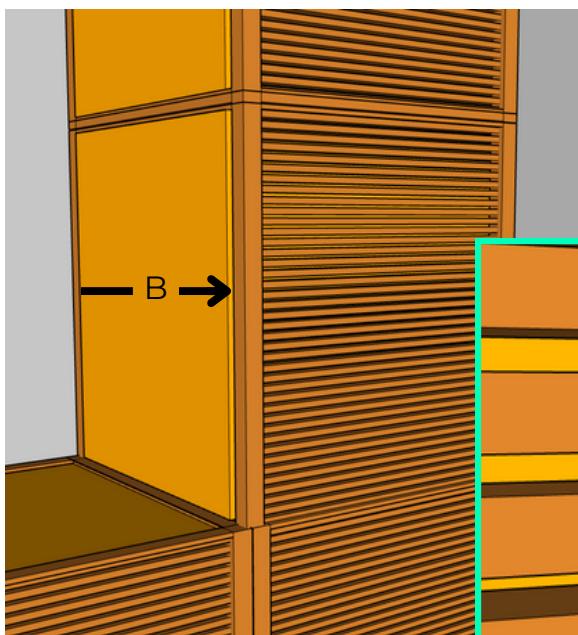
Layer 1	Slotted Panel	A	Thickness	B	60	Slot width	C	6
						Slot spacing (mm)	D	78
Layer 2	Porous Absorbent		Thickness (mm)	280		Flow resistivity (Pa.s/m ²)	4000	
Layer 3	Air		Thickness (mm)	280				
Layer 4	Not used		Closest to rigid backing					

Pour calculer tes panneaux laminaires sur le site AcousticModelling, utilise le layer :
Slotted Panel (A)

Le thickness (B) : c'est l'épaisseur de la lame.

Slot width (C) : l'espacement entre les lames

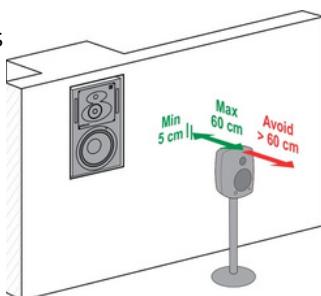
Slot Spacing (D) : la dimension entre le milieu de deux espacements

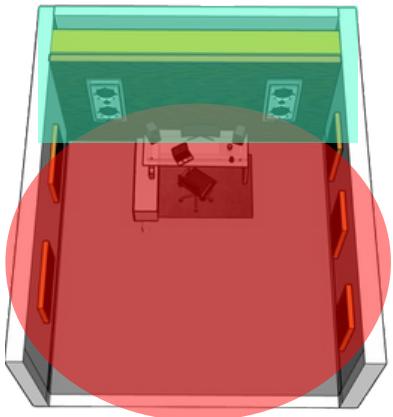


Encastrer les enceintes

On l'a dit, le son diffuse en 360° et les principaux soucis auxquels tu t'exposes dans l'acoustique d'une pièce sont les réflexions causées par tes murs. Donc, pour éliminer une partie des soucis, beaucoup d'acousticiens ou de studio utilisent leur mur arrière comme caisson pour leur enceinte. En encastrant l'enceinte dans un mur. Le mur devient la boîte de l'enceinte et donc tu t'évites pas mal de réflexion, due à l'arrière de tes enceintes.

GENELEC en fait part dans ses recommandations sur la distance des enceintes.





Cette façon de faire évite les réflexions de l'arrière et ne pose plus de soucis sur la distance à avoir entre toi et le mur derrière les enceintes.

Mais c'est une technique qui demande pas mal de moyens. Faut pouvoir encastrer ses enceintes dans un mur prévu à cet effet. Il faut également une bonne profondeur d'isolant ou de mur pour que le son ne se diffuse pas. Ne pense pas faire ça avec un mur très fin ou une planche sans profondeur qui ne pourra pas absorber le son. Ton mur ne doit pas vibrer, sinon il risque de rediffuser du son. Et ta boite doit être parfaitement hermétique au niveau des jointures.

Pour les types d'enceintes, ça, c'est à toi de voir. Tu peux encastrer des enceintes qui ont déjà un caisson. Mais assure-toi que l'évent de basse, s'il y en a un, ne soit pas derrière les enceintes. Sinon, des enceintes encastrables existent. Mais de nombreux studios les fabriquent eux-mêmes.

04

Chapitre 4 : Absorption

À RETENIR

Éviter les produits commercialisés Fait de toi-même, mais rigoureusement.

C'est la profondeur de ton traitement qui est réellement utile.

Utilise les techniques d'absorption Helmotz et laminaire pour viser les zones des très basses fréquences.

Les techniques à membranes durent moins dans le temps.

N'absorbe pas trop. Max 30% de ta salle



V

Diffusion

La diffusion

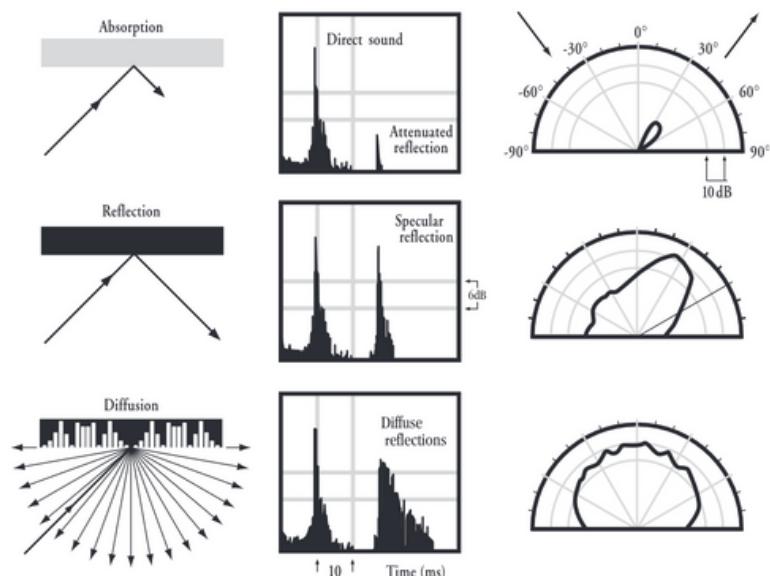
un espace vivant

Un espace vivant

La diffusion est arrivée dans les années 80. Mais c'est en 2000 qu'on voit se construire des studios basés sur le système Free Zone. Comme le Black Bird Studio que l'on voit page 50. La méthode Free Zone ou la LEDE sont au final assez similaires. On casse par de l'absorption ou de la diffusion les réflexions sonores pour éviter les ondes stationnaires.

L'absorption n'enlève pas vraiment les réflexions, elle les réduit. C'est pourquoi aujourd'hui, la méthode LEDE est contestée. Elle amènerait des pièces trop sourdes, « mortes ». Et une pièce trop absorbée, c'est pas bon non plus. En moyenne, 30 à 50 % des murs de la pièce doivent être traités. Mais tu peux tout absorber et rediffuser. La diffusion vient alors redéfinir la façon de voir l'acoustique dans les studios. Est-ce mieux de diminuer les réflexions ou de les rediffuser ?

Là, tu dois être perdu. Tu as lu 150 pages et durant les 150 pages, je t'ai dit que la réflexion n'était pas une bonne chose. Oui ! Mais les réflexions similaires. On en revient à notre phase et à comment se mélange le son dans ta pièce. Tout là est le but du diffuseur. Renvoyer le son, mais de manière dispersée. Casser l'onde sonore pour qu'elle n'ait plus aucune corrélation avec la première.

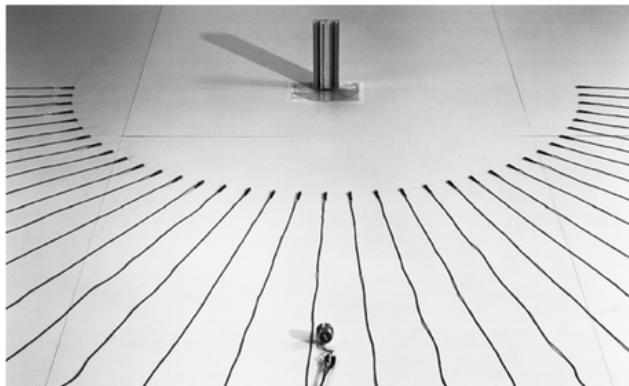


Schroeder diffusers (QRDs1).

Premier diffuseur mis en place



Ces premiers diffuseurs, qu'on peut appeler diffuseur 1D ou QRD ou diffuseur de Schroeder. Permettent seulement de diffuser le son sur un axe de 180°. Comme on peut le voir sur cette photo de l'époque qui montre une des techniques de mesure pour un diffuseur QRD.



C'est donc un diffuseur particulier qui n'est pas le plus efficace. Il doit être positionné face à la source émise. Voilà pourquoi on retrouvait ce genre de diffuseur sur le mur derrière les ingénieurs son dans les studios de l'époque.



Le QRD et les autres qu'on va voir. Ce ne sont que des séquences. Des acousticiens mettent au point des séquences qui mathématiquement sont pensées pour bien diffuser le son.

Ensuite, les constructeurs utilisent la forme et le brevet de ces séquences pour produire des diffuseurs. Je vais y revenir.



Les autres
formules :

**La formule
PRD**

La formule LSD

**La formule
PWRD**

Toutes ces formules s'inspirent du modèle QRD qui utilise comme base un nombre premier pour définir le nombre de colonnes et de lignes du diffuseur. Un nombre premier en math, c'est un nombre qui ne peut que se diviser par lui-même ou par un. C'est Schroeder qui était persuadé qu'utiliser un nombre premier serait plus efficace pour les simulations et la construction. Les modèles PRD, LSD et PWRD sont arrivés ensuite et se basent aussi sur les nombres premiers. Le PRD lui se base en plus sur le concept mathématique issu de l'arithmétique modulaire. Permettant également de donner une suite de nombres à nos séquences de diffusion.



diffuseurs Skyline



diffuseurs QRD

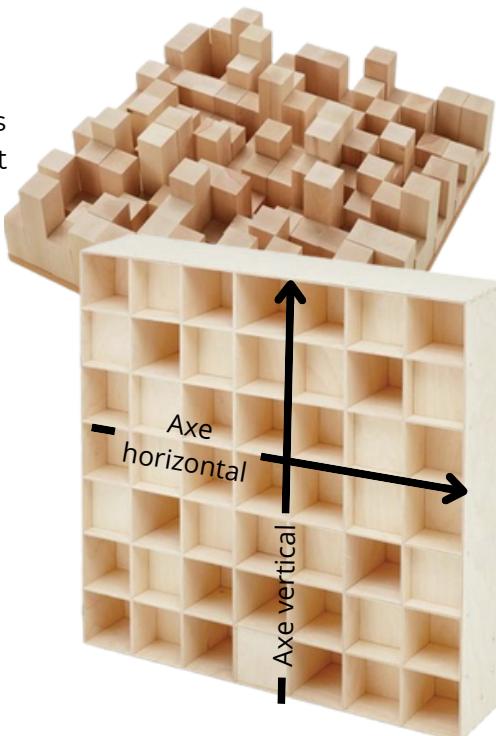
Je vais déjà faire un grand résumé de tout ça.

Alors, on a deux aspects super importants, c'est savoir si ton diffuseur diffuse sur un plan 1D ou 2D.



Les modèles 1D sont les diffuseurs qui marchent sur un axe. Ici, on voit bien que peu importe si le diffuseur est creux ou avec des lames, il reste sur un axe.

Les modèles 2D sont les diffuseurs qui marchent sur deux axes. Ici, on voit bien que peu importe si le diffuseur est creux ou avec des lames, il agit sur deux axes. Il est composé de colonnes et de lignes.

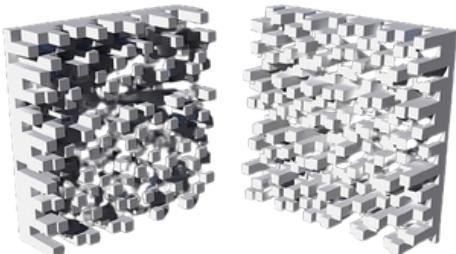


Les termes QRD, PRD, LSD, PWR ne sont que des formules mathématiques qui permettent de définir le placement et le nombre de lignes et/ou de colonnes d'un diffuseur.

Ces lignes et colonnes seront en réalité des creux ou des bosses (des puits et des bâtons). Donnant une surface non plate ayant pour but de disperser l'onde de manière équivalente dans le plus de directions possibles et de manière régulière et décroissante dans le temps.

En gros, si tu décides toi de construire tes diffuseurs. Tu devras choisir parmi ces séquences pour attribuer le nombre de bâtons ou de puits selon ton diffuseur et sa taille.

La diffusion permet, au contraire de l'absorption, de casser les ondes similaires qui se reflètent et donc de réduire les effets de phase néfastes. L'absorption ne fait que réduire ses réflexions, la diffusion permet de les diviser en plein d'énergie pour éviter les cohésions de phase et avoir une pièce plus vivante qui se noie dans le son.



la formule MLS
la formule
MDD

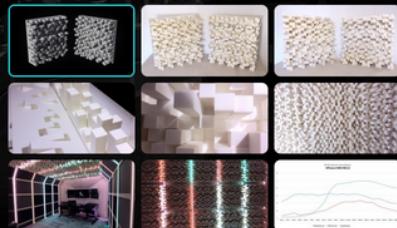
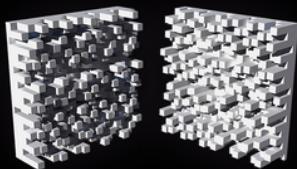
Ces deux formules, je les mets à part, car elles ne se basent moins sur les recherches de Schroeder. Mais plus celle d'Andy Mac Door (pour les séquences MDD) et de Bogic Petrovic pour la MLS. Enfin, elle reste basée sur les séquences QRD PRD LSD ou encore PWRD. Met elle amènes du neuf.

Malheureusement, les reproduire n'est pas possible. Tout est sous brevet et dans tous les cas, voilà ma recommandation.

Si tu veux pas t'embeter

Si tu as peur de ne pas savoir gérer les calculs, ne pas être sûr d'avoir la meilleure des formules. Je te conseille grandement de commander ceux sur la boutique officielle d'Andy Mac Door. Il les commercialise lui-même, ils sont 4 fois moins chers et 100 fois plus efficaces que les modèles qu'on trouve sur Thoman par exemple.

16%



DIFFUSEUR ACOUSTIQUE MDD-400-16

À PARTIR DE

55,00 € la paire

au lieu de 100,00 €

sous un prix de revient de 27,50 € par diffuseur

Paire de diffuseurs acoustiques constituée d'un diffuseur de type A et de son inverse de type B. Ces deux types sont mutuellement en miroir l'un par rapport à l'autre, dans le but d'éviter les corrélations de phase problématiques qui se produisent lorsque deux éléments identiques sont placés à proximité.

Chaque diffuseur est formé de 20 lignes préalablement préécoupées, à assembler en les juxtaposant les unes aux autres.

REMISE SUR LA QUANTITÉ

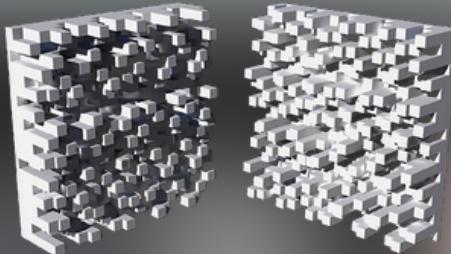
Nombre de paires	Pourcentage de remise	Prix de la paire	Prix d'un diffuseur	Vous économisez
1	15%	85,00 €	42,50 €	15,00 €
2	25%	75,00 €	37,50 €	50,00 €
3	35%	65,00 €	32,50 €	105,00 €
6	45%	55,00 €	27,50 €	270,00 €

Nombre de paires souhaitées

1



AJOUTER AU PANIER



Sa formule de calcul permet un nombre impressionnant de bâtons par diffuseur, ce qui permet une dispersion importante.

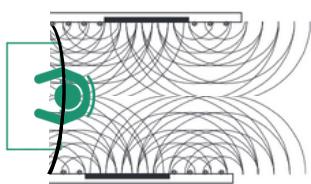
DIFFUSEUR

ACOUSTIQUE MDD-

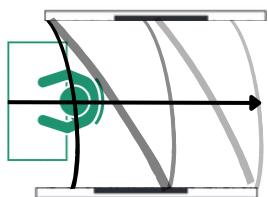
400-16

Un espace vivant

Donc en soit, la diffusion serait bien meilleure que l'absorption. Car elle te permet de baigner ta pièce dans le son sans y avoir de soucis de phase. C'est ce que résume mon schéma juste en dessous. Prends-le avec des pincettes. Je veux juste te faire comprendre les choses.



Ici, quand l'onde tape les diffuseurs L'onde est renvoyée en plein de lobes d'énergie qui diminuent de façon continue et homogène dans le temps.



Ici, quand l'onde tape les absorbeurs. L'onde est dupliquée, mais atténuée pour que ça ne soit plus audible pour toi.

Attention, je vulgarise. Mais tu vois bien, dans le schéma de la diffusion, les lobes d'énergie se croisent, mais il y a peu de chance qu'un lobe d'énergie parasite en phase avec un autre. Dans le second schéma, beaucoup plus. On voit clairement le souci d'ondes stationnaires qui se renvoie l'information à chaque réflexion. Car une fois de plus, l'absorption ne supprime pas les réflexions, mais les diminue en volume et en propagation (en énergie).

Comme l'absorption, la diffusion se calcule et sera plus au moins efficace en fonction de sa conception (surtout les diffuseurs trouvables en commerce sur Thomman ou autres sites marchands dans le son). Comme pour l'absorption, on est limité par des contraintes physiques ou dans ton espace (accueillir des diffuseurs de 6 mètres de long, c'est peut-être peu envisageable).

Si tu veux faire de ta salle de mix un endroit vivant et « moderne », pas une pièce morte. Ce serait bien de voir jusqu'à quelles fréquences tu peux diffuser. Par exemple, si tu peux diffuser jusqu'à 1000 Hz, peut-être que des panneaux absorbants ne seront pas utiles. Tu absorbes les soucis que tu ne peux pas absorber avec tes diffuseurs (ou diffuser plutôt). Donc les fréquences en dessous de 1000 Hz avec des techniques comme les laminaires, les Helmothz, les basses membranes, à toi de voir. Mais les autres fréquences au-dessus des 1000 Hz seront gérées acoustiquement par tes diffuseurs, évitant ainsi d'ajouter des panneaux et de l'absorption en plus dans ta salle.

Je pense que le Black Brid (le studio avec plein de diffuseurs, page 50) est conçu sur ce principe. Les diffuseurs doivent agir jusqu'aux fréquences basses (vue la taille des diffuseurs) aux alentours des 100 Hz et le reste de « 100 Hz à 20 Hz » est géré par de l'absorption dans les murs.

Pour en finir avec la diffusion, on va voir deux derniers points.

1. Comment on calcule les diffuseurs et comment on peut savoir lesquels sont réellement efficaces si on les achète ?
2. Comment on les place ?

CALCUL DE LA DIFFUSION

Pour connaître la fréquence la plus basse qu'il diffuse :

(Vite du son / profondeur maximale des cellules en mètres) $\div 2$

$(344/0.16) \div 2 = 1\ 075$ Hz pour les diffuseurs d'Andy Macdoor

Pour connaître la fréquence la plus haute qu'il diffuse :

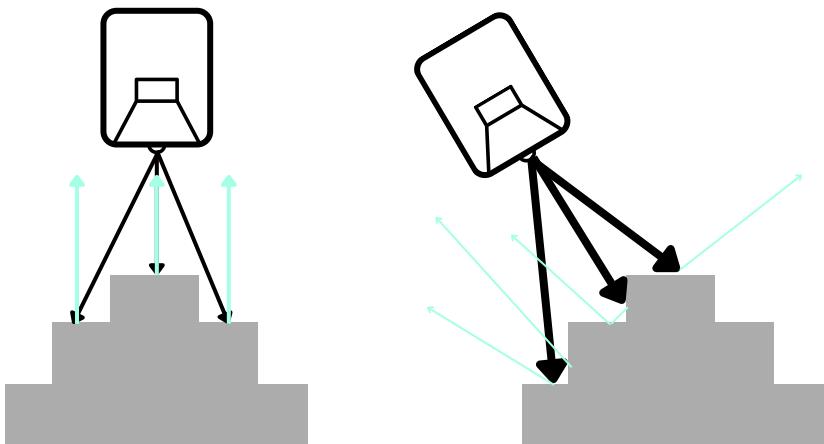
(Vite du son / largeur des cellules en mètres) $\div 2$

$(344/0.029) \div 2 = 5\ 931$ Hz pour les diffuseurs d'Andy Macdoor

J'ai trouvé mes références sur le site d'Andy Macdoor, car je ne trouvais pas ces informations chez certains autres constructeurs. Bizarre non, ahah ?

CARACTÉRISTIQUES & TECHNIQUES	
Bi-dimensionnel en demi-sphère	
278 Hz - 14 768 Hz	
150 mm	
29,75 mm (en moyenne)	
160 mm	
Plage de diffusion acoustique	
Profondeur maximale des cellules	
Largeur des cellules	
Largeur des cellules bâtons	
400	
Aucune, chaque cellule	

Mais tu penses vraiment que des formules si simples vont permettre de calculer précisément l'efficacité d'un diffuseur. Malheureusement, non. C'est la théorie contre la pratique.



Si tu as ta source sonore pile en face, OK, ce calcul peut marcher.

Si, au contraire, ta source n'est pas pile dans l'axe des réflexions. Ce calcul n'est pas très fiable. Due aux nouvelles réflexions créées par l'angle de diffusion

Tu l'avais déjà peut-être compris avec la photo de la prise de mesure d'un diffuseur 1D à l'époque.

Mesurer, modéliser et concevoir des diffuseurs, c'est ultra complexe. La plupart des personnes qui construisent leurs diffuseurs font simple. Ils reprennent des séquences existantes et utilisent des calculateurs en ligne pour concevoir leurs diffuseurs.

C'est une technique qui marche et tu peux avoir de meilleurs diffuseurs que ce qui est achetable sur le marché. Mais n'inventes rien, utilise des séquences et des calculs qui sont déjà mis en place.

Site hifi audio design

HIFI AUDIO DESIGN

Home | Loudspeaker | Acoustic | Calculators | Soft & Hardware | Electronic | Measurement | Links/Downloads | Library | Contact

Calculator with given Column width & max. Column length

Column width cm ← Largeur des cellules et

max. Column length cm ← La profondeur maximale des cellules

Calculation Results

Frequency low = Hz ← Résultat : des fréquences diffusées.

Frequency high = Hz

Diffuser width / length = cm ← Caractéristique du diffuseur : Largeur / longueur du diffuseur

max. Column length = cm

Column width = cm

0 : cm
1 : cm
2 : cm
3 : cm
4 : cm ← Nombres et tailles des batons

width = cm

0	3	4	1	2	3	3	1	4	2	3	3
3	0	1	4	2	1	3	3	2	1	1	3
3	1	1	3	1	3	2	1	0	2	2	2
2	2	2	0	4	3	2	3	2	1	1	2
3	3	1	1	3	1	3	4	3	1	3	2
2	3	2	1	2	0	3	2	4	2	1	0
2	3	2	1	3	1	2	3	1	3	4	2
2	0	2	4	4	0	1	2	1	4	2	2
3	4	1	0	1	3	3	1	0	2	3	3
1	3	3	1	2	4	1	2	0	1	3	1
2	1	2	3	1	3	3	2	4	2	3	4
2	4	2	3	3	1	1	2	0	3	1	0

width = cm ← Schéma de construction

Voilà, tu n'as plus qu'à sortir ta colle à bois, ta scie sauteuse pour couper les tasseau et assembler ton panneaux diffuseur selon le schéma.

Le premier soucis est que ce type de calculateur ne te permet que de réaliser des PDR de type bâtons ou à puits si tu remplaces les tasseaux par des cavités, mais c'est plus complexe à réaliser.

Et deuxièmement, ils ne sont en aucun cas sur. Car entre la théorie et les résultats qu'il t'affiche, l'angle du diffuseur par rapport à la source émise n'est pas pris en compte.

Si je te mets en garde, ce n'est pas pour te dire de ne pas en construire, mais surtout de faire attention à ceux que tu achètes, parfois très chers, mais qui n'ont aucune utilité. Parfois même, les caractéristiques qu'ils affichent ne sont pas cohérentes par rapport aux recherches des acousticiens. Il y a vraiment beaucoup de produits mal conçus dans ce domaine. Car les calculs et les modélisations demandent trop d'investissement. Il faut des milliards de mesures pour écouter les lobes d'énergie, des pièces vides sur plusieurs centaines de mètres carrés pour enregistrer une capacité de diffusion. Cet investissement n'est malheureusement jamais envisagé par les constructeurs et les chercheurs, car le budget ne le permet pas. La diffusion n'est pas un domaine qui rapporte beaucoup financièrement, donc financer toutes ces recherches et études pour vendre trois diffuseurs en plus et « prouver » que cette séquence est meilleure qu'une autre n'a pas vraiment un intérêt aux yeux du monde et du commerce.

Les fabriquer toi, c'est mieux. Et ça peut t'éviter de dépenser 300 euros dans un panneau fait avec un calculateur.

Que tu les construise toi ou que tu les achètes. Vérifie toujours avec des mesures le changement que ça t'apporte !

Comment on les choisit ?

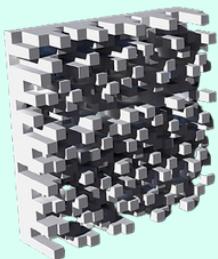
Si tu veux en acheter pour ta cabine de mix, n'hésite pas : si les MDD 400-16 de Andy Mac Door sont toujours disponibles, fonce !

Sinon, voilà quelques conseils pour éviter les pièges.

1. La largeur et la profondeur des cellules

La largeur définit la diffusion des fréquences hautes. Plus ton panneau a de petites cellules, plus il sera efficace dans les hautes fréquences.

La profondeur des cellules définit la diffusion sur les fréquences basses. Plus ton panneau a des cellules profondes, plus il agira dans le haut du spectre.



En regardant ces deux diffuseurs, celui de gauche est plus efficace, car plus profond et des cellules plus petites.





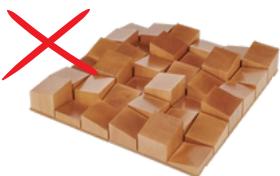
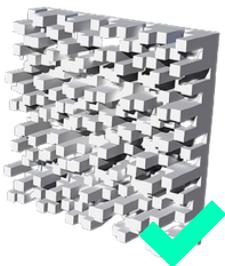
Diffuseur

- Élément acoustique d'optimisation du son des pièces
- Agit sur les moyennes et moyennes-hautes fréquences
- Diffuseur QRD à deux dimensions
- Pour professionnels et salles audiophiles
- Structure en bouleau contreplaqué et mousse Basotect
- Dimensions: 500 x 500 x 110 mm
- Dimensions d'une division interne: 80 x 80 mm

Quand je vois cette description. Je comprends que ce diffuseur a une profondeur maximale égale à la largeur de ses cellules. Donc, il n'absorbera qu'une zone de fréquences ? Il n'y a pas de sens. C'est pour ça que les diffuseurs commercialisés sont très discutables.

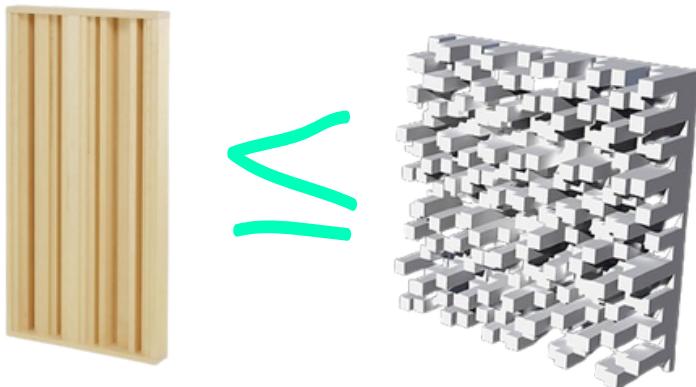
2. Le nombre de bâtons ou de cellules.

Le nombre de bâtons ou de cellules n'a pas d'énormes influences sur les fréquences rediffusées par un diffuseur. Mais ils ont un impact énorme sur la dispersion. Plus tu auras un nombre de cavités ou de bâtons important, plus tu auras des lobes d'énergies, et donc plus tu fractionneras l'onde.



3. Privilégier les diffuseurs 2D plutôt que 1D.

Utilise ou construis des diffuseurs 2D plutôt que 1D. Sauf si vraiment, par des mesures, tes diffuseurs 1D s'avèrent plus efficaces que les 2D. Le monde de la théorie versus le terrain une fois de plus.



Si toi tu veux t'en construire un, ces recommandations faites plus haut sont valables aussi. Plus ton diffuseur sera profond avec de petites cellules, plus il aura un champ diffus élevé dans le spectre fréquentiel. Et plus il aura un nombre élevé de cellules, plus il aura de la dispersion et des lobes d'énergie.

Comment on les places

Alors comment on les place. Ben ça dépend beaucoup de ta pièce, comme on l'a vue dans le chapitre Construire sa room. En fait, la vraie question est surtout : il y a-t-il une distance à laquelle un diffuseur n'est pas efficace ?

Ce que l'on voit partout, c'est une formule, un calcul qui estimerait bon de positionner le diffuseur à une distance de trois fois la longueur d'onde de la fréquence la plus basse que peuvent diffuser les panneaux.

EXEMPLE POUR UN PANNEAU QUI PEUT DIFFUSER JUSQU'AU 1000 HZ.

$$344/1000 = 0.34$$

CALCUL POUR TROUVER LA LONGUEUR D'ONDE (PAGE 28)

$$0,34 * 3 = 1,02$$

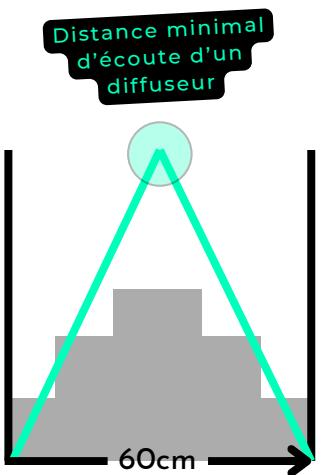
LA LONGUEUR D'ONDE MULTIPLIÉE PAR TROIS

RÉSULTAT : POUR UN PANNEAU QUI PEUT DIFFUSER JUSQU'À 1000 HZ. IL SERAIT DONC RECOMMANDABLE DE LE PLACER À 1 MÈTRE.

Mais une autre approche de la distance minimale entre le point d'écoute du diffuseur et le diffuseur est mise sur la table par Andy Mac Door.

En comparant divers studios et notamment le Black Brid, il s'aperçoit que les distances ne sont pas du tout égales à trois fois les longueurs d'ondes les plus basses rediffusées par les panneaux. Ce calcul est-il vraiment optimal pour la distance d'un diffuseur. Si des studios à plusieurs millions d'euros ne respectent pas ces règles ?

Andy Mac Door lui recommande d'avoir une distance suffisante pour que les cellules de gauche se rencontrent avec les cellules de droite. En d'autres termes, la distance minimale entre ton diffuseur et toi qui l'écoute doit former un triangle équilatéral avec ton point d'écoute.

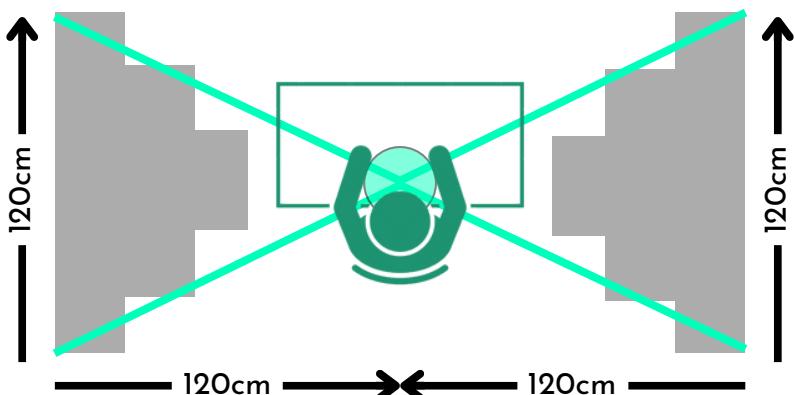


Si ton diffuseur fait 60 cm de largeur, ta distance minimale sera donc de 60 cm.

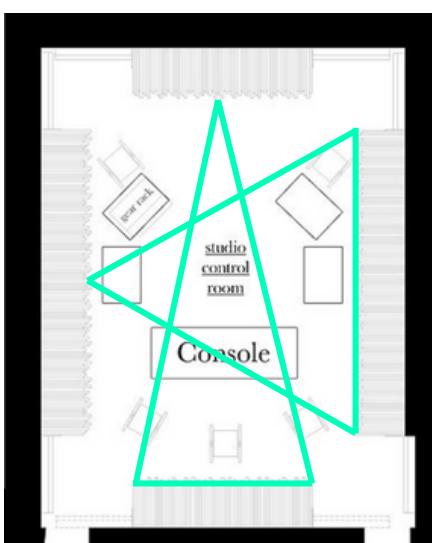
Je parle bien de distance minimale. Entre toi et le premier point d'écoute du diffuseur. Le point d'écoute d'un diffuseur, ce n'est pas forcément l'endroit où toi tu écoutes le son (ou tu mixes).

C'est la zone où la diffusion commence à être efficace et correctement diffusée.

Mais souvent, les points d'écoute de ton diffuseur peuvent également la zone où se trouve ton point d'écoute (là où tu mixes).



Au final, le placement des diffuseurs devrait être réfléchi en miroir pour créer un mélange cohérent dans ta pièce. Pense à ton placement en triangle équilatéral. Que l'un réponde à l'autre.



Le plan du studio
Black Bird Studio C.

Ici, on voit que les diffuseurs du côté sont en triangles quasi équilatéraux.

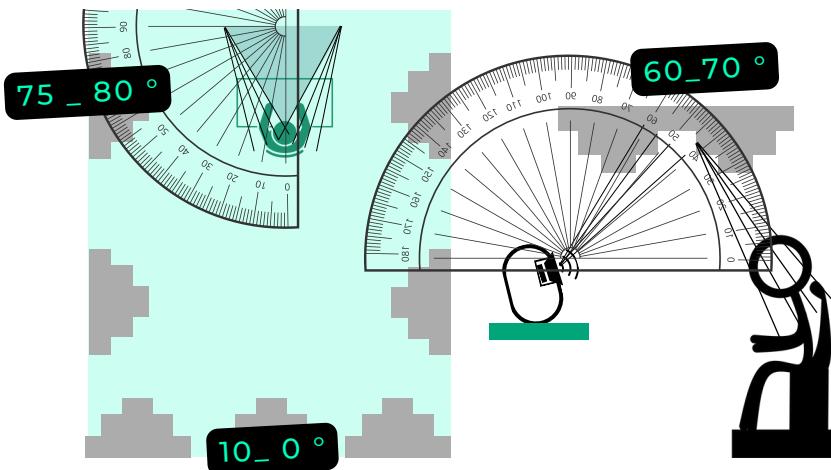
Et ceux du fond sont en triangle isocèle. Mais chaque diffuseur se répond. Multipliant sûrement les lobes d'énergies.

Les angles

Un dernier gros point à prendre en compte parmi les recommandations de placement est l'angle.

On l'a vu plus haut, un angle de placement peut amener des résultats et une efficacité différente à ton diffuseur. Les réflexions seront plus longues et donc avoir un angle d'incidence élevé amènerait à booster les performances de tes diffuseurs.

Pourtant tout le monde parle de placer ses diffuseurs derrière soi. Une fois de plus une erreur. Tu devrais plutôt placer des diffuseurs sur le côté de ta pièce ou au plafond, dans les angles en triangles, etc. Bref, augmenter l'angle entre la source de diffusion et le diffuseur pour augmenter ses propriétés acoustiques.



Voilà pour les diffuseurs, on a fait le tour.

À toi de choisir maintenant si tu les construis ou les achètes. Dans tous les cas, fais attention à leur caractéristique ou à la caractéristique de tes séquences si tu les conçois.

Place-les avec des angles élevés et évite les diffuseurs 1D.

06

Chapitre 6 : Diffusion

À RETENIR

Favorise les diffuseurs 2D.

Utilise des calculateurs si tu en fabriques, mais vérifie leur efficacité par des mesures.

Les séquences sont la clé du fonctionnement d'un diffuseur.

Joue avec les angles et leur placement.

La diffusion permet d'avoir un espace plus vivant tout en limitant les rapports de phase.



VI

Les étapes à suivre

Dans ce chapitre, je vais te montrer les étapes importantes à réaliser. Utilise les chapitres précédents pour compléter et savoir quoi faire.

Je le répète, l'acoustique y a un monde entre théorie et pratique. Encore plus quand tu utilise des calculateurs ou d'autres outils qui manquent de précision.

Donc évites de te lancer bis en tête dans les dépenses, si tu as déjà des traitements réfléchis, si leur placement est logique. Et s'ils gèrent bien les fréquences pour lesquelles ils sont pensés. Les petits panneaux acoustiques pour gérer les zones très sub proches de tes enceintes n'est pas le meilleur traitement pour avoir des résultats. Tu as un traitement, oui, mais pas efficace pour le job qu'il doit faire.

Trouver son point d'écoute

Point d'écoute

Peu importe si tu commences dans une pièce vide ou une pièce dans laquelle tu bosses déjà. La première étape est de trouver ton point d'écoute et qu'il soit correct. Si tu as déjà ton point d'écoute, étudie s'il est bien pensé grâce au chapitre 1.

Vérifie en premier la distance entre tes enceintes et entre elle et toi. Leurs placements et leurs ouvertures pour la stéréo.

Pour la distance et l'angle, fait des croquis si ça t'aide à visualiser. Pense à la distance entre toi et tes enceintes, mais aussi entre les deux monitoring : tu dois avoir à peu près la même pour avoir le bon angle. Tu peux utiliser un mètre, tendre des ficelles entre ton point d'écoute et tes enceintes.

Tu pourras confirmer la distance par une mesure également, comme on le voit dans le chapitre 3 (time reference et loopback). Si tu as des supports, place-les également.

Une fois ton point d'écoute potentiellement trouvé, tu peux déjà y placer ton bureau et/ou ton matos de base qui te sert dans ton set-up (écran, ordi, carte son, matos hardware et rack, enceintes et supports...). Tout ce mobilier va créer des réflexions, impacter ton son. C'est bien de les prendre en compte, car tu les auras toujours dans ton contexte acoustique, vu que c'est ton mobilier de base pour bosser.

Si tu es rigoureux, je te conseille de choisir plusieurs points d'écoute et d'évaluer par des mesures si un point d'écoute te permet de commencer avec moins de soucis.

C'est ce que j'ai noté « R1 » sur le schéma à la fin du chapitre. Pour dire que tu peux faire des aller-retour entre les étapes : trouver ton point d'écoute/mesures/étude du placement.

Pour trouver un bon rapport de couple entre enceinte et pièce pour limiter les soucis acoustiques dès le départ.

À chaque mesure de tes points d'écoute ou si tu bouges des choses, replace bien les enceintes, ton mobilier, etc. Ne fais pas des mesures « inutiles » qui n'ont pas de sens.

En résumé, tu dois :

Trouver un endroit stratégique dans ta pièce

Placer ton mobilier/matos essentiel

Avoir les enceintes en triangle équilatéral avec un angle de 60° ou isocèle jusqu'à 75°.

Avoir les enceintes à la bonne hauteur et à la bonne distance (verticale, horizontale, à toi de voir).

Penser au support

MESURE

Placement du micro

On a vu ensemble dans le chapitre 3 comment prendre une mesure avec REW. Mais tu te demandes peut-être quoi prendre comme mesures. Pour ça, c'est simple : tu as deux types de mesures qui nous intéressent. Les mesures de type « moyenne » et les mesures de type « spontanées » (c'est moi qui les nomme comme ça). Sur Internet, tu verras certains conseiller de prendre une mesure de l'enceinte droite et une de la gauche séparément. D'autres conseillent les deux enceintes en même temps.

Je vais te dire pourquoi on te conseille deux façons de faire et en quoi ça va te servir.

Mesures spontanées

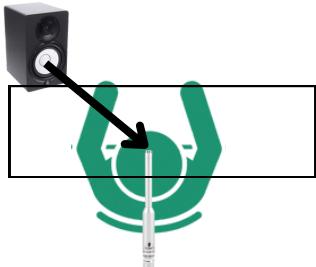
Les mesures que j'appelle spontanées sont des mesures qui servent à étudier un comportement acoustique précis. Ça peut être une enceinte et sa diffusion dans une pièce, comme ça va être ton cas. Mais tu peux utiliser aussi les mesures spontanées pour mesurer des traitements acoustiques, des zones précises de ta pièce pour identifier plus précisément les perturbations acoustiques à cet endroit-là, etc. En gros, les mesures spontanées te permettent d'avoir un résultat précis d'un comportement acoustique à un endroit et un instant donnés.

Les mesures spontanées te permettent aussi d'étudier le son sous différentes représentations mathématiques et visuelles, comme on le voit dans le chapitre 3. À partir d'une mesure, tu peux étudier le comportement en fréquences et en temps en étudiant les panneaux SPL, Overlay, Waterfall. Tu peux aussi étudier le RT60 et le Decay de ta pièce.

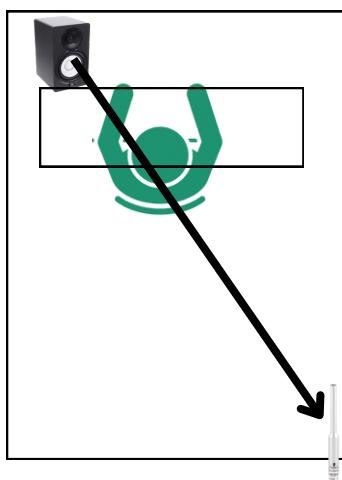
Decay : temps de la chute du volume sonore entre le niveau de crête (l'attack) et le maintien (sustain)

Donc, une mesure spontanée à l'aide d'un sweep permet de travailler précisément le comportement acoustique sous différents points de vue à un instant et une localisation T.

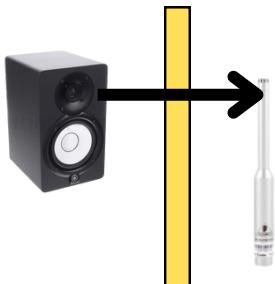
Travailler à un instant T et une localisation T.



Ici, je mesure ce que mon oreille gauche reçoit comme information à mon point d'écoute.



Ici, je mesure les informations acoustiques dans le coin droit de ma pièce. Pour étudier comment se comporte le son dans cette localisation.



Ici, je mesure le comportement acoustique d'un matériau en plaçant mon micro derrière celui-ci.

Une fois de plus, je mesure un comportement acoustique dans une localisation et un instant T.

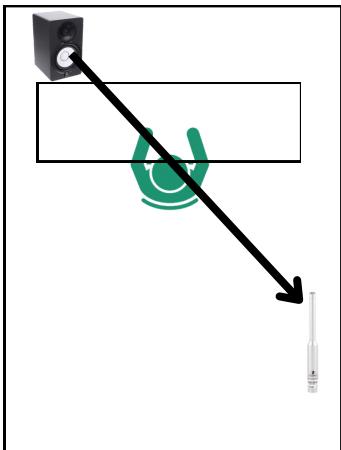
note

Si tu veux tester le comportement acoustique d'un matériau acoustique. Place ton micro à une distance proche de l'enceinte (de 30 cm à 1 m). Prends une mesure sans et ensuite place ton matériel entre l'enceinte et le micro et prends une seconde mesure pour les comparer. Plus ta distance est proche, plus tu testes la capacité d'absorption des basses fréquences.

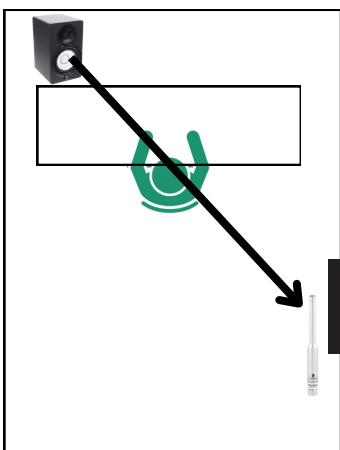
note

Si tu veux tester le comportement acoustique d'une zone. Exemple : un coin de ta pièce avec et sans traitement. Place le micro proche de la zone que tu veux analyser (dans notre exemple, l'endroit où tu comptes poser ton traitement au mur). Prends une mesure des réflexions sur le mur sans absorbeur (mesure A) puis une mesure avec (mesure B). Place ton micro à une distance proche du traitement (de 30 cm à 1 m). Plus ta distance est proche, plus tu testes la capacité d'absorption des basses fréquences.





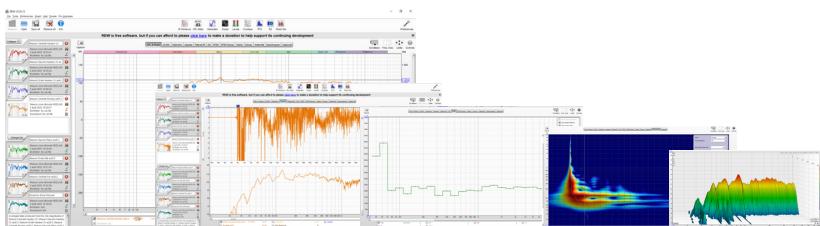
Mesure A



Mesure B

Étudier le comportement acoustique sous différents points de vue

Une fois ta ou tes mesures réalisées, tu peux les étudier une par une sous différents points de vue ou représentations pour te donner une compréhension globale de tes mesures.

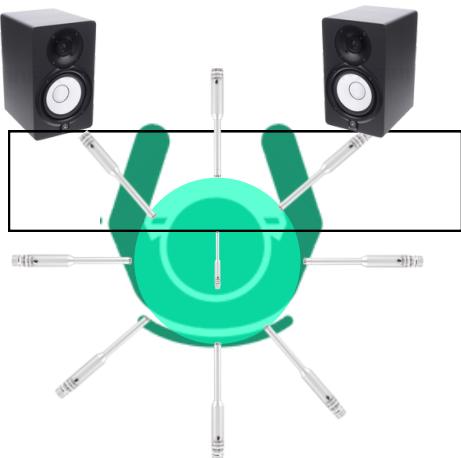


Mesure moyenne

Les secondes mesures qui vont bien te servir pour étudier ta pièce sont les mesures en moyenne.

Le but est simple : prendre une série de mesures pour en créer une moyenne. Pour avoir une vision globale. C'est donc très différent des mesures spontanées. Ça permet même tout l'inverse. Les mesures en moyenne permettent de mesurer l'évolution d'un comportement acoustique dans une zone ou dans le temps. Les mesures en moyennes, en revanche, ne sont disponibles qu'au travers des panneaux SPL et phase, il est donc impossible d'étudier le comportement du son sur des fractions de secondes comme le permettent les mesures spontanées.

Nous, dans notre cas, les mesures en moyennes vont nous permettre de mesurer une zone d'écoute. Quand tu mixes, tu bouges, tu t'affaisses, tu te penches à droite ou à gauche. Ta localisation change, donc une mesure spontanée sera peut-être moins proche de la réalité quand tu travailles qu'une moyenne de plusieurs mesures prises autour de toi.

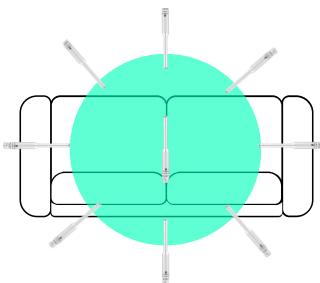


Ici, je fais une série de mesures autour de mon point d'écoute pour me donner un avis global de comment est représenté le son dans ma zone d'écoute quand je mixe.

Tu t'en doutes, c'est le genre de moyenne qui pour toi et ton Home Studio va t'intéresser.



Tu peux mesurer une zone globale de comment ton artiste/client entend le son quand tu travailles, etc.



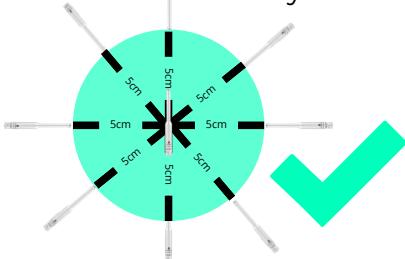
Place ton micro à vertical face à ta source

Pas à l'horizontale

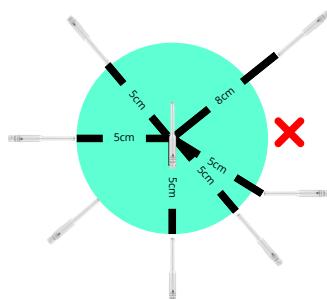
Pour créer ta mesure moyenne à ton point d'écoute, je te recommande vivement. De créer des mesures régulières et proches de toi. Pars du centre du point d'écoute et note-toi les distances ou la localisation de chaque point de référence de ta zone. Place ton micro à chaque point de référence et prends une mesure. Renomme-les au fur et à mesure pour ne pas te perdre.

Pour ces mesures, je recommande de mesurer les deux enceintes en même temps, car ça sera ton cas quand tu mixeras : tu auras les deux enceintes qui jouent en même temps.

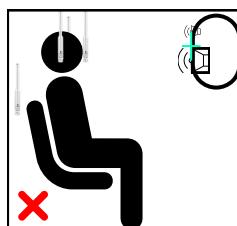
Soit vraiment sérieux avec les relèves de tes zones d'écoute ! Tu verras que chaque mesure que tu prendras sera différente. Si tu te décales des points que tu as en référence ou que tu ne prends pas au sérieux le placement de ton micro à chacune des mesures, ça peut fausser le résultat de la moyenne.



Ici, cool, la distance entre chaque micro est la même, la hauteur aussi, c'est logique, ça cartographie bien la zone.



Ici problèmes. La distance entre chaque micro et la hauteur change d'attention.





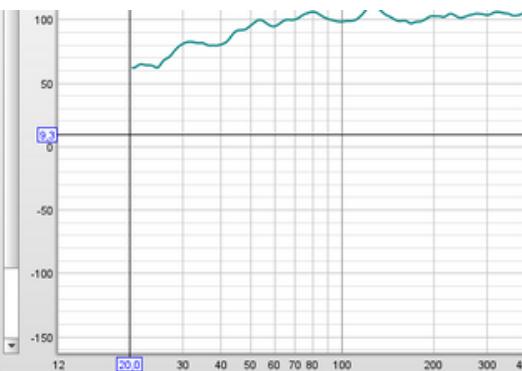
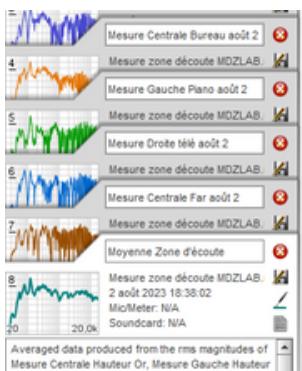
Créer une moyenne sur REW

Préalablement, tu dois avoir fait plusieurs mesures pour pouvoir en créer une moyenne.



Passe dans le panneau : ALL SPL

Créer une moyenne en appuyant sur : « Average the Responses ».



Un nouveau fichier se crée dans le panneau des mesures à droite. Tu peux la renommer pour plus de clarté.

En résumé, je fais quoi

Dès que tu t'apprêtes à faire une série de mesures pour ta pièce, je te conseille de faire les deux.

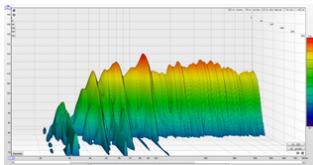
Deux mesures spontanées à ton point d'écoute : une pour ton enceinte droite et une pour la gauche. Ces deux mesures te permettront de travailler sur différents points et d'avoir une bonne vision du son dans le temps et les fréquences. Ça va te permettre de savoir comment penser ton traitement et d'évaluer tes objectifs.

Une série de mesures pour la moyenne : Une fois tes deux mesures spontanées prises. Mesure ta zone d'écoute par plusieurs relèves et créer une moyenne. Utilise pour tes mesures les deux enceintes en même temps. Ces relèves te permettront d'avoir un avis global des défauts de tes pièces, mais également de l'efficacité du traitement que tu appliques au fur et à mesure.

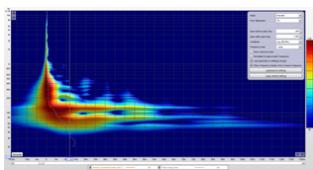
Analyser tes mesures

Les mesures spontanées pour :

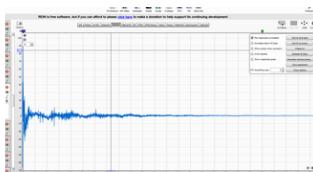
- Connaitre le decay dans ta pièce.
(Overlay, Waterfall, Impulse)
- Identifier les résonances modales (Overlay, Waterfall).
- Avoir une réponse impulsionnelle correcte. (Impulse)
- Un RT60 dans les « normes » recommandées UE ou US.
- Avoir une écoute gauche-droite similaire dans le temps et les fréquences
- Ne pas avoir trop de réflexion asymétrique (Impulse)



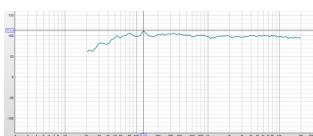
Waterfall



Overlay



Impulse / ETC



SPL et phase



RT60

Les mesures moyennes pour :

- Faire une cartographie fréquentielle d'une zone
- Obtenir une courbe SPL correcte dans ta zone d'écoute.



Toutes mes mesures



1

2

La moyenne calculée par REW

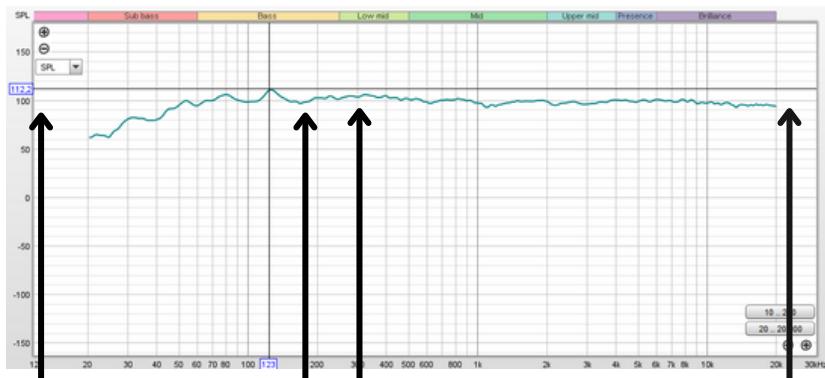


Sur la moyenne de ma zone d'écoute, je n'ai pas de peak plus haut que 5 dB SPL, donc c'est vraiment correct. Mais les mesures spontanées m'ont permis de voir les résonances à 110 et 80 Hz que j'ai réglées plus tard.

Diviser les zones

Maintenant que tu sais analyser les mesures que tu as. Ne pense pas pouvoir tout traiter en une fois.

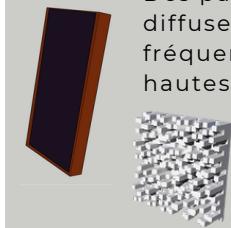
Tu notes les zones de boost et/ou des trous liés à ta pièce. Tu évalues quel traitement va être envisageable.



Des technologies adaptées pour les fréquences plus basses



Des panneaux, des diffuseurs pour les fréquences plus hautes



Ça te permet de diviser ton traitement et ce que tu as à corriger.

Tu réfléchis à la théorie de comment absorber/diffuser les zones où se situent les défauts acoustiques.

Ensuite, tu construis les premiers traitements adaptés. Tu évalues si tes résultats sont positifs par de nouvelles mesures. Si ça a corrigé, amélioré, changé les SPL, l'impulsion, le RT60, etc.

Tu continues et petit à petit, tu élimines tous les soucis de ta room de mix. Autant temporelle que fréquentielle

Évite de te lancer bis en tête et d'acheter du matos pour rien. Et deuxièmement, ça te permet d'évaluer si chaque changement que tu ajoutes ne change pas l'efficacité ou la réaction du précédent mis en place.

Les mesures spontanées de tes enceintes droites et gauches te serviront à analyser plus en détail le son. Tu pourras voir si tu perçois le même son à gauche comme à droite grâce au panneau Spl. Grâce aux panneaux RT60, tu sais si tu es dans les recommandations. Les panneaux spectrogrammes et Waterfall vont te permettre d'identifier les résonances modales et leur propagation dans le temps. Et donc savoir plus précisément où dans la localisation placer ton traitement et pour quelles fréquences le construire.

Maintenant, il ne te reste plus qu'à faire des aller-retour (noté R2 sur le schéma à la fin du chapitre). Pour t'assurer de l'efficacité de ton traitement une fois mis en place.

DERNIER POINT, SI TU AS PLUSIEURS ENCEINTES, IL TE FAUDRA RÉALISER PLUSIEURS ÉTUDES ACOUSTIQUES. UNE POUR CHAQUE PAIRE.

N'oublie pas :

Place ton micro correctement, à la verticale et à ton point d'écoute ou à tes références pour les mesures d'une zone d'écoute.

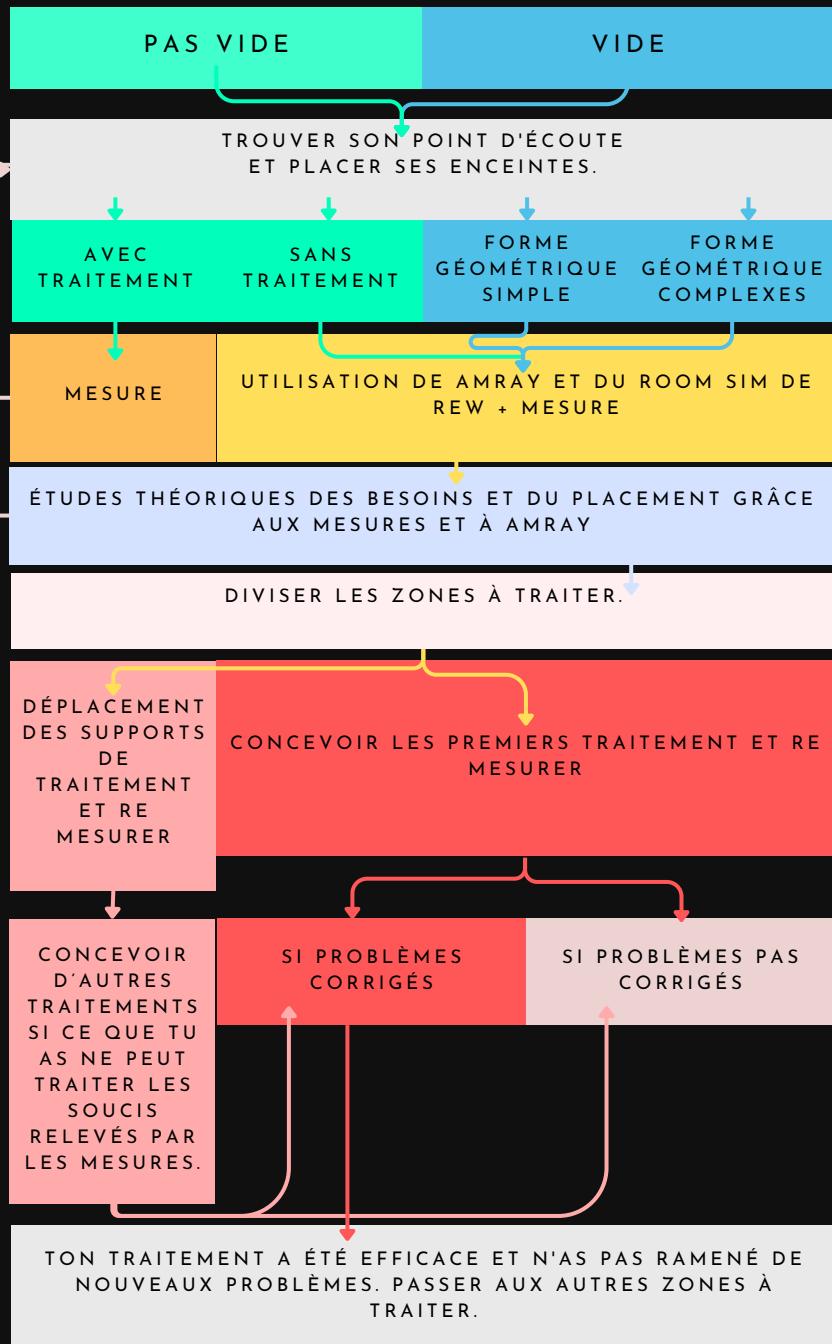
Faire des mesures spontanées pour étudier le Rt60, l'impulse de réponse, l'overlay, le waterfall et avoir une écoute symétrique.

Fait des mesures moyennes pour étudier ta zone de travail.

Fais des allers-retours, des mesures pour confirmer l'avancement de ton acoustique.

Divise ton traitement en fonction des problèmes acoustiques de ta salle.

R1



R2

C'est la fin

Aller, bon travail ! Et dis-toi que tout le monde peut avoir une bonne acoustique sans trop y dépenser. Que tu sois débutant ou non.

J'ai longtemps stagné dans le mix, mais travailler dans des salles de mix pensées acoustiquement, ça a changé ma vie et ma vision du son.

Aujourd'hui, je ne retravaillerais jamais dans une room mal faite ou pas traitée acoustiquement. C'est même le premier truc que je ferais si j'avais à rouvrir un studio ou une cabine de mix.

Fais ton acoustique minutieusement, quitte à perdre des semaines. Tu les regagneras dans tes années d'apprentissage ou dans ton travail au quotidien. Je te souhaite que du plaisir dans tes futurs mix et ta musique. À plus !



BON mix

Encore merci à toi et je te souhaite un futur bon mix. Garde ce guide sous le coude et applique-le rigoureusement. Tu verras, tes résultats ne seront que meilleurs !

Tom