

La masse de la membrane du haut-parleur de grave est-elle un ennemi de sa réponse transitoire?

Traduction non professionnelle d'extraits choisis avec commentaires, par Jean Dupont.



Kartesian est une société Alsacienne qui conçoit et produit des haut-parleurs haut de gamme tout en offrant des services d'ingénieries dans ce domaine. Kartésian a développé un nouveau matériau appelé CGF à base de fibre de verre et de carbone pour ses hauts parleurs.

<https://www.kartesian-acoustic.com/copie-de-motor-structure>

Speaker cone engineering is looking for utopia target: light as the air, and infinitely rigid. With very light and rigid cones, cone break-up appears due to lack of damping. In another hand, the cones using additional damping treatment are heavy, which limits the speaker efficiency, the upper band extension and transient response.

L'ingénierie des cônes de haut-parleurs est à la recherche d'une cible utopique: légère comme l'air et infiniment rigide.

Avec des cônes très légers et rigides, le breakup (ndt: fracture, distorsion en montant en fréquence) du cône apparaît en raison du manque d'amortissement (ndt : manque d'élasticité, de souplesse du cône).

D'autre part, les cônes utilisant un traitement d'amortissement supplémentaire sont lourds, ce qui limite l'efficacité du haut-parleur, la montée en fréquence et la réponse transitoire.

Mon commentaire (avis personnel): pour Kartesian, la masse du cône du woofer est un ennemi (entre autre) de sa réponse transitoire.



Adire Audio est une société Californienne qui conçoit et produit des subwoofers (haut-parleurs) à membranes lourdes.

<http://www.diy-audio.narod.ru/litr/WoofersSpeed.pdf>

There's a common misconception out there that heavy woofers must be "slow", and light woofers must be "fast". If a woofer A's moving mass is higher than woofer B's, then woofer A is probably going to be sloppy, or slow and inaccurate. Can't keep up with the bass line.

There's also this concept that the "acceleration factor" (BL/Mms) is an indicator of woofer speed/transient response. High BL, combined with a low Mms, should give great transient response, right? Well, on surface these might sound like logical assumptions. However, they are in fact incorrect! More to the point, moving mass has precious little to do with woofer speed or signal response! And we'll prove it... (ndt: suit une démonstration et des mesures: une mesure après rajout d'une masse additionnelle et une mesure avec une extension de la bobine).

The higher the inductance of the driver, the longer it can hold the current flowing through it. Which means the more time elapses before it starts to respond to the amplifier's applied voltage. Which means we have slower transient response.

Mass isn't the problem - inductance is. So if you want faster transient response, ignore that moving mass parameter that some manufacturers push - look at the inductance! And if they don't list the inductance, ask yourself why - is there something they don't want to show? Inductance is the key to driver transient response - ask for it when transient response comes up (..)

Il existe une idée fautive très répandue selon laquelle les woofers lourds sont « lents » et les woofers légers sont "rapides". Si la masse mobile d'un woofer A est plus élevée que celle du woofer B, alors le woofer A serait probablement bâclé ou lent et inexact. Je ne peux pas suivre cette idée.

Il y a aussi ce concept que le "facteur d'accélération" (BL/Mms) est un indicateur de vitesse et de réponse transitoire du woofer. Un BL élevé, combiné à un faible Mms, devrait donner une excellente réponse transitoire, n'est-ce pas ? Eh bien, à première vue, cela peut sembler être des hypothèses logiques. Cependant, c'est en fait incorrect. Le fait est que la masse en mouvement n'a pas grand-chose à voir avec la vitesse du woofer ou avec la réponse (transitoire) au signal ! Et nous allons le prouver... (ndt: suit une démonstration et des mesures: une mesure après rajout d'une masse additionnelle et une mesure avec une extension de la bobine).

Plus l'inductance du conducteur est élevée, plus il peut retenir longtemps le courant qui le traverse, plus il s'écoule de temps avant qu'il ne commence à répondre à la tension appliquée par l'amplificateur. Ce qui signifie que nous avons une réponse transitoire plus lente.

La masse n'est pas le problème, l'inductance l'est. Donc, si vous voulez une réponse transitoire plus rapide, ignorez le paramètre masse en mouvement que certains fabricants mettent en avant, regardez l'inductance! Et s'ils ne mentionnent pas l'inductance, demandez pourquoi il y a quelque chose qu'ils ne veulent pas montrer ? L'inductance est la clé de la réponse transitoire de l'hautparleur, demandez-la lorsque qu'arrive la question de la réponse transitoire.

Mon commentaire (avis personnel):

Pour Adire Audio, la masse du cône du woofer n'est pas un ennemi de la réponse transitoire: l'ennemi est une inductance trop importante, c'est-à-dire une bobine surdimensionnée. Adire Audio essaye de le prouver, à la fois par une démonstration en physique sur la base des paramètres T&S et par la mesure (rajout d'une masse, puis augmentation de la bobine). Adire Audio montre, par la mesure, qu'en augmentant la bobine, on augmente l'inductance et qu'ainsi on ralentit la réponse transitoire.



AUDIO SCIENCE REVIEW

Post de dominikz sur le forum Audio Science Review (ASR), le 28 Avril 2021, qui rappelle que la courbe de la réponse impulsionnelle n'est qu'en fait une autre représentation de la réponse en fréquence (amplitude + phase)

<https://www.audiosciencereview.com/forum/index.php?threads/transient-response.18745/page-4>

(..) but what people here are saying is that frequency response (magnitude+phase vs frequency) is the same data as impulse/step response, but presented in the frequency rather than time domain. From signal theory and mathematics we can see that this really is the case, and the mathematical transformation that allows us to transform from the time into the frequency domain is called Fourier transform.

The argument is therefore that impulse or step response plot of a device doesn't show any new data vs a complete frequency response plot, just presents it in a different way - which can still be very useful for analysis, sure!

(..) mais ce que les gens disent ici, c'est que la réponse en fréquence (amplitude + phase versus fréquence) est la même donnée que la réponse impulsionnelle/pas (step), mais présentée dans le domaine fréquentiel plutôt que temporel. D'après la théorie du signal et les mathématiques, nous pouvons voir que c'est vraiment le cas, et la transformation mathématique qui nous permet de passer du temps au domaine fréquentiel est appelée transformée de Fourier.

L'argument est donc que le tracé de réponse impulsionnelle ou step d'un hautparleur ne montre aucune nouvelle donnée par rapport à un tracé de réponse en fréquence complet, il le présente simplement d'une manière différente - ce qui peut toujours être très utile pour l'analyse, bien sûr !

Mon commentaire (avis personnel):

Effectivement, le tracé de la réponse transitoire est une autre façon de représenter à la fois la réponse en fréquence pour l'amplitude et aussi pour la phase. Pour simplifier et caricaturer, si l'on a une courbe (fantaisiste) avec +30 dB à 50 Hz et -30 dB à 100 Hz, la courbe de la réponse transitoire sera mauvaise.



<https://www.hindawi.com/journals/aav/2017/2792376/>

Publication d'articles universitaires en accès libre

Volume 2017 | Article ID 2792376 | <https://doi.org/10.1155/2017/2792376>: Yue Hu, Xilu Zhao, Takao Yamaguchi, Manabu Sasajima, Tatsushi Sasanuma, Akira Hara, "Effects of the Cone and Edge on the Acoustic Characteristics of a Cone Loudspeaker", *Advances in Acoustics and Vibration*, vol. 2017, Article ID 2792376, 12 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2792376>

Figure 16 shows the results of the vibration analysis using the optimal solution that was obtained. The black solid line represents the analysis result for the optimal solution and the red solid line represents the target characteristic values. The dashed line represents analysis results for the original loudspeaker (..) The results obtained for the optimal solution closely match the target characteristic values.

La figure 16 (ci-dessous) montre les résultats de l'analyse vibratoire (ndt par laser) en utilisant la solution optimale qui a été obtenue (ndt la solution optimale théorique est obtenue à partir de la modélisation du cône, en recherchant sa masse théorique et sa rigidité théorique optimales). La ligne continue noire représente le résultat de l'analyse pour la solution optimale (ndt cette solution optimale théorique) et la ligne continue rouge représente les valeurs caractéristiques cibles (ndt l'idéal). La ligne pointillée représente les résultats de l'analyse pour le haut-parleur d'origine (..) (ndt le monde réel). Les résultats obtenus pour la solution optimale correspondent étroitement aux valeurs caractéristiques cibles.

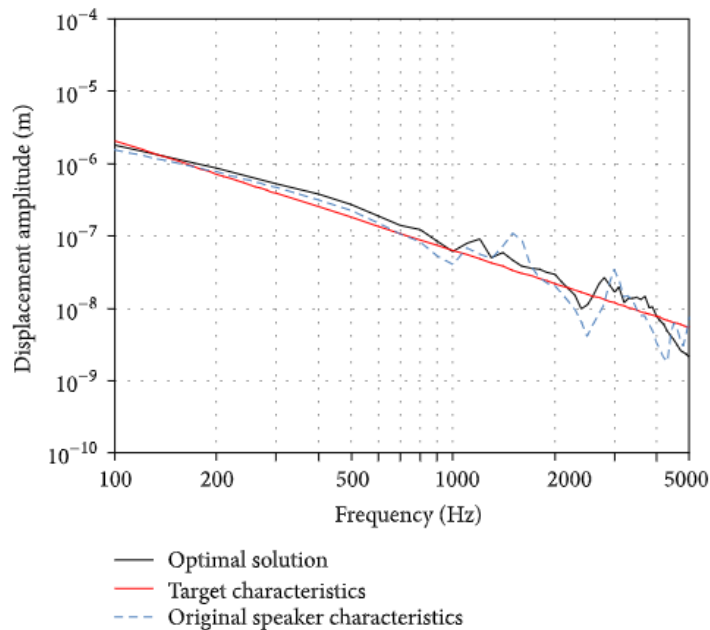
Optimal solution : solution optimale théorique

Target characteristics: cible idéale

Original speaker characteristics: caractéristiques réelles de l'hautparleur

Figure 16

Analysis result of optimal solution.



In the optimal solution, the density of the cone was 100 kg/m^3 , and Young's modulus was $28 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. These properties define a cone that is lighter in weight and vibrates more easily but whose stiffness enables suppression of split vibration (...). This suggests that cones should be constructed from light but rigid materials.

Dans la solution optimale (ndt la solution optimale théorique est obtenue à partir de la modélisation du cône, en recherchant sa masse théorique et sa rigidité théorique optimales), la densité du cône était de 100 kg/m^3 , et le module de Young était de $28 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (ndt mesure de la rigidité). Ces propriétés définissent un cône plus léger et vibrant plus facilement mais dont la rigidité permet de supprimer les vibrations fractionnées (...). Cela suggère que les cônes devraient être construits à partir de matériaux légers mais rigides.

Mon commentaire (avis personnel):

Ces trois courbes permettent d'aborder cet article :

- en pointillé le monde réel, il s'agit de la mesure de la vibration de la membrane en utilisant un laser
- en rouge, l'idéal à atteindre
- en noir, la courbe théorique obtenue en utilisant la modélisation du haut parleur et en choisissant les meilleure valeurs de masse et de rigidité

Jusqu'à 1000 Hz, pour le haut-parleur choisi dans cet article, les courbes sont presque identiques, ça se passe bien. Le monde réel produit des résultats quasi idéaux et le modèle mathématique montre qu'on n'a rien (ou presque) à gagner en jouant sur la masse et la rigidité du cône. La membrane travaille en piston et ne fractionne pas, on a très peu de distorsion. La réponse transitoire ne souffrira pas si on coupe vers 1000 Hz.

A partir de 1000Hz, pour le haut-parleur choisi dans cet article, la membrane réelle fractionne, produite de la distorsion, on est loin de l'idéal. La réponse transitoire souffrira si on ne coupe pas vers 1000 Hz. La modélisation montre qu'on peut se rapprocher de l'idéal en choisissant une membrane plus légère et plus rigides.

A l'aide, d'un modèle mathématique, ces chercheurs ont démontré qu'à la fois une masse du cône trop grande et sa rigidité trop faibles contribuent à aggraver le fractionnement une fois la fréquence de fractionnement atteinte. Le fractionnement dégrade la réponse transitoire.

Ma conclusion (avis personnel):

Kartesian et Adire Audio s'accordent tous les deux sur la masse en mouvement limitant l'efficacité du haut-parleur, notamment en montant en fréquence. La sensibilité devient plus faible quand on monte en fréquence si la masse est plus élevée. Une baisse de sensibilité en montant en fréquence nuit à la réponse transitoire (à moins de couper). Dominikz sur le forum Audio Science Review souligne l'effet sur le tracé de la réponse transitoire d'une sensibilité dégradée en montant en fréquence, ceci sur la base du modèle T&S.

L'article universitaire cité ci-dessus, montre qu'à la fois une masse trop importante et une rigidité insuffisante aggravent le fractionnement (à moins de couper dès qu'on fractionne). Ce qui à mon avis, va dans le sens de Kartesian.

Adire Audio et Dominikz ne sortent pas du modèle T&S contrairement à Kartesian et à cet article universitaire.

Mon avis est qu'une masse élevée du cône pour un subwoofer ou un woofer n'est pas, un problème à condition de ne pas monter en fréquence, de couper suffisamment bas.

Comme contre-exemple, on peut penser à de la sono bas de gamme où l'on coupe par exemple un 38cm à membrane lourde à 1300 Hz ou plus. Si la courbe de la réponse en fréquence pour l'amplitude est dégradée et tourmentée parce qu'on coupe trop haut (fractionnement et chute de la sensibilité), alors la courbe de la réponse transitoire sera mauvaise (« Mauvaise » dans le sens de ce que l'on attend en cinéma, hifi et studio, en comparaison).