

Utilisation du phénomène de résonance dans le caisson du haut-parleur et dans l'environnement extérieur selon différents usages (cinéma, auditorium, etc...)

silvain.dewaele

Epreuve 2017



# 1 Définitions

Le son se traduit par la vibration (qui représente une énergie) de molécules dans un milieu élastique, tel que le béton, l'acier, l'eau, l'air, le bois... Il s'agit d'une onde mécanique qui ne se déplace pas (ça ferait du vent) mais se propage en sphères concentriques dans l'espace (tridimensionnel). On ne parle donc pas de vitesse mais de célérité du son.

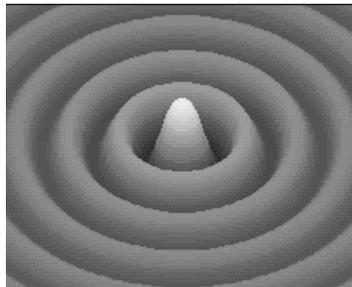


Figure 1: Ondes sonores

L'énergie propagée s'affaiblit proportionnellement avec le carré de la distance (en principe il existe également une perte par friction des molécules).

L'oscillation des molécules engendre une légère variation de la pression atmosphérique, avec des fronts de haute et basse pression, ce qui présente des maxima et minima de pression.

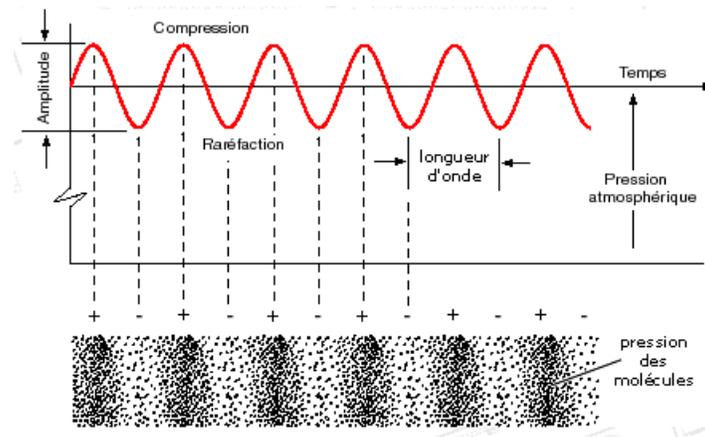


Figure 2: Modélisation de l'air

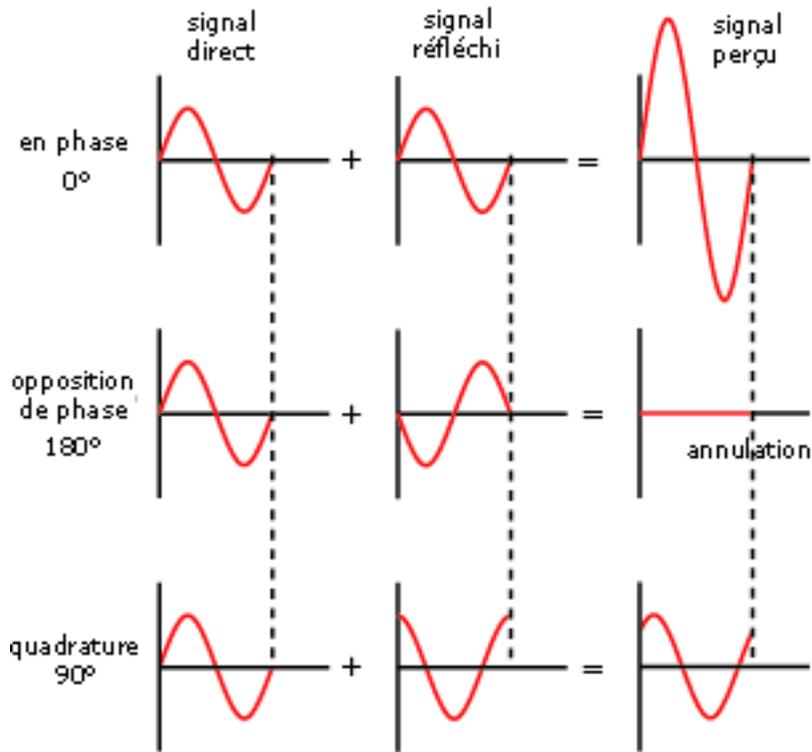


Figure 3: La phase est la relation angulaire entre deux ondes de même fréquence, et l'angle de phase est la position temporelle d'une onde par rapport à l'autre.

L'échelle logarithmique en décibels (dB) est utilisée du fait que l'oreille humaine est sensible à d'énormes écarts de pression acoustique : entre le seuil d'audibilité et le seuil de douleur il y a un écart de pression de 1 pour mille milliards (soit 10<sup>12</sup>) ! C'est pourquoi l'échelle logarithmique est utilisée, dont la plage utile s'étend de 0 à 120 dB.



Figure 4: Si on fait correspondre 1 cm sur la règle à l'intervalle d'intensité entre 0 (pas de son) et le seuil absolu d'audibilité, le seuil de douleur se trouve à un milliard de kilomètres de l'origine de la règle !

Le niveau sonore (ou niveau de pression acoustique) est exprimé par la relation :

$$L_p = 20 \log( P/P_0 )$$

P : pression acoustique mesurée

P<sub>0</sub> : pression acoustique de référence (10<sup>-5</sup> Pa)

L'évolution du décibel n'est pas linéaire : une variation de 3 dB correspond à une augmentation ou diminution de moitié de l'énergie sonore.

## 2 Principe de fonctionnement du haut-parleur

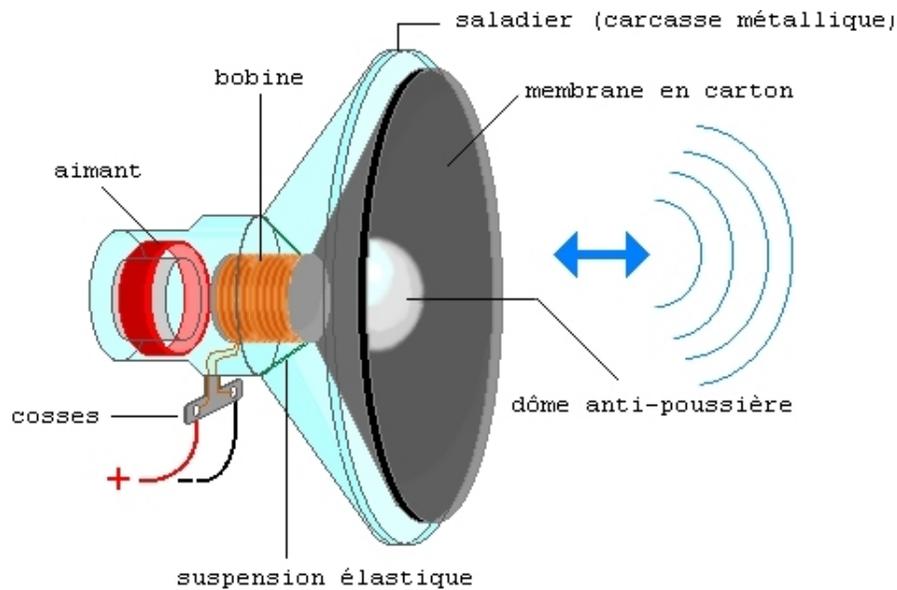


Figure 5: Dans ce modèle simplifié de haut-parleur on distingue l'essentiel : la production d'ondes sonores se fait au-travers des vibrations de la membrane. L'amplitude de ses vibrations détermine le niveau sonore, et leur fréquence de vibration est faible pour les sons graves, importante pour les sons aigus. La membrane n'est pas nécessairement toujours en carton, mais parfois en plastique, kevlar, aluminium...

### 3 L'onde sonore dans l'espace

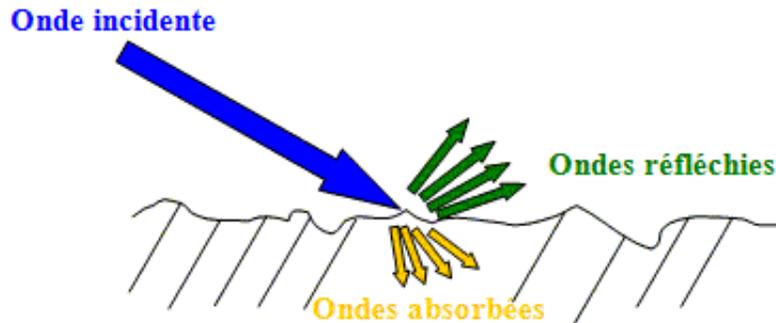


Figure 6: En acoustique, on parle d'absorption pour désigner toute onde qui ne revient pas. Ce terme désigne donc à la fois les ondes TRANSMISES (de l'autre côté de l'obstacle) et DISSIPÉES (dans l'obstacle), ce qui n'est pas le cas en optique.

La réflexion des ondes peut causer un phénomène de résonance dans l'environnement extérieur (considéré comme clos avec un temps de RÉVERBÉRATION (temps que met le niveau sonore à décroître de 60 dB à partir de l'instant où la source n'émet plus) non nul) : ondes émises et réfléchies se ressemblant fortement (n'ayant pas subi de déformation particulière), une onde stationnaire va apparaître. Ce phénomène se produit lorsque la longueur d'onde est proportionnelle à une dimension de la pièce.

Dans une onde stationnaire sont présents des noeuds (donc des minima de pression d'air) et des ventres (donc des maxima de pression d'air). On cherche à placer le point d'écoute au niveau du minima.

De manière générale, on cherche à éviter les angles pour le mauvais impact qu'ils ont sur les ondes sonores : ondes émises et réfléchies étant quasiment égales, l'amplitude est à la puissance 2 s'il y a deux ondes (une émise, une réfléchie), puissance 3 (une émise et deux réfléchies dans le cas du mur-mur) et puissance 4 (une émise et trois réfléchies cas du mur-mur-plafond). Les fréquences basses y sont exagérées car l'amplitude de leurs ondes est plus importante que pour les fréquences hautes, et selon la puissance le phénomène prend de l'exagération.

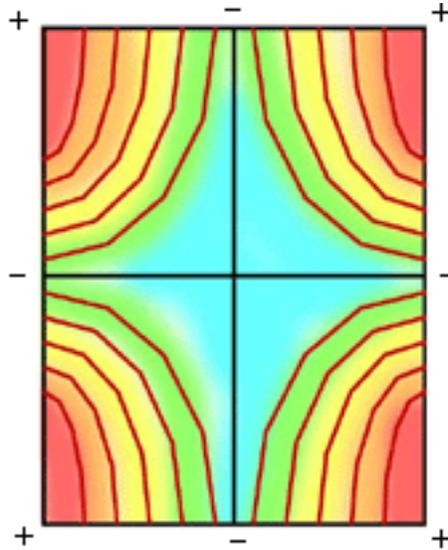


Figure 7: Modélisation informatique d'une pièce à forme parallélépipédique. La pression de l'air est maximale sur les angles. L'idée est donc de neutraliser les ondes stationnaires à l'endroit où elles se concentrent, c'est-à-dire dans les angles.

## 4 Conclusion

"I always thought something was fundamentally wrong with the universe" [1]

## References

- [1] D. Adams. *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*. San Val, 1995.