

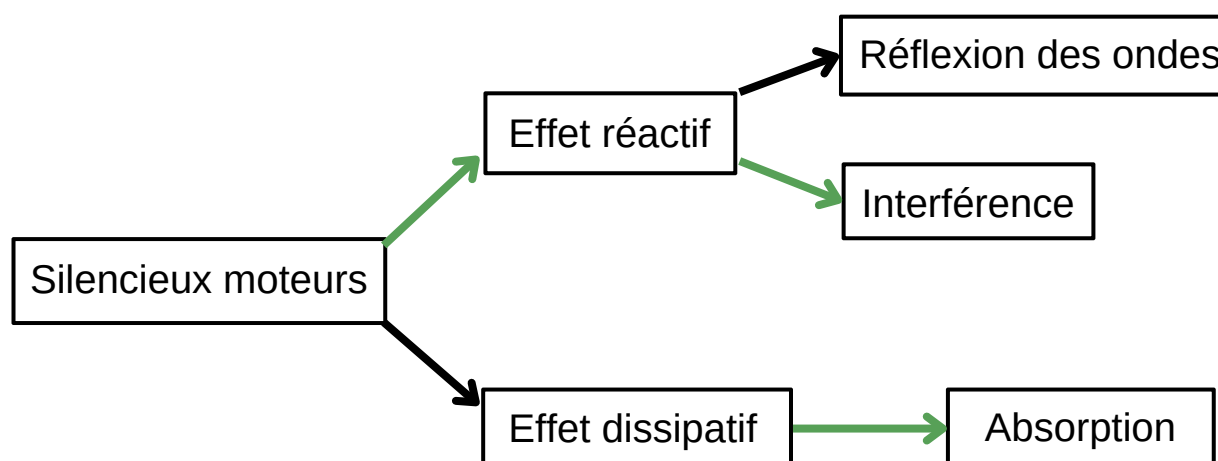


# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT SILENCIEUX MOTEUR



**Les silencieux moteurs** sont des dispositifs intégrés dans la ligne d'échappement des moteurs à combustion interne. Ils sont conçus pour réduire le bruit émis par le moteur tout en ayant le minimum de pertes de charge. Ce sont des silencieux dits passifs. Contrairement aux silencieux actifs, qui utilisent des composants électriques et électroniques pour réduire le bruit par interférences des ondes, les silencieux passifs sont des dispositifs purement mécaniques.

Ils utilisent deux principes de fonctionnement pour atteindre cet objectif acoustique. L'atténuation par effet réactif et l'atténuation par effet dissipatif. Cette note aborde les bases théoriques de ces 2 phénomènes physiques.



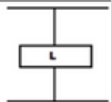
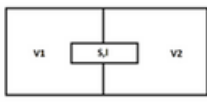

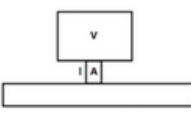
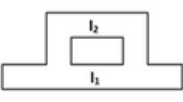
## Atténuation par effets réactifs :

La réflexion des ondes est provoquée par des surfaces réfléchissantes, des changements de section, ou de milieu dans le silencieux. Cela entraîne une rupture d'impédance dans le silencieux et une partie de l'énergie acoustique incidente est réfléchiée vers la source.

Lorsque deux ondes sonores se rencontrent avec un certain déphasage, une interférence constructive ou destructive se crée, ce qui peut entraîner une augmentation ou une diminution de l'amplitude sonore en fonction de l'angle de déphasage. Les résonateurs, tels que les résonateurs d'Helmholtz, les quarts d'onde et les Herschel-Quincke se basent sur ce principe pour engendrer des interférences destructives à des fréquences spécifiques.

Il est important de noter que l'effet réactif dans les silencieux moteurs est plus élevé dans les basses fréquences, où les ondes sonores peuvent être considérées comme des ondes planes. Son efficacité est très élevée sur des plages de fréquences restreintes centrées sur les fréquences de résonance des différents résonateurs présents dans le silencieux. C'est pourquoi il est crucial de "régler" correctement les silencieux aux fréquences fondamentales qui doivent être traitées pour atteindre une atténuation efficace du bruit.

Ci-dessous quelques équations valables dans le domaine des ondes planes permettant de calculer les fréquences mentionnées ci-dessous (Fréquence d'Helmholtz, d'un fond fermé, d'un tube ouvert...):

	Géométrie	Formule
Fréquence d'un tube ouvert		$f = n \cdot \frac{c}{2L}$
Fréquence d'Helmholtz		$f = \frac{c}{2\pi} \cdot \left( \frac{S_1}{V_{1,l}} + \frac{S_2}{V_{2,l}} \right)^{0,5}$
Fréquence d'un fond fermé		$f = (2 \cdot n + 1) \cdot \frac{c}{4L}$
Fréquence d'un résonateur d'Helmholtz		$f = \frac{c}{2\pi} \cdot \left( \frac{A}{V \cdot l} \right)^{0,5}$
Fréquences de Herschel-Quincke		$f_1 = \frac{c}{2 \cdot (l_2 - l_1)}$ $f_2 = \frac{c}{l_1 + l_2}$



## Atténuation par effet dissipatif :

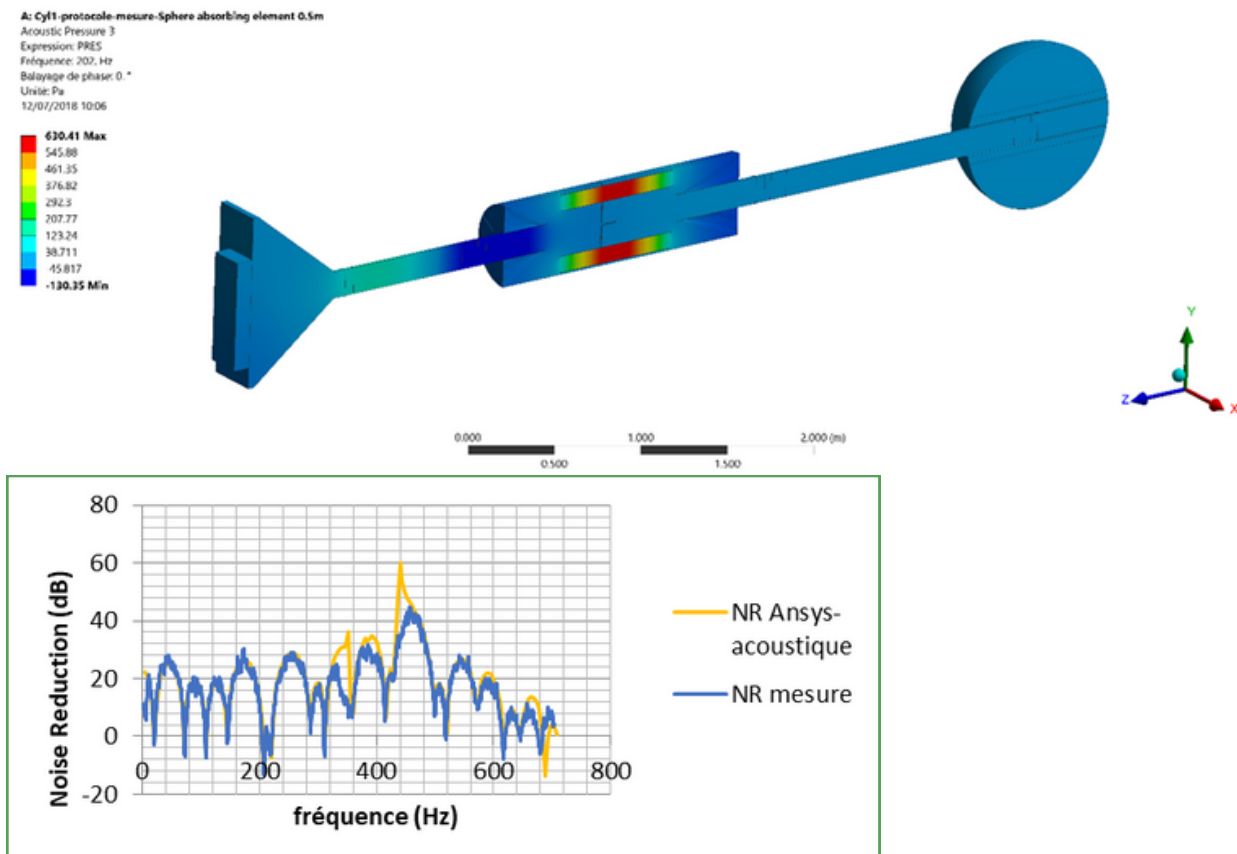
### Atténuation par effet dissipatif

Les silencieux moteurs utilisent également des fibres pour absorber une partie des ondes acoustiques. En traversant les fibres, ces ondes provoquent une vibration du squelette de la fibre, ce qui engendre une dissipation mécanique de l'énergie sonore et par conséquent une conversion de l'énergie en chaleur. En outre, la friction des molécules d'air du milieu poreux entraîne une dissipation visco-inertielle de l'énergie acoustique.

L'absorption est efficace en moyennes et hautes fréquences. Il est important de choisir le matériau absorbant adapté et sa bonne mise en œuvre dans le silencieux afin d'obtenir une atténuation optimale. Généralement, il est disposé en tapissage, en noyau ou encore en anneau pour les conduits cylindriques. Pour les conduits rectangulaires, il est disposé en baffles parallèles.

Afin d'éviter le défibrage, des tôles perforées et/ou du tissu de verre peuvent être rajoutés.

Les silencieux Boët StopSon ont été conçus à l'aide de logiciels d'éléments finis et de simulation des fluides. Ces logiciels nous ont permis de prendre en compte correctement à la fois les effets réactifs et les effets dissipatifs tout en minimisant les pertes de charge.





Dans le but de **modéliser correctement une fibre**, il est nécessaire de connaître différents paramètres intrinsèques du matériaux poreux :

- Porosité
- Tortuosité
- Résistivité
- Longueur caractéristique visqueuse
- Longueur caractéristique thermique

Dans certaines conditions, des propriétés mécaniques du squelette peuvent être nécessaires.

Ces paramètres sont alors utilisés dans différents modèles (Delany-Bazley-Miki, Johnson-Champoux-Allard-Lafarge, Limp, Biot-Allard) et nous permettent d'accorder le plus précisément nos silencieux avec les spectres sonores des moteurs.

$$\tilde{\rho}(\omega) = \frac{\alpha_{\infty}\rho_0}{\phi} \left[ 1 + \frac{\sigma\phi}{j\omega\rho_0\alpha_{\infty}} \sqrt{1 + j\frac{4\alpha_{\infty}^2\eta\rho_0\omega}{\sigma^2\Lambda^2\phi^2}} \right]$$

$$\tilde{K}(\omega) = \frac{\gamma P_0/\phi}{\gamma - (\gamma - 1) \left[ 1 - j\frac{\phi\kappa}{k_0^2 C_p \rho_0 \omega} \sqrt{1 + j\frac{4k_0^2 C_p \rho_0 \omega}{\kappa \Lambda^2 \phi^2}} \right]^{-1}}$$

