Le phénomène d'ondes stationnaires
Application à la production de notes musicales
Fiche de mémorisation

1. Dans quel cas parle-t-on d'onde stationnaire ?

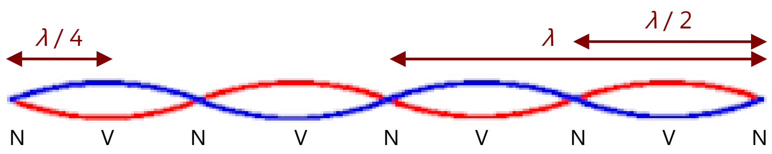
On parle d'onde stationnaire (et non plus d'onde progressive) lorsque la perturbation ne se propage visiblement pas mais qu'il y a des zones de perturbation nulle (appelées nœuds de vibration) et des zones de perturbation forte (appelées ventres de vibration).

2. À quoi le phénomène d'ondes stationnaire est-il dû ?

Le phénomène d'ondes stationnaires est dû à la superposition de deux ondes progressives (généralement l'onde incidente et son onde réfléchie) qui interfèrent de façon constructive ou destructive suivant les zones.

3. Donner et illustrer la relation entre la longueur d'onde et la distance entre deux nœuds ou deux ventres.

Entre un nœud de vibration et le nœud suivant (ou entre un ventre et le ventre suivant), la distance vaut $\lambda / 2$.
Entre un nœud de vibration et le ventre suivant, la distance vaut $\lambda / 4$.



4. Qu'est le 1^er mode propre d'une corde ou d'une colonne d'air ? Le 2^e ? Le 3^e ? Pourquoi n'observe-t-on que les modes propres ?

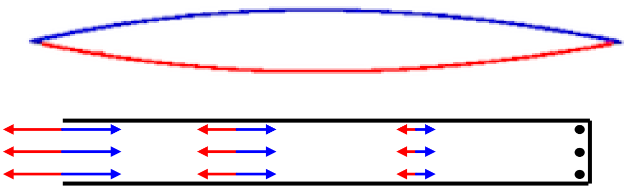
Le 1^er mode propre d'une corde ou d'une colonne d'air est l'onde stationnaire de plus basse fréquence et donc de plus grande longueur d'onde (aussi appelé mode fondamental).
Le 2^e mode propre est l'onde stationnaire de 2^e plus basse fréquence…
On n'observe que les modes propres car seules ces fréquences sont amplifiées (par interférences constructives) par le système qui permet la résonance.

5. Que se passe-t-il lorsqu'un instrument à corde ou à vent (tube) est soumis à une perturbation ?

Lorsqu'un instrument à corde ou à vent (tube) est soumis à une perturbation, il se met à vibrer selon ses modes propres produisant ainsi un son complexe constitué de la fréquence fondamentale et des harmoniques.

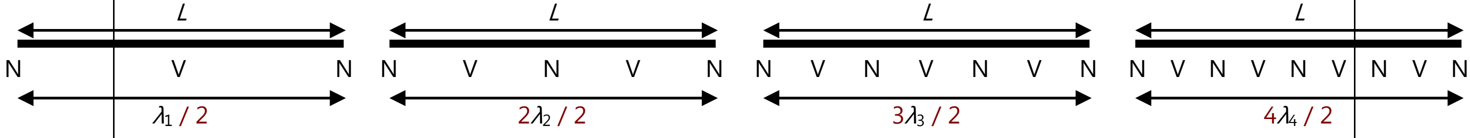
6. Comment sont les vibrations aux extrémités fixes des cordes ? Des tubes fermés ? Des tubes ouverts ?

Aux extrémités fixes des cordes se trouvent des nœuds de vibration.
Aux extrémités des tubes fermés se trouvent des nœuds de vibration (un micro y détecte un ventre de surpression).
Aux extrémités des tubes ouverts se trouvent des ventres de vibration (un micro y détecte un nœud de surpression).



7. Établir la relation entre la longueur d'une corde et la fréquence de ses modes propres.

Relation entre la longueur L d'une corde et la fréquence f_1 de son mode fondamental :

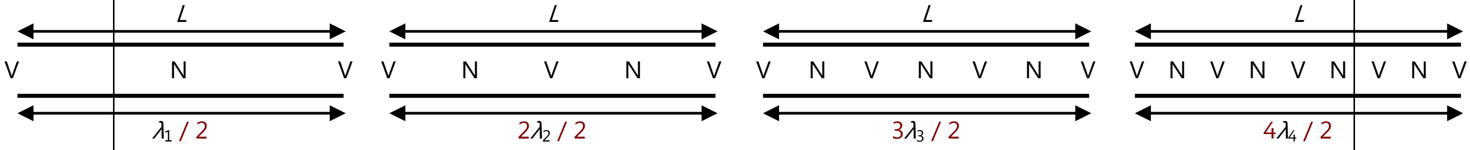


$\frac{\lambda_1}{2} = L$ donc $\lambda_1 = 2L$ or $v = \lambda_1 \cdot f_1$ donc $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$

Les fréquences f_n des autres modes propres (les harmoniques) sont des multiples de la fréquence du fondamental : $f_n = n \times f_1$ c'est-à-dire $2f_1$, $3f_1$, $4f_1$ ...

8. Établir la relation entre la longueur d'une colonne d'air aux 2 extrémités ouvertes (ou fermées) et la fréquence de ses modes propres.

Relation entre la longueur L d'une colonne d'air aux 2 extrémités ouvertes (ou fermées) et la fréquence f_1 de son mode fondamental :

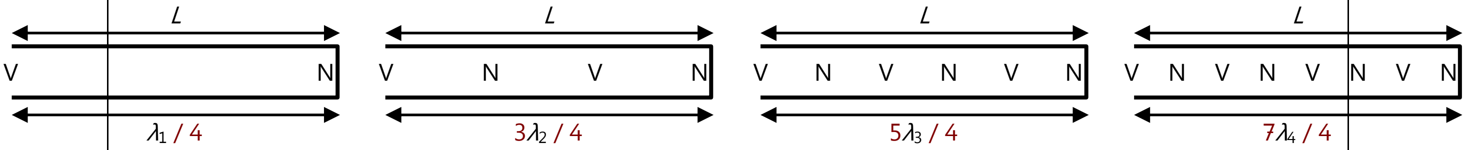


$\frac{\lambda_1}{2} = L$ donc $\lambda_1 = 2L$ or $v = \lambda_1 \cdot f_1$ donc $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$

Les fréquences f_n des autres modes propres (les harmoniques) sont des multiples de la fréquence du fondamental : $f_n = n \times f_1$ c'est-à-dire $2f_1$, $3f_1$, $4f_1$ ...

9. Établir la relation entre la longueur d'une colonne d'air ouverte à une extrémité et fermée à l'autre et la fréquence de ses modes propres.

Relation entre la longueur L d'une colonne d'air ouverte à une extrémité et fermée à l'autre et la fréquence f_1 de son mode fondamental :



$\frac{\lambda_1}{4} = L$ donc $\lambda_1 = 4L$ or $v = \lambda_1 \cdot f_1$ donc $f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$

Les fréquences f_n des autres modes propres (les harmoniques) sont des multiples impairs de la fréquence du fondamental : $f_n = (2n-1) \times f_1$ c'est-à-dire $3f_1$, $5f_1$, $7f_1$ ...