

CHAPITRE 2 : ONDES MÉCANIQUES PROGRESSIVES PÉRIODIQUES – ONDES SONORES

Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers

Septembre 2014

I. Ondes mécaniques et périodicité

1. Mouvement périodique

- Un mouvement périodique est un mouvement qui se répète à intervalles de temps égaux.
- La période d'un phénomène périodique est la plus petite durée au bout de laquelle le phénomène se répète identique à lui-même. On la note T et on l'exprime en secondes (s).
- La fréquence d'un phénomène périodique est le nombre de fois que le phénomène se reproduit en l'espace d'une seconde. On la note f et on l'exprime en hertz (Hz).
- La fréquence et la période sont liées par la relation suivante :

$$f = \frac{1}{T}$$

I. Ondes mécaniques et périodicité

2. Ondes progressives périodiques

- Si la source d'une onde a un mouvement périodique, alors chaque point du milieu de propagation a, lui aussi, un mouvement périodique autour de sa position d'équilibre lorsqu'il est atteint par l'onde.
- On dit alors que l'onde générée est périodique (exemples : ondes produites par les instruments de musique, houle, etc)
- Dans le cas particulier où la source a un mouvement périodique sinusoïdal, l'onde générée sera une onde progressive périodique sinusoïdale (exemple : onde produite par un diapason).

I. Ondes mécaniques et périodicité

3. Double périodicité d'une onde sinusoïdale progressive

- Voir document et graphes des temps et des espaces.
- Une onde progressive périodique présente une double périodicité spatiale et temporelle.
- La période T est la plus petite durée au bout de laquelle la perturbation se reproduit, identique à elle-même, **en un point donné**.
- La longueur d'onde λ , exprimée en mètres, est la période spatiale : c'est la distance parcourue par l'onde en une période. C'est aussi la plus petite distance séparant deux points vibrant en phase **à un instant donné**.
- La période T et la longueur d'onde λ sont liées par la relation suivante :
- Quelques éléments d'initiation à l'analyse dimensionnelle...

$$\lambda = v \cdot T$$

II. Ondes sonores – Éléments d'acoustique musicale

1. Qu'est-ce qu'un son ?

- Un son consiste en une vibration des molécules d'air (variation locale de pression). Il s'agit d'une onde longitudinale dont la célérité dépend du milieu de propagation.
- Les fréquences des ondes sonores audibles sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Pour des fréquences plus petites, on parle d'infrasons ; pour des fréquences plus grandes, d'ultrasons.
- On qualifie de son pur une onde sonore sinusoïdale (par exemple, le son émis par un diapason est un son pur).
- On qualifie de son complexe une onde sonore périodique mais non sinusoïdale (par exemple, le son émis par les instruments de musique).
- On qualifie de bruit une onde sonore ne présentant aucune périodicité et dont la forme est **aléatoire**. Ce n'est pas un son musical.

II. Ondes sonores – Éléments d'acoustique musicale

2. Caractéristiques d'un son

- L'intensité d'un son est d'autant plus grande (le son est d'autant plus fort) que l'amplitude de la vibration sonore est grande.
- La hauteur d'un son est déterminée par sa fréquence : un son est d'autant plus aigu (respectivement grave) que sa fréquence est élevée (respectivement faible).
- Le timbre d'un son est ce qui permet de distinguer deux instruments de musique jouant la même note. Il comporte deux caractéristiques principales : l'enveloppe du son et la composition en harmoniques (ou spectre sonore).

Qualité physiologique du son	Grandeur physique caractéristique associée
Intensité	Amplitude
Hauteur	Fréquence
Timbre	Enveloppe et spectre sonore

II. Ondes sonores – Éléments d'acoustique musicale

3. Analyse harmonique des sons complexes

a. Un résultat mathématique : les séries de Fourier

Une fonction périodique de fréquence f peut être décomposée en une somme d'une infinité de fonctions sinusoïdales de fréquences $f, 2f, 3f, 4f, 5f, \dots$, chaque fonction sinusoïdale ayant une amplitude qui lui est propre.

II. Ondes sonores – Éléments d'acoustique musicale

3. Analyse harmonique des sons complexes

b. Interprétation en acoustique

- Un son complexe de fréquence f est une somme de sons purs de fréquences f , $2f$, $3f$, $4f$, $5f$..., chaque son pur qui compose le son complexe ayant une amplitude qui lui est propre.
- Le son pur de plus basse fréquence (f) qui compose un son complexe est appelé le fondamental. Un son complexe a toujours même fréquence f que le fondamental.
- Les autres sons purs (de fréquences $2f$, $3f$, $4f$, $5f$...) qui composent le son complexe sont appelés les harmoniques de rang 2, 3, 4, 5... ou encore 2^e, 3^e, 4^e, 5^e... harmonique.

Récapitulons

Un son complexe de fréquence f résulte de la superposition du fondamental (son pur de fréquence f) et d'un très grand nombre d'harmoniques (sons purs de fréquences multiples entiers de f).

II. Ondes sonores – Éléments d'acoustique musicale

3. Analyse harmonique des sons complexes

c. Spectre sonore

- Un son complexe peut être représenté par un diagramme en bâtons appelé spectre sonore.
- Le fondamental et les harmoniques y sont représentés par des bâtons dont l'abscisse correspond à la fréquence de l'harmonique et dont la longueur est proportionnelle à l'amplitude de l'harmonique.
- Un exemple de spectre sonore :

