

## Fiche 3

# Phénomènes acoustiques

### Ressources utilisées

- Plan de J. GALIANA, correction de L. FAVREAU
- Bordas, 1<sup>re</sup> ES (2019)
- Nathan, 1<sup>re</sup> ES (2019)
- Lelivrescolaire, 1<sup>re</sup> ES (2019)

### Pré-requis

- Notions de caisse de résonance et d'émission d'un signal sonore [2<sup>de</sup> ]
- Définitions et déterminations de la période/fréquence d'un signal périodique [2<sup>de</sup> ]
- Expression d'une vitesse moyenne [2<sup>de</sup> ]
- Notion de puissance [1<sup>re</sup> ]

### Éléments imposés possibles

### Introduction pédagogique

**Niveau** 1<sup>re</sup> enseignement scientifique

**Difficultés** Sommer les intensités sonores et pas les niveaux sonores.

Faire la différence entre hauteur et timbre d'un son/d'un instrument.

**Travaux dirigés** Utilisation de spectres sonores, détermination de fréquences...

**Travaux pratiques** Enregistrement et reproduction de sons purs, composés ; utilisation de la corde de Melde.

### Introduction

Nouveau programme, enseignement scientifique : donner de la culture et du sens physique aux élèves plutôt que du calcul. Dire comment cette leçon s'inscrit dans le programme. Revenir sur les pré-requis.

En seconde, on a vu que l'émission d'un signal sonore est permise par la **mise en vibration d'un objet** dans un milieu **matériel**.

On a vu que les signaux sonores étaient périodiques, en particulier sinusoïdaux (*tracer une sinusoïde et montrer la fréquence*).  $T = \frac{1}{f}$  (*donner les unités*)

**Objectifs** Appréhender les caractéristiques du son.  
Se familiariser avec les signaux périodiques.

### 3.1 Le son, un phénomène vibratoire

Le son a une origine : la vibration des cordes vocales dans le larynx. On le perçoit car les tympans dans les oreilles vibrent en retour.

#### 3.1.1 Caractéristiques d'une onde sonore

**Onde sonore** : propagation d'une perturbation dans un milieu matériel.

L'objet que l'on fait vibrer met en vibration l'air autour de lui. Il y a donc propagation de la perturbation de proche en proche. (L'air est un milieu matériel car constitué de molécules.) Cependant, il n'y a pas de transport de matière lorsque l'onde sonore se propage. [Dessiner phénomènes de compression/dilatation de l'air.]

#### Caractéristiques

- **Vitesse** : dans l'air,  $v = 340$  m/s;
- **Fréquence** :  $f = \frac{1}{T}$ , reliée à la vitesse par :  $v = \lambda f$ , avec  $\lambda$  la longueur d'onde (*faire l'analyse dimensionnelle*)  
→ caractérise si le son est aigu ou grave ;
- **Intensité** → caractérise si le son est fort ou faible ;
- **Onde sphérique** : à partir d'un point source (tracer un schéma).

**Remarque** Le domaine de fréquence d'une onde sonore est importante ; pour l'audible, il s'agit du domaine entre 20 Hz et 20 000 Hz. Les ultrasons sont au delà de 20 000 Hz, jusqu'à  $10 \times 10^6$  Hz.

#### 3.1.2 Intensité et niveau sonore

On définit l'intensité :

$$I = \frac{\mathcal{P}}{S} \quad (3.1)$$

**Application numérique** : hurlement d'un coyote qui communique avec son congénère situé à 100 m :  $\mathcal{P} = 10$  W ;  $S = 4\pi R^2$  ; donc  $I = 8.0 \times 10^{-5}$  W m<sup>-2</sup>. Cette définition est peu pratique pour comparer des sons. On introduit une autre grandeur, le niveau sonore :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (3.2)$$

exprimé en dB, avec  $I_0 = 1.0 \times 10^{-12}$  W m<sup>-2</sup> Pour le coyote adulte, on trouve donc  $L = 79$  dB. Si on considère un jeune coyote, son intensité sonore est deux fois moindre :  $I_2 = \frac{I}{2}$ . Alors,  $L_2 = L - 3$  dB. On notera que lorsqu'on divise par deux la puissance émise, on réduit de 3 dB le niveau sonore.

Projection

Échelle de niveaux sonores.

#### 3.1.3 Analyse spectrale d'un son

Projection

Sinusoïdes tracées sur GeoGebra.  
Somme de sinusoïdes tracée sur GeoGebra.

**Son pur** son dont le signal correspondant est sinusoïdal.

**Son composé** son dont le signal correspondant n'est pas sinusoïdal.

On peut construire facilement des sons composés à partir de plusieurs sons pur.

Projection

On somme les sinusoïdes précédemment tracées sur GeoGebra.

Comment décomposer un son composé en plusieurs sons purs? On utilise l'analyse spectrale → tracer le spectre de Fourier d'un son composé.

**Spectre de Fourier** : représentation des fréquences des différents signaux sinusoïdaux.

Tracer le spectre de Fourier du son composé.

**Remarque** Les spectres de Fourier peuvent être utilisés dans d'autres domaines que l'acoustique, à condition que l'on considère des signaux sinusoïdaux.

#### Projection

Autres exemples d'analyse spectrale.

Cela nous amène à définir deux autres notions :

**Hauteur** fréquence **fondamentale** d'un son, c'est-à-dire la plus faible.

**Timbre** toutes les autres fréquences du spectre d'un son composé.

Un exemple d'objet donnant un son pur est un **diapason** (*le montrer et faire entendre son son*). Les sons composés sont produits par tous les autres instruments de musique.

## 3.2 Autour de la guitare

### 3.2.1 Présentation

#### Projection

Dessin d'une guitare.

La guitare est composée de :

- une caisse de résonance → amplification du signal sonore créé par les cordes ;
- des cordes composées de matériaux différents pour produire des sons différents ;
- des clés pour accorder la guitare en jouant sur la tension des cordes.

### 3.2.2 Modélisation de la guitare

Une corde de guitare est caractérisée par :

- sa **tension**  $T$  (réglée par les clés) ;
- sa **longueur**  $L$  (quand on joue, on pose nos doigts sur la corde ce qui diminue sa longueur) ;
- sa **masse linéique**  $\mu = \frac{m}{l}$  (donnée par le matériau de la corde).

On peut modéliser la corde de guitare par une corde de Melde.

#### Projection

Schéma de la corde de Melde. Remarque : la fréquence du vibreur doit être de l'ordre de la dizaine de Hz.

**Objectifs** Lier la fréquence de la corde  $f$  à ses trois caractéristiques.

*Expliquer le montage expérimental utilisé.* Le vibreur impose une fréquence de vibration à la corde qui est fixée à ses deux extrémités. On cherche la fréquence pour laquelle le fuseau a une amplitude constante et maximale.

On mesure une fréquence fondamentale  $f = 23.7 \pm 0.1$  Hz. En préparation, on a mesuré la fréquence fondamentale  $f$  pour d'autres longueurs de corde  $L$ . On trace  $f$  en fonction de  $\frac{1}{L}$  et on observe une fonction linéaire. On a une relation de proportionnalité entre  $f$  et  $\frac{1}{L}$ . On peut faire la même expérience pour d'autres paramètres de la corde :

- En changeant la masse au bout de la corde : on joue sur la tension. On a remarqué en préparation que  $f$  est proportionnelle à  $\sqrt{T}$ .
- En changeant le matériau de la corde, on joue sur sa masse linéique. On pourrait remarquer que  $f$  est proportionnelle à  $\frac{1}{\sqrt{\mu}}$ .

On a finalement la relation de la corde de Melde :

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (3.3)$$

Projection

**Bilan** : comment on peut jouer sur la hauteur du son d'une guitare.

## Conclusion

Projection

**Bilan**

Pour la prochaine fois : comment enregistre-t-on un signal sonore ?