

Chapitre 1 : Émission et perception d'un son

TP1 : « Autour du son » et TP2 : « Vitesse du son »

Objectifs du programme

| Notions et contenus | Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i> |
|---|---|
| Émission et propagation d'un signal sonore. | Décrire le principe de l'émission d'un signal sonore par la mise en vibration d'un objet et l'intérêt de la présence d'une caisse de résonance. |
| Vitesse de propagation d'un signal sonore. | Expliquer le rôle joué par le milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore. |
| Signal sonore périodique, fréquence et période. Relation entre période et fréquence. | Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées. |
| | <i>Mesurer la vitesse d'un signal sonore.</i> |
| | Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle. |
| | <i>Utiliser une chaîne de mesure pour obtenir des informations sur les vibrations d'un objet émettant un signal sonore.</i> |
| | <i>Mesurer la période d'un signal sonore périodique.</i> |
| | <i>Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore.</i> |
| | Capacités mathématiques : identifier une fonction périodique et déterminer sa période. |
| Perception du son : lien entre fréquence et hauteur ; lien entre forme du signal et timbre ; lien qualitatif entre amplitude, intensité sonore et niveau d'intensité sonore. Échelle de niveaux d'intensité sonore. | Citer les domaines de fréquences des sons audibles, des infrasons et des ultrasons. |
| | Relier qualitativement la fréquence à la hauteur d'un son audible. |
| | Relier qualitativement intensité sonore et niveau d'intensité sonore. |
| | Exploiter une échelle de niveau d'intensité sonore et citer les dangers inhérents à l'exposition sonore. |
| | <i>Enregistrer et caractériser un son (hauteur, timbre, niveau d'intensité sonore, etc.) à l'aide d'un dispositif expérimental dédié, d'un smartphone, etc.</i> |

Fig. 1 – Objectifs du BO

1 Émission et propagation d'un son

Qu'est-ce que le son ? Comment se propage-t-il ? À mettre en lien avec l'activité expérimentale du TP1 .

1.1 Émission d'un son

Un son est produit par la mise en **vibration** rapide d'un objet. Comme par exemple les cordes d'une guitare, les ailes d'un insecte ou les feuilles d'un arbre secouées par le vent.

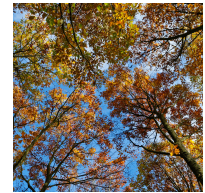


Fig. 2 – Une guitare, une cigale et la cime des arbres

Plus la surface mise en vibration est grande, plus le son sera fort. D'où l'intérêt d'utiliser des **caisses de résonance**. Une caisse de résonance **amplifie** et **filtre** les sons. On distinguera la production d'un son et d'un bruit par l'aspect **périodique** de l'onde sonore. On peut produire un son à une fréquence précise à l'aide d'un diapason frappé par un marteau. À l'oeil nu les vibrations peuvent être imperceptibles, on peut les mettre en évidence en plongeant une extrémité du diapason dans un verre d'eau par exemple. Lorsque l'on place le diapason sur une caisse de résonance appropriée le son est amplifié. (voir https://www.youtube.com/watch?v=YRv4P0v5jh4&t=23s&ab_channel=Unisciel)

1.2 Propagation du son

On entend un son en étant à distance de la source qui l'a créé, le son s'est donc **propagé** entre l'émetteur et le récepteur, dans l'air ou dans un autre milieu.

Fig. 3 – Que se passe-t-il lorsqu'on fait le vide ?



Décrivez et interprétez les résultats expérimentaux

Un signal sonore est un phénomène de déplacement d'une perturbation de proche en proche dans un milieu matériel et sans transport effectif de matière. L'onde sonore nécessite un support matériel pour se déplacer, comme par exemple les molécules qui composent l'air, le bois, le métal, l'eau ou tout autre matériau.

Lorsqu'on fait le vide le son ne se propage plus !¹

La perturbation à l'origine de la propagation est caractérisée par une vibration des molécules du milieu autour de leur **position d'équilibre** (ou état de repos).

Le mécanisme de propagation du son est réalisé en trois étapes que l'on peut résumer de la façon suivante :

1. Animation : https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_fr.html

Les quatre étapes du mécanisme de propagation du son

1. La source mécanique crée une perturbation, qui se traduit par une variation de pression dans le milieu.
2. Cette variation de pression provoque des micro-déplacements des molécules du milieu.
3. Les molécules se heurtent entre elles, ce qui transmet la perturbation à leurs voisines.
4. Une fois la perturbation passée les molécules reviennent à leur position initiale.

2 Des sons particuliers : les sons périodiques

Certains sons sont constitués d'un motif qui se répète périodiquement, on parle de **sons périodiques**. Ils sont notamment caractérisés par la **fréquence** à laquelle se répètent les motifs.

2.1 Hauteur d'un son

La **hauteur du son**, c'est à dire s'il est aigu ou grave est lié à la **fréquence**. Plus la fréquence est grande plus le son est aiguë. A contrario, plus la fréquence est faible plus le son est grave.

La fréquence et la période

La fréquence, notée f , d'un son est liée à la période T . C'est l'inverse de la période. Mathématiquement la relation entre f et T s'écrit :

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

La fréquence est l'inverse d'un temps, on l'exprime en **Hertz** (Hz) ce qui correspond à $1/s$ ou s^{-1} .

2.2 Le timbre

En musique, des sons de même **hauteur** représentent la même note, par exemple un La3 si la fréquence du son est de 440Hz . Pourtant, même si deux instruments jouent la même note, ils sont différenciables et identifiables à l'oreille. On dit que leur **timbre** est différent. **Le timbre d'un son** est l'ensemble des caractéristiques du signal permettant de distinguer ce son d'un autre de même hauteur (ou même fréquence). Le timbre est lié à la forme du son.

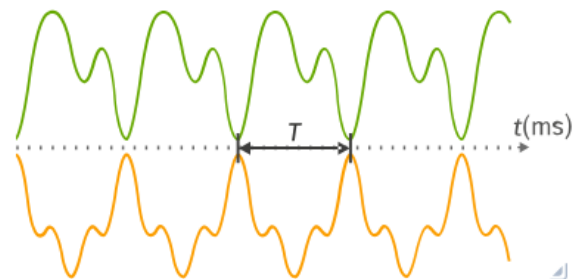


Fig. 4 – Même fréquence mais un timbre différent.

Exercices

Savoir faire :

1. Déterminer une période à partir d'un graphique ;
2. Convertir des millisecondes en secondes ;
3. Calculer la fréquence d'un signal

Exercices 5,8 p.262 du Livre scolaire.

3 Le son et l'oreille

Lorsque l'onde sonore arrive à nos oreilles, d'un côté du tympan on aura une accumulation de molécules (plus de chocs) ce qui induit une force sur la membrane du tympan et son déplacement. Mais pas pour tous les types de sons !

3.1 Le domaine des fréquences audibles

L'oreille humaine ne perçoit que certaines fréquences sonores. Lesquelles ?

Domaine des fréquences audibles

Un son trop grave ou trop aiguë ne sera pas entendu. Le domaine de fréquence des sons audibles est compris entre **20 Hz et 20 kHz**. Ces valeurs peuvent varier d'un individu à l'autre et le domaine des fréquences audibles se réduit avec l'âge. En dessous de 20 Hz on se situe dans le domaine des **infrasons**. Au delà des 20 kHz on parle des **ultrasons**.

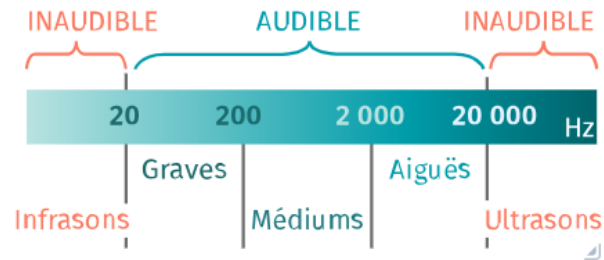


Fig. 5 – Domaine des fréquences audibles

3.2 Intensité et niveaux sonores

L'**amplitude** du son correspond au maximum d'intensité que peut atteindre le signal sonore. Un son est deux fois plus intense si la source vibre avec une amplitude deux fois plus grande. Pourtant il ne sera pas perçu deux fois plus fort par l'oreille. L'oreille ne réagit **pas proportionnellement** à l'intensité de l'onde sonore, car elle est sensible à une gamme limitée de pressions. À partir d'une certaine intensité, elle ne peut plus distinguer les différences de pression.

Pour modéliser ces observations expérimentales, on définit le **niveau d'intensité sonore** noté L et exprimer en décibel (dB). On peut mesurer le niveau d'intensité sonore à l'aide d'un **sonomètre**.

Remarque : lorsque le son est deux fois plus fort, le niveau d'intensité sonore augmente de 3 dB.

3.3 Perception des sons par l'oreille

L'onde sonore peut présenter un danger pour l'oreille, si son niveau d'intensité sonore est trop élevé. Le niveau 0 dB est le niveau minimum pour lequel l'oreille peut détecter le son. En dessous de ce niveau, l'oreille ne pourra pas entendre le son. Au delà d'un certain niveau, la vibration peut endommager l'oreille définitivement. On dit que le seuil de douleur correspond à un niveau de 120 dB.

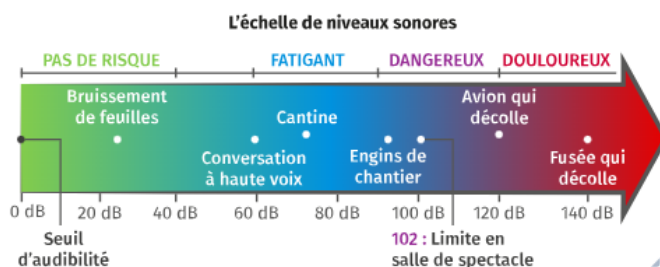


Fig. 6 – Échelle des niveaux sonores [Le livre scolaire]

Exercices sur l'intensité sonore

Savoir Faire :

- Lire un graphique de niveaux d'intensité sonore ;

Exercices 12, 14 p262

4 Vitesse de propagation du son

Voir l'activité expérimentale voir le TP2 « Mesure de la vitesse du son dans l'air et dans l'eau »

La vitesse du son

La vitesse du son correspond au rapport entre la distance d parcourue par l'onde sonore et le temps Δt qu'elle a mis à parcourir cette distance.

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad (2)$$

La vitesse v est donnée en mètres par secondes (m/s ou $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), la distance d est en mètres (m) et le temps entre deux instants $\Delta t = t_2 - t_1$ est donné en secondes (s).

| Milieu | Air | Eau liquide | Verre | Acier |
|--|-----|-------------|-------|-------|
| $v \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$ | 340 | 1500 | 5300 | 5800 |

Table 1 – Vitesse du son en fonction du milieu à $T = 20^\circ\text{C}$

La vitesse de propagation d'une onde sonore dépend à la fois du milieu matériel et de sa température. Plus le milieu est dense, plus la vitesse de propagation sera grande. Et plus la température du milieu est grande plus la vitesse du son est importante.

Exercice sur la vitesse du son

Savoir Faire :

- Savoir calculer une vitesse, un temps ou une distance à partir des informations données ;
- convertir une vitesse en "m/s" en "km/h"

Exercices 7, 10 p262