

LP 3 : Phénomènes acoustiques

Niveau : 1 re enseignement scientifique (programme 2019)

Pré-requis :

- Notions de caisse de résonance et d'émission d'un signal sonore [2de]
- Définitions et déterminations de la période/fréquence d'un signal périodique [2de]
- Expression d'une vitesse moyenne [2de]
- Notion de puissance [1re]
- Fonction sinus (Collège)

Biblio :

- Bordas, 1re enseignement scientifique (2019)
- Nathan, 1re enseignement scientifique (2019)
- Le livre scolaire, 1re enseignement scientifique (2019)
- Nathan, 2de (2019)

Intro pédagogique

Niveau : Nouveau programme, enseignement scientifique → donner de la culture et du sens physique aux élèves plutôt que du calcul.

Leçons à venir dans la séquence : gammes, traitement/enregistrement d'un signal.

Difficultés : - Ce sont les intensités et non les niveaux sonores qu'il faut sommer ;
- Différence entre la hauteur et le timbre d'un instrument.

TP : enregistrement et reproduction de sons purs et composés, corde de Melde= modélisation d'un instrument

TD : Détermination de fréquences, utilisation de spectres (analyse spectrale). Approche documentaire sur la guitare

Introduction

Rappel 2nd : slide *Onde acoustique* : onde de compression-dilatation sans transport de matière qui correspond à un transport d'énergie. + schéma

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. Cependant, il n'y a pas de transport de matière lorsque l'onde sonore se propage.

Par exemple : le son de ma voix a une origine : la vibration des cordes vocales dans le larynx. On le perçoit car les tympanes dans les oreilles vibrent en retour.

Les phénomènes acoustiques, ça regroupe l'utilisation de ces sons, infrasons et ultrasons. On va justement voir qu'est-ce qu'un phénomène acoustique, qu'est-ce que qu'un son, qu'est ce qui le distingue d'un infrason ou d'un ultrason, quelles sont les différentes caractéristiques de ces phénomènes et leurs applications

Objectifs : - Appréhender les caractéristiques du son.
- Savoir réaliser l'analyse spectrale d'un son

I. Onde sonore

A. Caractéristique d'une onde acoustique

Onde sonore = onde progressive harmonique. Progressive : propagation, périodique : identique à des intervalles de temps T (période)

Caractéristiques :

→ Fréquence : $f = 1/T$, → caractérise si le son est aigu ou grave

exp : détermination fréquence émise par le diapason sur oscillo + autre diapason → quand le son change, la fréquence change

https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/analyseur.php?typanim=Flash

https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/general/synthese.html

exp : avec micro et HP ultrasonore on se déplace suivant $x \Rightarrow$ on retrouve l'onde identique

<https://www.youtube.com/watch?v=ITlc1wRpKBY> (mesure vitesse son)

→ périodicité spatiale : longueur d'onde

→ schéma double périodicité

f et λ relié par $v = f \cdot \lambda$, v vitesse du son

A quelle vitesse ce propage l'onde ?

→ $v_{\text{son}} = \lambda/T$ car $\lambda =$ distance parcourue pendant T

Exp : on mesure λ et T pour l'air et si possible dans l'eau aussi (Avec GBF en impulsion. On ajoute un point sur une droite expérimentale faite en préparation, émetteur et récepteur ultrasonore)

http://ww2.ac-poitiers.fr/math_sp/spip.php?article439

→ valeur tabulée : $v_{\text{air}} = 340\text{m/s}$, $v_{\text{eau}} = 1500\text{m/s}$ → dépend du milieu

Transition : les ondes sonores ne transportent pas de la matière mais de l'énergie, quelle est la relation entre le son et l'énergie?

B. Intensité et niveau sonore

Nathan 1ere STL p55

Intensité : $I = P/S$ en W/m^2 Puissance de l'onde émise sur une surface

Oreille $10^{-12} \text{ W/m}^2 < I < 1 \text{ W/m}^2$

AN : hurlement d'un coyote qui communique avec son congénère situé à 100 m : $P = 10 \text{ W}$; $S = 4\pi R^2$; donc $I = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$.

Cette définition est peu pratique pour comparer des sons. Pour quantifier le niveau sonore, on introduit une autre grandeur :

Niveau sonore : $L = 10 \log(I/I_0)$, avec $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$, exprimé en décibels (dB)

Remarque : échelle logarithmique adaptée à la réponse de l'oreille qui n'est pas linéaire.

Slide niveau sonore pour l'oreille (Nathan 1ere STL p55)

exp : mesure du niveau sonore de sa voix avec un sonomètre.

L non additif. Justification avec petit calcul :

AN : Pour le coyote, $L = 79 \text{ dB}$.

Si on considère un jeune coyote, son intensité sonore est deux fois moindre : $I_2 = I/2$.

Alors, $L_2 = L - 3 \text{ dB}$.

II. Perception du son

A. Un capteur : l'oreille

Oreille : son audible de $20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$.

Graphes avec niveau sonore en fonction de la fréquence du son. Hachette 1ere STI2D p217 Seuil de détection et de douleur varie avec la fréquence. Slide

Transition : piano et diapason qui jouent un la, pas le même son, pourquoi ? (<http://acoustique.e-monsieur.com/pages/partie-iii/analyse-des-sons-musicaux.html> , son diapason et piano)

B. Hauteur et timbre Slide spectre Guitare p45 Hachette TS enseignement spécifique

Exp : on enregistre un la d'un diapason et d'une flûte

<https://www.youtube.com/watch?v=RiF53vvzraA>

→ signaux périodiques mais pas sinusoïdaux pour la flûte

Son pur : son dont le signal correspondant est sinusoïdal.

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

On utilise une décomposition de Fourier :

En 1822, le mathématicien français Joseph FOURIER a montré que tout signal périodique de fréquence f_1 peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences f_n multiples de f_1 . Ces signaux sinusoïdaux sont appelés harmoniques. f_1 est la fréquence fondamentale.

$f_n = n f_1$ avec $n \in \mathbb{N}^*$ Les fréquences f_n sont les fréquences harmoniques de rang n du son.

Exp : on fait la TF des signaux enregistrés

https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/son/analyseur.php?typanim=Flash

Un son pur ne fait donc apparaître qu'un seul pic de fréquence sur son spectre : la fréquence fondamentale f_1 . Un son complexe fait apparaître la fréquence fondamentale f_1 et les fréquences harmoniques suivantes f_n . (Fig 12 p 63 MicromégaTS)

La *hauteur* d'un son est liée à la fréquence du fondamental.

Le *timbre* d'un son est caractérisé par l'intensité relative de ses harmoniques, c'est la sensation physiologique qui permet de dire si un son est plus grave ou plus aigu qu'un autre son.

Deux sons de même hauteur émis par deux instruments différents ne sont pas perçus de la même manière, car les harmoniques sont différents. Ces sons ont des timbres différents

Slide : comparaison des harmoniques : guitare/flute Hachette TS p45.

C. Exemple d'instrument? Atténuation ? Courbe de Fletcher ? Dépend de l'élément imposé...

Conclusion :

Slide Bilan

Ouverture : isolation sonore, effet Doppler...