

Chapitre 3 : Quelles sont les caractéristiques des ondes sonores ?

I. Quelques généralités sur le son.

II. Décibels et nuisance.

- Connaître et exploiter la relation liant le niveau d'intensité sonore à l'intensité sonore.

Exercice B1 : Bruit de chantier

Document 1 : Quelques données.

- Relation entre le niveau sonore L (dB) et intensité sonore I (W.m^{-2}) : $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$
avec $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$, intensité sonore de référence.
- L'intensité sonore I à une distance R d'une source émettant dans toutes les directions est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation $I = P / S$ où S représente la surface de la sphère de rayon R ($S = 4\pi R^2$).

Document 2 : Échelle de niveaux sonores.

Niveau sonore (dB)	0	60	85	90	120
Effet sur l'auditeur	Limite d'audibilité	Bruit gênant	Seuil de risque	Seuil de danger	Seuil de douleur

Document 3 : mathématiques.

$$\log(10^x) = x \quad \text{et} \quad 10^{\log(x)} = x$$

$$\log(ab) = \log(a) + \log(b)$$

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$$

Dans cet exercice on cherche à évaluer le niveau sonore auquel peut être exposé un ouvrier sur un chantier de construction.

Questions.

- On considère un bruit extérieur, reçu par une personne sur un chantier, caractérisé par une intensité sonore $I_1 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ W.m}^{-2}$ à la fréquence de 500 Hz. Calculer le niveau sonore L_1 du son reçu par cette personne.
- Sur un chantier de travaux publics, un ouvrier (sans casque) est placé à une distance $R = 1,0 \text{ m}$ d'un engin émettant un bruit de fréquence moyenne 125 Hz avec une puissance sonore $P = 15 \text{ mW}$.
 - Déterminer, en justifiant, si le bruit perçu par cet ouvrier présente un danger pour son système auditif.
 - L'ouvrier s'éloigne pour se positionner à 10 m de l'engin. Cette opération est-elle efficace en termes de protection contre le bruit ?

Exercice livre page 52.

17 Calculer un niveau d'intensité sonore

Au bord d'une voie ferrée, on mesure un niveau d'intensité sonore égal à 100 dB au passage d'un train.

Donnée : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

1. Quelle est l'intensité sonore correspondante ?
2. Quel sera le niveau d'intensité sonore enregistré si deux trains se croisent en produisant le même son ?

21 Le son du diapason

COMPÉTENCES Raisonner ; calculer.

Un son pur est un son qui n'a pas d'harmonique. Un diapason émet un son pur de fréquence 880 Hz.

1. Quelle est la longueur d'onde λ_{air} de ce son dans l'air ?
2. Au bout de quelle durée ce son est-il perçu par une personne située à 10 m du diapason ?
3. L'intensité sonore perçue par cette personne vaut $1,0 \times 10^{-10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Quel est le niveau d'intensité sonore L correspondant ?

4. Quel sera le niveau d'intensité sonore pour cette personne si trois diapasons émettent simultanément un son de même intensité ?

Données :

vitesse du son dans l'air à 20 °C : $v_{\text{air}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

$I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.



Exercice type bac. Corne de brume

Résolution de problème

COMPÉTENCES S'approprier, connaître, analyser, réaliser, valider, communiquer.

Une corne de brume est un instrument de signalisation maritime émettant des signaux sonores par temps de brume pour signaler un obstacle ou un danger (récif, banc, jetée, etc.).



Doc. 1 Notice d'une corne de brume de marque Acme

Puissante corne de brume. Très robuste et résistante à la corrosion, la corne de brume en thermoplastique avec embout en laiton de marque Acme (fabrication anglaise) produit un son de plus de 122 décibels pénétrant sur de longues distances (jusqu'à 3 km), c'est l'accessoire indispensable pour la signalisation maritime.

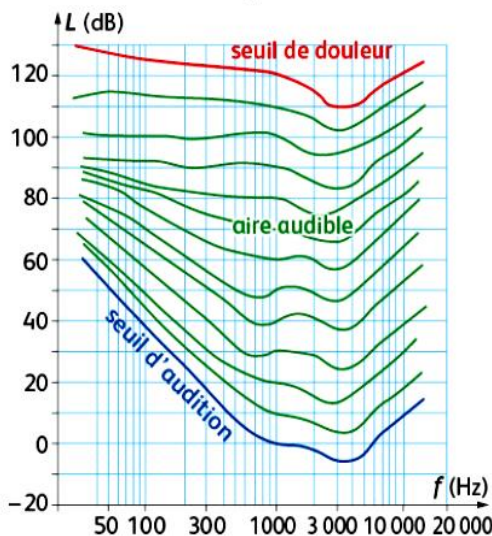
Corne approuvée par la Convention Internationale pour la Sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS). Conforme aux réglementations maritimes internationales.

Dimension : longueur 36 cm.

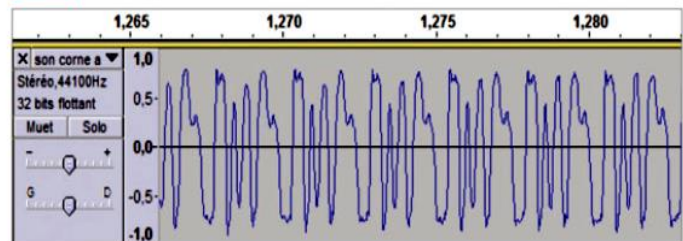
D'après <http://www.pro-sifflets.com/corne-de-brume-acme-solas-plastique-c2x7723540>

Doc. 2 Diagramme de Fletcher

La sensibilité de l'oreille humaine varie avec la hauteur des sons. Le diagramme de Fletcher en rend compte : les courbes sont celles d'égale sensation auditive.



Doc. 3 Enregistrement du son émis



DONNÉES

- Intensité sonore de référence :

$$I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

- Dans le cas d'une propagation isotrope d'un son (c'est-à-dire d'une propagation de la même énergie dans toutes les directions), l'intensité sonore au point M dépend de la distance d à la source et de la puissance P de la source. Elle s'exprime de la façon suivante :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

avec I en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, P en W et d en m.

Questions

- 1 En supposant que la propagation du son émis par la corne de brume est isotrope, que le niveau sonore indiqué sur la notice est mesuré à une distance de l'ordre de 1 cm de son pavillon et en utilisant l'ensemble des documents, estimer la distance maximale à laquelle le son de la corne de brume peut être entendu.
- 2 Comparer ensuite le résultat obtenu à celui donné dans le **document 1**.

Toute initiative prise pour résoudre ces questions, ainsi que la qualité de la rédaction explicitant la démarche suivie seront valorisées.

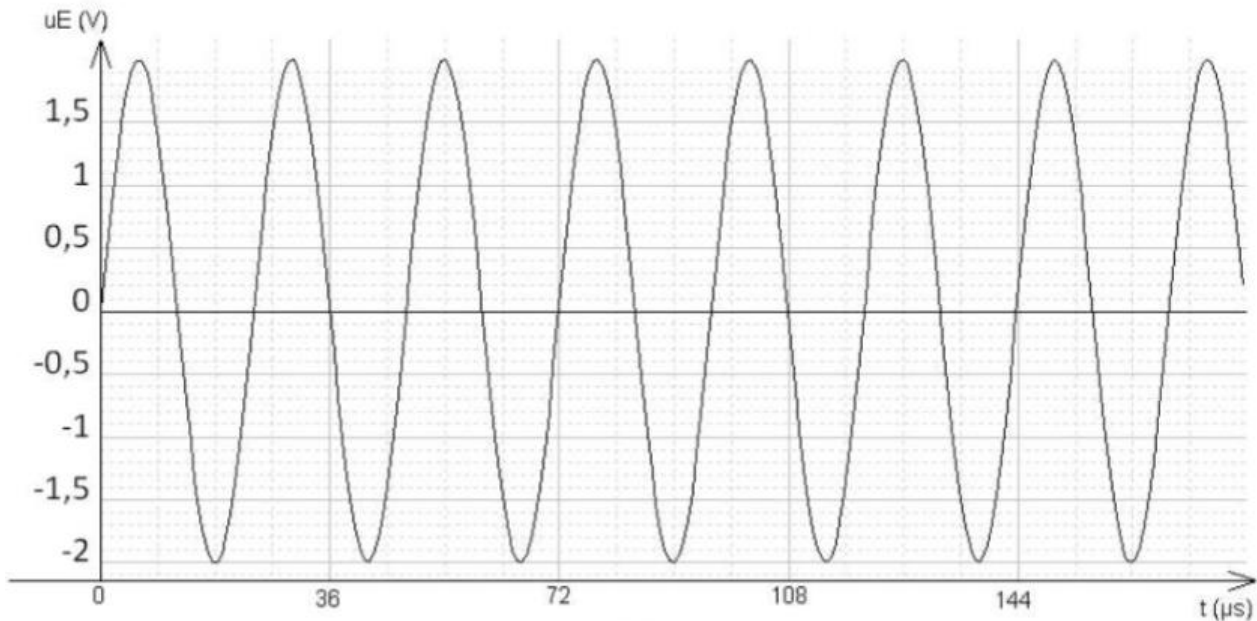
III. Analyse spectrale d'un son.

- Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.

1. Hauteur d'un son.

Exercice C1 : fréquence d'un son.

Déterminer avec le plus de précision la période du son.
En déduire sa fréquence.

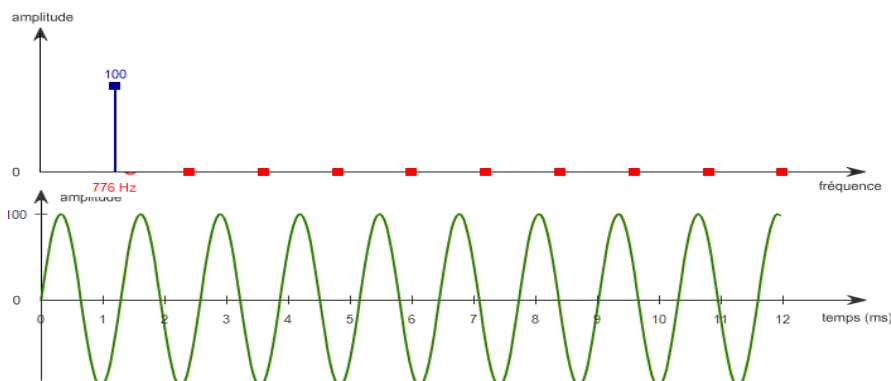


2. Analyse de Fourier d'un son.

Exercice C2 : Analyse d'un son.

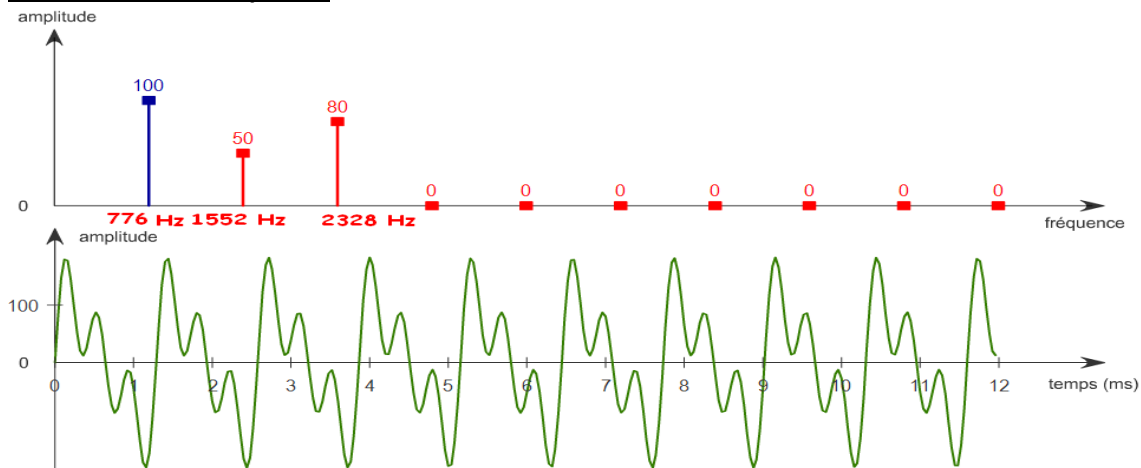
Le mathématicien Joseph Fourier a montré que toute fonction périodique de fréquence f peut-être décomposée en une somme de fonctions sinusoïdales de fréquences $f, 2f, 3f, \dots$

Etude d'un son pure :



- Calculer la période du signal sinusoïdale à l'aide de la courbe 2.
- En déduire la fréquence de l'onde étudiée.
- Vérifier la valeur à l'aide de la décomposition de Fourier. Calculer un pourcentage d'erreur.
- Quelle particularité présente le spectre du son pur ?

Etude d'un son complexe :

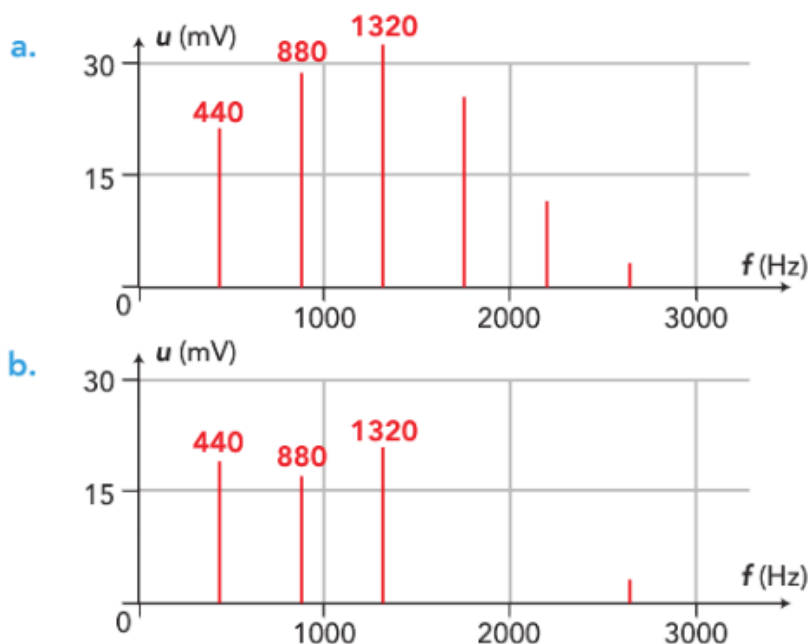


- Calculer la période du signal périodique.
- La fréquence de l'onde étudiée est appelé le fondamental. Déterminer la valeur du fondamental.
- Quelle particularité présente le spectre du signal sinusoïdal ?
- De combien de signaux sinusoïdales le son est-il la somme ?
- Quelle est la valeur de l'harmonique de rang 2 (2^{ème} fréquence) ?
- Quelle particularité présente le spectre du son complexe ?

3. Hauteur et timbre d'un son.

16 Exploiter des spectres sonores

On a réalisé les spectres de deux notes de musique jouées par deux instruments.



- Les notes ont-elles la même hauteur? Justifier.
- Les timbres sont-ils identiques? Justifier.

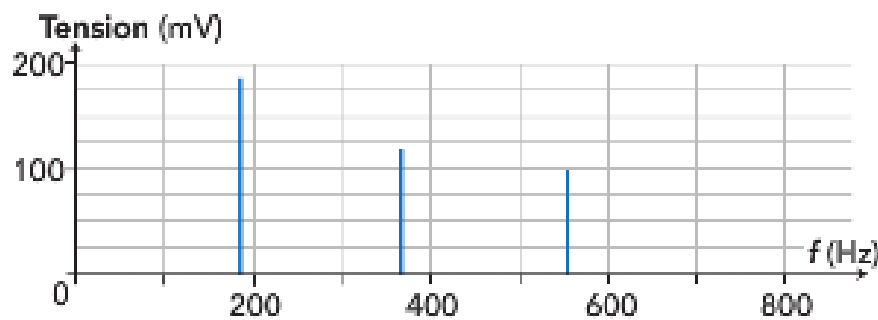


25 Quel son ?

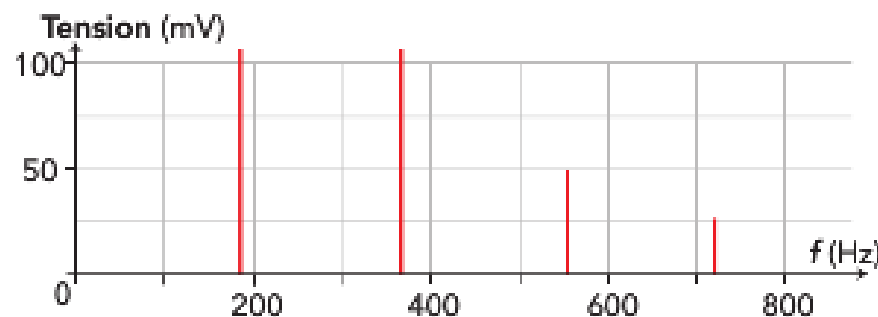
COMPÉTENCES Exploiter un graphique ; raisonner.

On cherche à caractériser le son émis par une guitare acoustique au cours d'un concert. L'enregistrement de ce son permet d'obtenir le spectre en fréquences ci-dessous.

1. Relever les différentes valeurs de fréquences des pics sur le spectre 1 ci-dessous.
2. Quelles sont les relations entre ces fréquences ?
3. a. Comment est appelé le signal sinusoïdal associé à la fréquence la plus basse ?
b. Comment nomme-t-on les signaux sinusoïdaux associés aux autres fréquences ?
4. On compare la même note produite par une corde en nylon (spectre 1) et une corde en acier (spectre 2). Les sons produits ont-ils le même timbre ?



Spectre 2. Spectre en fréquences du sol_2 émis par la corde en acier.



➤ Voir, si nécessaire, l'exercice résolu 5, p. 49.

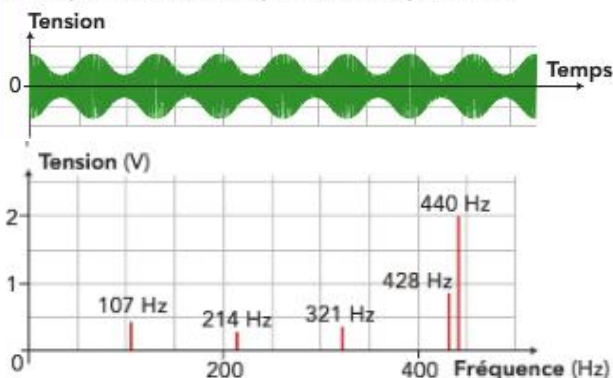
29 Accorder une guitare avec un diapason

COMPÉTENCES Exploiter un graphique ; raisonner.

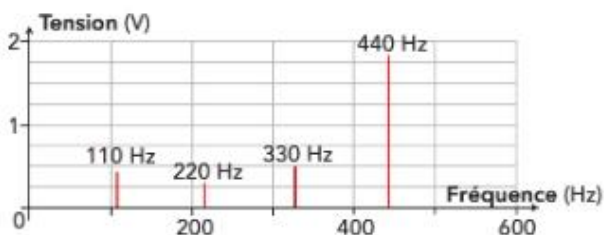
Lorsque deux notes ont des fréquences proches, leur mélange produit un son dont l'intensité varie au cours du temps. Ce phénomène, appelé battement, peut être utilisé pour accorder la 5^e corde d'une guitare à l'aide d'un diapason. Cette corde émet normalement un la dont la fréquence du fondamental est de 110 Hz. Un diapason émet un son pur, c'est-à-dire un son dont le spectre en fréquences n'est composé que d'un fondamental.



Lya souhaite vérifier la rigueur de cette méthode. Elle enregistre les sons émis simultanément par sa guitare et un diapason et obtient l'oscillogramme ci-dessous à partir duquel elle trace le spectre correspondant :



1. Repérer sur le spectre les fréquences du fondamental et des harmoniques de la note émise par la guitare.
2. Repérer de même la fréquence de la note émise par le diapason.
3. À l'aide de l'oscillogramme, expliquer la phrase en italique.
4. La corde est-elle accordée ?
5. Après avoir modifié la tension de la corde, Lya réalise une nouvelle acquisition et obtient le spectre suivant :



Quelles sont les fréquences du fondamental et des harmoniques de la note émise par la guitare ?

6. La corde est-elle accordée ?