

## Données pour tous les exercices :

- toutes les valeurs de vitesses sont données dans le référentiel terrestre.
- sauf indication contraire, la propagation des signaux sonores étudiés s'effectue dans l'air dans les conditions usuelles.

## Émission et propagation d'un signal sonore

► § 1 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

- 13** **ORAL** Réaliser un support visuel afin d'expliquer oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe comment un signal sonore émis par un objet peut se propager dans un milieu matériel.
- 14** Citer la condition nécessaire pour qu'un objet puisse émettre un signal sonore.
- 15** Justifier l'affirmation suivante : « Un signal sonore ne peut pas se propager dans le vide ».

## 16 Vibrer pour émettre

DOCUMENT Bol chantant tibétain

Vidéo

Visionner la vidéo sur le site [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr).

Faites tinter ce bol chantant et découvrez une sonorité, généreuse et agréable. Fabriqué au Népal.

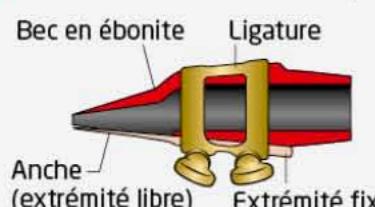
D'après ethniques-vetements.fr.

- a.** Expliquer l'expression « faites tinter ce bol ».

- b.** Expliquer comment le son produit par ce « tintement » peut se propager dans l'air jusqu'aux oreilles d'un auditeur.

## 17 Jouer du saxophone

DOCUMENT Fonctionnement d'un saxophone



La vibration de l'ancre d'un saxophone, provoquée par le souffle du saxophoniste, est transmise à la colonne d'air de l'instrument de musique.

D'après [jeanduperrex.ch](http://jeanduperrex.ch).

- a.** Citer la partie du saxophone que le musicien fait vibrer.
- b.** Indiquer le rôle de la colonne d'air.

## Vitesse de propagation d'un signal sonore

► § 2 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

- 18** Écrire la relation entre la vitesse de propagation d'un signal sonore, la distance parcourue et la durée de propagation du son.
- 19** Convertir en  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  la vitesse de propagation du son dans l'air dans les conditions usuelles.
- 20** Convertir en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  la vitesse de propagation du son dans l'eau :  $v = 5\ 400 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .
- 21** Citer un exemple d'objet en mouvement dont la valeur de la vitesse est très inférieure à la vitesse de propagation du son dans l'air.

## 22 Calculer une valeur de vitesse

- a.** Un signal sonore se propage sur une distance  $d = 3,0 \text{ m}$  pendant une durée  $\Delta t = 1,0 \times 10^{-3} \text{ s}$ . Exprimer puis calculer la vitesse de propagation  $v$  de ce signal.
- b.** Un signal sonore se propage sur une distance  $d = 5,0 \text{ m}$  pendant une durée  $\Delta t = 3,0 \text{ ms}$ . Exprimer puis calculer la vitesse de propagation  $v$  de ce signal.

## 23 Retour sur l'ouverture de chapitre

Un avion de chasse se déplace à la vitesse de valeur  $v = 2\ 400 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .  
**Donnée :** en première approximation, on compare les valeurs des vitesses des avions à la vitesse de propagation du son dans l'air dans les conditions usuelles, sans tenir compte de la différence due à l'altitude élevée à laquelle volent les avions.



- a.** Convertir la valeur de cette vitesse en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- b.** Calculer le rapport de la valeur de la vitesse de cet avion de chasse par la vitesse de propagation du son dans l'air dans les conditions usuelles.
- c.** On dit qu'un tel avion « vole à Mach 2 ». Proposer une explication de cette expression.
- d.** La vitesse de croisière d'un Airbus A380 vaut  $900 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Déterminer si cet avion de ligne effectue un vol « subsonique » (vitesse inférieure à la vitesse de propagation du son dans l'air) ou « supersonique ».

## 24 Calculer une distance de propagation

- a.** Un signal sonore de vitesse de propagation  $v = 1\ 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  se propage pendant une durée  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$ . Exprimer puis calculer la distance  $d$  parcourue par ce signal.
- b.** Un signal sonore de vitesse de propagation  $v = 7\ 700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  se propage pendant une durée  $\Delta t = 10 \text{ ms}$ . Exprimer puis calculer la distance  $d$  parcourue par ce signal.

## 25 Calculer une durée de propagation

- a.** Un signal sonore se propage dans l'air sur une distance  $d = 340 \text{ m}$ . Déterminer la durée de propagation  $\Delta t$  de ce signal.
- b.** Un signal sonore se propage dans l'air sur une distance  $d = 1 \text{ km}$ . Exprimer puis calculer la durée de propagation  $\Delta t$  de ce signal.

## 26 In english please

DOCUMENT Ariane 5



Ariane 5 is a major element in Europe's unrestricted, independent access to space.

Up to 10 tons	Geostationary Transfer orbit payload capacity
80	Successful Launches in a row
37 476 km/h	The Higher Speed achieved by an Arian rocket

From [airbus.com](http://airbus.com).

- a.** Relever la plus grande valeur de vitesse atteinte par un lanceur Ariane 5.
- b.** Convertir cette valeur en mètre par seconde.
- c.** Calculer le quotient de cette valeur de vitesse par la vitesse de propagation du son dans l'air. Conclure.

## 27 Étudier un son

S'AUTOÉVALUER

Un élève réalise l'expérience de l'Activité 4 page 237. Il mesure un décalage temporel  $\Delta t = 3,0 \text{ ms}$  entre les signaux sonores captés par les deux micros séparés d'une distance  $d = 1,00 \text{ m}$ .

En déduire la valeur  $v$  de la vitesse de propagation du son dans l'air.

INDICATEURS DE RÉUSSITE	NIVEAU
CONNAÎTRE	A B C D
La relation exprimant $v$ en fonction de $d$ et de $\Delta t$ est rappelée.	
RÉALISER	
L'application numérique est réalisée sans oublier l'unité.	

## 28 Comparer des vitesses ORAL

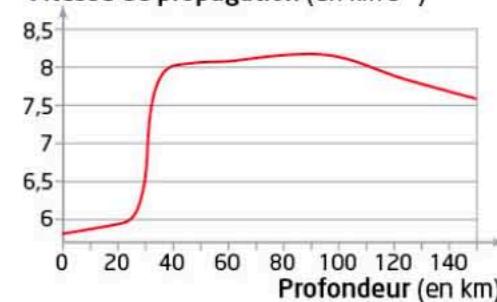
Le tableau suivant présente les valeurs de vitesses de différents objets.

	Scooter électrique	Voiture de Formule 1	Avion de chasse
en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	45	230	2 000
en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$			
ordre de grandeur (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )			

Préparer un exposé oral de trois minutes environ afin d'expliquer à l'ensemble de la classe comment compléter le tableau ci-dessus et comment l'exploiter, pour comparer la vitesse de propagation du son dans l'air dans les conditions usuelles aux différentes valeurs de vitesse présentes dans ce tableau.

## 29 Étudier un sol SVT

La vitesse de propagation d'une onde sismique dans le granite est de l'ordre de  $6,0 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Lorsqu'une onde sismique change de milieu matériel, la vitesse de propagation de l'onde varie en général de manière importante. On enregistre pour une onde sismique l'évolution de la vitesse de propagation de l'onde en fonction de la profondeur (voir le graphique ci-dessous).

Vitesse de propagation (en  $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ )

**a.** On suppose que la propagation d'une onde sismique s'explique de la même manière que la propagation d'un signal sonore. Expliquer pourquoi l'onde sismique peut se propager dans le granite.

**b.** Déterminer, en justifiant, la profondeur pour laquelle l'onde sismique quitte le milieu granitique.

**c.** La vitesse de propagation du son dans le granite est de l'ordre de  $5\ 950 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Comparer les vitesses de propagation de l'onde sismique dans l'exercice avec celle du son dans le granite.

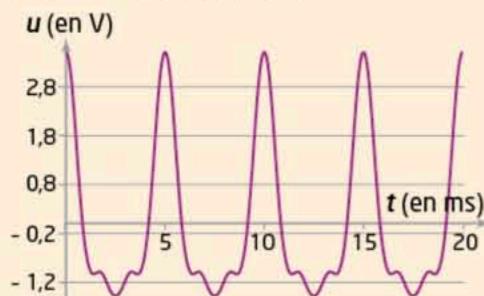


## Signal sonore périodique

► § 3 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

- 30 Un signal sonore est enregistré à l'aide d'un micro et d'une interface d'acquisition. La représentation temporelle obtenue est la suivante.



Ce signal est-il périodique ? Justifier la réponse.

- 31 Déterminer la valeur de la période du signal enregistré dans l'exercice précédent.

- 32 La période d'un signal sonore périodique est  $T = 8,0 \times 10^{-6}$  s. Exprimer puis calculer la fréquence  $f$  de ce signal.

- 33 La durée  $\Delta t$  correspondant à 3 périodes d'un signal sonore périodique est  $\Delta t = 10$  ms. Exprimer puis calculer la fréquence  $f$  de ce signal.

## 34 Exploiter une série de mesures

Corrigé vidéo

Fichiers numériques

## DIFFÉRENCIATION

Des élèves mesurent la fréquence du signal sonore émis par un diapason. Leurs résultats sont regroupés dans un fichier téléchargeable sur [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr). Représenter avec un tableau l'histogramme associé à cette série de mesures puis mesurer sa moyenne, son écart-type et son incertitude-type.

## QCM pour faire le point

Pour chaque question, indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).

- 37 Une corde vibre dans l'air à la fréquence  $f = 698$  Hz. Cette vibration produit un signal sonore :

- de fréquence 698 Hz.
- de période 1,43 s.
- de période 1,43 ms.

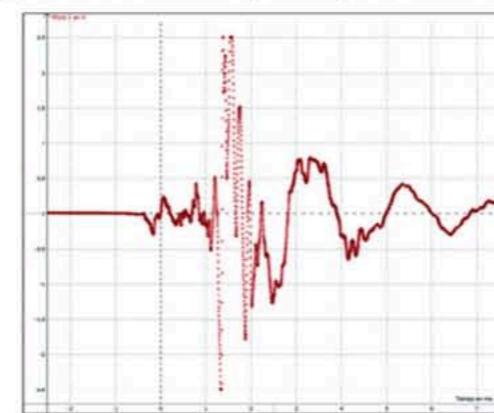
- 38 Un signal sonore se propage dans l'air. Il parcourt pendant 2,0 s une distance d'environ :

- 170 m.
- 340 m.
- 680 m.

## 35 Apprendre à rédiger

On réalise l'expérience de mesure de la vitesse de propagation du son de l'Activité 4 page 237. L'expérimentateur frappe dans ses mains devant le micro 1. Pour régler l'acquisition, on commence par ne visualiser que le signal délivré par le premier micro.

- Donner la définition d'un signal sonore périodique.
- Le signal sonore étudié est-il périodique ? Justifier la réponse.

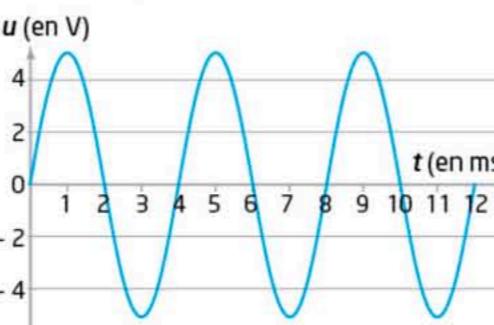


## Aide méthodologique

- ▶ Analyser la courbe obtenue en lien avec la définition donnée à la question a.
- ▶ Conclure en argumentant soigneusement la réponse.

## 36 Mesurer une période

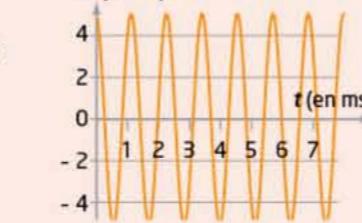
Déterminer la période du signal périodique, dont la représentation temporelle est la suivante.



- 39 L'enregistrement d'un signal sonore par un microphone relié à un ordinateur conduit à la représentation temporelle du signal ci-contre.

La fréquence de ce signal est égale à :

- 147 mHz.
- 147 Hz.
- 880 Hz.



Corrigés p. 360

## EXERCICE RÉSOLU

## ET COMMENTÉ

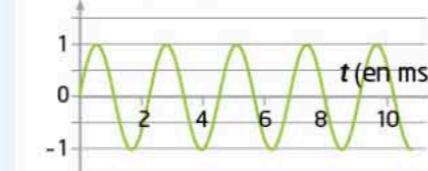


## 40 Accorder une guitare

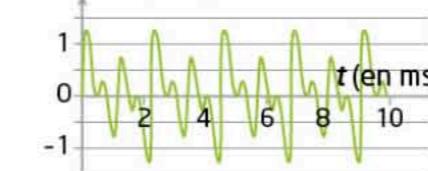
## ÉNONCÉ

Pour accorder son instrument, un guitariste utilise un diapason correspondant à un  $\text{La}_3$  ( $f = 440$  Hz). Un dispositif d'acquisition a permis d'obtenir les représentations temporelles des signaux correspondants aux signaux sonores émis par le diapason A et par la guitare B.

## Tension (en V)



## Tension (en V)



- Justifier le caractère périodique de chacun des deux signaux.

- a. Déterminer la fréquence  $f_A$  du signal sonore émis par le diapason.

- b. Déterminer la fréquence  $f_B$  du signal sonore émis par la guitare.

- Comparer les fréquences  $f_A$  et  $f_B$  à la valeur de référence attendue  $f$ .

- En déduire si la guitare est correctement accordée.

## UNE SOLUTION

- Sur les enregistrements (A) et (B), on remarque la répétition régulière d'un même motif élémentaire. Les signaux se répétant à l'identique régulièrement dans le temps, ils sont périodiques.

- a. Sur l'enregistrement (A), on compte 4 périodes pour 9 ms soit  $4T_A = 9$  ms et donc

$$T_A = \frac{9 \text{ ms}}{4} = \frac{9 \times 10^{-3} \text{ s}}{4}$$

du signal sonore émis, on en déduit la fréquence  $f_A$  :

$$f_A = \frac{1}{T_A} = \frac{4}{9 \times 10^{-3} \text{ s}} = 4 \times 10^2 \text{ Hz.}$$

- b. Sur l'enregistrement (B), on compte 3 périodes pour 7 ms soit  $3T_B = 7$  ms et donc

$$T_B = \frac{7 \text{ ms}}{3} = \frac{7 \times 10^{-3} \text{ s}}{3}$$

On en déduit la fréquence  $f_B$  :

$$f_B = \frac{1}{T_B} = \frac{3}{7 \times 10^{-3} \text{ s}} = 4 \times 10^2 \text{ Hz.}$$

- En tenant compte des chiffres significatifs, dont le nombre est lié à la précision de la mesure, on remarque que les deux fréquences mesurées  $f_A$  et  $f_B$  sont compatibles avec la valeur de référence de 440 Hz.

- La fréquence du son émis par la vibration de la corde de la guitare étant compatible avec la fréquence de référence, on peut considérer que la corde est accordée.

**S'APPROPRIER**  
Les deux enregistrements proposés sont des représentations temporelles graduées en ms.

**S'APPROPRIER**  
Identifier sur chacun des enregistrements les durées qui correspondent à plusieurs périodes pour plus de précision dans la mesure.

**RÉALISER**  
Écrire les unités dans les calculs peut être utile mais ce n'est pas du tout obligatoire. L'unité est par contre indispensable dans l'écriture du résultat final.

**RÉALISER**  
Calculer les fréquences en n'oubliant pas de convertir les périodes en seconde.

**RÉALISER**  
La durée est mesurée sur les enregistrements avec un chiffre significatif :  $f_A$  et  $f_B$  doivent donc être exprimées avec un chiffre significatif.

**VALIDER**  
Comparer les valeurs des fréquences mesurées et exprimées avec un nombre correct de chiffres significatifs à la valeur attendue puis conclure.

## APPLICATION

## Sur le modèle de l'exercice résolu



## 41 Faire vibrer une lame de métal

L'enregistrement d'un signal sonore périodique à l'aide d'un micro relié à un dispositif d'acquisition conduit à la représentation temporelle de l'exercice 30 p. 246.

- Déterminer la fréquence  $f$  de ce signal sonore.

- Le son a été émis par des vibrations, de fréquence  $f_0 = 200,4$  Hz, d'une lame de métal. La fréquence mesurée est-elle compatible avec la fréquence des vibrations de la lame de métal ?

42 Des avions supersoniques ORAL

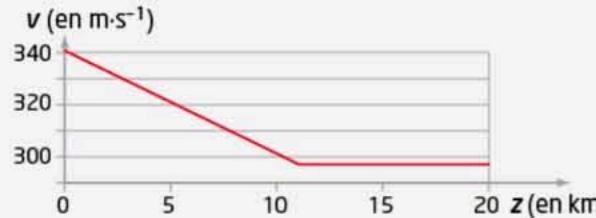
S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER COMMUNIQUER

Différents projets d'avions supersoniques sont en préparation.

## DOCUMENT Présentation des projets

Visionner la vidéo sur le site [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr).

## DONNÉES

■ Estimation de l'évolution de la vitesse de propagation  $v$  du son dans l'air en fonction de l'altitude  $z$ .

■ Le nombre de Mach est le rapport de la valeur de la vitesse de l'avion par la vitesse de propagation du son dans l'air dans les conditions dans lesquelles l'avion évolue.

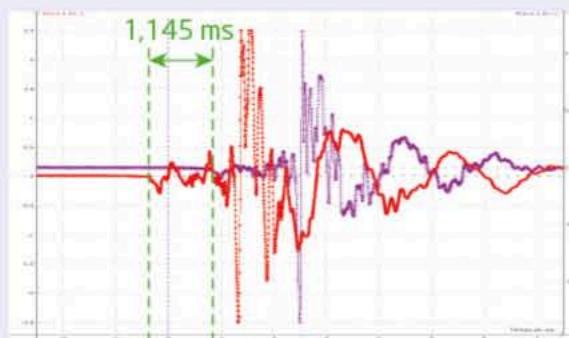
Après avoir visionné la vidéo du **DOCUMENT** et à l'aide des **DONNÉES**, préparer une présentation orale de quatre minutes maximum détaillant les caractéristiques d'un des cinq projets présentés dans la vidéo. Mettre notamment en avant les valeurs des vitesses de pointe attendues et les convertir en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  lorsque cela est possible. Vous pourrez vous appuyer sur un support visuel (diapositives, schémas, tableau...).

## DIFFÉRENCIATION

43 Mesure de la vitesse de propagation du son dans l'air Fichiers numériques

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Un élève réalise l'expérience de l'Activité 4 p. 237 pour mesurer la vitesse de propagation du son dans l'air. Pour une distance  $d = 40,0 \text{ cm}$  entre les deux micros, il obtient l'enregistrement ci-dessous.



## 45 \* Alarme Arduino

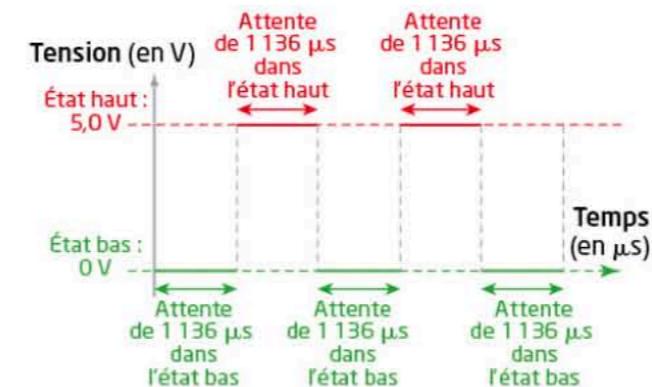
S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

On réalise un montage reliant une carte à microcontrôleur à un haut-parleur. Le code source du programme utilisé (« sketch ») est le suivant :

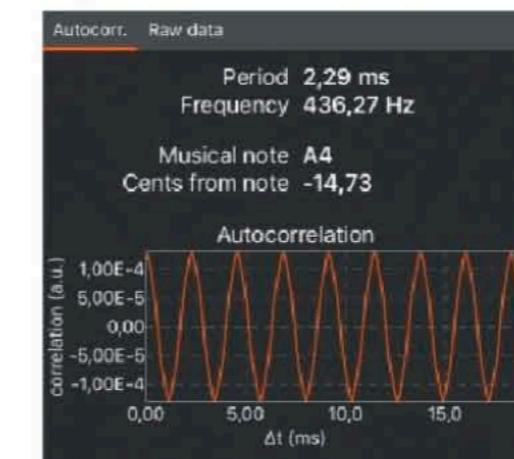


```
1 void setup() {
2   pinMode(3, OUTPUT); // sortie sur le Pin 3
3
4 }
5
6 void loop() {
7   digitalWrite(3, 0); // état bas sur le Pin 3
8   delayMicroseconds(1136); // attente de 1136 microsecondes
9   digitalWrite(3, 1); // état haut sur le Pin 3
10  delayMicroseconds(1136); // attente de 1136 microsecondes
11 }
```

Sur la sortie numérique 3 utilisée (« Pin 3 »), l'évolution temporelle du signal électrique émis est schématisée ci-dessous.



- Justifier le caractère périodique du signal sonore émis par le haut-parleur.
- Déterminer, en justifiant la démarche, la période puis la fréquence de vibration du haut-parleur.
- En utilisant un smartphone et une application dédiée, un élève analyse le signal sonore émis par ce haut-parleur et réalise la capture d'écran ci-dessous.



- Sachant que l'incertitude-type de cette mesure de fréquence unique est égale à 5 Hz, les mesures réalisées vous semblent-elles compatibles ?
- Proposer une modification du code source du programme d'Arduino pour que le haut-parleur émette un signal sonore de fréquence 880 Hz.



## 46 \*\* Code source pour une alarme

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

On réalise un montage reliant une carte à microcontrôleur à un haut-parleur. Proposer le code source d'un programme permettant d'émettre un son de fréquence  $f = 500 \text{ Hz}$  avec un dispositif adapté en utilisant la sortie numérique 3 (« Pin 3 ») de la carte.

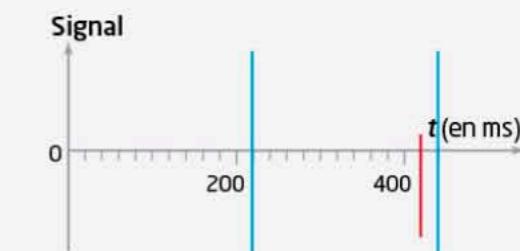
## 47 \*\* Sonar des dauphins

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Les dauphins communiquent entre eux avec des ultrasons de la même manière que les êtres humains avec les sons audibles. Ils utilisent également les ultrasons pour localiser des obstacles, le fond marin ou des proies.

## DOCUMENT Biosonar

Les dauphins sont capables d'émettre et de capter des salves ultrasonores très brèves et puissantes appelées « clics ». Ces clics, espacés de 220 ms, se réfléchissent par exemple sur le fond marin et sont captés à leur retour par le dauphin. La perception du retard de l'écho lui fournit des informations concernant l'aspect du fond marin ou la présence d'une masse importante (bateau ou nourriture).



Le graphe ci-dessus montre les clics émis (en bleu sur le graphe) et reçus (en rouge sur le graphe) par écho.

D'après sciencesetavenir.fr.

## Données :

- la vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau salée à 10 m de profondeur est égale à  $1530 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ;
- les vitesses de propagation des sons audibles et des ultrasons sont identiques.

- Calculer le rapport entre la vitesse de propagation du son ou des ultrasons dans l'eau salée et dans l'air. Conclure.
- Déterminer sur le graphe du **DOCUMENT** la durée entre deux émissions de clics. Comparer ce résultat à la valeur indiquée dans le texte.
- Mesurer la durée  $\Delta t$  séparant l'émission d'un clic et la réception de son écho.
- En supposant que le dauphin se déplace horizontalement et qu'il émet des clics ultrasonores dans la direction verticale, en déduire la distance  $d$  à laquelle se trouve le fond marin responsable de cet écho.

## 48 Fréquence de vibration d'une corde

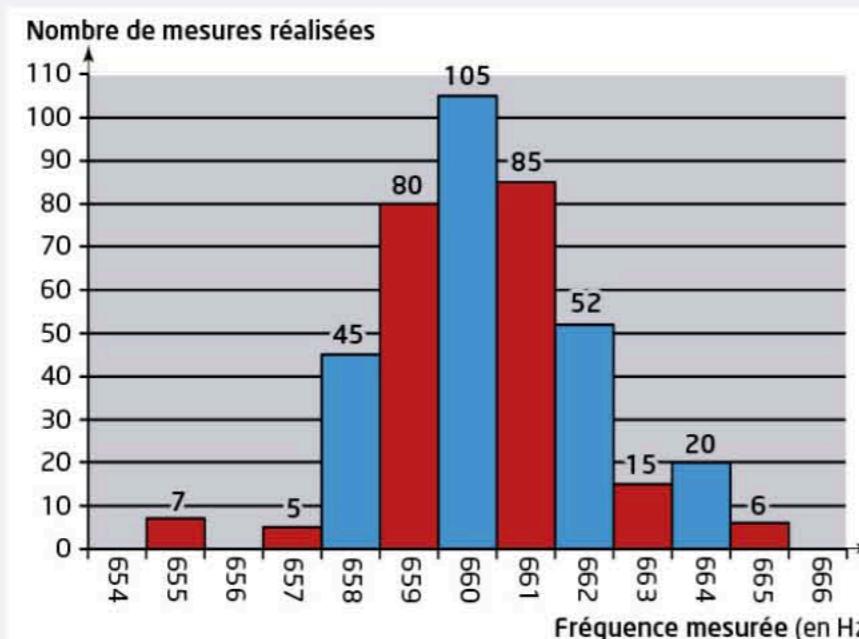
COMPÉTENCES CONNAÎTRE ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Afin de déterminer la fréquence de vibration d'une corde de violon, on frotte cette corde à vide (Mi à 660 Hz) devant un micro relié à un système d'acquisition. Le signal sonore capté par le micro est converti en signal électrique, qui est analysé par le système d'acquisition pour mesurer sa fréquence.



1h

## DOCUMENT Histogramme représentant la série de mesures de fréquence réalisées

420 mesures de la fréquence  $f$  du signal ont été réalisées.

Un tableau donne les résultats suivants concernant cette série de mesures :

- fréquence moyenne  $\bar{f} = 660,30 \text{ Hz}$  ;
- écart-type  $s = 0,66 \text{ Hz}$ .

## Questions

- Schématiser l'expérience réalisée.
- Donner les relations entre la fréquence du signal électrique, la fréquence du signal sonore et la fréquence de vibration de la corde du violon.
- Rappeler les définitions de la période  $T$  et de la fréquence  $f$  d'un signal périodique.
- Combien de mesures ont pour résultat une fréquence dont la valeur se trouve dans l'intervalle  $[\bar{f} - 2s; \bar{f} + 2s]$  ?
- On réalise une seconde série de 20 mesures de fréquence : on obtient une valeur moyenne  $\bar{f}' = 663,45 \text{ Hz}$  et un écart-type  $s' = 2,50 \text{ Hz}$ . Sachant que l'écart-type est une mesure caractérisant la dispersion des résultats, indiquer quelle est la série de mesure qui a conduit à une dispersion moindre des fréquences.
- L'incertitude-type  $u(f)$  est définie par :  $u(f) = \frac{s}{\sqrt{N}}$ , avec  $N$  le nombre de mesures. Justifier que pour une même valeur de l'écart-type, l'incertitude-type diminue si le nombre de mesures augmente puis calculer l'incertitude-type pour la série de 420 mesures.

## 49 Écholocation de la chauve-souris

COMPÉTENCES ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

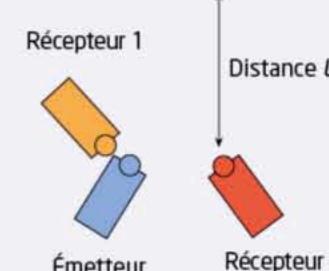
Les chauves-souris utilisent des ultrasons pour repérer leurs proies ou les obstacles. Elles disposent d'un émetteur ultrasonore qui émet des ultrasons devant elles et de récepteurs qui captent les échos. Les décalages temporels entre l'émission et la réception des ultrasons permettent à la chauve-souris de localiser un obstacle ou une proie.

## DOC. 1 Chauve-souris cherchant à localiser sa proie



## DOC. 2 Principe du montage modélisant l'écholocation

Pour simplifier, les branchements n'ont pas été représentés. L'écran modélise la proie ou l'obstacle, l'émetteur et les deux récepteurs modélisent les organes émetteurs et récepteurs ultrasonores de la chauve-souris. Les signaux captés par les récepteurs sont transmis à une interface d'acquisition et visualisés sur un dispositif adapté.



## DONNÉE

La vitesse de propagation  $v$  des ultrasons dans l'air est la même que celle du son dans l'air :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2L}{\Delta t}$$

avec  $d$  la distance parcourue par les ultrasons,  $L$  la distance entre les récepteurs et l'écran et  $\Delta t$  le retard entre la détection de la salve ultrasonore par le récepteur 2 par rapport au récepteur 1.

## Questions

- Déterminer l'expression de la distance  $L$  en fonction de  $v$  et de  $\Delta t$ .
- Proposer un protocole expérimental permettant de mesurer la distance  $L$ .  
**APPEL N°1** Appeler le professeur pour lui présenter le protocole ou en cas de difficulté.
- Mettre en œuvre le protocole et en déduire la valeur de la distance  $L$ .
- Mesurer directement à la règle la distance  $L$ .  
**APPEL N°2** Appeler le professeur pour lui présenter le résultat ou en cas de difficulté.
- Comparer les deux valeurs de distances obtenues et conclure sur la compatibilité de ces deux mesures.
- Comment améliorer la précision de la mesure réalisée à l'aide des ultrasons ?



## Domaines de fréquences des signaux sonores

► § 1 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

- 11 **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe les domaines de fréquences des sons audibles par les êtres humains, des infrasons et des ultrasons.
- 12 Expliquer comment varie la fréquence des signaux sonores de sons audibles lorsqu'ils deviennent de plus en plus graves, puis lorsqu'ils deviennent de plus en plus aigus.
- 13 Déterminer si un signal sonore de période  $T = 40\ \mu\text{s}$  est audible par une oreille humaine.

### 14 Communiquer avec des dauphins



Dauphin rose d'Amazonie (dauphins d'eau douce).

Pour communiquer, les dauphins émettent des sifflements, tellement aigus qu'ils sont parfois indétectables par l'oreille humaine.

Identifier le domaine auquel appartiennent les sifflements du dauphin non audibles par l'Homme.

### 15 Déetecter une météorite

#### DOCUMENT Catastrophe en Toungouzie

Durant l'été 1908, une météorite s'est abattue en Toungouzie, dans la taïga sibérienne. Une explosion colossale a provoqué d'immenses dégâts dans la forêt. Le bruit de l'explosion s'est propagé jusqu'à une distance de 1 000 km et le nuage de fumée est monté jusqu'à près de 20 km d'altitude. Les infrasons produits par le séisme qui en a découlé ont alors fait deux fois le tour de la Terre.



- a. Déterminer les domaines de fréquences des signaux sonores qui semblent avoir été émis lors de l'explosion.

- b. Pour se propager sur une plus grande distance dans l'air, un signal doit-il correspondre à une fréquence comprise entre 0 et 20 Hz ou entre 20 Hz et 20 kHz ? Justifier la réponse.

### 16 Retour sur l'ouverture de chapitre

#### DOC. 1 Signaux sonores émis par les éléphants



« Certains mammifères produisent deux types de sons. Ainsi, l'Eléphant d'Afrique (*Loxodonta africana*) produit des sons audibles par l'Homme dans une gamme de 20 à 12 000 Hz ; ils correspondent au **barrisement** et sont produits par un mécanisme laryngien, comme le sont la parole ou le chant chez l'Homme. Ce type de communication n'intervient que quand les animaux sont proches. Mais il produit aussi des infrasons de 16 Hz, inaudibles par l'Homme. »

D'après André Beaumont, Université Pierre et Marie Curie.

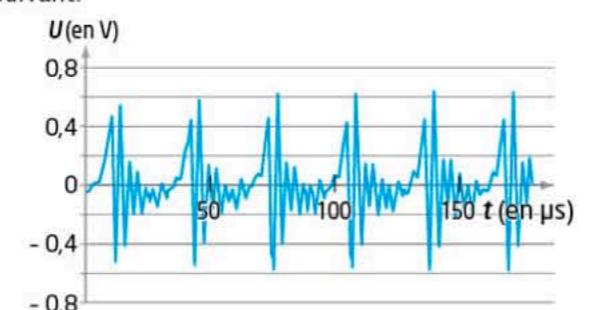
#### DOC. 2 Atténuation des infrasons

Les infrasons sont beaucoup moins absorbés dans l'air que les sons audibles. Les molécules présentes dans l'air atténuent cent fois moins un signal infrasonore d'une fréquence de 10 à 20 Hz qu'un signal sonore de fréquence 1 000 Hz.

- a. Citer les domaines de fréquences des signaux émis par un éléphant.

- b. Justifier le fait que les signaux émis par l'éléphant et audibles par l'Homme soient réservés à une communication avec des congénères proches alors que les infrasons permettent des communications à plus longues distances.

- c. L'enregistrement du signal émis par une chauve-souris est le suivant.



Déterminer s'il s'agit d'un signal audible par un être humain.

## Caractérisation d'un son

► § 2 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

- 17 **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de décrire oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe les propriétés permettant de différencier deux sons musicaux.

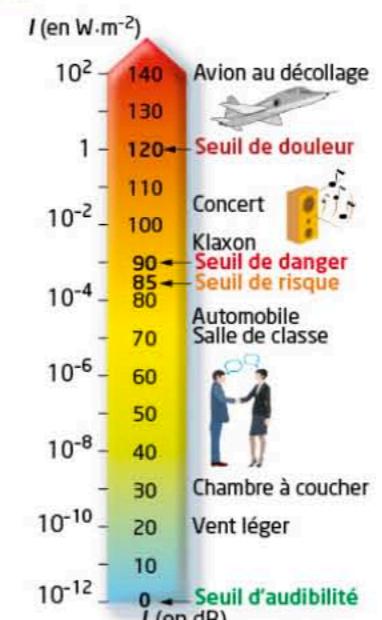
- 18 Déterminer l'intensité sonore  $I$  correspondant à un niveau d'intensité sonore  $L = 20\ \text{dB}$  sachant que cette intensité sonore est cent fois plus élevée que l'intensité sonore du seuil d'audibilité  $I_0 = 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

- 19 Comparer les fréquences de deux signaux sonores de même hauteur joués par deux instruments différents.

- 20 Comparer les formes temporelles de deux signaux sonores de même hauteur joués par deux instruments différents.

### 21 Exploiter une échelle

L'échelle ci-contre permet de relier l'intensité sonore et le niveau d'intensité sonore à différents phénomènes.



- a. Relever sur l'échelle les niveaux d'intensité sonores et les intensités sonores correspondant à un vent léger et au seuil de danger.

- b. Expliquer en quoi une exposition à un niveau d'intensité sonore de 85 dB peut présenter des risques auditifs.

### 22 Passer à l'octave suivante

Le  $\text{La}_3$  correspond à un signal sonore de fréquence  $f_{\text{La}_3} = 440\ \text{Hz}$ . La fréquence associée à une note double lorsque la note est à l'octave suivante.

- a. Déterminer la fréquence d'un  $\text{La}_4$ .

- b. Montrer que les fréquences 395 Hz et 98 Hz peuvent être associées à une même note à des octaves différentes.



### 23 In english please ORAL

DOC. 1 Headphones and risk of hearing loss



Headphones and earbuds are everywhere - but that doesn't mean they're safe for your ears. Using earbuds and headphones can cause damage to your hearing if you aren't careful. Learn how to keep yourself safe.

Chances are you have a smartphone in your pocket, and a pair of headphones that connect it directly to your ears. Unfortunately, those same devices that make listening to music or talking on the phone so simple might also be damaging your ears.

According to a 2011 study published in the Journal of the American Medical Association, the use of headphones and earbuds has led to a major increase in the prevalence of hearing loss in adolescents and young adults. It's reasonable to assume the same is true for adults using the same devices as well. So what can you do to keep yourself safe from hearing loss caused by headphones or other audio devices?

From audiorecovery.com

### DOC. 2 Noise level and time before damage

Noise level	Time before damage	Equivalent to:
80 dB	25 hours	Telephone Dial Tone
86 dB	6.5 hours	City Traffic
92 dB	1.5 hours	Highway Traffic
95 dB	45 minutes	Jackhammer 50' away
101 dB	12 minutes	Hand Drill at 3'
107 dB	3 minutes	Lawnmower at 3'
110 dB	1.5 minutes	

From audiorecovery.com.

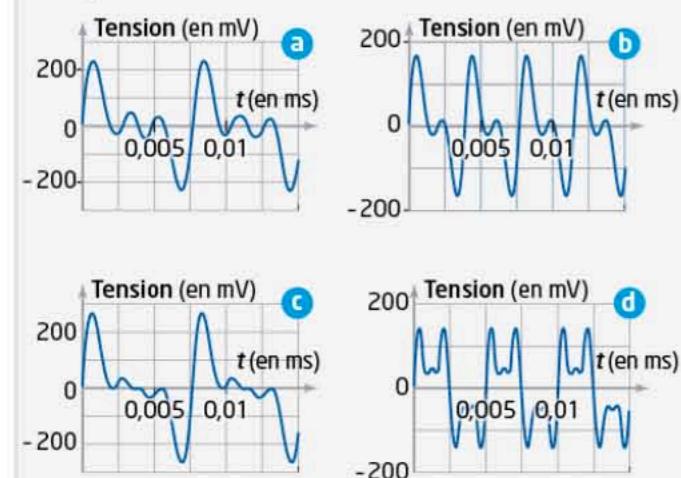
Réaliser un support visuel permettant d'expliquer oralement en cinq minutes maximum à l'ensemble de la classe en quoi l'utilisation prolongée d'écouteurs ou d'un casque peut présenter des risques auditifs.

## 24 Apprendre à rédiger

Des instruments de musique produisent différents signaux sonores.

## DOCUMENT Représentations temporelles des signaux sonores

Quatre instruments de musique différents sont placés devant un micro relié à un ordinateur. On réalise une acquisition des sons émis par ces instruments :



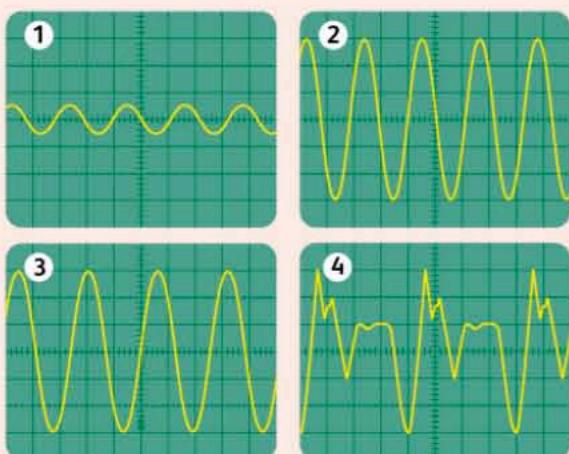
Identifier les deux sons qui ont la même hauteur et comparer leurs timbres.

## Aide méthodologique

- Rappeler le lien entre fréquence et période.
- Comparer les périodes des quatre signaux sonores.
- Comparer les formes des quatre signaux sonores.
- Conclure en argumentant soigneusement la réponse.

## QCM pour faire le point

Pour chaque question, indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).



Oscillogrammes pour des réglages identiques de l'oscilloscope.

## 25 Différencier deux sons musicaux

## S'AUTOÉVALUER



Deux signaux sonores, émis par les instruments de musique de deux musiciens, sont enregistrés par des élèves. Leurs résultats montrent que ces deux signaux ont une même période  $T = 3,8$  ms. Les élèves sont ensuite en désaccord sur l'interprétation de ces résultats : le premier élève en déduit que ces deux signaux sonores sont identiques, tandis que pour le second élève, ces deux signaux ont la même hauteur mais *a priori* pas le même timbre.

Indiquer l'avis le plus pertinent en justifiant la réponse.

## INDICATEURS DE RÉUSSITE

## NIVEAU

A B C D

## ANALYSER-RAISONNER

- Le lien entre hauteur d'un son et fréquence est rappelé.
- La notion de timbre est correctement exploitée.

## VALIDER

- L'hypothèse erronée est identifiée.
- L'hypothèse pertinente est repérée et justifiée correctement.

## 26 D'après les oscillogrammes ci-contre :

- le son (1) a le même timbre que le son (2).
- les sons (2) et (3) ont la même hauteur.
- le son (4) est plus grave que le son (1).

## 27 Deux sons de même hauteur émis par deux instruments différents correspondent forcément à des signaux sonores de :

- même intensité sonore.
- même fréquence.
- même période.

## 28 Un dispositif ajustable en fréquence alimente un émetteur de signal sonore. Alors qu'un son audible est émis, l'expérimentateur modifie par erreur le calibre de fréquence et multiplie inopinément la fréquence d'émission par un facteur 100 000.

- Le son est :
- inaudible.
  - encore audible.
  - un ultrason.

Corrigés p. 360

## EXERCICE RÉSOLU

## ET COMMENTÉ

Copies d'écran de l'application Phyphox.



Analyse du son émis par le ukulélé.



Analyse du son émis par le synthétiseur.

## 29 Comparer un ukulélé et un synthétiseur

## ÉNONCÉ

Un élève se passionne pour le ukulélé. Il se demande pourquoi une même note produite par un ukulélé ou par un synthétiseur réglé en ukulélé ne donne pas exactement la même sensation auditive. A l'aide d'une application dédiée sur son smartphone, il met en œuvre une expérience en enregistrant la note Sol<sub>3</sub> produite par un ukulélé et la même note produite par un synthétiseur (voir les documents ci-contre).

## Données :

- dans la notation américaine, la note Sol<sub>3</sub> est nommée G4 ;
- valeur de référence de la fréquence du Sol<sub>3</sub> :  $f_{\text{ref}} = 392,0$  Hz.

1. a. Dans le cadre de cette expérience, une étude statistique préalable a permis de déterminer l'incertitude-type de la fréquence  $u(f) = 0,8$  Hz pour une mesure unique de fréquence réalisée avec l'application Phyphox.

En déduire une écriture avec un nombre de chiffres significatifs adapté des deux fréquences  $f_1$  et  $f_2$  mesurées.

b. Comparer les valeurs  $f_1$  et  $f_2$  des fréquences déterminées par l'application Phyphox avec la valeur de référence  $f_{\text{ref}}$  du Sol<sub>3</sub>. Les deux instruments ont-ils produit un son de même hauteur ?

2. Proposer une explication au questionnement initial de l'élève.

## UNE SOLUTION

1. a. La fréquence déterminée avec l'application Phyphox pour le ukulélé est  $f_1 = 392,44$  Hz tandis que la fréquence déterminée pour le synthétiseur est  $f_2 = 391,98$  Hz.

Comme l'incertitude-type de la fréquence pour une mesure unique dans le cadre de cette expérience vaut  $u(f) = 0,8$  Hz, les valeurs de ces deux fréquences peuvent s'écrire :

$$f_1 = 392,4 \text{ Hz et } f_2 = 392,0 \text{ Hz avec une incertitude-type } u(f_1) = u(f_2) = 0,8 \text{ Hz.}$$

b. Compte tenu de l'incertitude-type sur la mesure de la fréquence,  $f_1 = f_2 = f_{\text{ref}}$  : les deux fréquences mesurées  $f_1$  et  $f_2$  semblent donc compatibles avec la valeur de référence  $f_{\text{ref}}$  du Sol<sub>3</sub>.

Comme la hauteur d'un son est la sensation auditive liée à la fréquence de ce son, on peut en conclure que les sons joués par les deux instruments ont bien la même hauteur.

2. Les sons joués par les deux instruments ont bien la même hauteur mais ils possèdent des timbres différents car les formes temporelles des deux signaux sont différentes. La différence dans la perception de ces deux sons provient donc des timbres différents de ces deux sons.

## APPLICATION

Sur le modèle de l'exercice résolu



## 30 Comparer deux sons

On enregistre à l'aide d'un micro et d'un dispositif d'acquisition les sons produits par deux instruments de musique différents jouant une même note : le Si<sub>4</sub> de fréquence 988 Hz.

- Décrire les points communs attendus sur les représentations temporelles des deux signaux correspondants. Justifier la réponse.
- Décrire les différences prévisibles entre ces deux représentations temporelles. Justifier la réponse.

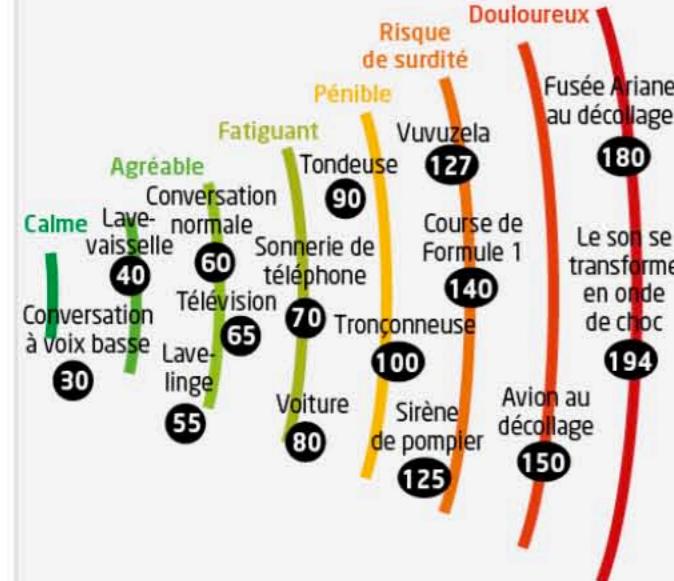
## 31 Tronçonneuse, vuvuzela et formule 1

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

De nombreux objets de la vie courante – véhicules, outils mécaniques, instruments de musique, etc. – émettent des signaux sonores de niveaux d'intensité sonore très variés.

## DOCUMENT Niveaux d'intensité sonore

Le niveau d'intensité sonore est exprimé en décibel (dB).



Pour deux bruits de niveaux d'intensité sonore très différents (écart supérieur à 10 dB), le bruit le plus fort masque le plus souvent le bruit le plus faible.

Pour deux bruits de niveaux d'intensité sonore très proches (écart inférieur à 10 dB), les niveaux d'intensité sonore ne s'additionnent pas (échelle non linéaire). Par exemple, si le niveau d'intensité sonore d'un son émis par une vuvuzela vaut 127 dB, le niveau d'intensité sonore d'un son émis par 100 vuvuzelas, dans les mêmes conditions, est égal à 147 dB.

D'après lefigaro.fr.

**Donnée :** le niveau d'intensité sonore du seuil d'audibilité  $L_0 = 0 \text{ dB}$  correspond à une intensité sonore  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

a. Un auditeur est soumis à deux signaux sonores audibles de même fréquence émis par un téléviseur et par une tronçonneuse. À l'aide du **DOCUMENT**, estimer la valeur du niveau d'intensité sonore total perçu par l'auditeur.

b. Expliquer pourquoi le niveau d'intensité sonore perçu lorsque deux téléphones sonnent n'est pas égal à 140 dB.

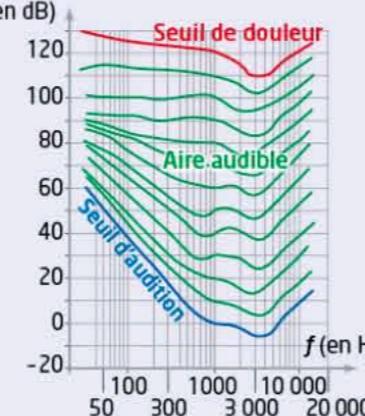
c. Déterminer l'augmentation du niveau d'intensité sonore lorsque l'on passe du son émis par une vuvuzela au son émis par 100 vuvuzelas.

d. Lorsque le niveau d'intensité sonore augmente de 140 dB, l'intensité sonore correspondante est multipliée par  $10^{14}$ . Déterminer l'intensité sonore correspondant à une course de Formule 1.

## 32 \* Diagramme de Fletcher DIFFÉRENCE

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

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.



- Expliquer l'expression « d'égale sensation auditive ».
- Indiquer si l'échelle de l'axe horizontal est une échelle linéaire. Justifier la réponse.
- Déterminer le domaine de fréquences pour lequel l'oreille humaine est la plus sensible en étudiant la courbe du seuil d'audition puis le domaine de fréquences pour lequel l'oreille humaine est la plus sensible à la douleur.
- Les domaines déterminés dans la question précédente présentent-ils des fréquences communes ? Que peut-on en conclure ?

## DIFFÉRENCE

■ Aides à la fin du manuel.

## 33 \*\* Absorption des infrasons et des sons dans l'air

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER COMMUNIQUER

Les molécules constituant l'air atténuent un signal sonore de fréquence 10 Hz d'environ  $0,1 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1}$ , soit 100 fois moins que les  $10 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1}$  absorbés par l'air pour des sons audibles de fréquence égale à 1,0 kHz.

## Données :

- l'intensité sonore est divisée par dix lorsque le niveau d'intensité sonore diminue de dix décibels ;
- l'intensité sonore est divisée par deux lorsque le niveau d'intensité sonore diminue de trois décibels.

a. Pour quelles distances parcourues dans l'air par des infrasons de fréquence 10 Hz l'intensité sonore a-t-elle été divisée : – par deux ? – par dix ?

b. Reprendre la question précédente pour des sons audibles de fréquence 1,0 kHz.

c. Comparer les résultats des questions a. et b. et conclure.

d. Un infrason et un son audible sont produits avec un niveau d'intensité sonore  $L_1 = 100 \text{ dB}$ . On estime que pour permettre une réception suffisante du signal, il est nécessaire qu'au minimum 1 % du niveau d'intensité sonore initial soit encore perceptible. Estimer les distances maximales que pourraient parcourir les deux signaux.

## OBJECTIF PREMIÈRE

1h20 min

## 34 Souffler n'est pas jouer

COMPÉTENCES ANALYSER-RAISONNER RÉALISER COMMUNIQUER

Le but de cette épreuve est d'analyser et d'expérimenter l'une des causes probables de l'abandon de la pratique de la flûte à bec dans le domaine de l'enseignement : la justesse des notes produites associée au contrôle du souffle.



## DOC. 1 Hauteur d'une note

La justesse d'une note est associée à la précision de la hauteur de la note produite. La tenue d'une note est associée à une note dont la hauteur ne varie pas dans le temps. La hauteur d'une note de musique correspond à la fréquence de l'onde sonore associée à cette note. Le tableau ci-dessous permet d'établir la correspondance entre la hauteur et la fréquence associée de quelques notes de la gamme tempérée.

Hauteur de la note	La <sub>3</sub>	La <sub>4</sub>	Si <sub>3</sub>	Do <sub>4</sub>	Do <sub>4</sub>	Ré <sub>4</sub>	Ré <sub>4</sub>
Fréquence (en Hz)	440	466	494	523	554	587	622
Hauteur de la note	Mi <sub>4</sub>	Fa <sub>4</sub>	Fa <sub>4</sub>	Sol <sub>4</sub>	Sol <sub>4</sub>	La <sub>4</sub>	La <sub>4</sub>
Fréquence (en Hz)	659	698	740	783	831	880	932

Deux notes successives, par exemple Si<sub>3</sub> et Do<sub>4</sub>, sont séparées par une hauteur de demi-ton en musique, ce qui correspond à un rapport de fréquence de  $\frac{532}{494} = \sqrt[12]{2} = 1,06$ .

Deux notes sont à l'octave l'une de l'autre si le rapport de leurs fréquences vaut 2 : par exemple, la note La<sub>4</sub> est à l'octave supérieure de la note La<sub>3</sub>, car  $\frac{880}{440} = 2$ .

## DOC. 2 Technique de souffle

L'intonation est directement liée à la norme de la force du vent envoyé dans l'embouchure (pression faible = sons bas, pression forte = sons hauts). Par la seule force du vent, on peut obtenir plus d'un demi-ton de variation pour un même doigté. Maîtriser cet aspect technique demande du savoir-faire et de la subtilité.

D'après ecolemusiquenogentais.fr

## DOC. 3 Saut d'octave

La flûte, le saxophone et bien d'autres instruments sont prédisposés au saut d'octave. Ils « octivent ». On entend alors une note plus aiguë d'une octave.

## Questions

- a. Pour les **docs. 2 et 3**, identifier les effets possibles d'un mauvais contrôle du souffle sur la hauteur de la note produite et les conséquences sur la fréquence associée.
- b. Proposer un protocole expérimental permettant l'acquisition (ou l'enregistrement) de sons produits par la flûte et la vérification d'un seul des deux effets identifiés précédemment.
- APPEL N° 1 Appeler le professeur pour lui présenter le protocole ou en cas de difficulté.
- 2 Mettre en œuvre le protocole.
- APPEL N° 2 Appeler le professeur pour lui présenter le résultat ou en cas de difficulté.
- 3 Réaliser une synthèse permettant de préciser la technique utilisée pour réaliser l'expérience et les mesures effectuées puis de formuler une conclusion cohérente avec le problème.

