

## Partie 3 : ONDES ET SIGNAUX

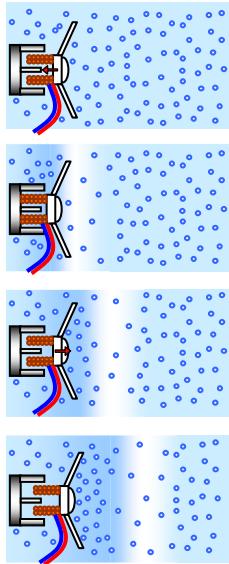
### Chapitre 1 : Le son

1. Emission d'un son
2. Propriétés d'un son
3. Réception d'un son

#### 1. Emission d'un son

##### 1.1. Fabrication d'un son

Pour créer un son il faut faire osciller les molécules d'un milieu matériel. On peut par exemple utiliser un haut-parleur constitué principalement de 3 éléments : un aimant ①, une bobine de fil en cuivre ② et une membrane ③.

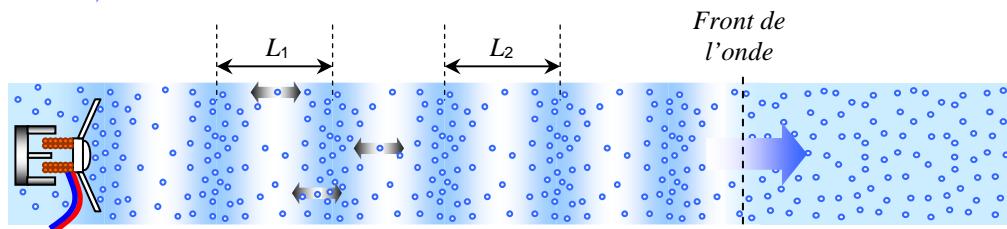
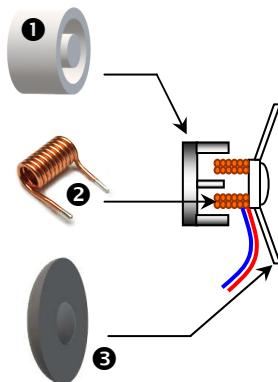


La bobine sur laquelle est fixée la membrane est tantôt entraînée vers l'intérieur de l'aimant, tantôt expulsée de l'intérieur par l'aimant, en fonction de la direction du courant qui parcourt le fil de la bobine.

Ce mouvement de la membrane entraîne les molécules d'air à son voisinage. Ces dernières se mettent à vibrer ( $\leftrightarrow$ ) à la cadence de la membrane.

Les molécules d'air qui vibrent, perturbent le mouvement de leurs voisines et les font vibrer à leur tour. Le mouvement de vibration se transmet donc, **de proche en proche**, aux molécules suivantes.

Cette transmission correspond à la vitesse de propagation du son dans l'air ( $\rightarrow$ ), soit 340 m/s environ.



##### Exercice 1 :

- a. Quel type de courant doit circuler dans la bobine pour permettre son mouvement de va et vient ?
- b. Une onde sonore déplace-t-elle l'air ou la fait-elle simplement osciller ?
- c. Si les vibrations de la membrane du haut-parleur sont constantes, que penser des longueurs  $L_1$  et  $L_2$  ?
- d. D'après le schéma, que délimite le front de l'onde sonore ?
- e. A quelle distance se trouve-t-il de la membrane du HP sachant que ce dernier émet un son depuis 0,40 s ?

##### 1.2. Propagation d'un son

En l'absence de son, les molécules de l'air vibrent et se déplacent dans l'espace de manière aléatoire (**mouvement brownien**). Lors de l'émission d'un signal sonore, ce dernier ajoute au mouvement brownien des molécules d'air une vibration régulière qui se transmet de proche en proche aux molécules voisines : c'est la propagation du son.

Pour pouvoir naître et se transmettre, le son a donc besoin de matière (atomes ou molécules) à faire vibrer. Ainsi, **dans le vide, il ne peut y avoir de son**.

La vitesse de propagation de la vibration sonore dans la matière va dépendre de la facilité à transmettre les vibrations d'un atome ou d'une molécule à l'autre. De ce fait, la vitesse du son dans la matière dépend du matériau, mais aussi de sa pression et de sa température.

**Question :** Que vaut la vitesse du son dans l'air à 20°C en km/h ?

matériau	Vitesse du son (m/s)
air à 0°C	332
air à 20°C	343
eau à T ambiant	$\approx 1\,500$
fer à T ambiant	$\approx 5\,600$

##### A retenir :

- Le **son est une onde**. De ce fait, **il transporte de l'énergie mais pas de matière**.
- Le son est une **onde mécanique**, c'est-à-dire qu'il a **besoin d'un milieu matériel** pour pouvoir apparaître et se propager.
- La **vitesse du son** dans l'atmosphère de la Terre est d'environ **340 m/s**.

##### Exercice 2 :

Lors d'un feu d'artifice ou d'un éclat de foudre dans le ciel, il peut s'écouler plusieurs secondes entre le moment où l'on perçoit le flash de lumière et le moment où l'on perçoit le son produit par l'explosion. Lors d'un orage, un observateur mesure précisément 5,8 secondes entre le flash de lumière d'un éclair et le son du tonnerre.

Déterminer la distance à laquelle s'est produit l'éclair dans le ciel.

**Données :**

- Vitesse de la lumière : 300 000 km/s
- Vitesse du son : 340 m/s

## 2. Propriétés d'un son

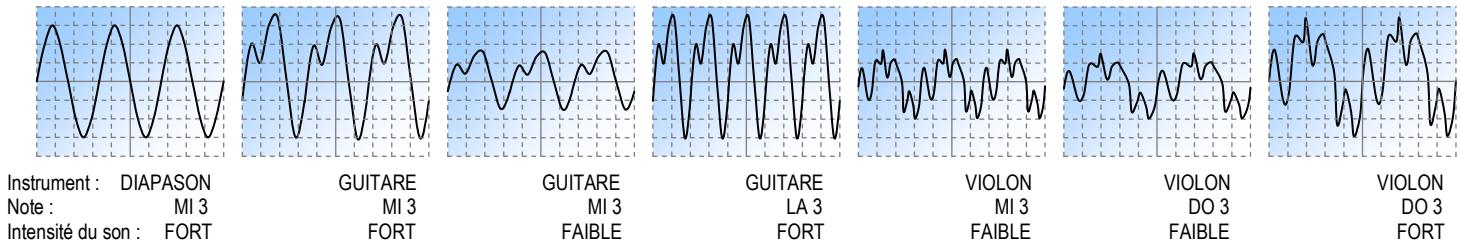
### 2.1. Le timbre



Pour étudier un son émis par un instrument, on visualise le signal électrique créé par un microphone lorsque ce dernier capte le son.

On enregistre ainsi une succession de notes jouées par différents instruments de musique et de différentes manières.

On obtient alors les 7 signaux ci-dessous :



#### Exercice 3 :

Répondre aux questions suivantes en analysant les signaux donnés ci-dessus.

- Le diapason est réputé émettre un son pur. Quelle est la particularité d'un son pur ?
- Classer les notes jouées de la plus grave à la plus aiguë.
- Quel est le point commun des sons joués par un même instrument ?
- Comment se nomme la grandeur physique qui permet de distinguer un son fort d'un son faible ?
- Quelle modification du signal observe-t-on lorsque le son devient plus aigu ?

Diapason



#### A retenir :

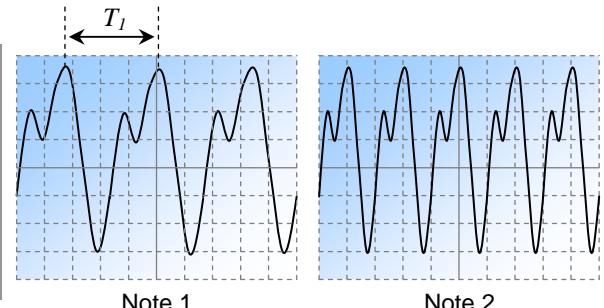
Le **timbre** d'un instrument ou d'une voix est la sensation auditive liée à la forme temporelle du signal sonore. C'est, pour faire simple, ce qui permet de reconnaître l'instrument qui joue ou la personne qui parle juste en écoutant le son émis.

### 2.2. La hauteur

#### Exercice 3 :

On considère les deux notes dont les signaux sont représentés ci-contre :

- Ces deux notes sont-elles jouées par le même instrument ? Justifier.
- Quelle est, d'après ces signaux, la note la plus aiguë ?
- Sachant que chaque division horizontale représente une durée de 2 ms, déterminer la période  $T$  en secondes de chaque signal.
- En déduire la fréquence de chacune de ces notes. Conclure.



Note 1

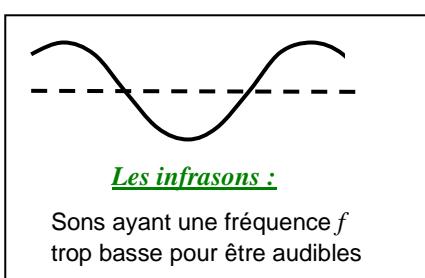
Note 2

#### A noter :

La fréquence  $f$  en hertz ( $\text{Hz}$ ) d'un signal de période  $T$  (en secondes) est donnée par la relation :

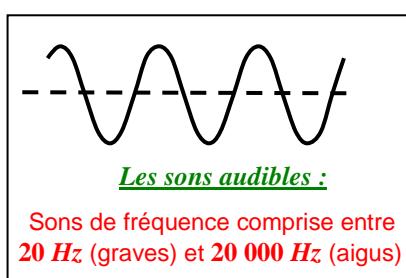
$$f = \frac{1}{T}$$

Les ondes sonores peuvent être de trois types :



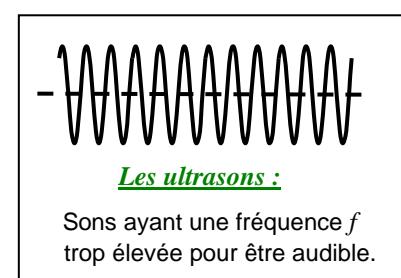
#### Les infrasons :

Sons ayant une fréquence  $f$  trop basse pour être audibles



#### Les sons audibles :

Sons de fréquence comprise entre 20 Hz (graves) et 20 000 Hz (aigus)

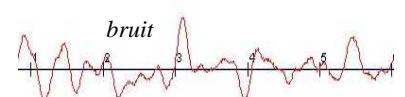


#### Les ultrasons :

Sons ayant une fréquence  $f$  trop élevée pour être audibles.

#### A retenir :

- La **hauteur** d'une note est la sensation auditive liée à la **fréquence** de la note. Plus la note est aiguë, plus sa hauteur est élevée.
- Les **sons audibles** par l'être humain ont une **fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz**.
- Un bruit est un son qui ne possède pas de hauteur. En effet, son signal n'est pas périodique, donc on ne peut lui associer une fréquence.



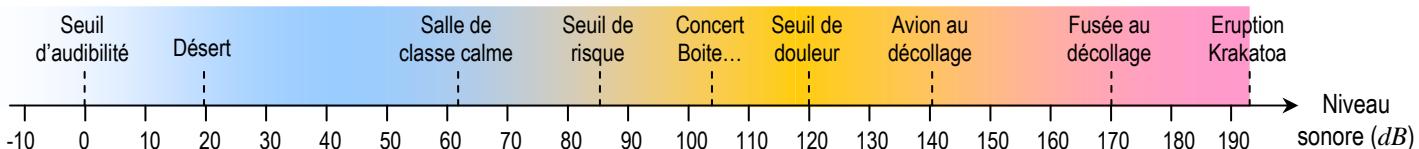
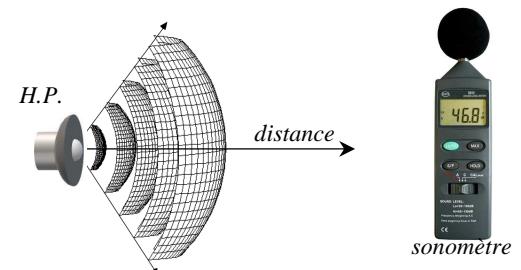
## 2.3 Le niveau d'intensité sonore

L'intensité d'un son est une grandeur physique qui mesure la puissance d'un son par unité de surface. Elle se mesure en  $W/m^2$ .

Plus un son est fort (puissant), plus son intensité sonore est grande.

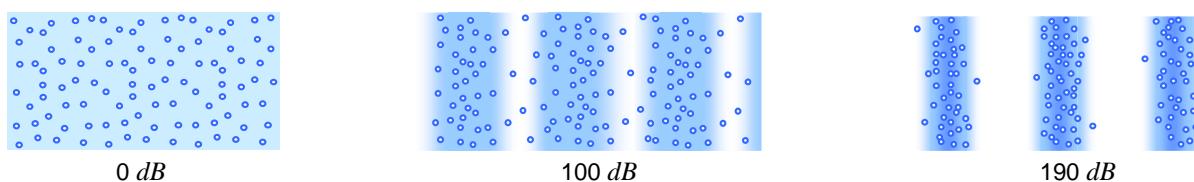
La sensation auditive de l'oreille humaine n'est malheureusement pas proportionnelle à cette puissance sonore.

On a donc mis au point une échelle propre à l'oreille humaine qui permet d'exprimer la sensation auditive perçue : c'est le **niveau d'intensité sonore** (en décibel **dB**).



### A noter :

- Pour mesurer le niveau sonore on utilise un **sonomètre**.
- Dans l'atmosphère de la Terre, le niveau sonore ne peut dépasser 193 dB.



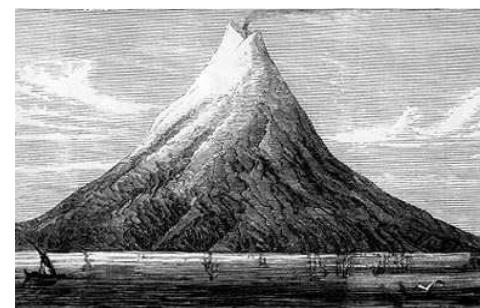
### A retenir :

Le **niveau d'intensité sonore** (en **dB**) est lié à l'intensité du son. Plus le son est fort, plus l'intensité du signal est grande, plus le niveau d'intensité sonore est grand.

### Un peu d'histoire

*L'Indonésie compte plus de 150 volcans encore actifs aujourd'hui. Son histoire est ponctuée d'éruptions volcaniques hors du commun.*

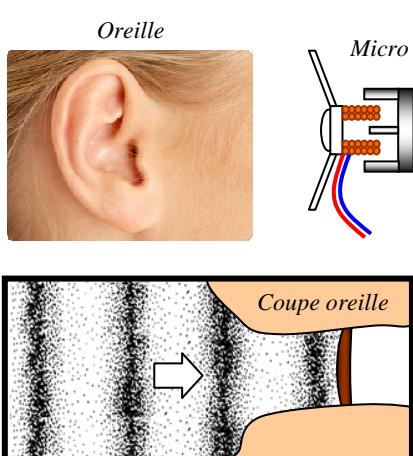
*L'éruption du Toba il y a environ 73 000 ans (actuellement le plus grand lac volcanique du monde) reste encore la plus grande explosion volcanique connue à ce jour. Le Tambora fut, en 1816, le volcan le plus meurtrier de toute l'histoire de l'humanité. Le Krakatoa engendra, lors de son éruption le 27 août 1883, le plus grand bruit jamais entendu par l'homme sur Terre. Ce bruit fut perçu jusqu'à l'île de Rodrigues à plus de 4 800 km du volcan. On estime qu'à 50 km du volcan, le niveau sonore atteignait encore le seuil critique des 180 dBA.*



Esquisse du Krakatoa début XIX<sup>e</sup>

## 3. Réception d'un son

Pour capter un son, il suffit de récupérer le mouvement de vibration des molécules du milieu de propagation à l'aide d'une membrane suffisamment souple. Les vibrations de cette membrane sont ensuite converties en signaux électriques dans un micro, ou alors en stimulus dans la chaîne de l'audition de l'oreille.



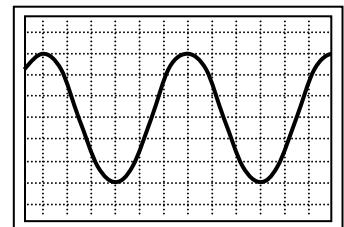
### Exercice 4 :

- Comment se nomme la membrane qui sépare le conduit auditif de l'oreille moyenne ?
- Que représentent les petits points noirs sur la coupe de l'oreille ?
- De même, que représentent les zones riches en petits points noirs ?
- Que représentent alors les zones pauvres en petits points noirs ?
- Expliquer alors pourquoi cette membrane se déforme et vibre constamment lors de la réception d'une onde sonore.
- Que remarque-t-on pour le schéma du micro ?
- Décrire en quelques mots le fonctionnement d'un micro.
- Sachant qu'une membrane (micro ou oreille) vibre avec une fréquence de 450 Hz, déterminer la durée  $T$  (= période) d'un battement de la membrane.
- A quelle distance  $D$  se trouve l'émetteur sonore sachant que le signal a voyagé dans de l'air à 0°C pendant 0,753 s jusqu'à la membrane ?
- Quelle aurait été cette distance si ce signal avait voyagé pendant la même durée dans de l'eau ?

# FICHE EXERCICES

## Exercice 1 : La gamme tempérée

A l'aide d'un microphone on enregistre le son provenant d'un instrument de musique et on affiche son signal sur l'écran d'un ordinateur. On observe alors le graphe ci-contre :



- Ce signal est-il périodique ? Justifier.
- Sachant qu'horizontalement, chaque carreau représente une durée de  $0,5 \text{ ms}$ , quelle est la période  $T$  du signal périodique affiché à l'écran ?
- En déduire la fréquence  $f$  de la note jouée par l'instrument.

En musique, la gamme dite tempérée élaborée au XVII<sup>e</sup> siècle découpe les notes en octave contenant chacune les notes Do, Ré, Mi, Fa, Sol, La et Si.

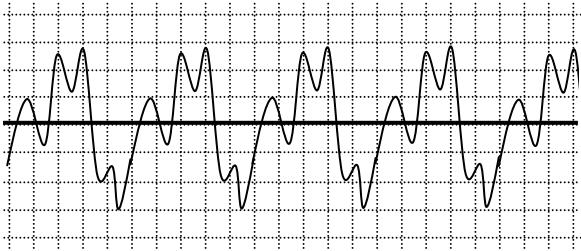
- D'après le tableau ci-dessous, quelle relation mathématique trouve-t-on entre les fréquences de deux notes séparées précisément par une octave ?
- En déduire la fréquence du Ré de l'octave 5.
- De la même manière, déterminer le nom et l'octave de la note jouée par l'instrument de musique.
- Ce son est-il grave ou aigu ? Justifier.

Note	OCTAVE 3			OCTAVE 4				OCTAVE 5				
	Sol 3	La 3	Si 3	Do 4	Ré 4	Mi 4	Fa 4	Sol 4	La 4	Si 4	Do 5	Ré 5
Fréquence (Hz)	392	440	494	523	588	660	699	784	880	988	1046	...

## Exercice 2 : Etude de sons

Différents sons sont enregistrés à l'aide d'un microphone. La tension obtenue pour chacun d'eux est visualisée sur l'écran d'un oscilloscope dont les sensibilités sont : Horizontale :  $1,0 \text{ ms/div}$  – Verticale :  $50 \text{ mV/div}$

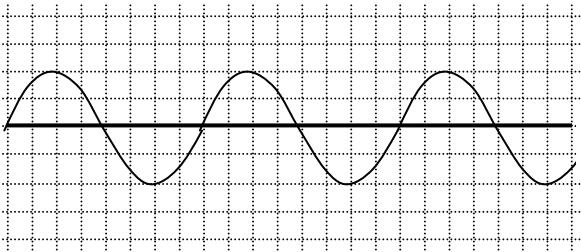
Son 1



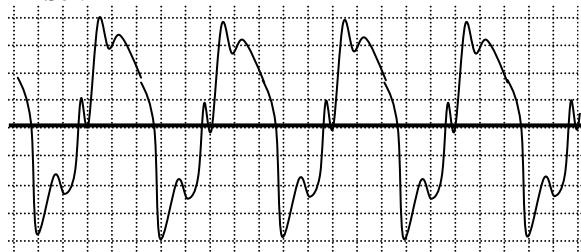
Son 2



Son 3



Son 4



- Quel est parmi ces sons celui qui est le plus fort ? Pourquoi ?
- Quel est parmi ces sons celui qui est le plus grave ? Pourquoi ?
- Existe-t-il dans ces enregistrements des sons de même hauteur ? Si oui, lesquels.
- Existe-t-il dans ces enregistrements des sons de même timbre ? Si oui, lesquels.
- Quelle est la particularité du son 3 ? Déterminer sa période et en déduire sa fréquence.

## Exercice 3 : Communication à distance

L'éléphant d'Afrique (*Loxodontia Africana*) est capable de communiquer avec ses congénères proches en émettant des barrissements de fréquences comprises entre 20 et 12 000 Hz, mais il peut aussi communiquer avec des congénères beaucoup plus distants à l'aide de sons de fréquences voisines de 15 Hz. En effet, les molécules présentes dans l'air atténuent cent fois moins une onde sonore de fréquence 15 Hz qu'une onde sonore de fréquence 1 000 Hz.

- Citer le nom des domaines de fréquences sonores que peut émettre l'éléphant.
- Pourquoi les éléphants ne peuvent-ils pas communiquer sur des très grandes distances avec leurs barrissements ?
- Si un son de 1000 Hz est perceptible par un autre éléphant à 150 m, à quelle distance peut-il en théorie entendre un son de même intensité à 15 Hz ?
- Deux éléphants peuvent-ils communiquer sans qu'un homme placé entre les deux ne s'en rende compte ?
- Sachant qu'un message sonore à 15 Hz parcourt une distance de 750 m en 2,2 s, déterminer la vitesse de propagation de ce genre d'ondes sonores. Conclure.