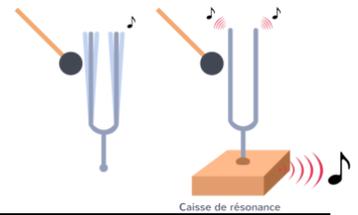


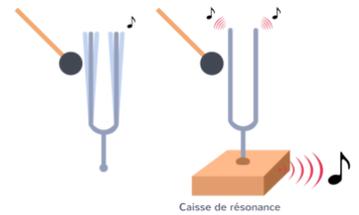
# Chapitre 6 : Le son, phénomène vibratoire



<http://perramondphysique.e-monsite.com/>

Découvrir	<p>Les Ressources :</p> <p><a href="#">Q1</a> : Le son, c'est quoi ? </p> <p><a href="#">Q2</a> : Intensité et niveau d'intensité sonore </p>
S'entraîner	<p>Exercices :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ex 1 à Ex 12  </li> </ul> <p>Apprendre le cours et réviser avec : Quizlet          Voir sur le site : Animations, vidéos et quizz. </p>
S'auto-évaluer	<p>Les savoirs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale. <input checked="" type="checkbox"/></li> <li>○ Un signal périodique de fréquence <math>f</math> se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de <math>f</math>. Le son associé à ce signal est un son composé.</li> <li>○ <math>f</math> est appelée fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.</li> <li>○ La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité. Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique.</li> <li>○ Une corde tendue émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse linéique).</li> <li>○ Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.</li> </ul> <p>Les savoirs-faire:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son. <input checked="" type="checkbox"/></li> <li>○ Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.</li> <li>○ Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.</li> <li>○ Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.</li> </ul>

# Chapitre 6 : Le son, phénomène vibratoire



## I- Les sons

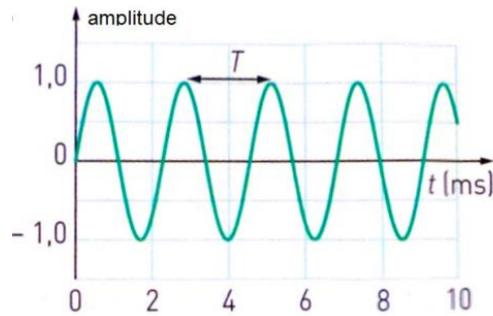
### 1- Le son

Le son est une onde que nous percevons avec notre ouïe. Il s'agit de la propagation dans un milieu matériel (solide, liquide, gaz) d'une succession de compressions et détentes. C'est un phénomène périodique.

### 2- Les sons purs

L'enregistrement issu d'un son est un signal périodique.

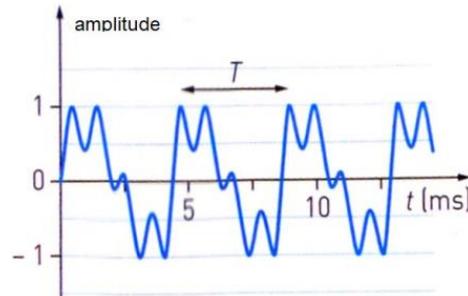
Dans le cas d'un son pur, le motif élémentaire est une forme sinusoïdale.



Son pur de fréquence  $f_1$ .

### 3- Les sons composés

Dans le cas d'un son composé, le motif élémentaire est différent. Il dépend de l'instrument utilisé.



Son composé de fréquence  $f_1$ .

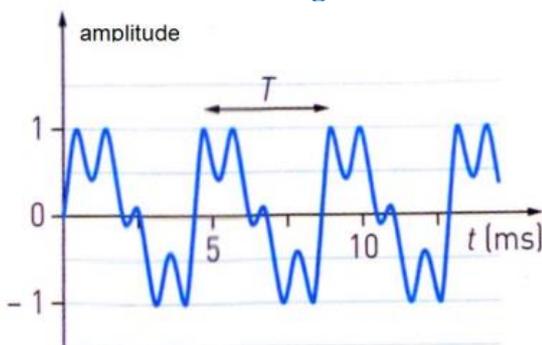
### 4- L'analyse spectrale

L'analyse spectrale consiste à décomposer un signal périodique en une somme de signaux sinusoïdaux.

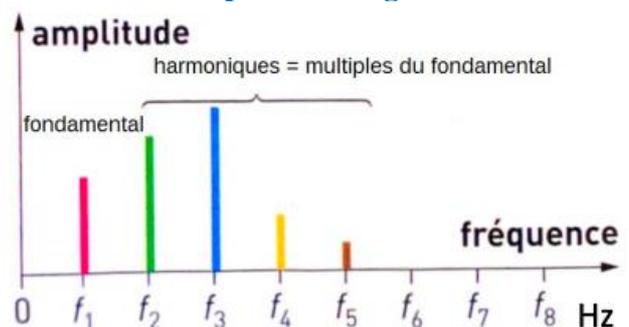
Le spectre d'un son composé présente plusieurs pics. La fréquence du premier pic est appelée fréquence fondamentale. Elle correspond à la hauteur de la note jouée. Il s'agit du nombre de motifs élémentaires qui se répètent en une seconde.

Les autres fréquences qui apparaissent sont appelées harmoniques et sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale.

Signal

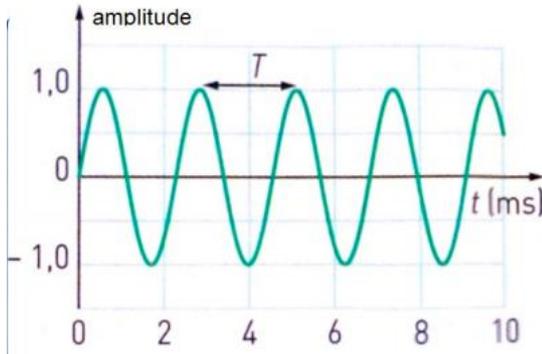


Spectre du signal

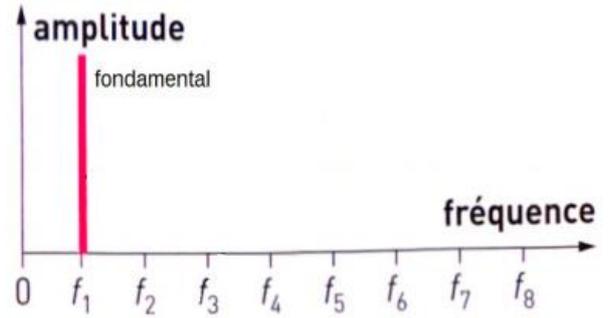


Le spectre d'un son pur ne comporte qu'un seul pic.

### Signal



### Spectre du signal



## II- Niveau d'intensité sonore

### 1- L'intensité sonore

La puissance d'un son produit par une source s'exprime en watt (W). Cela représente l'énergie fournie au phénomène à chaque instant.

Le son se propage dans toutes les directions de l'espace. La puissance donnée à l'onde de départ se répartit donc sur une surface de plus en plus grande.

L'intensité sonore  $I$  est la puissance par unité de surface transportée par l'onde sonore. Elle s'exprime en  $W.m^{-2}$ . Plus on s'éloigne de la source, plus  $I$  diminue.

### 2- Le niveau d'intensité sonore

Les valeurs des intensités sonores s'étalent sur une grande échelle d'ordres de grandeur. Le niveau d'intensité sonore  $L$  permet d'utiliser une échelle plus petite et plus proche des sensations auditives.

$$L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

$L$  : Niveau d'intensité sonore (en dB)

$I$  : Intensité sonore (en  $W.m^{-2}$ )

$I_0$  : Intensité sonore du seuil d'audibilité :  
 $1,0 \cdot 10^{-12} W.m^{-2}$

Le seuil d'audibilité correspond, pour une fréquence sonore donnée, à la plus petite intensité sonore perçue par une oreille humaine. Pour cette fréquence de 1000 Hz, ce seuil est de  $1,0 \cdot 10^{-12} W.m^{-2}$ , ce qui correspond à un niveau d'intensité sonore de 0 dB.

## III- Les notes produites par les instruments

### 1- Le niveau d'intensité sonore

Lorsque l'on pince la corde d'une guitare ou que l'on frappe la corde d'un piano, elle se met à vibrer. Cette vibration engendre un son composé.

La fréquence du son composé produit par une corde dépend de plusieurs paramètres :

- La longueur de la corde : plus elle est importante, plus le son est grave ;
- La tension de la corde : plus elle est intense, plus le son est aigu ;
- La masse linéique (masse d'un mètre de corde) : plus elle est grande, plus le son est grave.

La vibration de la corde peut se décomposer en une somme de vibrations plus simples appelées mode de vibration. Les fréquences de ces modes correspondent aux harmoniques d'un signal sonore. Le premier mode vibre à la fréquence fondamentale.

### 2- Les instruments à vent

Un phénomène analogue est observé pour les instruments à vent.

Le son est produit par la vibration de l'air dans un tuyau.

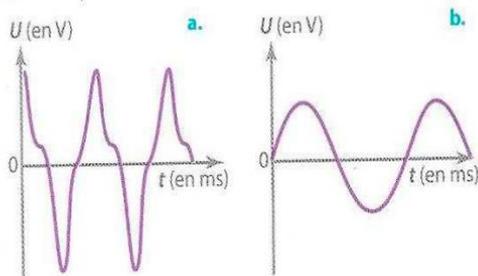
Exercices :

**Exercice 1 : Vrai / Faux**

- a. Le signal associé à un son pur est périodique.
- b. Le signal associé à un son composé est sinusoïdal.
- c. Le spectre d'un son permet de déterminer la valeur de sa fréquence fondamentale et de ses harmoniques éventuels.
- d. Le spectre d'un son pur ne présente qu'un seul pic.
- e. Sur le spectre d'un son composé, on observe plusieurs pics.
- f. La fréquence fondamentale est la plus basse valeur lue sur le spectre d'un son.
- g. Les fréquences des harmoniques d'un son composé sont des multiples de la fréquence fondamentale.

**Exercice 2 : La bonne association**

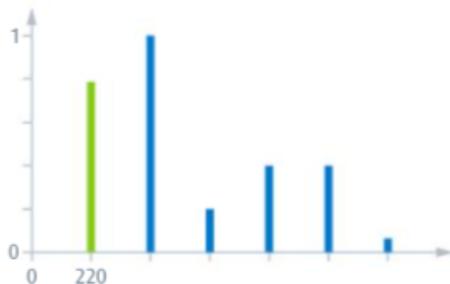
► Associer les signaux (a) et (b) ci-dessous à un son pur ou à un son composé.



Justifier.

**Exercice 3 : Légèrer un schéma**

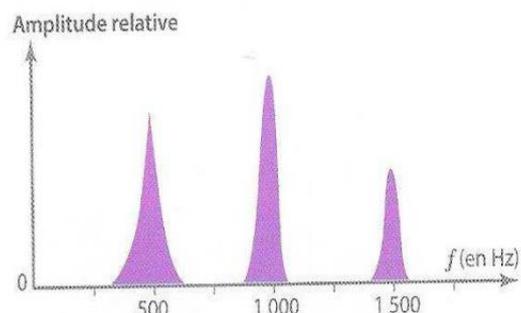
Sur le spectre sonore d'un son complexe ci-dessous :



- a. Légèrer l'axe des ordonnées et celui des abscisses, avec les unités.
- b. Indiquez ce que représente la barre verte et les barres bleues et donnez la valeur correspondant à chaque barre bleue.

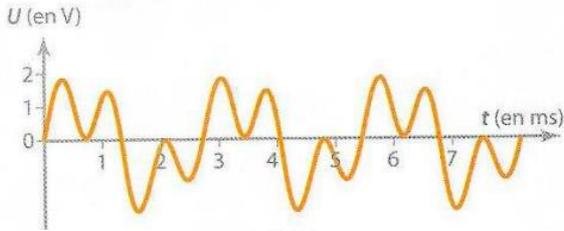
**Exercice 4 : Lecture de spectre**

- 1. Expliquer pourquoi le spectre ci-dessous correspond à un son composé.
- 2. Déterminer la valeur de la fréquence fondamentale et de celles des harmoniques.

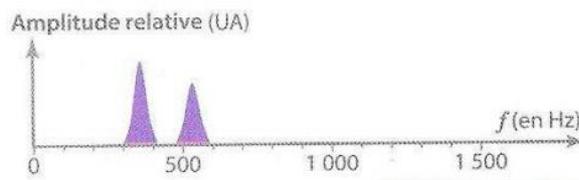
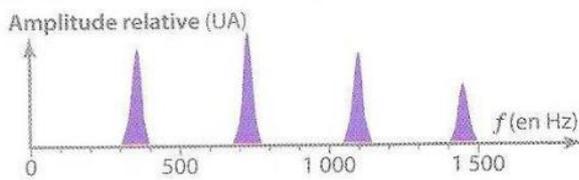
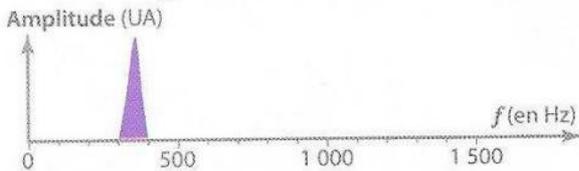


**Exercice 5 : Spectre d'un son**

Le son émis par un instrument a été enregistré avec un logiciel d'acquisition.

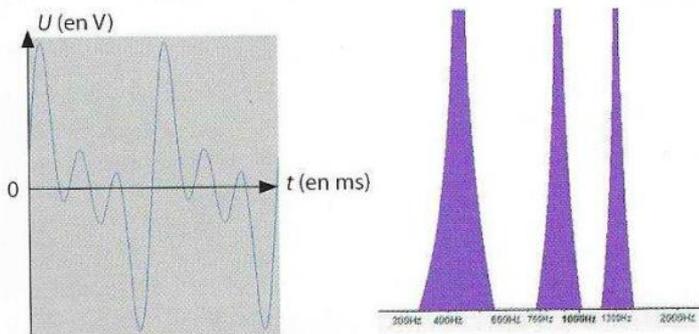


► Parmi les spectres ci-dessous, retrouver celui qui correspond au son enregistré. Justifier votre réponse.



**Exercice 6 : Générer un son composé**

Trois sons purs, de fréquences  $f_1 = 440$  Hz,  $f_2 = 880$  Hz et  $f_3 = 1\,320$  Hz, de même amplitude, ont été additionnés grâce à un logiciel. Le signal du son résultant est le suivant.



1. Justifier que le son obtenu est un son composé.
2. À partir du spectre, déterminer la valeur de sa fréquence fondamentale et de ses harmoniques.
3. Montrer qu'un son composé résulte de l'addition de sons purs.

## Thème 4 : Son et musique, porteurs d'informations

### Exercice 7 : Intensité et niveau sonore

1. Rappeler la définition de l'intensité sonore et la relation mathématique permettant de la calculer.
2. En quelle unité cette grandeur s'exprime-t-elle ?
3. Avec quel appareil mesure-t-on le niveau d'intensité sonore ? En quelle unité ?

### Exercice 8 : Puissance, intensité et niveau sonore

Le haut-parleur d'un réveil a une puissance égale à 0,2 W.

1. Calculer l'intensité du son perçu par une personne endormie, dont l'oreille est située à 40 cm du réveil.
2. Calculer le niveau sonore correspondant.

#### DONNÉES

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right), \text{ avec } I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

### Exercice 9 : Calculer un niveau sonore

Lors d'un concert, un auditeur se situe à une distance  $d$  d'une trompette. Le son émis par cet instrument de musique est perçu par l'auditeur avec une intensité de  $10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

1. Quel est le niveau sonore du son reçu par l'auditeur ?
2. Montrer que le son émis par deux trompettes identiques, placées toutes deux à la distance  $d$  de l'auditeur, est perçu par ce dernier avec une intensité de  $2 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .
3. Calculer le niveau d'intensité sonore correspondant.

### Exercice 10 : Additionner des intensités sonores

Lors d'une répétition, un observateur est situé à 5 mètres de trois violonistes qui accordent leurs instruments en jouant la même note. Un agent d'entretien passe l'aspirateur pendant la répétition.



Le tableau ci-dessous rassemble les mesures d'intensités et de niveaux sonores réalisés près de l'observateur.

Émetteur sonore	Intensité sonore (en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Niveau sonore (en dB)
Un violon	$1,0 \times 10^{-5}$	70
Deux violons	$2,0 \times 10^{-5}$	73
Trois violons	$3,0 \times 10^{-5}$	75
Aspirateur seul	$1,0 \times 10^{-4}$	80
Aspirateur et un violon	$1,1 \times 10^{-4}$	~ 80
Aspirateur et trois violons	$1,3 \times 10^{-4}$	81

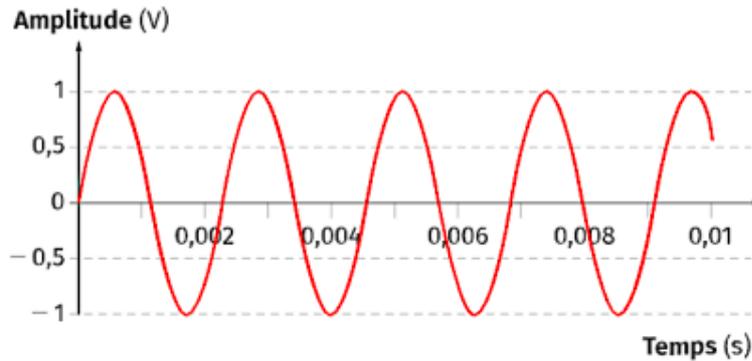
En interprétant les mesures réalisées, répondre aux questions suivantes en argumentant.

1. Les intensités sonores peuvent-elles s'ajouter ? et les niveaux sonores ?
2. Lorsque l'intensité sonore double, le niveau sonore double-t-il également ? De combien augmente-t-il ?
3. Pourquoi peut-on dire que, lorsque deux sons de niveaux sonores différents se superposent, le son le plus fort masque le son le plus faible ?

**Exercice 11 : Le diapason**

Le diapason est un outil utilisé par les musiciens pour s'accorder. En effet, s'il est parfaitement dimensionné, la vibration de la partie métallique permet la production d'un son de fréquence  $f$ , utilisé pour l'accordage des instruments.

Le signal ci-dessous représente l'évolution temporelle de l'amplitude d'un signal électrique associé au son du diapason mesuré par un microphone.



**Questions :**

1. Justifiez que le son associé au signal ci-contre est un son pur.
2. Déterminez la durée  $\Delta t$  de quatre périodes du signal. Déduisez-en la période  $T$  du signal.
3. Calculez la fréquence  $f$  du son produit par le diapason.

**Exercice 12 : La corde de piano**

Le piano est un instrument de musique à cordes frappées. On rappelle que la fréquence fondamentale  $f$  du son est liée à la longueur de la corde  $l$  par la relation  $f = \frac{a}{l}$  avec  $a$  un coefficient à déterminer par la suite.



**Questions :**

1. Précisez comment évolue la fréquence fondamentale du son  $f$  produit par une corde de piano si l'on augmente sa longueur  $l$ .
2. Calculez le coefficient  $a$ , en hertz par m ( $\text{Hz} \cdot \text{m}^{-1}$ ), pour une corde accordée en  $la^3$  à 440 Hz dont la longueur est égale à 85 cm.