

Les compétences à acquérir...

- Décrire le principe de l'émission d'un signal sonore par la mise en vibration d'un objet et l'intérêt de la présence d'une caisse de résonance.
- Expliquer le rôle joué par le milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore.
- Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.
- Mesurer la vitesse d'un signal sonore.*
- Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle.
- Utiliser une chaîne de mesure pour obtenir des informations sur les vibrations d'un objet émettant un signal sonore.*
- Mesurer la période d'un signal sonore périodique.*
- Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore.*
- Citer les domaines de fréquences des sons audibles, des infrasons et des ultrasons.
- Perception du son : lien entre fréquence et hauteur ; lien entre forme du signal et timbre ; lien qualitatif entre amplitude, intensité sonore et niveau d'intensité sonore.
- Enregistrer et caractériser un son (hauteur, timbre, niveau d'intensité sonore, etc.) à l'aide d'un dispositif expérimental dédié, d'un smartphone, etc.*
- Échelle de niveaux d'intensité sonore.

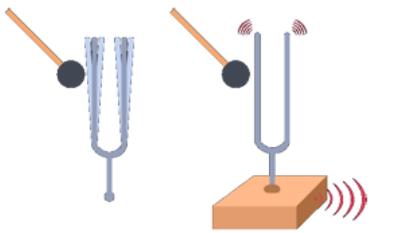


Qu'est ce qu'un son musical ?
 Quelle différence y a-t-il entre deux notes jouées par un même instrument ?
 Pourquoi le son, produit par deux instruments différents jouant la même note, n'est pas perçu de la même façon par l'oreille humaine ?
 Quelle est la différence entre l'intensité sonore et le niveau sonore ?

Nous allons essayer de répondre à ces questions dans ce chapitre.

I- Quelles sont les conditions pour obtenir un son ?

1- Comment un son est-il émis ?



Son émis par un diapason



Son émis par une guitare



Le réveil mis sous une cloche sous vide



Son émis par un dauphin sous l'eau

Proposez les 2 conditions pour qu'un son soit perçu.

- Il faut créer une vibration (diapason, corde de guitare, ...) en perturbant un milieu. (perturbation)
- Il faut que la perturbation puisse se propager dans un milieu matériel (air, eau, métaux...)

2- Pourquoi un son se propage-t-il dans un milieu matériel ?

mouchoir / bouillon.

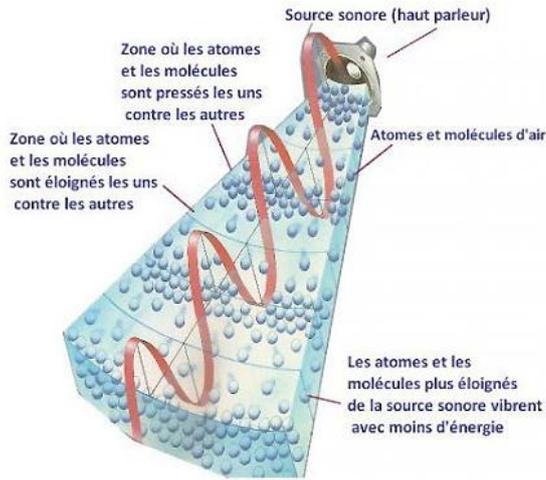


Prise de notes :

" Un son est représenté par un "onde" composée de compression et de pression ; sa
 - sa fréquence est mesurée en hertz (Hz)
 - Plus la fréquence d'un son est élevée plus le son est aigu (mouchoir) ou plus la fréquence est faible plus le son est grave (bouillon). "



3- Les ondes sonores:



a- Définition des ondes sonores :

Une **onde sonore** est **une perturbation qui se propage dans un milieu matériel**.
 Ici la perturbation est créée par un haut parleur. Celui comprime des "tranches" d'air. Cet air se détend et comprime une tranche d'air voisine... Elle se déplace dans l'air.

b- Le milieu de propagation des ondes sonores: Une onde sonore peut se propager dans tout milieu matériel (solide....., liquide..... et gaz..). Par contre, elle ne se propage pas dans vide.....

c- Vitesse de propagation v: Les ondes sonores se propagent en ligne droite à une certaine vitesse v, appelée aussi célérité..... qui dépend du milieu..... dans lequel se propage cette onde.

Cette vitesse v peut être calculée par la relation suivante

$$d = v \times \Delta t$$

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

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

- d: distance parcourue par l'onde enm
- Δt : **durée** du parcours ens
- v: vitesse de propagation enm./s

La valeur approchée de la propagation de la vitesse d'une onde sonore dans l'air aux températures usuelles est $v_{air} = 340 \text{ m/s}$

$$v_{air} = 340 \cdot 10^{-3} \times 60 \times 60 \text{ km/h} = 1224 \text{ km/h}$$

Remarques :
 - La vitesse de propagation du son dans l'eau est
 - La vitesse de propagation du son dans le verre est

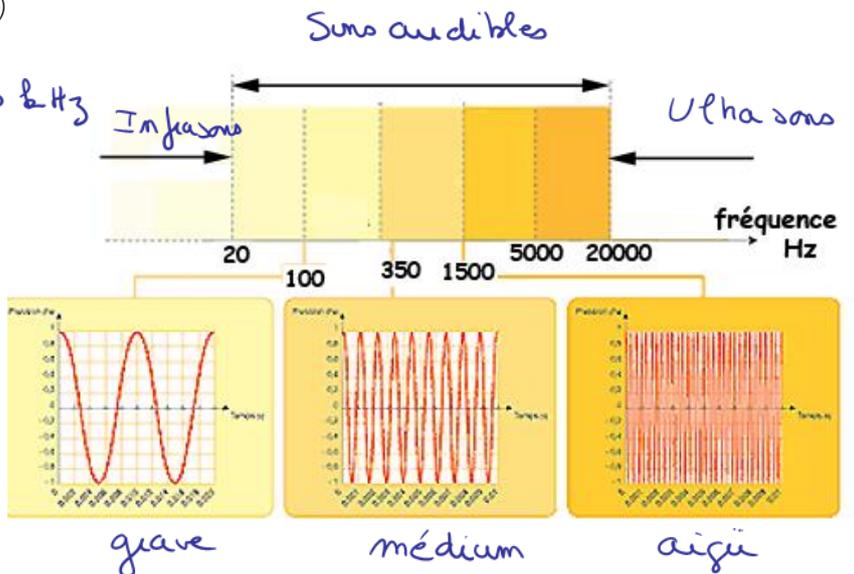
$$v_{eau} = 1500 \text{ m/s}$$

$$v_{verre} = 5500 \text{ m/s}$$

c- Domaine de fréquence: (cf activité n°1 et 2)

L'oreille humaine ne peut entendre que les sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20 000 Hz = 20 kHz.
 - Plus la fréquence augmente et plus le son est dit aigu..... Au delà de 20000 Hz, on parle d'ultra sons..... non audible pour l'oreille humaine.

- Plus la fréquence diminue et plus le son est dit grave..... En dessous de 20 Hz, on parle d'ultra sons..... non audible aussi pour l'oreille humaine.

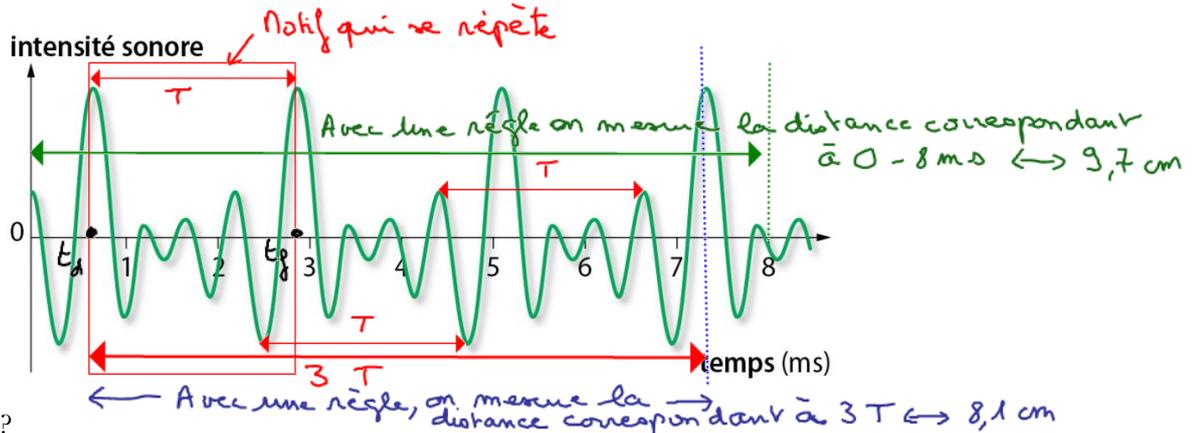


Oui mais, qu'est ce qu'une fréquence ?

II- Comment caractériser le signal enregistré d'une onde sonore ?

1- Etude d'un enregistrement :

Cet enregistrement est celui d'une note de musique émise par une trompette. Il a été effectué sur une durée assez courte à l'aide d'un microphone branché à un ordinateur qui dispose d'une carte son et d'un logiciel de traitement de son.



Que constate-t-on ?

On constate que le signal est périodique et qu'une partie de la courbe appelée motif se répète.

2- Calcul de la durée du « motif » ?

La **durée** du plus petit motif qui se répète est appelé une **période**..... Elle se note **T**..... et s'exprime en **seconde s**

Calculons le plus précisément cette **période**.....

1^{ère} méthode (souvent la moins précise)

Calcul de T

$$T = \Delta t = t_g - t_d \text{ avec } \begin{cases} \text{instant du début} \\ t_d \approx 0,6 \text{ ms} \\ \text{instant de la fin} \\ t_g \approx 2,9 \text{ ms} \end{cases}$$

$$\Rightarrow T = 2,9 - 0,6$$

$$\Rightarrow T = 2,3 \text{ ms}$$

2^{ème} méthode (la plus précise)

• je mesure la distance séparant plusieurs périodes : ici 3 T \leftrightarrow 8,1 cm

• je mesure la distance séparant des graduations horizontales : ici 8 ms \leftrightarrow 9,7 cm

Donc l'échelle est

$$\begin{cases} 3T \leftrightarrow 8,1 \text{ cm} \\ 8,0 \text{ ms} \leftrightarrow 9,7 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow 3T = \frac{8,1 \times 8,0}{9,7} = 6,7 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow T = \frac{6,7}{3} = 2,2 \text{ ms}$$

3- Calcul de la fréquence de ce signal :

La **fréquence du signal** est le nombre de fois que le motif se répète le motif en 1 seconde. Elle se note **f**..... et s'exprime en **hertz Hz**

La relation entre la fréquence et la **période T** est :

$$\text{Hz} \rightarrow f = 1/T \rightarrow \text{s}$$

répète le motif en 1 seconde

Calculez la fréquence de ce signal et déterminez la note jouée par la trompette

f_{ref} (Hz) 440

Ton/Note	Octave								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 do	32,703196	65,406391	130,81278	261,62557	523,25113	1046,5023	2093,0045	4186,009	8372,0181
2 do#	34,647829	69,295658	138,59132	277,18263	554,36526	1108,7305	2217,461	4434,9221	8869,8442
3 ré	36,708096	73,416192	146,83238	293,66477	587,32954	1174,6591	2349,3181	4698,6363	9397,2726
4 ré#	38,890873	77,781746	155,56349	311,12698	622,25397	1244,5079	2489,0159	4978,0317	9956,0635
5 mi	41,203445	82,406889	164,81378	329,62756	659,25511	1318,5102	2637,0205	5274,0409	10548,082
6 fa	43,653529	87,307058	174,61412	349,22823	698,45646	1396,9129	2793,8259	5587,6517	11175,303
7 fa#	46,249303	92,498606	184,99721	369,99442	739,98885	1479,9777	2959,9554	5919,9108	11839,822
8 sol	48,999429	97,998859	195,99772	391,99544	783,99087	1567,9817	3135,9635	6271,927	12543,854
9 sol#	51,913087	103,82617	207,65235	415,3047	830,6094	1661,2188	3322,4376	6644,8752	13289,75
10 la	55	110	220	440	880	1760	3520	7040	14080
11 sib	58,27047	116,54094	233,08188	466,16376	932,32752	1864,655	3729,3101	7458,6202	14917,24
12 si	61,735413	123,47083	246,94165	493,8833	987,7666	1975,5332	3951,0664	7902,1328	15804,266

Calcul de la fréquence f

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,2 \cdot 10^{-3}} \quad \left\{ \begin{array}{l} T \text{ doit être} \\ \text{exprimée en} \\ \text{s} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow f = 454 \text{ Hz}$$

la note jouée est un la₄

III- Perception d'un son :

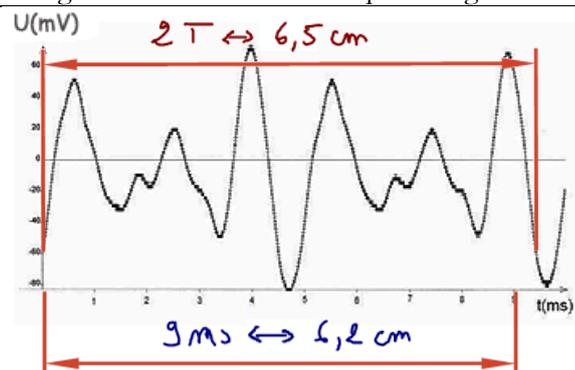
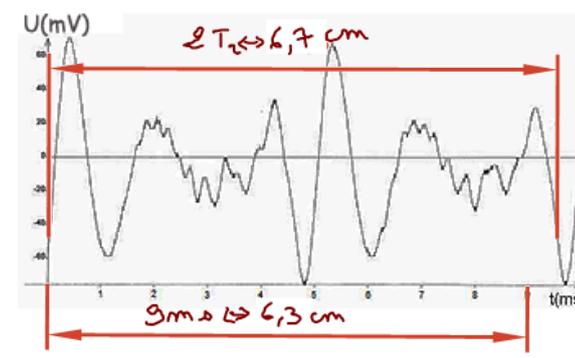
1- Comment percevons nous les sons jouer par différents instruments de musique ?

Écoutons 3 sons différents ...

Son 1	On entend un son "simple" émis par 1 diapason. Ce son ressemble au son émis par le téléphone.
Son 2	Notre oreille nous permet de distinguer le son émis par un violon.
Son 3	On peut distinguer plusieurs notes jouées par un piano.

En résumé : ... Notre oreille nous permet de distinguer les instruments jouant une note.

2- Deux enregistrements de sons émis par 2 instruments de musique différents:

Enregistrement d'un son émis par une guitare	Calculez la période T et la fréquence f
 <p>Calcul de la période T_1 je prends 2 périodes afin d'être plus précis</p>	<p>Echelle</p> $\begin{cases} 9,0 \text{ ms} \leftrightarrow 6,2 \text{ cm} \\ 2 T_1 \leftrightarrow 6,5 \text{ cm} \end{cases}$ $2 T_1 = \frac{9,0 \times 6,5}{6,2} = 9,4 \text{ ms}$ $\Rightarrow T_1 = \frac{9,4}{2} = 4,7 \text{ ms}$ <p>Calcul de f_1</p> $f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{4,7 \cdot 10^{-3}} = 213 \text{ Hz}$ <p>\Rightarrow Sol # octave 3</p>
 <p>Calcul de la période T_2 je prends 2 périodes afin d'être plus précis</p>	<p>Echelle</p> $\begin{cases} 9,0 \text{ ms} \leftrightarrow 6,3 \text{ cm} \\ 2 T_2 \leftrightarrow 6,7 \text{ cm} \end{cases}$ $2 T_2 = \frac{9,0 \times 6,7}{6,3} = 9,6 \text{ ms}$ $\Rightarrow T_2 = \frac{9,6}{2} = 4,8 \text{ ms}$ <p>Calcul de f_2</p> $f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{4,8 \cdot 10^{-3}} = 208 \text{ Hz}$ <p>\Rightarrow Sol # octave 3</p>

En conclusion :

2 instruments différents (piano/guitare) jouent la même note : je suis capable à l'oreille de distinguer les 2 instruments : le timbre.

[même hauteur : même note = même fréquence = même période]

3- Quelques caractéristiques des sons :

- La hauteur d'un son correspond à la fréquence du signal sonore

Remarque : Un La3 a une hauteur de 220 Hz et le La4 sur l'octave suivant à une hauteur de $2 \times 220 = 440 \text{ Hz}$

- Le timbre d'un son émis par un instrument de musique est la sensation auditive qui permet de distinguer deux notes de même hauteur jouées par des instruments différents.

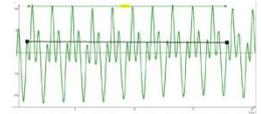
Le timbre d'un son dépend de la forme du signal sonore

Remarque : Son pur et son complexe

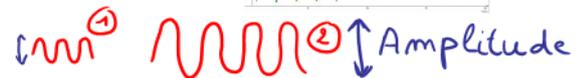
- Un son pur est un son dont le signal est sinusoïdale
Le diapason..... émet un son pur.



- Cependant, la plupart des sons, tels que ceux produits par les instruments de musique jouant qu'une seule note sont bien périodiques mais pas pur. Le son est dit complexe.



- L'intensité sonore I dépend de l'amplitude du signal.



Problème : Quand 2 guitares jouent en même temps, l'intensité sonore est doublée
L'oreille perçoit un son plus fort, mais il n'est pas perçu pour autant 2 fois plus fort.

Pour traduire cette perception par l'oreille d'un son, on utilise le niveau d'intensité sonore noté L, qui est lié à l'intensité sonore.

Le niveau d'intensité sonore L, exprimé en décibel (dB) traduit le niveau sonore perçu par une oreille normale humaine.

Le niveau d'intensité sonore se mesure à l'aide d'un sonomètre.....



Remarque :

Un son dont le niveau sonore est trop important peut engendrer une perte d'audition, partielle ou totale, irréversible.

Dès que l'on se trouve exposé à plus de 75 dB sur une durée importante, il est nécessaire de se protéger.

Niveaux sonores	Sensations	Sons courants	Sons liés aux cartes
< à 50 dB(A)	Calme	Réfrigérateur	Ambiance calme en milieu rural
50 à 55 dB(A)	Relativement calme	Lave-vaisselle	Rue résidentielle
55 à 60 dB(A)	Bruits courants	Lave-linge	Petite route à 30 m
60 à 65 dB(A)	Supportable	Douche	Rue de desserte en ville
65 à 70 dB(A)	Bruyant	Téléviseur	Rue à fort trafic
70 à 75 dB(A)	Très bruyant	Aspirateur	Autoroute chargée
> à 75 dB(A)	Extrêmement bruyant	Tondeuse à gazon	Passage d'un train

Décollage d'un avion > 120 dB (douleur)