Chapitre 1 : le son, phénomène vibratoire

Savoir- faire :

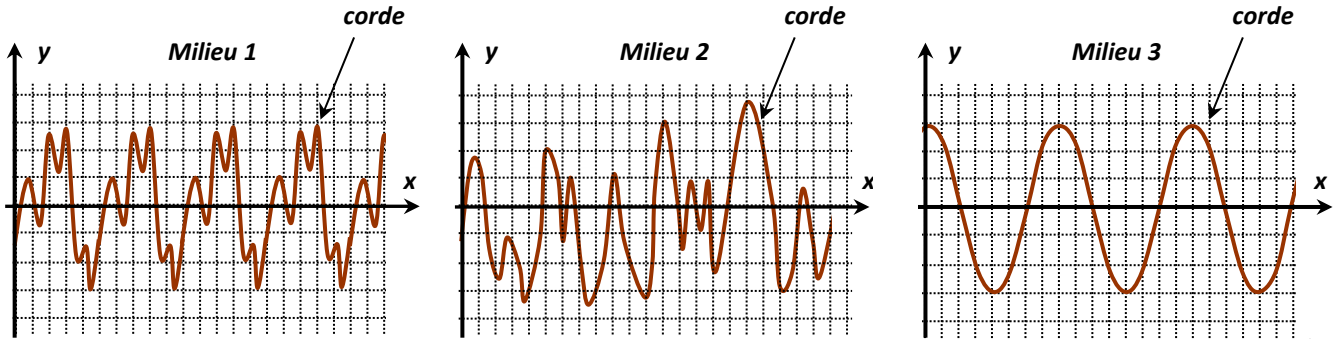
- *Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son. Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.*
- *Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.*
- *Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.*

I) Le son pur et son composé

Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale.

Dans le cas d'un son composé, il est associé à un signal périodique mais non sinusoïdal.

- **Un phénomène est dit périodique s'il se répète identique à lui-même - ET - à intervalle de temps régulier appelé période et noté *T*.**
  La fréquence *f* associée est définie par la relation : $f = 1 / T$ | *f* en *hertz (Hz)*
  T en *s*
- **La période T d'une onde périodique est la plus petite durée pour que chaque point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire.**



⇧ *Figure 1 : Etats vibratoires d'une corde*

Echelle horizontale et verticale : 2,0 m / div

Célérité des trois ondes : 4,0 $m \cdot s^{-1}$

Questions :

a) Parmi les ondes ci-dessus, déterminer la ou les ondes périodiques.
b) Définir pour cette ou ces ondes périodiques la période *T* leur correspondant.
c) Quelle est l'onde que l'on peut qualifier d'onde périodique sinusoïdale ?
d) Déterminer sa fréquence *f*.

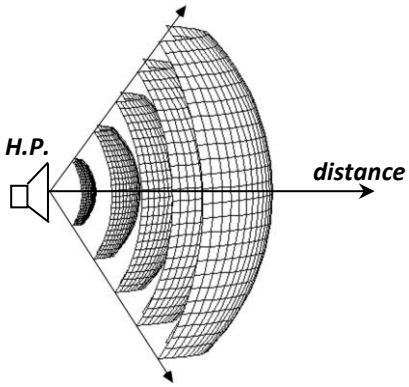
II) Intensité et niveau d'intensité sonore

Doc2 et doc 3 p 211 Bordas/oreille –m animation

L'intensité sonore *I* est la puissance *P* de la vibration sonore reçue par unité de surface *S* :

$$I = \frac{P}{S}$$

Plus on s'éloigne de la source sonore plus l'intensité diminue car l'énergie produite par la source se répartie sur une surface plus grande.



⇧ *Figure 2 : dispersion de l'intensité*

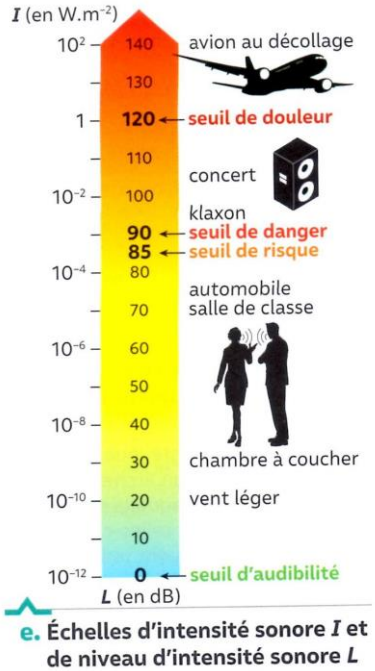
La perception d'un son de fréquence 1000 Hz pour l'oreille humaine est telle que :

- Le seuil d'audibilité est : $I_0 = 10^{-12}\ W.m^{-2}$
- Le seuil de douleur est : $I_M = 1\ W.m^{-2}$

Le bruit cumulé de **plusieurs sources sonores** se traduit par une **augmentation de l'intensité sonore** perçue par un auditeur :

$I_t = I_1 + I_2 + ... + I_n$

On détermine alors une échelle permettant d'exprimer la sensation auditive : c'est le **niveau sonore** ou **niveau d'intensité sonore**. Le niveau sonore *L* exprime donc la sensation perçue par l'oreille.



e. Échelles d'intensité sonore *I* et de niveau d'intensité sonore *L*

Pour une intensité sonore *I*, le niveau sonore noté *L* et exprimé en décibels acoustiques (dB) est déterminé par la formule :

$$L = 10 \times \log \frac{I}{I_0}$$

L sans dim (*dB*)

I et I_0 en $W.m^{-2}$

Questions :

a) Calculer le niveau sonore pour une intensité acoustique *I* à 1000 *Hz* égale à I_0.

b) Même question pour une intensité acoustique égale au seuil de douleur I_M.

c) Montrer que si une intensité double ($I_2 = 2\ I_1$) alors le niveau sonore augmente de 3 *dB* ($L_2 \approx 3 + L_1$)

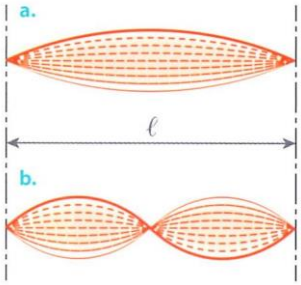
Remarque :
Si I est multipliée par 2, L n'est pas multiplié par 2, mais augmente de + 3 dB.
Si I est multipliée par 100, L augmente de + 20 dB.

III) Les notes produites par les instruments

Video guitare

Une corde tendue émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse linéique).
Remarque : f est inversement proportionnelle à la longueur de la corde

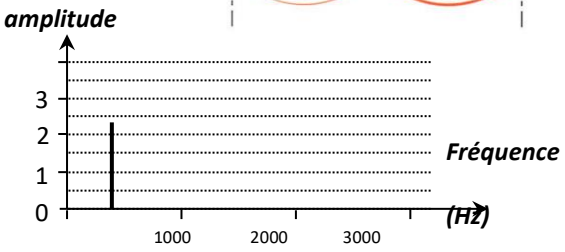
$$f = \frac{1}{2L} \times \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

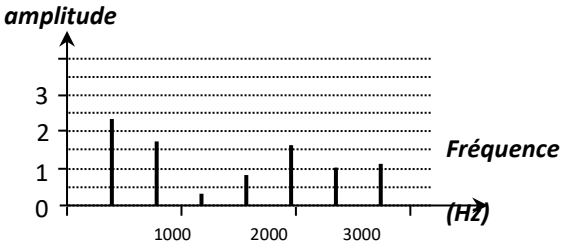


Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.

Un son pur ne présentera qu'un pic qui correspondra à sa fréquence fondamentale.

Pour un son composé, le signal périodique de fréquence *f* se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de *f*.
f est appelée fréquence fondamentale,
les autres fréquences sont appelées harmoniques.

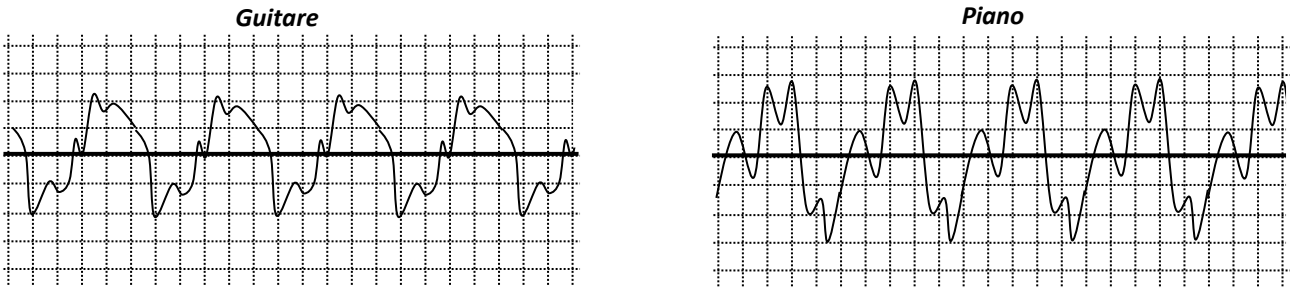




: $f_n = n \times f_1$

Expérience :

On joue une note avec une guitare et la même note avec un piano. A l'aide d'un dispositif d'acquisition, on observe l'oscillogramme de ces deux notes sur l'écran d'un ordinateur.



⇧ *Figure 4 : oscillogrammes*

1 carreau ⇔ 1,0 ms

Observation :

On se rend compte à l'oreille que le son produit par chacun de ces instruments est différent, mais on reconnaît facilement qu'il s'agit de la même note (même hauteur).

Questions :

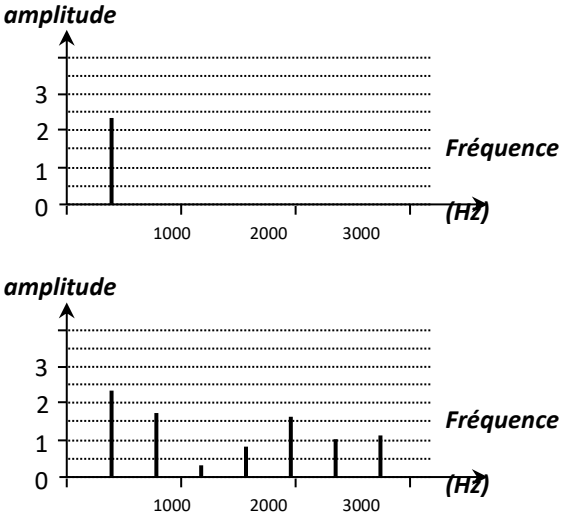
a) Ces vibrations sonores sont-elles périodiques ? Pourquoi ?

b) Déterminer pour chacune d'elles la période *T* et en déduire leur fréquence respective.

c) A quoi est liée la hauteur d'une note ?

L'enregistrement du son émis par un **diapason est une sinusoïde. Ainsi, ce son est dit pur**. Le son des autres instruments de musique n'est pas pur, mais présente un caractère périodique.

Le signal de ce son peut alors être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux appelés **harmoniques dont la fréquence est un multiple entier de la fréquence du son de départ.**



Questions :

a) Parmi ces deux spectres, déterminer celui qui correspond à une note joué par un diapason et celui du violon.

b) Ces deux sons ont-ils la même hauteur ? Justifier.

Exercices : 7 p.220 + 4 – (5) – 10 – (11) – 12

Activité expérimentale PC

L'expérience de la corde de Melde

Protocole expérimental

- Relier les extrémités de la corde au vibreur alimenté par le GBF (Générateur basse fréquence) et à la masse de 50 g par l'intermédiaire de la poulie.
- Régler la longueur de la corde située entre le vibreur et la poulie à 50 cm.
- Faire varier la fréquence du GBF jusqu'à ce que la corde vibre en ne formant qu'un seul fuseau avec une amplitude maximale. Noter la valeur de la fréquence f_1 correspondante.
- Relever de même la fréquence f_2 correspondant à l'obtention de deux fuseaux, puis la fréquence f_3 correspondant à trois fuseaux.
- Renouveler l'expérience en réglant la longueur de la corde à 1 mètre.

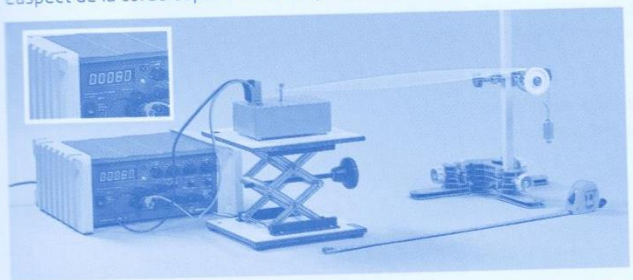
Remarque : le son émis par la corde a la même fréquence que celle imposée à la corde par le GBF.

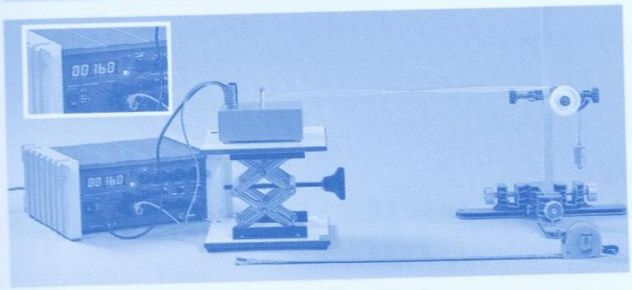
Matériel

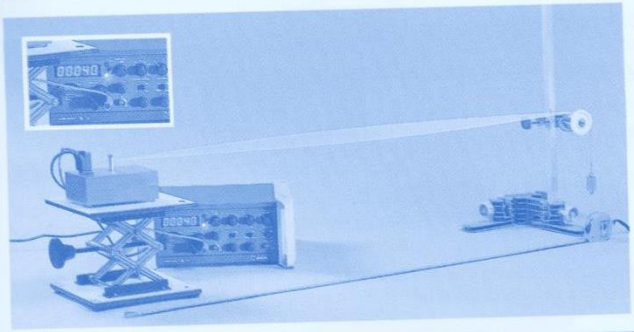
- une corde
- un vibreur
- un GBF
- une masse marquée de 50 g, suspendue à un crochet
- une poulie fixée sur une potence
- un mètre, des fils de connexion

Observations

L'aspect de la corde dépend de la fréquence avec laquelle elle vibre.







3 Résultats

Longueur ℓ de la corde (en m)	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00
Fréquence f (en Hz)	80	160	240	40	80
Nombre de fuseaux	1	2	3	1	2

QUESTIONS

6. Quelle est la valeur de la fréquence fondamentale du son émis par la corde de 50 cm ?
7. Pour une même longueur de corde, quelle relation existe-t-il entre les valeurs de la fréquence fondamentale et celles des harmoniques ?
8. Expliquer comment prévoir théoriquement la valeur de la fréquence fondamentale mesurée avec une corde de 25 cm.
9. Quelle est l'influence de la longueur de la corde sur la fréquence fondamentale du son émis ?
10. Comment peut-on expliquer le fait que les sons émis par les cordes d'une contrebasse soient plus graves que ceux émis par les cordes d'un violon ?

Pour approfondir : ex. 13 p. 193

Hatier p 187, enseignement scientifique première 2019