

Exercices de Spécialité Physique 7 : Instruments à cordes

S'autoévaluer

1. QCM : Célérité d'une onde

L'extrémité d'une corde tendue horizontalement de masse linéique $\mu = 1,20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ est reliée à une masse de $80,0 \text{ g}$. Quelle est la célérité V des ondes sur cette corde ?

Rappel : $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, F (en N) étant la tension de la corde et μ (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$) sa masse linéique ou masse par unité de longueur.

Donnée : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- a. $66,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; b. $0,015 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
c. $653 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; d. $25,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

2. QCM : Vibration dans le mode fondamental

On considère une corde tendue de $1,20 \text{ m}$ de long dans laquelle les ondes se propagent à la vitesse de $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Cette corde est excitée sinusoïdalement et on observe un fuseau. Quelle est la fréquence du son émis ?

- a. $83,4 \text{ Hz}$; b. 166 Hz ; c. $41,7 \text{ Hz}$; d. 333 Hz .

3. QCM : Vibration dans un mode harmonique

Une corde de $1,50 \text{ m}$ de longueur, dont les extrémités sont fixes, est excitée sinusoïdalement grâce à un vibreur. On observe trois fuseaux identiques. Quelle est la longueur d'onde de l'onde stationnaire qui s'est établie sur la corde ?

- a. $1,50 \text{ m}$; b. $1,00 \text{ m}$; c. $0,50 \text{ m}$; d. on ne peut pas la calculer.

4. QCM : Fréquence d'un harmonique

La deuxième corde d'une guitare de longueur $62,5 \text{ cm}$ est accordée sur le La_1 (fréquence 110 Hz).

Lorsque le guitariste appuie sur le milieu de la corde, il divise la longueur de la corde pouvant vibrer par deux. Il pince la corde.

Quelle est la fréquence du son émis ?

- a. 110 Hz ; b. 220 Hz ; c. 55 Hz ; d. 440 Hz .

5. QCM : Vibration forcée d'une corde

Une corde métallique de longueur $0,50 \text{ m}$ est tendue entre deux points fixes. Elle est parcourue par un courant sinusoïdal de fréquence $f = 300 \text{ Hz}$. On place un aimant à proximité de la corde.

La corde se met en vibration et l'on observe alors trois fuseaux.

Quelle est la fréquence du fondamental ?

- a. 100 Hz ; b. 150 Hz ; c. 300 Hz ; d. 600 Hz .

6. QCM : Hauteur d'un son

Quelles sont les propositions exactes ?

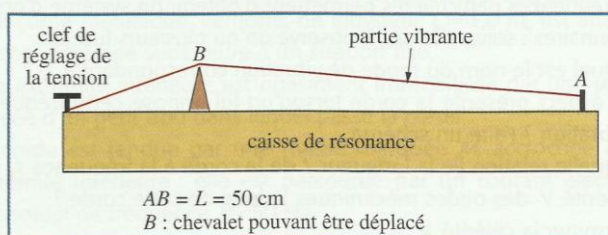
- a. Dans un instrument à cordes, la hauteur d'un son est imposée par la corde.
b. Dans un instrument à cordes, la hauteur d'un son est imposée par la caisse de résonance.
c. Lorsqu'on pince une corde de guitare, le son est pur.
d. Pour accorder une corde de guitare, le musicien modifie la tension de la corde.

Utiliser les acquis

7. Les fonctions d'un instrument de musique

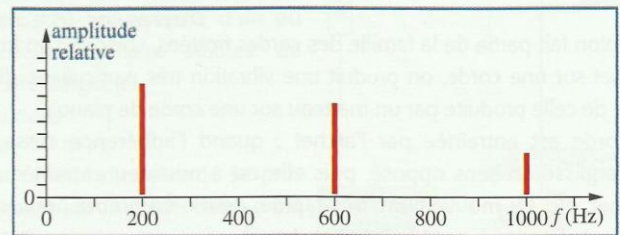
D'après Bac, Asie, 2005

Un son a été produit en pinçant une corde tendue entre deux points fixes A et B selon le dispositif suivant :



Lorsqu'on pince la corde, elle vibre suivant ses différents modes propres de vibration.

1. On enregistre ce son grâce à un microphone relié à un ordinateur puis on réalise son spectre sonore (voir le **document** ci-dessous). Déterminer sa fréquence fondamentale f .



Le mode propre de vibration de fréquence f correspond à une onde stationnaire produite par la propagation entre A et B d'une onde progressive sinusoïdale de longueur d'onde λ .

Rappel : Expression de la célérité V d'une onde sur une corde tendue :

$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, F (en N) étant la tension et μ (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$) la masse linéique ou masse par unité de longueur de la corde.

2. Exprimer L en fonction de λ pour que cette onde stationnaire correspondant à la fréquence fondamentale puisse s'établir.
3. Rappeler la relation entre la célérité V , la fréquence f d'une onde sinusoïdale et la longueur d'onde λ .
4. La corde étudiée a une masse linéique égale à $7,5 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$. Exprimer puis calculer la valeur de la tension de la corde AB pour qu'elle émette le son étudié.
5. Si on diminue cette tension, le son émis devient-il plus grave ou plus aigu ? Justifier.

8. Guitare et musique

D'après Bac, Pondichéry, 2004

Une guitare possède 6 cordes numérotées de 1 à 6, de longueur $L = 642 \text{ mm}$.

La fréquence de vibration et la note émise par chaque corde « à vide » sont indiquées dans le tableau suivant :

Corde	1	2	3	4	5	6
f (Hz)	82,4	110,0	146,8	196	246,9	329,6
Note	mi	la	ré	sol	si	mi

Un élève réalise un montage consistant à placer la corde 1 (métallique) au voisinage d'un aimant et d'y imposer le passage d'un courant électrique alternatif de fréquence réglable. La corde vibre alors à la même fréquence que celle du courant.

Il constate que le mouvement de la corde a une faible amplitude sauf pour certaines valeurs de la fréquence : $f_1 = 82,4 \text{ Hz}$, $f_2 = 2 \times f_1$, $f_3 = 3 \times f_1$, $f_4 = 4 \times f_1$, etc.

Ces fréquences particulières permettent d'obtenir un système d'ondes stationnaires : suivant le cas, il observe un ou plusieurs fuseaux.

1. Quel est le nom du mode de vibration correspondant à f_1 ? Quel aspect présente la corde lorsqu'on lui impose cette fréquence de vibration ? Faire un schéma.
2. Quelle relation lie la longueur L de la corde à la fréquence f_1 et à la célérité V des ondes mécaniques le long de cette corde ? Déterminer la célérité V .
3. Quel est le nom des autres modes de vibration ? Quel aspect présente la corde lorsqu'on lui impose la fréquence f_3 ? Faire un schéma.

11. Ondes le long d'une corde

D'après Bac, Polynésie, 2004

Une corde métallique, verticale, de longueur $L = 1,0 \text{ m}$, est attachée en son extrémité supérieure à un support fixe.

Son extrémité inférieure est quasiment immobilisée par une plaque percée d'un petit trou dans lequel passe la corde.

La corde est tendue par une masse marquée M , accrochée à son extrémité inférieure ; elle est parcourue par un courant électrique sinusoïdal de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$.

On dispose un aimant en U à cheval sur le fil, au voisinage du milieu de la corde.

Pour certaines valeurs de la masse marquée M , la corde prend un aspect particulier : on y observe un système d'un ou plusieurs fuseaux stables de même longueur.

Données

• $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

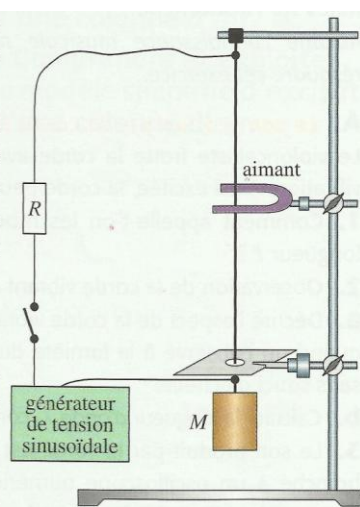
• La célérité d'une onde se propageant sur la corde tendue est

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

où T est la valeur de la

tension du fil (en newton) et μ

sa masse linéique ou masse par unité de longueur (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$).



1. Comment nomme-t-on le système d'ondes qui s'établit le long de la corde ?

2. Pour une masse $M = 2 \text{ kg}$, la corde vibre fortement en un seul fuseau.

a. Quelle est alors la longueur d'onde λ des ondes progressives se propageant le long de la corde ?

b. Calculer la célérité V des ondes sur la corde.

c. En déduire la masse m de la corde.

3. La position de l'aimant et la fréquence du courant restant inchangées, on souhaite que la corde de longueur L vibre en formant plusieurs fuseaux.

a. Faut-il pour cela, augmenter ou diminuer la valeur de la masse M suspendue à la corde ? Justifier.

b. Le nombre de fuseaux produits étant impair, quel est l'état vibratoire du point situé au milieu de la corde ?

Quel nom donne-t-on alors à ce point ?

4. La masse marquée suspendue à la corde est maintenant

$$M' = \frac{M}{4}$$

a. Calculer la nouvelle célérité V' des ondes sur la corde.

b. En déduire leur longueur d'onde λ' .

c. Combien de fuseaux observe-t-on dans ce cas ?

d. Comment faut-il placer l'aimant pour observer les fuseaux de manière bien visible ?

12. Sons émis par une corde de violoncelle

D'après Bac, National, 2006

Les instruments de musique sont de formes et de dimensions très variées ; ils sont aussi constitués de matériaux très divers. Cependant, tous fonctionnent sur le même principe : les sons qu'ils produisent sont le résultat d'une vibration qui se transmet jusqu'à l'oreille. On peut les classer en trois familles : les cordes, les vents et les percussions.

Dans le cas des instruments à cordes, il existe deux techniques de production du son : corde frottée et corde pincée

Dans cet exercice, on étudie le son produit par une corde vibrante, puis on compare les sons produits par l'une des cordes d'un violoncelle, la corde appelée « corde de sol », selon qu'elle est pincée ou frottée en utilisant un archet.

Cette corde de longueur utile $L = 69,0 \text{ cm}$ est fixée à ses deux extrémités sur l'instrument.

Aucune connaissance musicale préalable n'est nécessaire pour résoudre cet exercice.

A. Le son produit par la corde frottée

Le violoncelliste frotte la corde avec son archet pour la mettre en vibration. Ainsi excitée, la corde peut vibrer selon plusieurs modes.

1. Comment appelle-t-on les modes de vibration de la corde de longueur L ?

2. Observation de la corde vibrante à la lumière du jour.

a. Décrire l'aspect de la corde vibrante dans son mode fondamental quand on l'observe à la lumière du jour et l'illustrer par un schéma sans souci d'échelle.

b. Calculer la longueur d'onde λ_1 correspondant au mode fondamental.

3. Le son produit par la corde est étudié à l'aide d'un microphone branché à un oscilloscope numérique. L'oscillogramme correspondant est donné sur le document 1.

a. Exploiter cet oscillogramme pour déterminer la fréquence f_1 du mode fondamental.

b. À quelle qualité physiologique du son est associée cette fréquence ?

4. Décrire la méthode qui permet de retrouver la fréquence du mode fondamental en utilisant un stroboscope.

5. Déduire des réponses aux questions 2. b et 3. a la célérité V de la vibration le long de cette corde.

6. On réalise une analyse spectrale du son produit par cette corde vibrant sur toute sa longueur. Le spectre de fréquences est représenté sur le document 2. Sur ce spectre sont repérés cinq pics notés (a), (b), (c), (d) et (e). On note f_2 et f_3 les fréquences des deux harmoniques immédiatement supérieures à la fréquence fondamentale f_1 .

a. Écrire la relation existant entre f_2 et f_1 d'une part ; entre f_3 et f_1 d'autre part.

b. Retrouver parmi ces cinq pics, celui qui correspond au mode fondamental de fréquence f_1 et préciser ceux qui correspondent à f_2 et f_3 .

7. Pour jouer la note à l'octave supérieure, le violoncelliste excite la corde avec l'archet tout en appuyant franchement en son milieu, ce qui revient à diviser la longueur L de la corde pouvant vibrer par deux.

Rappel : La fréquence du son produit est inversement proportionnelle à la longueur de la corde.

Donner, en fonction de f_1 , l'expression de la fréquence f' du fondamental du son produit lorsque le violoncelliste joue la note à l'octave supérieure.

B. Le son produit par la corde pincée

Par une autre technique appelée « pizzicato », le violoncelliste pince maintenant la corde de sol pour la mettre en vibration.

1. L'oscillogramme correspondant au son émis par la corde en appliquant la technique « pizzicato » est donné sur le document 3.

Exploiter ce document pour indiquer si la hauteur du son est modifiée par rapport à celle du son étudié en A.

2. En comparant les documents 1 et 3, indiquer la caractéristique physiologique du son qui a ainsi été modifiée. Justifier la réponse.

C. Une autre technique avec la corde frottée

Pour tirer de son instrument des sons particuliers, le violoncelliste excite avec son archet la corde qu'il effleure avec l'autre main en son milieu.

On donne le spectre du son produit de cette manière au document 4.

En comparant les spectres des documents 2 et 4, indiquer la conséquence de cette technique sur les caractéristiques physiologiques du son produit dans les deux situations correspondantes.

