



Baccalauréat des voies générale et technologique



Épreuve de physique-chimie de série S

Annales 0 : exemples d'exercices
[BO n° 27 du 4 juillet 2002](#)

Physique, enseignement de spécialité :

Vibrations d'une corde métallique

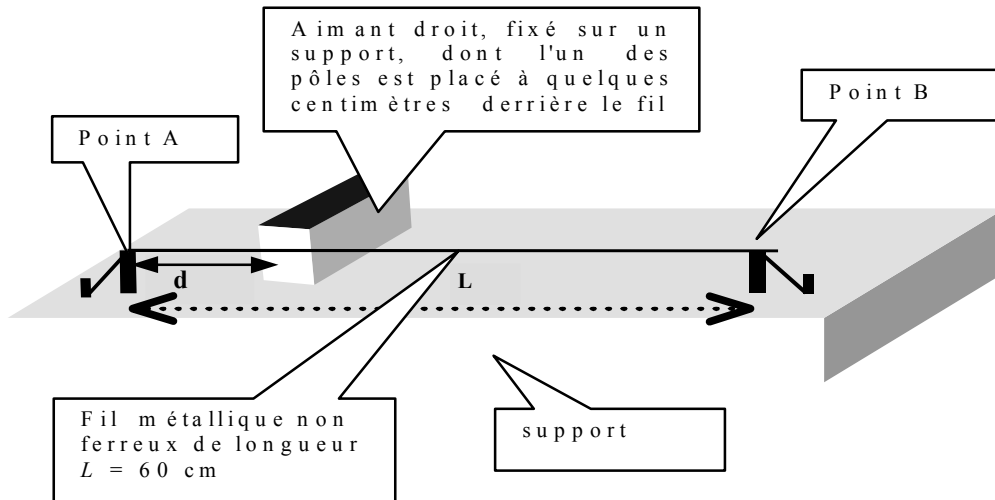
Attention : Les sujets proposés ne sont pas représentatifs de l'ensemble des possibilités offertes par les programmes et ne constituent donc pas une liste fermée de ces possibilités. Aussi doivent-ils être considérés comme des exemples et non comme des modèles.

27 août 2002

VIBRATIONS D'UNE CORDE MÉTALLIQUE

L'usage de la calculatrice n'est pas autorisé

A-On réalise au laboratoire le dispositif schématisé ci-dessous :

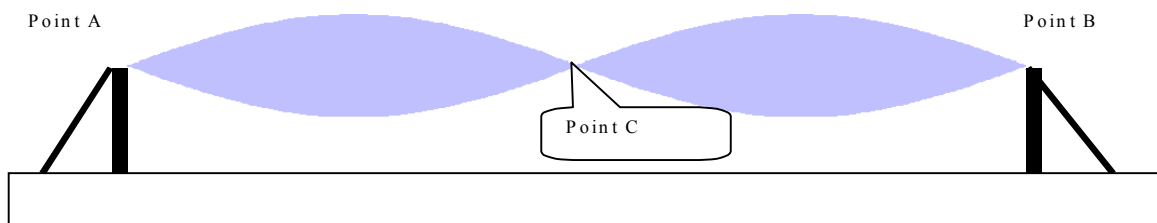


Un fil métallique non ferreux, de longueur $L = 60 \text{ cm}$, appelé "corde" dans le reste de l'énoncé, est tendu entre les points A et B. Entre ces points, on applique une tension sinusoïdale u_{AB} de fréquence f . Un courant de même fréquence circule alors dans la corde.

Un aimant droit fixe est placé derrière la corde (voir schéma). Celle-ci est localement soumise à une force magnétique verticale due à la circulation du courant et à la présence de l'aimant. On admettra que :

- les vibrations transversales ainsi imposées à la corde sont de nature sinusoïdale et qu'elles ont la même fréquence que la tension u_{AB} ;
- les fréquences des vibrations, du courant et de la tension u_{AB} sont les mêmes.

1. La tension u_{AB} a une fréquence f_1 égale à 100 Hz et la corde est éclairée par la lumière du jour. À cause de la persistance rétinienne, on voit deux fuseaux comme le montre la figure ci-dessous (dispositif vu de face, sans représentation de l'aimant).



- 1.1. Quel est l'état vibratoire du point C ? Quel nom donne-t-on à ce point de la corde dans cette expérience ?
- 1.2. Décrire qualitativement le mouvement d'un point de la corde situé à égale distance de A et de C. Comment nomme-t-on son état vibratoire ?
- 1.3. Déterminer la longueur d'onde λ_1 de l'onde stationnaire ainsi générée.
- 1.4. Déterminer sa célérité v .
- 1.5. Parmi les positions de l'aimant définies par les valeurs de d ci-après, laquelle paraît-il souhaitable d'adopter pour obtenir ces deux fuseaux de manière bien visible ? La réponse doit être justifiée. Valeurs de d proposées : 15 cm, 30 cm ou 45 cm.

2. Déterminer la fréquence f_0 de la tension u_{AB} qui permettrait d'obtenir un système d'ondes stationnaires ne présentant qu'un seul fuseau, la longueur et la tension de la corde restant inchangées. Quel nom particulier donne-t-on à ce mode de vibration ?

B. On supprime la tension u_{AB} et l'aimant. La corde, horizontale, garde une longueur et une tension identiques à celles de la partie **A-1**. On dispose également d'une boîte en bois parallélépipédique dont une grande face est percée d'un orifice circulaire.

La boîte est disposée horizontalement sous la corde. Le milieu de la corde se trouve au-dessus de l'orifice circulaire.

La corde est mise en vibration par pincement en son centre, on perçoit alors un son d'une hauteur de 50 Hz.

1. Expliquer pourquoi on peut entendre un son avec ce nouveau dispositif.

2. On réalise l'analyse spectrale de ce son sur un intervalle de fréquences f tel que $20 \text{ Hz} < f < 300 \text{ Hz}$.

2.1. Qu'appelle-t-on "fréquence fondamentale" d'un son, quelle est sa valeur ici ?

2.2. Quelles sont les fréquences des harmoniques qui sont susceptibles de se trouver dans l'analyse spectrale de ce son ?

2.3. Parmi les harmoniques attendus, le spectre montre la quasi-absence des harmoniques de fréquence 100 Hz et 200 Hz. Proposer une explication de cette particularité du spectre en raisonnant à partir de la manière dont la corde a été mise en vibration.

VIBRATIONS D'UNE CORDE MÉTALLIQUE

Question	Références aux compétences inscrites au BO
Partie A	
1.1. Quel est l'état vibratoire du point C ? Quel nom donne-t-on à ce point de la corde dans cette expérience ?	Savoir ce qu'est un nœud de vibration.
1.2. Décrire qualitativement le mouvement d'un point de la corde situé à égale distance de A et de C. Comment nomme-t-on son état vibratoire ?	Savoir ce qu'est un ventre de vibration.
1.3. Déterminer la longueur d'onde λ_1 de l'onde stationnaire ainsi générée.	Connaître et exploiter la relation exprimant la quantification des modes : $2L = n\lambda$.
1.4. Déterminer sa célérité v .	Connaître et utiliser la relation $\lambda = vT$.
1.5. Parmi les positions de l'aimant définies par les valeurs de d ci-après, laquelle paraît-il souhaitable d'adopter pour obtenir ces deux fuseaux de manière bien visible ? La réponse doit être justifiée. Valeurs de d proposées : 15 cm, 30 cm ou 45 cm.	Savoir comment produire un système d'ondes stationnaires.
2. Déterminer la fréquence f_0 de la tension délivrée par le GBF qui permettrait d'obtenir un système d'ondes stationnaires ne présentant qu'un seul fuseau, tous les autres réglages restant inchangés. Quel nom particulier donne-t-on à ce mode de vibration ?	Savoir que la célérité des ondes est une propriété du milieu de propagation (tronc commun). Connaître et exploiter la relation exprimant la quantification des modes : $2L = n\lambda$. Connaître le terme "fondamental".
Partie B	
1. Expliquer pourquoi on peut entendre un son avec ce nouveau dispositif.	Savoir que pour qu'un instrument de musique émette un son il lui faut remplir deux fonctions : "vibrer" et "émettre".
2.1. Q'appelle-t-on "fréquence fondamentale" d'un son, quelle est sa valeur ici ?	Savoir que la hauteur d'un son est mesurée par son fondamental.
2.2. Quelles sont les fréquences des harmoniques qui sont susceptibles de se trouver dans l'analyse spectrale de ce son ?	Connaître le rapport entre les harmoniques et le fondamental.
2.3. Parmi les harmoniques attendus, le spectre montre la quasi-absence des harmoniques de fréquence 100 Hz et 200 Hz. Proposer une explication de cette particularité du spectre en raisonnant à partir de la manière dont la corde a été mise en vibration.	Savoir qu'une corde pincée émet un son composé de fréquences qui sont celles des modes propres de la corde. Connaître et exploiter la relation exprimant la quantification des modes : $f = nv/2L$. Analyser en termes scientifiques une situation.

VIBRATIONS D'UNE CORDE MÉTALLIQUE

Question	Réponse	Points	Commentaires
A-1.1.	Le point C reste immobile, il ne vibre pas. On appelle ce point un "nœud" de vibration.	0,25	
A-1.2.	Ce point situé à mi-distance entre A et C, se déplace dans un plan vertical, de part et d'autre de sa position d'équilibre, sur une trajectoire rectiligne. Cet état vibratoire est désigné comme un "ventre" de vibration.	0,25 0,25	
A-1.3.	La corde montre l'établissement de deux fuseaux. Les modes de vibration sont définis par la relation : $2L = n \lambda$ Le mode de vibration observé correspond à $n = 2$. D'où $\lambda = L = 60 \text{ cm}$	0,25 0,25	
A-1.4.	On utilise la relation $\lambda = vT = v/f_1$ $v = \lambda f_1$ numériquement $v = 60 \text{ m.s}^{-1}$	0,25 0,25	
A-1.5.	Il est plus judicieux de placer l'aimant là où l'on souhaite installer un ventre de vibration. Soit, ici, à 15 cm de A ou bien à 45 cm de A.	0,25	
A-2.	On utilise la relation de quantification des modes : $2L = n \lambda$ avec $n = 1$. On a alors $\lambda = v/f_0$. v conservant sa valeur car la corde est restée la même, elle a la même longueur et la même tension. D'où $f_0 = v/2L$. $f_0 = 50 \text{ Hz}$. C'est le mode fondamental.	0,25 0,25	Le fait que la célérité ne soit pas modifiée se justifie par une compétence exigible du tronc commun
B-1.	Pour que le son émis soit audible, il faut d'une part que sa fréquence soit comprise dans la bande passante de l'oreille, d'autre part que l'instrument provoque des vibrations de l'air d'amplitude suffisante. C'est le rôle de la caisse de résonance d'amplifier les vibrations sonores. Les vibrations des parois de la boîte sont transmises à l'air et permettent l'audition.	0,25	L'intervalle de fréquences audibles ne figure pas dans les compétences exigibles
B-2.1.	La fréquence fondamentale d'un son correspond à sa hauteur, soit ici 50 Hz.	0,25	
B-2.2.	La fréquence fondamentale est la plus petite du spectre. Les fréquences des harmoniques sont toutes des multiples entiers de la fréquence fondamentale. Soit dans l'intervalle d'étude : 50 Hz, 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz.	0,25 0,25	
B-2.3	Les différents harmoniques correspondent chacun à un mode propre de la corde dont les fréquences sont obtenues par la relation : $f = nv/2L$ La corde étant pincée en son centre, on va favoriser la formation d'un ventre de vibration au centre de la corde. Les valeurs impaires de n sont donc favorisées par cette mise en vibration. Ce qui favorise la présence des fréquences 50 Hz, 150 Hz et 250 Hz.	0,25 0,25	
	Total	Sur 4	