

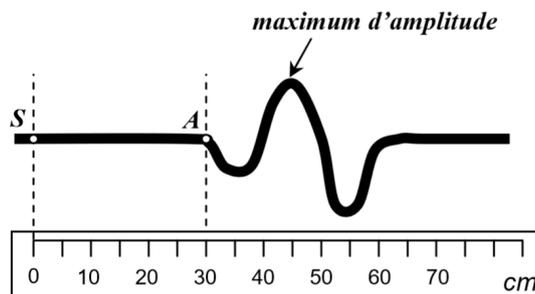
La calculatrice n'est pas autorisée. Le sujet est à rendre avec sa copie.

Exercice n° 1 : Enregistrement en studio d'un groupe de musique (12pts)

1. Perturbation le long d'une corde

Une perturbation se propage de gauche à droite le long d'une corde de guitare avec une célérité de $3,0 \text{ m.s}^{-1}$. Le schéma ci-dessous représente (de manière exagérée) la perturbation.

- 1.1. Cette onde est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.
- 1.2. Déterminer la valeur du retard τ du point A par rapport à la source de l'onde S ?
- 1.3. La photo de la corde ci-contre a été prise à une date choisie comme origine du temps ($t_0 = 0$). A quelle distance de la source S se trouvera le maximum d'amplitude de l'onde à la date $t_1 = 0,20 \text{ s}$?



2. Caractéristiques des sonorités instrumentales

Un groupe de musique composé d'un chanteur, de deux guitaristes, d'un violoniste, d'un bassiste et d'un batteur se prépare à un enregistrement en studio. Lors de la « balance » (moment préalable à un enregistrement ou à un concert) l'ingénieur du son réalise séparément pour chaque instrument des enregistrements à l'aide de micros reliés à un système informatisé. La tension électrique notée U_{AM} en mV, détectée au niveau de l'interface informatique, est proportionnelle à la pression acoustique du son ou encore à l'intensité sonore. Cette tension en fonction du temps est représentée ci-dessous.

Préambule : compte tenu de l'imprécision des graphiques, une certaine incertitude sera acceptée pour les résultats. Une différence de un à deux hertz ne doit pas être comptabilisée comme un écart significatif lors d'une comparaison de fréquences par exemple.

- 2.1. L'enregistrement informatisé d'une note jouée par l'une des guitares du groupe est représenté par le document 1 (Annexe 1).
 - 2.1.1. Le son joué par la guitare est-il complexe ou pur ? Justifier.
 - 2.1.2. Déterminer la période de la note jouée par la guitare. En déduire sa fréquence. Le calcul est tout à fait possible sans calculatrice !
- 2.2. Un son de basse et de violon ont été enregistrés dans les mêmes conditions que celui de la guitare.
 - 2.2.1. Le son émis par la guitare (document 1) et celui émis par la basse (document 2) ont-ils approximativement la même hauteur ? Justifier.
 - 2.2.2. A quoi reconnaît-on sur les documents que ces deux instruments n'ont pas le même timbre ?
 - 2.2.3. La note émise par le violon (document 3) est-elle plus ou moins aiguë que celle émise par la guitare ? Justifier.

3. Analyse des sons

- 3.1. On a mesuré la fréquence f_1 d'une note émise par le violon : $f_1 = 220 \text{ Hz}$. Parmi les fréquences suivantes, indiquer les fréquences qui correspondent à des «harmoniques» de la note émise par le violon : $f_2 = 110 \text{ Hz}$ $f_3 = 330 \text{ Hz}$ $f_4 = 440 \text{ Hz}$ $f_6 = 660 \text{ Hz}$; justifier.
- 3.2. L'analyse spectrale d'une autre note émise par le violon donne le spectre du document 4.
 - 3.2.1. Quelle est la fréquence du fondamental ?
 - 3.2.2. Quelles sont les fréquences des harmoniques **présentes** dans ce spectre ?

4. Niveau sonore des instruments

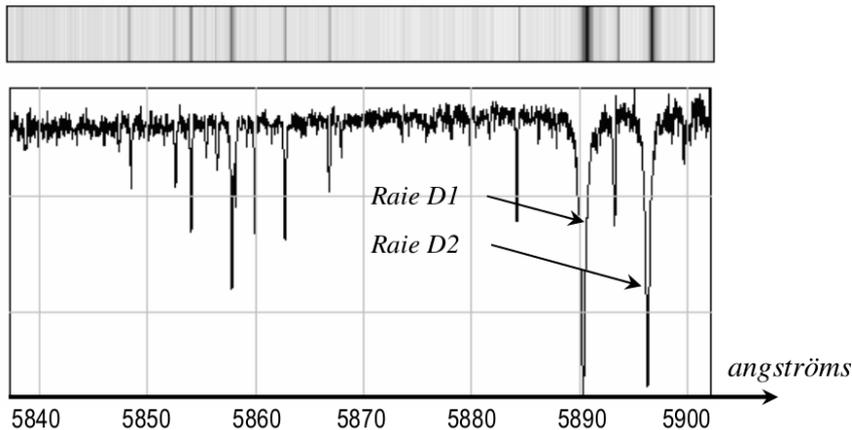
On rappelle que le niveau sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation : $L = 10 \times \log(I/I_0)$ avec $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

- 4.1. À quoi correspond l'intensité I_0 ?

Exercice n° 2 : L'expansion de l'Univers (8pts)

En 1929 *Edwin Hubble* découvre que l'ensemble de l'Univers est en expansion en analysant le spectre de la lumière venant de différentes galaxies.

Quelques raies d'absorptions du Sodium pour une source immobile



L'angström est une ancienne unité de mesure de longueur (symbole Å), utilisée pour la mesure des longueurs d'onde et des dimensions atomiques.

Principe de l'analyse des spectres :

Lorsqu'on observe par exemple les raies d'absorption du sodium gazeux d'une source immobile depuis la Terre, on y observe, entre autre, une raie intense nommée *D1* à une longueur d'onde de $589,0 \text{ nm}$. Or, dans le spectre de la galaxie NGC 37 observé depuis la Terre, on mesure cette raie *D1* à $5948,9 \text{ angströms}$.

1. La raie *D1* dans le cas de NGC 37 est-elle décalée vers le rouge ou vers le bleu ? Justifier.
2. Comment nomme-t-on en astronomie un tel décalage ?
3. En déduire si NGC 37 se rapproche de notre galaxie ou si elle s'en éloigne.
4. Quel phénomène physique est à l'origine de ce décalage de la longueur d'onde de la lumière venant de NGC 37 ?
5. Donner avec l'écriture scientifique la valeur d'un angström en mètre.

Le décalage spectral z de la longueur d'onde d'une raie pour une source en mouvement est donnée par la relation :

$$z = \left(\frac{\lambda - \lambda_{REF}}{\lambda_{REF}} \right) \quad \text{avec : } \lambda \text{ la longueur d'onde de la raie pour la source mobile}$$

$$\lambda_{REF} \text{ la longueur d'onde de la raie pour une source immobile.}$$

6. Déterminer la vitesse à laquelle la galaxie NGC 37 se déplace par rapport à nous sachant que le décalage z se calcule aussi par la relation :

$$z = \frac{v}{c} \quad \text{avec : } v \text{ la vitesse de la galaxie par rapport à la Terre}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ la vitesse de la lumière dans le vide}$$

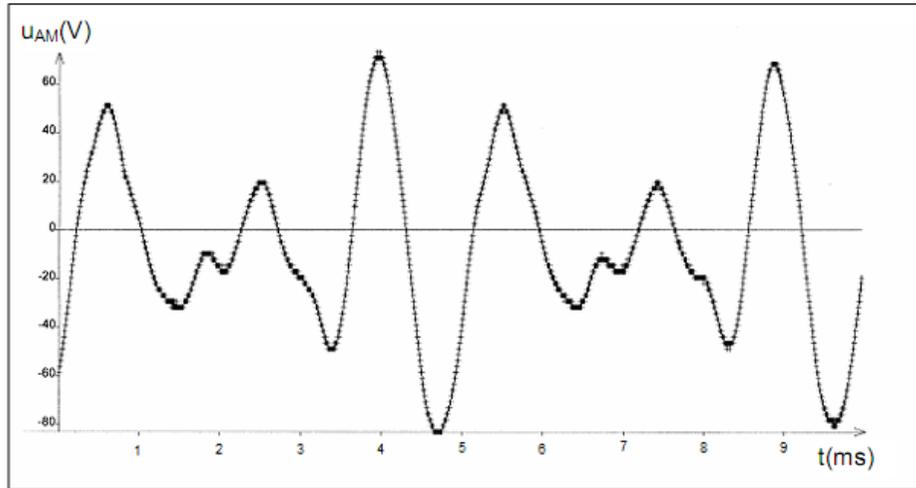
Le calcul est tout à fait possible sans calculatrice !

Le télescope spatial *Hubble* est un télescope spatial développé par la NASA avec une participation de l'Agence spatiale européenne, opérationnel depuis 1990. Son miroir de grande taille (2,4 mètres de diamètre) et son spectroscopie dans l'infrarouge proche et l'ultraviolet lui permettent de surclasser les instruments au sol les plus puissants handicapés par la présence de l'atmosphère terrestre.

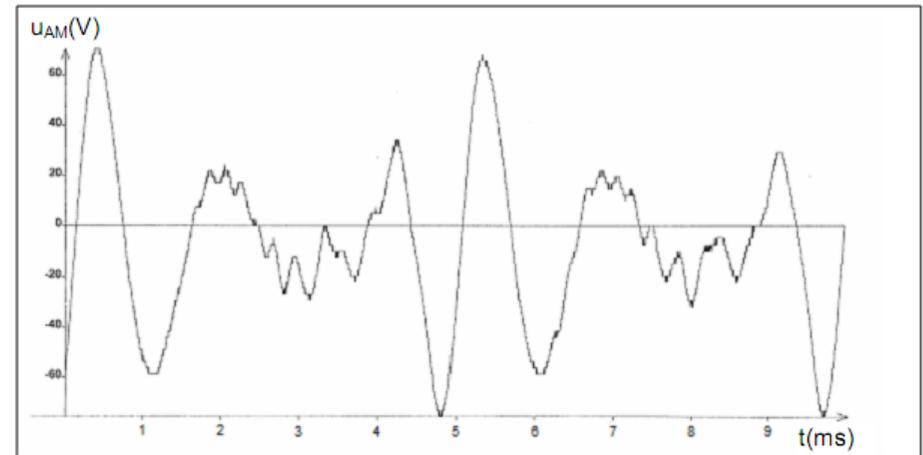
extrait de Wikipédia

7. Expliquer à l'aide de vos connaissances la dernière phrase de l'extrait ci-dessus.

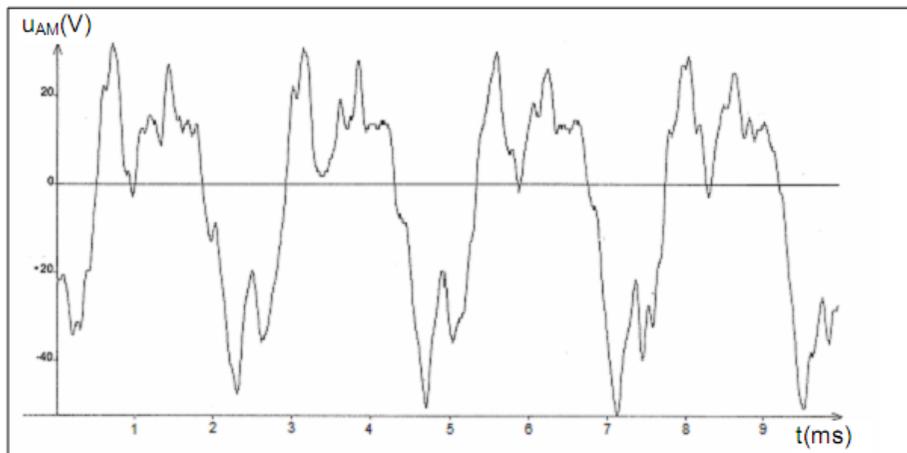
Annexe de l'exercice 1



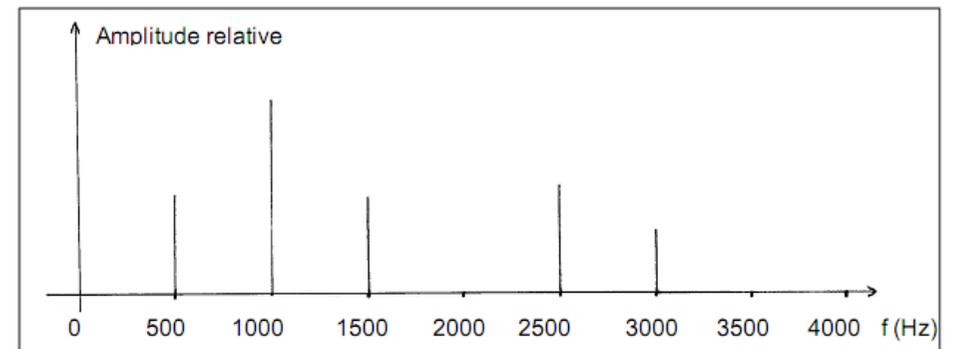
Document 1 : enregistrement numérique d'un son de la guitare.



Document 2 : enregistrement numérique d'un son de la basse.



Document 3 : enregistrement numérique d'un son du violon



Document 4 : spectres de fréquences d'un son de violon.

CORRECTION

Vendredi 12 octobre 2018

Durée : 2h

Exercice n° 1 : Enregistrement en studio d'un groupe de musique (13pts)

1.1. Cette onde est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

*La déformation (verticale) est **perpendiculaire** à la direction de propagation (horizontale), l'onde est dite transversale. (1pt)*

1.2. Déterminer la valeur du retard τ du point A par rapport à la source de l'onde S ?

$$v = \frac{d}{t} \text{ d'où le retard } \tau = d/v = 0,30/3,0 = 0,10 \text{ s (1pt)}$$

1.3. La photo de la corde ci-contre a été prise à une date choisie comme origine du temps ($t_0 = 0$). A quelle distance de la source S se trouvera le maximum d'amplitude de l'onde à la date $t_1 = 0,20$ s ?

Le maximum d'amplitude se trouve à 45 cm de la source S à $t = 0$ s. Un peu plus tard à $t=0,2$ s il se trouve à la distance : $d = 0,45 + v \times t = 0,45 + 3,0 \times 0,20 = 0,45 + 0,60 = 1,05$ m

Le maximum d'amplitude sera à la distance $d = 105$ cm (1,5pt)

2.1.1 Le son joué par la guitare est-il complexe ou pur ?

Le signal n'est pas de forme sinusoïdale, le son est donc complexe (1pt).

2.1.2 Déterminer la période de la note jouée par la guitare. En déduire sa fréquence. Le calcul est tout à fait possible sans calculatrice !

La période est d'environ 5 ms. La fréquence correspondante est $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = 200$ Hz (1,5pt).

2.2.1 Le son émis par la guitare (document 1) et celui émis par la basse (document 2) ont-ils approximativement la même hauteur ? Justifier. *La hauteur d'une note correspond à la fréquence du son. Le son de la basse a une période d'environ 5 ms, donc une fréquence de 200 Hz.*

Les deux sons ont donc même hauteur (1pt).

2.2.2 A quoi reconnaît-on sur les documents que ces deux instruments n'ont pas le même timbre ?

Les deux sons sont périodiques et de même période mais leur signaux ont une forme différente, ils ont donc un timbre différent (1pt).

2.2.3 La note émise par le violon (document 3) est-elle plus ou moins aigue que celle émise par la guitare ? Justifier. *La période de la tension présentée sur le document 3 est plus courte que celle de la guitare (environ 2,5 ms). Ainsi sa fréquence est plus élevée ($f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 400$ Hz). Le violon joue donc une note plus aigue que la guitare (1pt).*

3.1 Parmi les fréquences suivantes, indiquer les fréquences qui correspondent à des «harmoniques» de la note émise par le violon : $f_2 = 110$ Hz $f_3 = 330$ Hz $f_4 = 440$ Hz $f_6 = 660$ Hz ; justifier. *La fréquence f_1 correspond au mode fondamental (ou harmonique de rang 1). Cette fréquence est liée à celles des harmoniques supérieurs par la relation $f_n = n \cdot f_1$ avec n entier représentant le rang de l'harmonique. **Seules 440 Hz (harmonique de rang 2) et 660 Hz (harmonique de rang 3) satisfont à cette définition (1pt).***

3.2.1 Quelle est la fréquence du fondamental ?

*La fréquence la plus basse du spectre correspond à celle du fondamental. Elle vaut **500 Hz** (1pt).*

3.2.2 Quelles sont les fréquences des harmoniques présentes dans ce spectre ?

Le spectre contient les harmoniques de fréquence 1000 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz, 3000 Hz (1pt).

4.1. À quoi correspond l'intensité I_0 ?

I_0 est l'intensité sonore minimale d'audibilité pour l'être humain (1pt).

Exercice n° 2 : L'expansion de l'Univers (7pts)

1. La raie D1 dans le cas de NGC 37 est-elle décalée vers le rouge ou vers le bleu ? Justifier.

La raie D1 a une longueur d'onde qui augmente de 589,0 nm à 594,89 nm. Le décalage est donc vers le rouge qui se trouve aux alentours de 800 nm. (1pt)

2. Comment nomme-t-on alors un tel décalage ? *C'est le redshift (1pt)*

3. En déduire si NGC 37 se rapproche de notre galaxie ou si elle s'en éloigne.

Un décalage vers le rouge signifie que la galaxie en question s'éloigne de nous. (1pt)

4. Quel phénomène physique est à l'origine de ce décalage de la longueur d'onde de la lumière venant de NGC 37 ?

Le phénomène physique à l'origine de ce décalage en longueur d'onde (et donc en fréquence) de la lumière d'une source mobile se nomme l'effet Fizeau-Doppler. (0,5pt)

5. Donner avec l'écriture scientifique la valeur d'un angström en mètre.

Dans l'énoncé on indique que D1 se trouve à 589,0 nm, or sur le spectre on observe une cette raie à 5890 angströms. On en déduit donc que 1 nm = 10 angströms. Ainsi, 1 angström = 1×10^{-10} m (1pt)

6. Déterminer la vitesse à laquelle la galaxie NGC 37 se déplace par rapport à nous sachant que le décalage z se calcule aussi par la relation :

$$v = c \times \left(\frac{\lambda - \lambda_{ref}}{\lambda_{ref}} \right) = 3 \times 10^8 \times \left(\frac{5948,9 - 5890}{5890} \right) = 3 \times 10^8 \times \frac{58,9}{5890} = 3 \times 10^8 \times \frac{1}{100} = 3 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (1,5\text{pt})$$

7. Expliquer à l'aide de vos connaissances la dernière phrase de l'extrait ci-dessus.

L'atmosphère terrestre est composée de molécules qui absorbent une grande partie des rayonnements IR et UV, en étant placé au-dessus de l'atmosphère le télescope Hubble capte beaucoup plus de rayons provenant de l'univers qu'un simple télescope placé sur le sol terrestre. (1pt)