DEVOIR SURVEILLE N°2 TerminaleS **PHYSIQUE-CHIMIE**

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **2h00**

L'usage d'une calculatrice <u>EST</u> autorisé

EXERCICE 1 : EFFET DOPPLER

Christian Doppler, savant autrichien, propose en 1842 une explication de la modification de la fréquence du son perçu par un observateur immobile lorsque la source sonore est en mouvement. Buys-Ballot, scientifique hollandais, vérifie expérimentalement la théorie de Doppler en 1845, en enregistrant le décalage en fréquence d'un son provenant d'un train en mouvement et perçu par un observateur immobile.

On se propose de présenter l'effet Doppler puis de l'illustrer au travers de deux applications.

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

Nous nous intéressons dans un premier temps au changement de fréquence associé au mouvement relatif d'une source sonore S et d'un détecteur placé au point M (figure 1). Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre dans lequel le détecteur est immobile. Une source S émet des « bips » sonores à intervalles de temps réguliers dont la période d'émission est notée T_0. Le signal sonore se propage à la célérité v_{son} par rapport au référentiel terrestre.

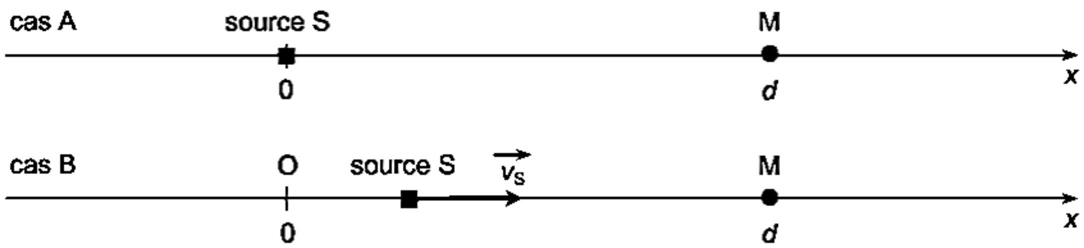


Figure 1. Schéma représentant une source sonore immobile (cas A), puis en mouvement (cas B).

1.1. Cas A : la source S est immobile en $x = 0$ et le détecteur M, situé à la distance *d,* perçoit chaque bip sonore avec un retard lié à la durée de propagation du signal.

1.1.1. Définir par une phrase, en utilisant l'expression « bips sonores», la fréquence f_0 de ce signal
périodique.

1.1.2. Comparer la période temporelle T des bips sonores perçus par le détecteur à la période
d'émission T_0.

1.2. Cas B : la source S, initialement en $x = 0$, se déplace à une vitesse constante v_s suivant l'axe O*x* en direction du détecteur immobile. La vitesse v_s est inférieure à la célérité v_{son}. On suppose que la source reste à gauche du détecteur.

Le détecteur perçoit alors les différents bips séparés d'une durée $T' = T_0\left(1-\dfrac{v_S}{v_{son}}\right)$
Indiquer si la fréquence f' des bips perçus par le détecteur est inférieure ou supérieure à la fréquence f_0 avec laquelle les bips sont émis par la source S. Justifier.

3. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

On s'intéresse à un son émis par un hélicoptère et perçu par un observateur immobile. La valeur de la fréquence de l'onde sonore émise par l'hélicoptère est $f_0 = 8{,}1 \times 10^2$ Hz. On se place dans le référentiel terrestre pour toute la suite de cette partie.

Les portions de cercles des figures 4 et 5 ci-dessous donnent les maxima d'amplitude de l'onde sonore à un instant donné. Le point A schématise l'hélicoptère. Dans le cas de la figure 4, l'hélicoptère est immobile. Dans le cas de la figure 5, il se déplace à vitesse constante le long de l'axe et vers l'observateur placé au point O. La célérité du son dans l'air est indépendante de sa fréquence.

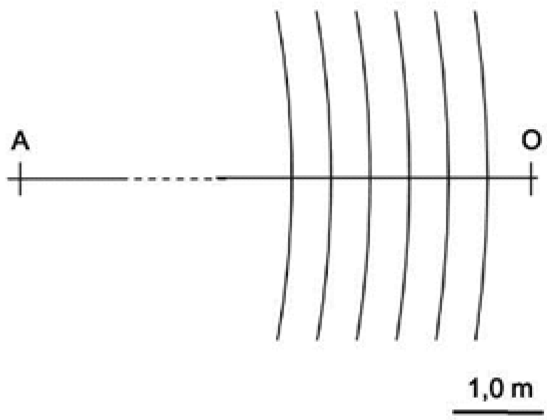


Figure 4. L'hélicoptère est immobile.

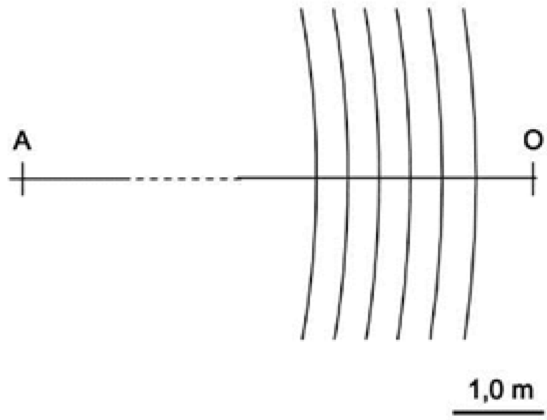


Figure 5. L'hélicoptère est en mouvement.

3.1. Déterminer, avec un maximum de précision, la longueur d'onde λ_0 de l'onde sonore perçue par l'observateur lorsque l'hélicoptère est immobile, puis la longueur d'onde λ' lorsque l'hélicoptère est en mouvement rectiligne uniforme.

3.2. En déduire une estimation de la valeur de la célérité de l'onde sonore. Commenter la valeur obtenue.

3.3. Déterminer la fréquence du son perçu par l'observateur lorsque l'hélicoptère est en mouvement. Cette valeur est-elle en accord avec le résultat de la question 1.2. ? Comment la perception du son est-elle modifiée ?

3.4. En déduire la valeur de la vitesse de l'hélicoptère. Cette valeur vous paraît-elle réaliste.

Exercice 2 : Diffraction Intérférence

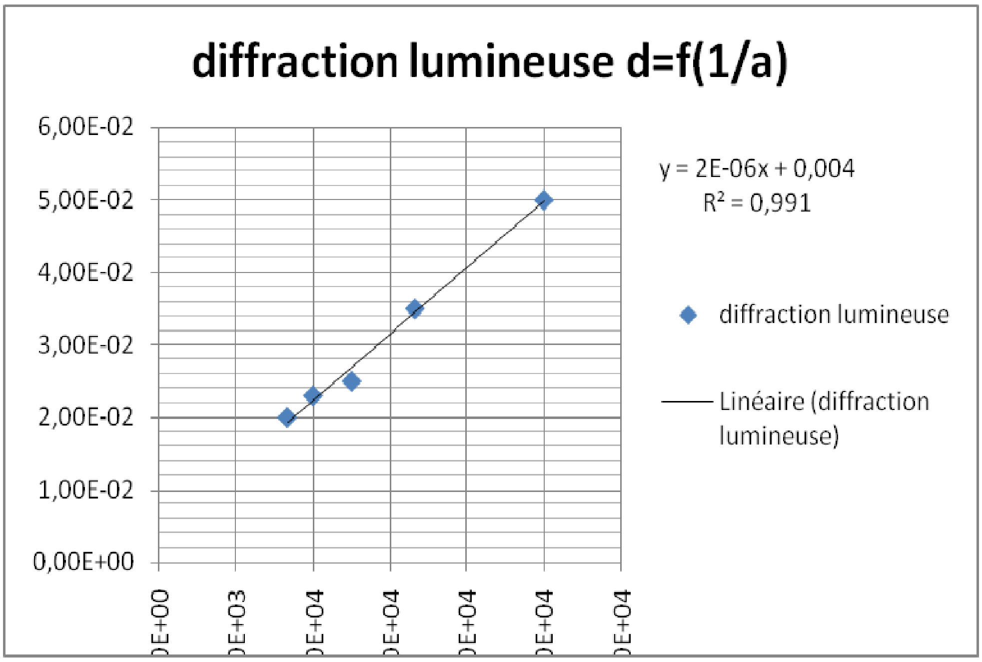
On mesure la taille d de la tache centrale de diffraction formée par différents fils calibrés de diamètre a (précis à deux chiffres significatifs).
La distance fils/écran est de D= 3,00m
On trace alors le graphe d=f(1/a) d et a sont exprimés en mètre

3.1. Faire un schéma du montage expérimentale.
Rappeler la relation liant la longueur d'onde, l'écart angulaire et la taille de l'obstacle a.

3.2. Noter avec le bon nombre de chiffres significatifs, l'équation du modèle obtenu.

3.3 . On mesure alors dans les mêmes conditions d'expérience la taille de la tache centrale de diffraction formée par un cheveu. On note d= 6,0 cm.
en déduire le diamètre du cheveu.

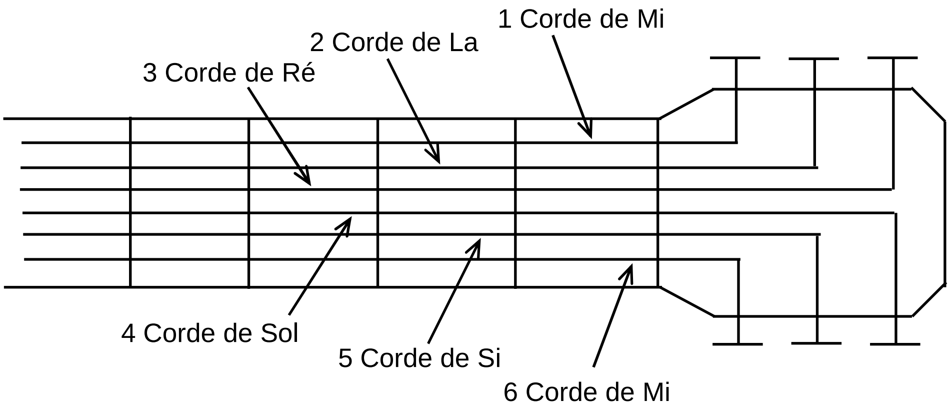
3.4. Rappeler la relation liant l'écart angulaire, la distance D et la distance d. Déduire du modèle précédent la valeur de la longueur d'onde du faisceau LASER utilisé.



EXERCICE 3 GUITARE ET PHYSIQUE (3 points)

Un élève musicien se propose de réaliser quelques expériences avec sa guitare (parfaitement accordée).
La guitare possède 6 cordes numérotées de 1 à 6, de longueur L = 642 mm. Le joueur a la possibilité de réduire la longueur de la corde en appuyant sur des cases situées sur le manche de la guitare.

Schéma du manche de la guitare



La fréquence de vibration et la note émise par chaque corde à vide, de longueur L = 642 mm, sont indiquées dans le tableau suivant :

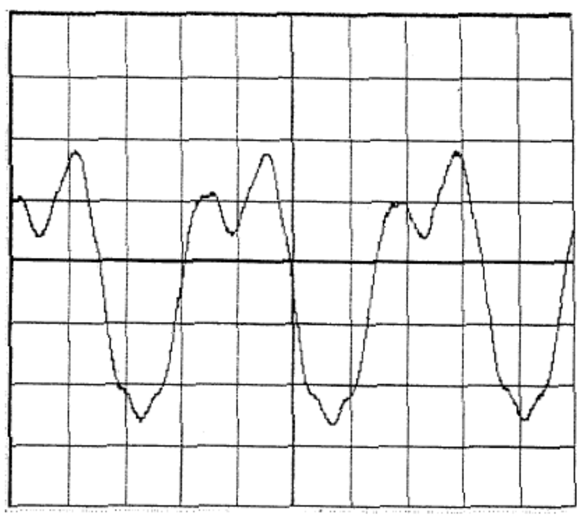
Corde	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
f (Hz)	*82,4*	*110,0*	*146,8*	*196*	*246,9*	*329,5*
Note	*Mi*	*La*	*Ré*	*Sol*	*Si*	*Mi*

2 – Expérience 2

L'élève pince la corde n°3 et visualise, à l'aide d'un microphone et d'un oscilloscope à mémoire, une tension électrique de même fréquence de vibration que celle de la corde.
Les réglages de l'oscilloscope sont: - base de temps 2 ms/div
- sensibilité verticale 200 mV/div.

L'oscillogramme obtenu est représenté ci--contre.

Oscillogramme "corde n°3"



2.2 – Déterminer la période de vibration.
2.3 – Vérifier qu'elle correspond à un bon accord de la corde.

3 – <u>Expérience 3</u>

La corde 2 émet un La (voir tableau page précédente). Il en est de même de la corde 6 lorsqu'on appuie sur la 5ème case (La de fréquence 440 Hz).

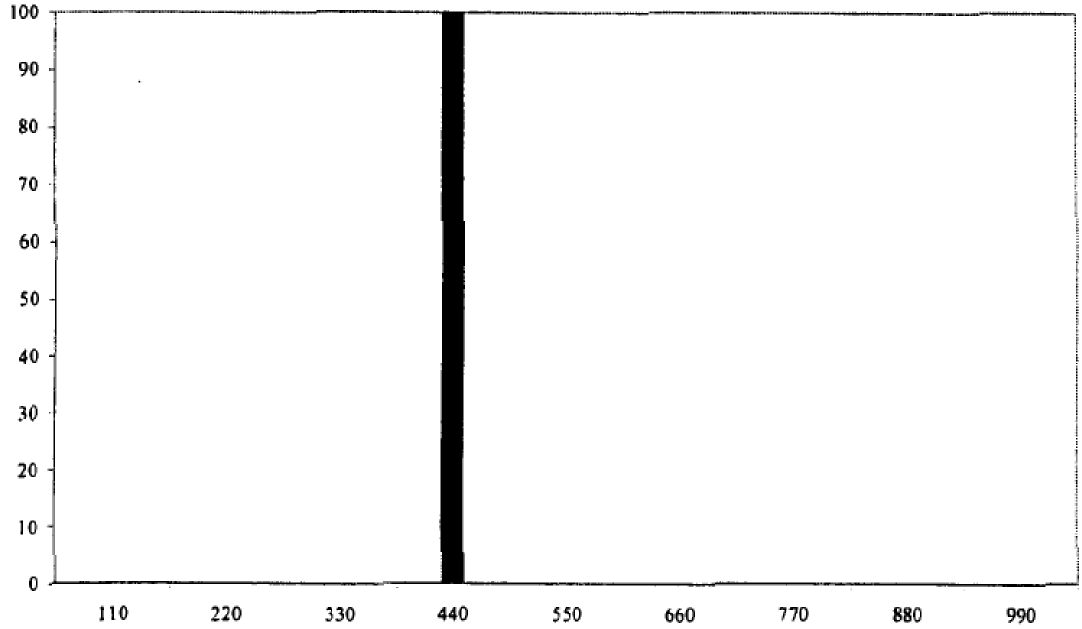
3.1 – Les deux notes sont séparées de 2 octaves. Définir l'octave.
3.2 – L'élève dispose par ailleurs d'un diapason émetteur d'un son pur de fréquence 440 Hz.
Il réalise les spectres en fréquence, représentés en **annexe 4**, des sons émis par ces trois émetteurs :

son 1 (corde 2)
son 2 (corde 6 de longueur réduite par appui sur la case 5)
son 3 (diapason).

3.2.1 – Attribuer, en le justifiant, à chaque émetteur le spectre en fréquence du son correspondant.
3.2.2 – Les trois sons correspondent à des La, mais sont néanmoins différents.

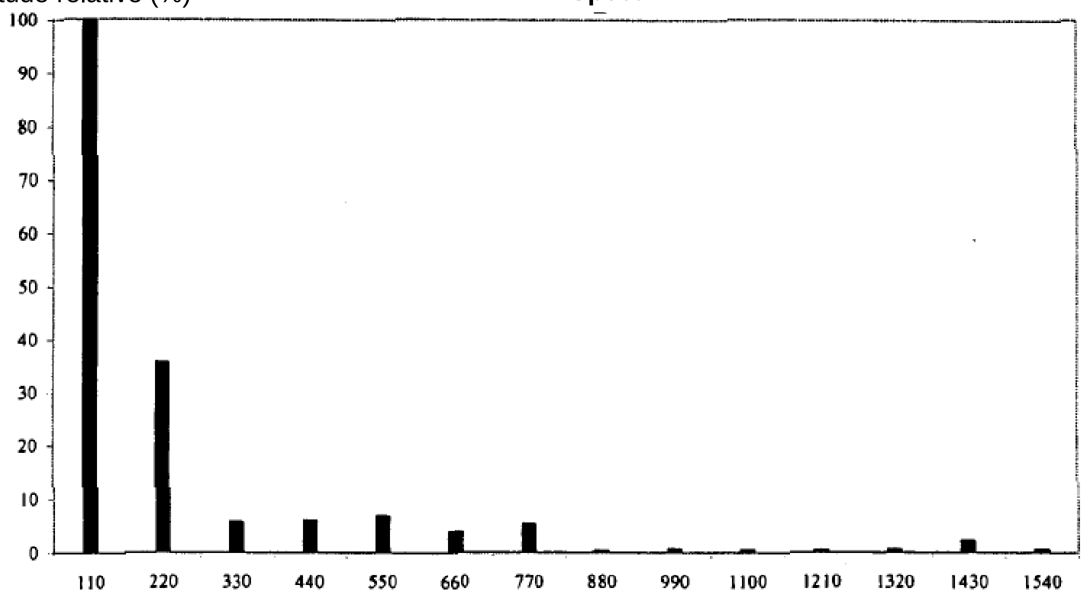
Quelles sont les trois principales caractéristiques d'un son?
Quelle caractéristique distingue les sons 1 et 2 ?
Quelle caractéristique distingue les sons 2 et 3 ?

amplitude relative (%) **Spectr**

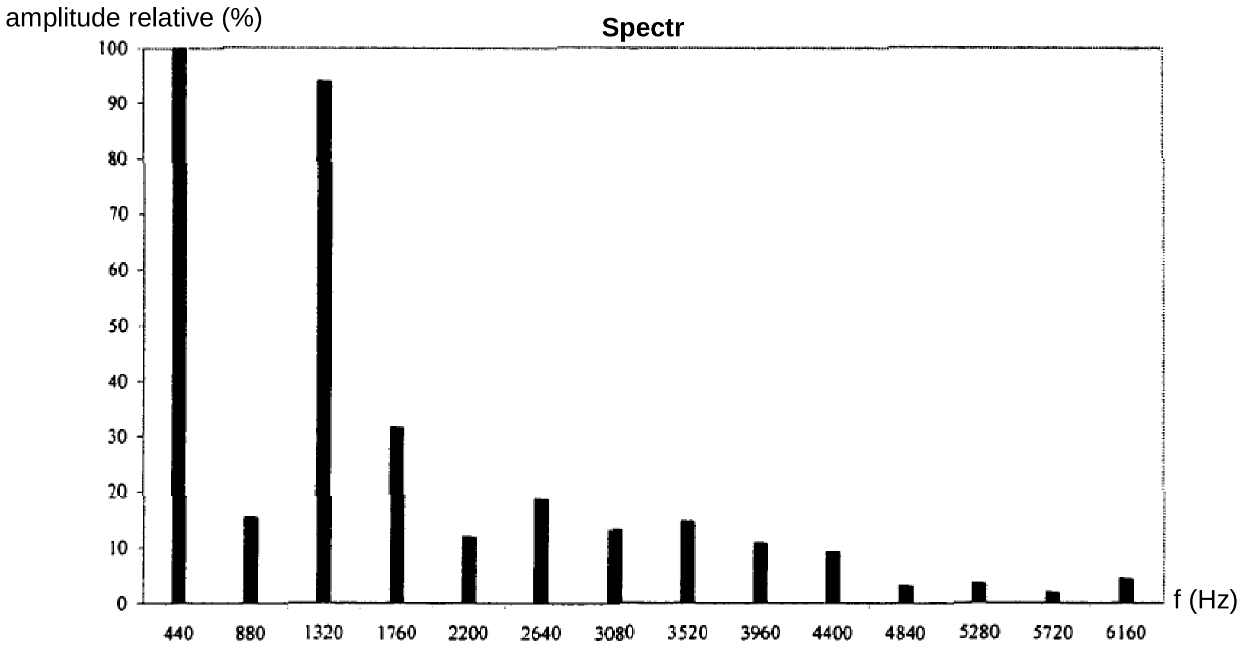


f (Hz)

amplitude relative (%) **Spectr**



f (Hz)


amplitude relative (%)
Spectr
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
440
880
1320
1760
2200
2640
3080
3520
3960
4400
4840
5280
5720
6160
f (Hz)

DM POUR JEUDI 18 OCTOBRE 2018

Lorsqu'il est allumé un écran de téléphone portable est constitué de pixels (petits rectangles) de luminosité et de couleurs différentes et qui constituent au final l'image affichée.
Chaque pixel est composé lui-même d'un ensemble de 3 sous-pixels de couleurs respectives rouge, vert et bleu (RVB).

1. Diffraction par un petit miroir

Lorsqu'un faisceau laser rencontre un objet réfléchissant, comme un miroir (que l'on fixe sur un support adapté), suffisamment petit, il se produit un phénomène analogue à celui observé lorsque ce faisceau laser rencontre une fente très fine ou un fil très fin : on observe sur un écran une figure de diffraction obtenue dans ce cas par réflexion.

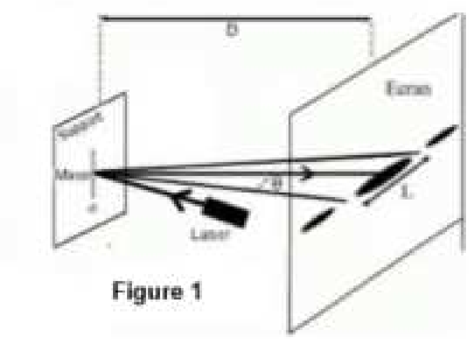


Figure 1

Données :

- a : largeur du miroir ;
- D : distance entre le miroir et l'écran ;
- λ : longueur d'onde de la lumière laser utilisée ;
- θ : demi-angle (exprimé en radian) délimitant les premiers minima d'amplitude.

1.1. Citer deux propriétés du laser.

1.2. Donner, en le justifiant, un ordre de grandeur possible de la largeur a du miroir si on utilise une lumière visible pour observer une figure de diffraction.

Les deux figures de diffraction par réflexion ci-dessous (Figure 2) ont été obtenues sur un écran avec, pour l'une, un laser vert et, pour l'autre, un laser rouge et dans les mêmes conditions expérimentales (Figure 1).

Figure 2 : Figures de diffraction par réflexion (à la même échelle)

1.3. Rappeler la relation entre le demi-angle θ, la largeur du miroir a et la longueur d'onde λ des radiations utilisées. En déduire alors le laser utilisé pour chaque figure de diffraction.

1.4. Sachant que le laser rouge utilisé a une longueur d'onde égale à 632,8 nm, en déduire la longueur d'onde du laser vert.

2. Détermination de la taille d'un pixel d'un écran de smartphone

On considère maintenant l'écran d'un smartphone. Il est constitué d'un quadrillage de pixels très petits, que l'on peut considérer comme autant de carrés réfléchissants accolés.

On réalise le dispositif expérimental schématisé sur la **figure 3** et on observe la figure obtenue sur l'écran quadrillé lorsqu'on envoie un faisceau laser sur l'écran du smartphone. La figure obtenue est reproduite figure 4.

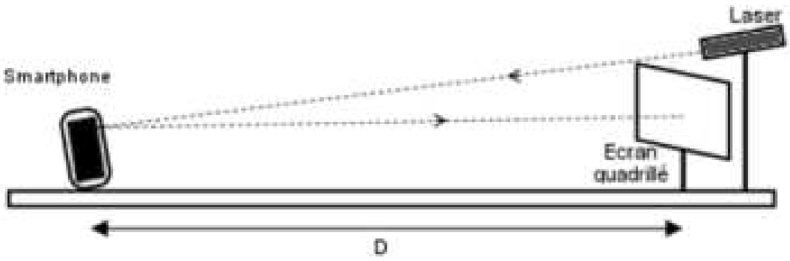


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental

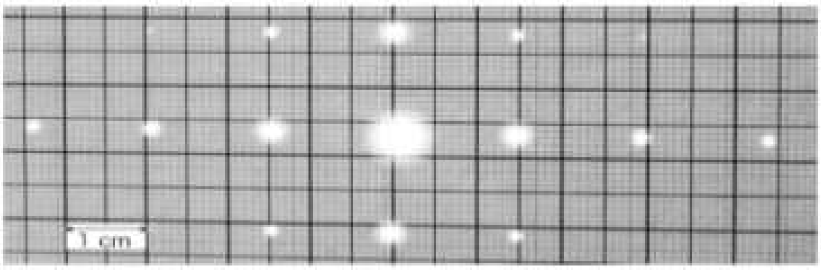


Figure 4 : Figure obtenue sur l'écran quadrillé lors de l'expérience

Données :

- $D = (1{,}74 \pm 0{,}03)$ m : distance entre l'écran du smartphone et l'écran quadrillé ;
- $\lambda = 632{,}8$ nm : longueur d'onde de la lumière laser utilisée.

Cette figure permet de déterminer la largeur d'un pixel. En effet, on peut relier la distance i entre deux points lumineux présents sur l'écran quadrillé à la distance a séparant les centres de deux pixels accolés de l'écran du smartphone par la relation :

$$i = \frac{\lambda . D}{a}$$

2.1. Déterminer le plus précisément possible la distance i entre deux points lumineux.

2.2. En déduire que la valeur de la largeur d'un pixel est proche de 75 µm.

CORRECTION DEVOIR SURVEILLE N°2 TerminaleS PHYSIQUE-CHIMIE

Bac S 2016 Métropole **Correction**
EXERCICE I- DE L'EFFET DOPPLER À SES APPLICATIONS

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

1.1. Cas A :

1.1.1. La fréquence f_0 est le nombre de bips sonores par seconde, elle s'exprime en hertz.

1.1.2. La distance entre la source et le détecteur ne varie pas, ainsi l'effet Doppler ne se produit pas donc $T = T_0$.

1.2. Cas B :

Comme $v_s < v_{son}$ alors $\frac{v_s}{v_{son}} < 1$, ainsi $\left(1-\frac{v_s}{v_{son}}\right) < 1$ et comme $T' = T_0.\left(1-\frac{v_s}{v_{son}}\right)$ alors $T' < T_0$.

Soit $\frac{1}{T'} > \frac{1}{T_0}$ Enfin comme $f = \frac{1}{T}$, on a $f' > f_0$

La fréquence perçue *f '* est supérieure à la fréquence émise f_0.

Remarque : ce résultat est conforme à l'observation de la vie quotidienne, la sirène de l'ambulance semble plus aiguë à l'approche.

3. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

3.1. On mesure la distance correspondant à plusieurs longueurs d'onde pour avoir un maximum de précision.

Sur la Figure 4, on a 5λ = 2,6 cm donc $\lambda_0 = \frac{2,6}{5}$ = 0,52 cm. Il faut tenir compte de l'échelle.

1,2 cm schéma → 1,0 m en réalité

Donc 0,52 cm schéma → λ_0 m en réalité

$\lambda_0 = \frac{1,0\times 0,52}{1,2}$ = 0,43 m en conservant que deux chiffres significatifs vu le manque de précision.

Même raisonnement pour la figure 5 :

Sur la Figure 5, on a $5\lambda'$ = 2,1 cm donc $\lambda' = \frac{2,1}{5}$ = 0,42 cm. Il faut tenir compte de l'échelle.

1,2 cm schéma → 1,0 m en réalité

Donc 0,42 cm schéma → λ' m en réalité

$\lambda' = \frac{1,0\times 0,42}{1,2}$ = 0,35 m.

3.2. On a $\lambda_0 = \frac{v_{son}}{f_0}$ donc $v_{son} = \lambda_0 \,.\, f_0$

$v_{son} = 0,43 \times 8,1 \times 10^2 = 3,483\times10^2$ m.s^{-1} = $3,5\times10^2$ m.s^{-1} avec 2 CS.

On sait que la célérité du son dans l'air est plus proche de 340 m.s^{-1} en général.

On a pu commettre une légère erreur de mesure sur la mesure de λ_0 ou l'altitude de l'hélicoptère joue sur la célérité du son.

3.3. Grâce à la figure 5, on a λ' = 0,35 m et on utilise la valeur précédente de la célérité (l'énoncé précise que la célérité est indépendante de la fréquence).

$\lambda' = \frac{v_{son}}{f'}$ donc $f' = \frac{v_{son}}{\lambda'} = \frac{\lambda_0.f_0}{\lambda'}$

$f' = \dfrac{0,43 \times 8,1 \times 10^2}{0,35}$ = 1,0 × 10^3 Hz > f_0

Tout comme à la question 1.2. on constate que la fréquence perçue est supérieure à la fréquence émise. Le son émis par l'hélicoptère paraît plus aigu lorsque ce dernier s'approche de l'observateur.

3.4. On prend la formule donnée en début de sujet $T' = T_0.\left(1 - \dfrac{v_s}{v_{son}}\right)$

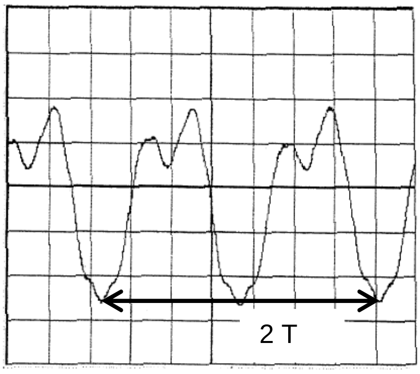
$$\frac{T'}{T_0} = 1 - \frac{v_s}{v_{son}} \qquad \frac{v_s}{v_{son}} = 1 - \frac{T'}{T_0} \qquad v_s = \left(1 - \frac{T'}{T_0}\right).v_{son} \qquad v_s = \left(1 - \frac{\frac{1}{f'}}{\frac{1}{f_0}}\right).v_{son}$$

$$v_s = \left(1 - \frac{f_0}{f'}\right).v_{son} \quad v_s = \left(1 - \frac{8,1 \times 10^2}{9,9514 \times 10^2}\right) \times 3,483 \times 10^2$$ = 64,8 m.s^{-1} = 65 m.s^{-1}

En multipliant par 3,6, on obtient v_s = 233 km.h^{-1}.
Cette valeur semble réaliste pour un hélicoptère.

EXERCICE 3 GUITARE ET PHYSIQUE (4 points)

(0,5) **2.2.**



2 T → 6,9 div

T = $\dfrac{6,9}{2} \times 2.10^{-3}$ = $\mathbf{6,9.10^{-3}}$ **s**

(0,5) **2.3.** Si la corde est accordée parfaitement, elle doit vibrer à la fréquence f = 146,8 Hz donc on aurait T = $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{146,8}$ = $\mathbf{6,812.10^{-3}}$ **s**. Ce résultat est proche de la période de vibration mesurée (avec une précision peu importante due à la lecture graphique), on peut considérer que **la corde est bien accordée.**

(0,25) **3.1.** La corde émet un La de fréquence f_1 à 110 Hz, tandis que la corde 6 avec appui sur la 5ème case émet un La mais de fréquence f_4 = 440 Hz.

On constate que $f_4 = 4.f_1$.

On voit que si une note a une fréquence quadruple d'une autre note, alors elles sont séparées par deux octaves.

On en déduit que **si une note a une fréquence double d'une autre, alors ces deux notes sont séparées en fréquence par un octave.**

Remarque : Si f ' = 2^k. f alors les notes de fréquence f et f ' sont séparées de k octave(s).

3.2.1. ***(0,25)*** Le **spectre A** ne contient qu'une seule fréquence, c'est un son pur: il s'agit du son émis par le diapason: **SON 3**.

(0,25) Le **spectre B** possède un fondamental de fréquence égale à 110 Hz: il s'agit donc du son émis par la corde 2 : **SON 1.**

(0,25) Le **spectre C** possède un fondamental de fréquence égale à 440 Hz: il s'agit du son émis par la corde 3 pincée au niveau de la case 5: **SON 2.**

3.2.2. *(0,25)* Un son est caractérisé par :

- sa hauteur (La hauteur d'un son est la qualité qui distingue un son aigu d'un son grave; elle est caractérisée par la fréquence du fondamental),

- par son timbre (Le timbre est la qualité du son qui permet de distinguer deux notes de même hauteur jouées par deux instruments différents; il est caractérisé par l'amplitude relative des différents harmoniques et par les transitoires d'attaque et d'extinction du son).

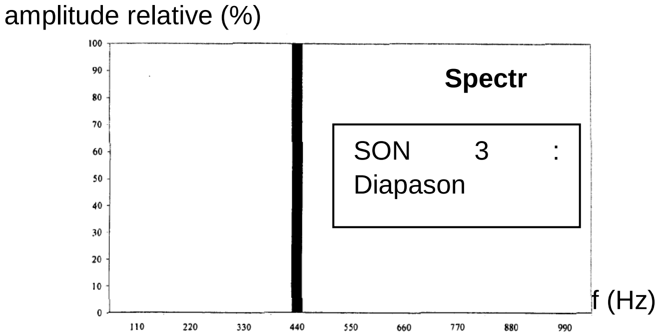
- par son niveau sonore, exprimé en décibels acoustiques dBA. (plus le niveau sonore est élevé, plus l'oreille le perçoit comme étant fort)

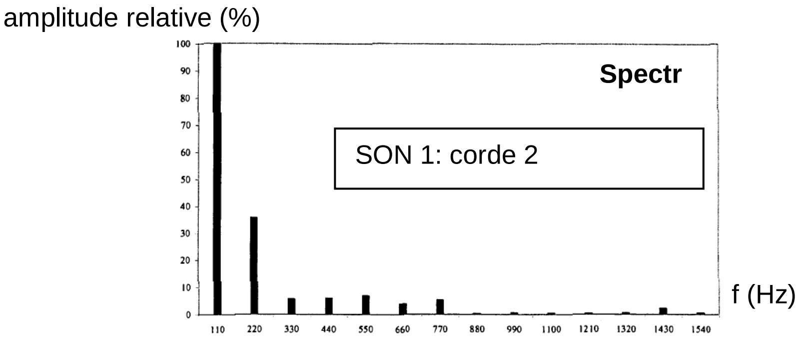
(0,25) Différence entre le son 1 et le son 2 :

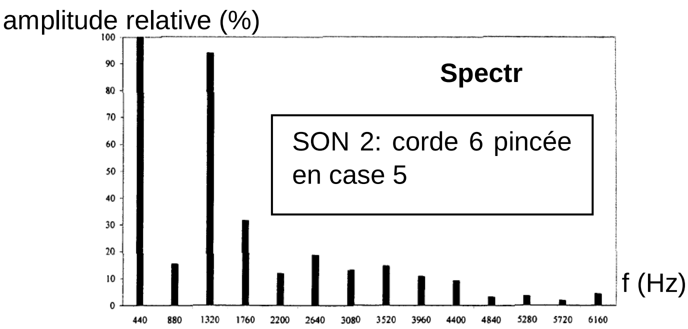
ces deux sons possèdent des **hauteurs différentes**. Les fréquences des fondamentaux ne sont pas les mêmes.

(0,25) Différence entre le son 2 et le son 3 :

ces deux sons possèdent des **timbres différents**. Le spectre C (son 2) contient de nombreux harmoniques, contrairement au spectre A (son 3) qui n'en contient pas.

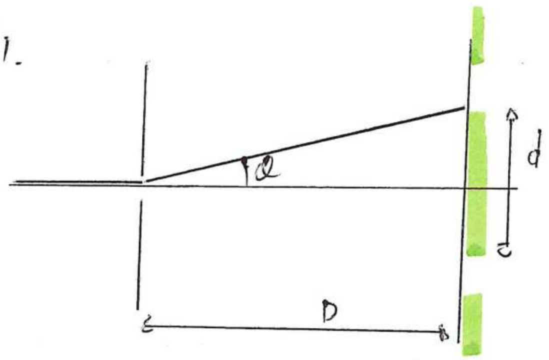






Exercice : Diffraction - Interférence

3.1.



$\tan\theta \simeq \theta$ θ petit $\theta = \frac{d}{2D}$

$\theta = \frac{\lambda}{a}$

3.2. $y = 2{,}0.10^{-6} . x + 0{,}0040$

Au moins 2 chiffres significatifs

3.2. $\boxed{d = 2{,}0.10^{-6} . \frac{1}{a} + 0{,}0040}$

soit $a = \frac{2{,}0.10^{-6}}{d - 0{,}0040}$.

3.3 $a = \frac{2{,}0.10^{-6}}{6{,}0.10^{-2} - 0{,}0040} = 3{,}6.10^{-5}$ m

$\boxed{a = 36\ \mu m}$

3.4. $\boxed{d = 2\lambda D . \frac{1}{a}}$ d'après le 3.2. on en déduit que :

$2\lambda D = 2{,}0.10^{-6}$

soit $\lambda = \frac{2{,}0.10^{-6}}{2.3{,}00} = 3{,}3.10^{-7}$ m.

$= 33.10^{1}$ nm.