

# P2 - CORRECTION DES EXERCICES

## Exercice 5 page 58

1. Les directions de la propagation de l'onde et du mouvement d'un point de la corde sont perpendiculaires. On parle de ce fait d'onde transversale.
2. La règle blanche donne l'échelle du dessin : 3cm (dessin)  $\leftrightarrow$  30cm (réel)  
On mesure la distance parcourue par le front de l'onde sur le dessin puis on met à l'échelle :  $d(\text{réel}) = 66 \text{ cm}$
3. Par définition :  $v = d/\Delta t$  AN :  $v = 0,66/0,165 = 4,0 \text{ m.s}^{-1}$

## Exercice 7 page 59

- 1.a. Les crêtes des vagues sont régulièrement espacées.
- 1.b. Cette période spatiale s'appelle la longueur d'onde  $\lambda$ .
- 2.a. La durée qui sépare deux vagues successives pour le sauveteur est constante.
- 2.b. Cette périodicité temporelle s'appelle la période T.
3.  $v = \lambda / T$

## Exercice 8 page 59

- 1.a. La longueur d'onde  $\lambda$  est la plus petite distance qui sépare deux points qui vibrent en phase.
- 1.b.  $v = \lambda/T = \lambda \times f$
2. La distance AB correspond à 3 longueur d'ondes :  $AB = 3,0\text{cm}$  donc  $\lambda_1 = 1,0 \text{ cm}$  **Erreur énoncé : AB avec 2 CS**  
D'après 1.b :  $v_1 = \lambda_1 \cdot f_1$  AN :  $v_1 = 1,0 \cdot 8,0 = 8,0 \text{ cm.s}^{-1}$
3. La longueur d'onde n'est plus la même :  $\lambda_2 = AB/4$  AN :  $\lambda_2 = 3,0/4 = 0,75 \text{ cm}$   
De même :  $v_2 = \lambda_2 \cdot f_2$  AN :  $v_2 = 0,75 \cdot 17 = 13 \text{ cm.s}^{-1}$   
Conclusion :  $v_2 \neq v_1$  donc la célérité des ondes varie avec leur fréquence.

## Exercice 12 page 60

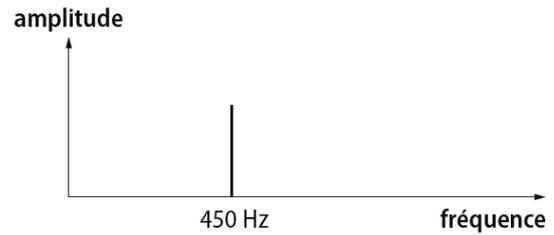
1. La hauteur du son correspond à la fréquence du signal périodique.  
À l'aide du graphe, on voit que  $3T = 0,024 \text{ s}$ , soit :  $T = 8,00 \times 10^{-3} \text{ s}$   
On en déduit la fréquence correspondante :  $f = 1/T$  AN :  $f = 1/8,00 \times 10^{-3} = 1,3 \times 10^2 \text{ Hz}$
2. La première fréquence est celle du fondamental. Les trois autres fréquences sont celles des harmoniques.
3. Les deux sons ont la même hauteur (même fréquence du fondamental) mais un timbre différent (nombre et amplitudes des harmoniques différents).

## Exercice 14 page 60

1. En utilisant l'enregistrement, on peut mesurer la durée de 3 périodes :  $3T = 5,43 \text{ ms}$   $\Rightarrow T = 1,81 \text{ ms}$   
On en déduit la fréquence correspondante :  $f = 1/T$  AN :  $f = 1/(1,81 \times 10^{-3}) = 552 \text{ Hz}$   $\Rightarrow$  réponse c
2. Le spectre de fréquences correspondant au son émis par la corde de piano est le spectre a . En effet :
  - le fondamental a pour fréquence 552 Hz
  - le spectre de fréquences est celui d'un son complexe

### Exercice 17 page 61/62

- 1.a. D'après les courbes obtenues, on peut déterminer la durée de 4 périodes :  $4T = 9,0 \text{ ms}$  donc  $T = 2,2 \text{ ms}$
- 1.b. La hauteur du son correspond à sa fréquence :  
 $f = 1/T$  AN :  $f = 1/2,2 \times 10^{-3} = 4,5 \times 10^2 \text{ Hz}$
2. a. Le spectre en fréquence est le spectre d'un son pur (car les courbes obtenues sont des sinusoïdes parfaites).
- 2.b. Le son émis par un diapason est un son pur, car son spectre de fréquences ne présente pas d'harmoniques.
3. En comptant plusieurs retours de phase, on améliore la précision de la mesure.
- 4.a. La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points qui vibrent en phase.
- 4.b.  $5\lambda = 3,86 \text{ m}$  donc  $\lambda = 0,772 \text{ m}$
5. Par définition :  $v = \lambda/T$  AN :  $v = 0,772/2,2 \times 10^{-3} = 3,5 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$



### Exercice 18 page 62

1. Si la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde, l'onde est transversale. Si la direction de la perturbation est la même que la direction de propagation, l'onde est longitudinale. L'onde créée par la goutte d'eau sur la cuve à ondes est une onde transversale.
2. On a 24 images par seconde donc la durée qui sépare deux images consécutives est de  $1,0/24 = 0,042 \text{ s}$
- Pour  $e_1 = 3 \text{ mm}$  :
    - de l'image 1 à l'image 7, la durée écoulée est de  $\Delta t_1 = 0,042 * 6 = 0,25 \text{ s}$  (6 intervalles de temps)
    - de l'image 1 à l'image 7, la distance parcourue par l'onde est  $d_1 = 5,2 \text{ cm}$  (attention à l'échelle)La célérité de l'onde est donc :  $v_1 = d_1/\Delta t_1$  AN :  $v_1 = 0,052/0,25 = 0,21 \text{ m.s}^{-1}$
  - Pour  $e_2 = 1 \text{ mm}$  :
    - de l'image 8 à l'image 14, la durée écoulée est de  $\Delta t_2 = 0,042 * 6 = 0,25 \text{ s}$  (6 intervalles de temps)
    - de l'image 8 à l'image 14, la distance parcourue par l'onde est  $d_2 = 4,3 \text{ cm}$  (attention à l'échelle)La célérité de l'onde est donc :  $v_2 = d_2/\Delta t_2$  AN :  $v_2 = 0,043/0,25 = 0,17 \text{ m.s}^{-1}$
3. La célérité de l'onde diminue quand l'épaisseur de l'eau diminue.

### Exercice 19 page 62

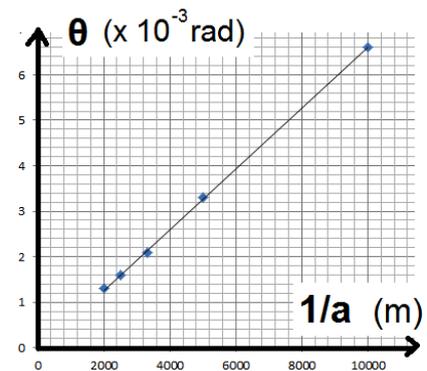
- 1.a. Les ultrasons sont des ondes sonores dont la fréquence est supérieure à 20 kHz.
- 1.b. Une onde ultrasonore se propage par une suite de compressions/dilatations de la matière.
- 2.a. Comme il existe un retard entre l'émission du signal par le récepteur et la réception ce signal par le récepteur, le signal a correspond à l'émetteur et le signal b, au récepteur.
- 2.b.  $\Delta t = 2,0 \text{ div} * 1,0 \text{ ms.div}^{-1} = 2,0 \text{ ms}$ .
- 3.a. Sachant que  $\Delta t$  correspond à un aller-retour du signal, la distance  $d$  qui sépare l'émetteur et le récepteur de la paroi réfléchissante est :  $d = (v * \Delta t)/2$  AN :  $d = (340 * 2,0 * 10^{-3})/2 = 0,34 \text{ m}$
- 3.b. Les ultrasons peuvent être utilisés pour mesurer des distances.

### Exercice 3 page 78

1. Non. Si c'était le cas, on observerait l'ombre du cheveu ou le faisceau laser limité par la fente.
2. La dimension de ces objets est voisine ou inférieure à la longueur d'onde du laser.
3.  $\lambda$  et  $D$  étant fixés, la largeur de la tache centrale de diffraction  $d$  est inversement proportionnelle à la dimension de l'obstacle  $a$  ( $d = 2D * \lambda/a$ ). Comme  $d_{\text{fente}} < d_{\text{fil}}$  alors  $a_{\text{fente}} > a_{\text{fil}}$

### Exercice 5 page 78

1. Voir ci-contre.
2. On obtient une droite qui passe par l'origine. En effet, on sait que  $\theta = \lambda/a$  donc pour  $\lambda$  fixée,  $\theta$  est bien proportionnel à  $(1/a)$ .
3. Pour  $\theta_{\text{fil}} = 2,5 \cdot 10^{-3}$  rad, on lit sur le graphique :  $1/a_{\text{fil}} = 3,8 \cdot 10^3 \text{ m}^{-1}$   
Donc :  $a_{\text{fil}} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
4.  $E_r = (\text{valeur mesurée} - \text{valeur attendue}) / \text{valeur attendue}$   
AN :  $E_r = (0,26 - 0,25) / 0,25 = 4,0 \cdot 10^{-2}$  (= 4,0 %)  
L'écart relatif est raisonnable pour une expérience en lycée ( $E_r < 5\%$ ).  
La mesure est en accord avec la valeur annoncée par le constructeur.



### Exercice 6 page 78

1. Par définition :  $\lambda = v/f$  AN :  $\lambda = 340/500 = 0,680 \text{ m}$
2. Car la dimension  $a$  de l'obstacle (=ouverture) est du même ordre de grandeur que  $\lambda$ .
3. Par définition :  $\theta = \lambda/a$  AN :  $\theta = 0,680/0,80 = 0,85 \text{ rad}$
4. Angle formé entre Aurélien et le centre de la porte :  $\tan \theta_{\text{Aurélien}} = 0,90/1,1$  donc  $\theta_{\text{Aurélien}} = 0,68 \text{ rad}$   
Sachant que  $\theta_{\text{Aurélien}} < \theta$  alors Aurélien est situé avant la première zone d'extinction et il entend donc le son.
5. Les longueurs d'onde de la lumière sont comprises entre 400 et 800 nm. Ainsi, l'ordre de grandeur des longueur d'ondes de la lumière est très faible devant la dimension de la porte => la porte ne diffracte pas la lumière  
On en déduit que la lumière se propage rectilignement et donc Aurélien est dans l'ombre de la porte.

### Exercice 9 page 79

- 1.a. Le phénomène d'interférences correspond à la variation d'amplitude résultant de la superposition de deux ondes provenant d'une même source.
- 1.b. Il faut faire la moyenne sur le maximum d'interfranges représentées :
  - pour la figure a :  $i_a = 0,23 \text{ cm}$
  - pour la figure b :  $i_b = 0,28 \text{ cm}$
  - pour la figure c :  $i_c = 0,20 \text{ cm}$
2. On sait que :  $i_c < i_a < i_b$  et  $\lambda_{\text{bleu}} < \lambda_{\text{vert}} < \lambda_{\text{rouge}}$   
Sachant que  $i$  est proportionnel à  $\lambda$ , alors : figure c  $\Leftrightarrow$  laser bleu ; figure a  $\Leftrightarrow$  laser vert ; figure b  $\Leftrightarrow$  laser rouge
3. On trace  $i = f(\lambda)$  à partir des mesures précédentes, puis on réalise l'expérience d'interférences avec la lumière laser de longueur d'onde inconnue. On reporte ensuite la mesure de l'interfrange sur la droite et on détermine en abscisse la longueur d'onde recherchée.

### Exercice 12 page 80

1. Réponses a et c
2. Réponse b
3. Réponses a et c

### Exercice 13 page 80

1. Sylvain est l'émetteur, Morgane et Nadia, les récepteurs.
2. Sylvain s'éloigne de Morgane, la longueur d'onde (distance entre deux fronts d'onde consécutifs) est plus grande et la fréquence perçue par Morgane est plus petite ( $f = v/l$ ).  
Sylvain s'approche de Nadia, la longueur d'onde (distance entre deux fronts d'onde consécutifs) est plus petite et la fréquence perçue par Nadia est plus grande.

### Exercice 14 page 80

1.a.  $f_r$  est la fréquence perçue par le récepteur,  $f_e$  est la fréquence de l'émetteur,  $v$  est la célérité de l'onde et  $u$  est la vitesse de l'émetteur par rapport au récepteur.

1.b. Il s'agit des situations où l'émetteur se rapproche du récepteur (-) et où l'émetteur s'éloigne du récepteur (+).

2. a. La sirène se rapproche d'Elsa donc :  $f_r = f_e \times \frac{v}{(v - u)}$

2. b. La relation du 2.a s'écrit également :  $v - u = f_e \times \frac{v}{f_r}$

$$\Leftrightarrow \boxed{u = v - f_e \times \frac{v}{f_r}}$$

$$\text{AN : } u = 340 - 400 \times \frac{340}{417} = 13,9 \text{ m.s}^{-1}$$

$$u = 49,9 \text{ km.h}^{-1}$$

### Exercice 15 page 80

1. L'étoile A s'éloigne de la Terre, car les raies d'absorption sont décalées vers les grandes longueurs d'onde.

L'étoile B se rapproche de la Terre, car les raies d'absorption sont décalées vers les courtes longueurs d'onde.

2. Le décalage des raies est d'autant plus important que la vitesse de l'étoile dans la direction d'observation est élevée, donc l'étoile A a une vitesse plus élevée que l'étoile B.

### Exercice 17 page 81

1. Young : interférences ; Arago : interférences ; Fresnel : diffraction ; Fizeau : effet Doppler

2. Interférences constructives :

« la lumière est la plus intense lorsque la différence de route est un multiple d'une certaine longueur »

Interférences destructives :

« elle est moins intense dans l'état intermédiaire des parties qui interfèrent » ; « Qui se fût imaginé qu'on en viendrait à supposer que l'obscurité pourrait être engendrée en ajoutant de la lumière à la lumière ? »

3. Fresnel remet en cause la propagation rectiligne de la lumière dans son expérience.

4. La « certaine longueur » est la longueur d'onde de la lumière incidente.

5. La détermination de la vitesse des étoiles par rapport à la Terre ou la détection des exoplanètes.

### Exercice 19 page 81

1.a. L'effet Doppler.

1.b. Définition : L'effet Doppler correspond au décalage entre la fréquence  $f_e$  d'une onde émise par un émetteur E et la fréquence  $f_r$  de l'onde reçue par un récepteur R, lorsque E et R sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.

Applications : radars (vitesse d'un véhicule), médecine (vitesse d'écoulement du sang), astronomie (vitesse des étoiles et détection des exoplanètes)

2. La fréquence de l'émetteur est de 1 Hz (une feuille par seconde). Lorsque l'observateur se rapproche, il voit une feuille toutes les demi-secondes : la fréquence apparente est donc de 2 Hz, d'où un décalage de fréquence de 1 Hz.

3.a. L'observateur va voir défiler les feuilles moins fréquemment : la fréquence apparente va diminuer.

3.b. L'observateur verra les feuilles fixes s'il s'éloigne à la même vitesse que celle-ci, soit  $1 \text{ m.s}^{-1}$ .

4. Bien que les feuilles continuent à défiler à raison d'une feuille par seconde, un observateur en mouvement les voit défiler à une fréquence différente. On parle donc de fréquence apparente.

### Exercice 21 page 82

1.a. La dimension de l'obstacle doit être du même ordre de grandeur ou inférieure à la longueur d'onde .

1.b. On mesure  $a = 10 \text{ cm}$  et  $\lambda = 8 \text{ cm} \Rightarrow$  même ordre de grandeur

1.b. Oui, on mesure la même longueur d'onde  $\lambda = 8 \text{ cm}$  avant et après l'obstacle.

2.a. L'écart angulaire est le demi-angle séparant les deux premiers minima d'amplitude.

2.b. Voir ci-contre.

2.c.  $\theta = \lambda/a$

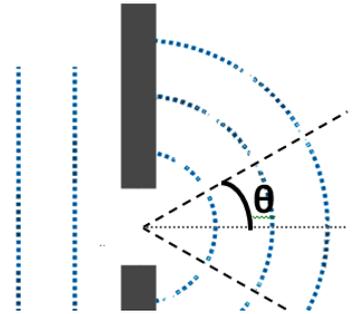
Ici :  $\theta = 8/10 = 0,8 \text{ rad}$

Avec le rapporteur on mesure sur la figure un angle de  $29^\circ$ , soit  $0,51 \text{ rad}$

$\Rightarrow$  la relation est vérifiée

3.a. Il s'agit du phénomène d'interférences.

3.b. Le point A correspond à un maximum d'amplitude : c'est une zone d'interférences constructives.



### Exercice 22 page 82

La longueur d'onde de la houle est  $\lambda = 230 \text{ m}$ , l'ouverture du port est de dimension  $a = 200 \text{ m}$  :  $a < \lambda$  donc la houle est diffractée par l'ouverture du port.

Au-delà de l'ouverture du port, la houle change donc de direction de propagation et se propage avec un angle d'ouverture :  $\theta = \lambda/a$  AN :  $\theta = 230/200 = 1,15 \text{ rad}$  ( $= 65,9^\circ$ )

Sur le schéma, le bateau est situé à un angle de  $26^\circ$  par rapport à la normale donc avant le premier minimum d'amplitude  $\Rightarrow$  il ressentira les effets de la houle

### Exercice 23 page 82

1.a. Il s'agit de l'effet Doppler.

1.b. Sachant que  $f = \frac{v}{\lambda}$  alors :  $\frac{f_r}{f_e} = \frac{\lambda_e}{\lambda_r}$

Le rapport des fréquences donné dans l'énoncé peut donc s'écrire également :  $\frac{\lambda_e}{\lambda_r} = \frac{v}{(v+u)}$

2.a. On a pour l'onde sonore :  $f_r = f_e \times \frac{v}{(v+u)}$  AN :  $f_r = 500 \times \frac{340}{(340 + 0,750)} = 499 \text{ Hz}$

Pour la lumière :  $\lambda_r = \lambda_e \times \frac{(v+u)}{v}$  AN :  $f_r = 550 \times \frac{(3,00\text{E}8 + 0,750)}{3,00\text{E}8} = 550 \text{ nm}$

2.b. Non, ces variations sont trop faibles pour être perçues par l'élève.

3.  $\frac{\lambda_r - \lambda_e}{\lambda_e} = \frac{\lambda_r}{\lambda_e} - 1$  et  $\frac{\lambda_r}{\lambda_e} = \frac{(c+u)}{c}$  (cf 1.b)

Donc :  $\frac{\lambda_r - \lambda_e}{\lambda_e} = \frac{(c+u)}{c} - 1$

$$\Leftrightarrow \frac{\lambda_r - \lambda_e}{\lambda_e} = \frac{u}{c}$$

$$\Leftrightarrow u = c \times \frac{(\lambda_r - \lambda_e)}{\lambda_e} \quad \text{AN : } u = 3,00 \times 10^8 \times 0,051 = 1,5 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

### Exercice 25 page 82/83

1. L'effet Doppler correspond au décalage entre la fréquence  $f_E$  d'une onde émise par un émetteur E et la fréquence  $f_R$  de l'onde reçue par un récepteur R, lorsque E et R sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.
2. L'émetteur est ici l'étoile et le récepteur est l'observateur sur Terre.
- 3.a. Les raies d'absorption proviennent des éléments chimiques présents dans l'atmosphère d'une étoile.
- 3.b. On évalue le décalage par rapport au spectre du Soleil car la distance Terre-Soleil est considérée constante.

4.a. D'après l'exercice 23 (question n°3) :  $u = c \times \frac{(\lambda_r - \lambda_e)}{\lambda_e}$

À  $t_1$  :  $u = 3,00 \times 10^8 \times \frac{0,0456}{588,9950} = 2,32 \times 10^4 \text{ m.s}^{-1}$

À  $t_2$  :  $u = 3,00 \times 10^8 \times \frac{0,0136}{588,9950} = 6,93 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$  (en valeur absolue)

- 4.b. Un décalage vers le rouge correspond à un décalage vers les grandes longueurs d'onde :

À l'instant  $t_1$  :  $\Delta\lambda = \lambda_r - \lambda_e > 0$  donc la longueur d'onde augmente entre l'émission et la réception

⇒ l'étoile s'éloigne de la Terre.

À l'instant  $t_2$  :  $\Delta\lambda = \lambda_r - \lambda_e < 0$  donc la longueur d'onde diminue entre l'émission et la réception

⇒ l'étoile se rapproche de la Terre.

### Exercice 26 page 83

1. Il s'agit de l'absorption de la lumière.
2. Des interférences sont constructives lorsque la superposition de deux ondes correspond à un max d'amplitude. Elles sont obtenues lorsque deux ondes monochromatiques de même longueur d'onde et en phase se superposent (en pratique, il faut que les deux ondes soient issues de la même source et aient parcouru des trajectoires différentes).
3. Il s'agit des rayons 2 et 3 : le rayon réfléchi à l'interface air-lame et celui réfracté, réfléchi puis réfracté aux interfaces air-lame puis lame-air. Ces rayons (ondes) proviennent de la même source (modélisée par le rayon 1) mais ont parcouru des trajectoires différentes.
4. Dans une direction donnée, les interférences sont constructives pour une longueur d'onde donnée  $\lambda$ . Si on change de direction, la différence de marche entre les rayons 2 et 3 n'est plus la même et donc les interférences ne sont plus constructives pour la même longueur d'onde. La couleur renforcée (correspondant aux interférences constructives) dépend donc de la direction d'observation.
5. La bulle de savon est une fine couche de savon entourée d'air, ce qui peut être modélisé par la lame mince. On observe de nombreuses couleurs différentes sur la bulle de savon car on observe simultanément toutes les zones de la bulle avec des angles différents.