

16. Caractériser les phénomènes ondulatoires

Activités

p. 460 à 465

① Atténuation acoustique

1. a. Exemple de tableau de mesures pour les différents matériaux :

Atténuation en dB en fonction de la fréquence en Hz et de la nature du matériau

f (en Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Bois	-9	-9	-14	-14,5	-2	-2
Liège	-5	-5,5	-6	-7	-1	-2
Polystyrène	-1	-1,5	-2	-0,5	0	0
PVC	-5	-5	-7	-8	-1,5	-2

b. On trace le graphique donnant A en fonction de f pour les différents matériaux.

c. Tous les matériaux présentent une atténuation des sons médium (entre 500 et 1 000 Hz).

Les sons aigus sont très peu atténués.

Le bois est le matériau qui absorbe le mieux les sons, suivis du liège et du PVC.

Le polystyrène absorbe très peu les sons.

d. À 3 000 Hz, c'est le bois qui absorbe le mieux les sons (-2 dB).

2. a. On doit constater une atténuation qui décroît avec la distance.

b. On trace le graphique de U_m en fonction de d .

c. On doit avoir une décroissance en $U_m = \frac{K}{d^2}$.

La relation n'est pas affine.

Bilan

- L'atténuation sonore est $A = L - L'$, exprimée en décibels (dB).
- L'atténuation d'un signal dépend de la distance, de la fréquence et des matériaux traversés.
- Plus la distance est grande, plus l'aire de la surface sur laquelle le son se répartit est grande, plus l'intensité sonore perçue est petite, plus l'atténuation est grande.

② Diffraction et mesure du diamètre d'un cheveu

1. a. Une fente verticale donne une figure de diffraction horizontale.

b. Un cheveu orienté verticalement se comporte comme une fente et donne une figure de diffraction horizontale.



c. Une fente horizontale donne une figure de diffraction verticale.



d. Un trou circulaire donne une tâche d'Airy, cercles concentriques alternativement brillants et sombres.



2. a. On réalise le protocole.

b. Dans le triangle rectangle qui relie le centre de la fente, celui de la tâche centrale et le bord de cette tâche, on a : $\tan \theta = \frac{\ell}{2D}$ d'où $\theta = \frac{\ell}{2D}$

c. Voici un exemple de tableau de mesures :

$\ell \times 10^{-2} \text{ m}$	12,5	7,5	5,4	3,8	2,7
$\theta \times 10^{-3} \text{ rad}$	20,8	12,0	9,0	6,3	4,5
$a \text{ (en } \mu\text{m)}$	30	50	70	100	150
$\frac{1}{a} \times 10^4 \text{ m}^{-1}$	3,3	2,0	1,4	1,0	0,67

d. On observe l'alignement des points avec l'origine. La courbe obtenue est une fonction linéaire de la forme $\theta = k \times \frac{1}{a}$.

Par analyse dimensionnelle, le coefficient k s'exprime en m et est homogène à une distance.

$$e. k = \frac{12,5 \times 10^{-3} - 0}{2,0 \times 10^4 - 0} = 6,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 625 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$k = 625 \text{ nm}$ proche de 633 nm, valeur de la longueur d'onde.

$$On en déduit que \lambda = k \text{ et donc } \theta = \frac{\lambda}{a}$$

3. a. Pour le cheveu, on trouve par exemple $\ell = 4,5 \text{ cm}$

b. Pour déterminer d , on calcule :

$$\theta = \frac{\ell}{2D} = \frac{4,5 \times 10^{-2}}{2 \times 3} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

On reporte la valeur de θ en ordonnées sur la droite d'étalonnage et on trouve $\frac{1}{a} = 1,2 \times 10^4 \text{ m}^{-1}$.

$$a = \frac{1}{1,2 \times 10^4} = 8,3 \times 10^{-5} \text{ m} = 83 \mu\text{m}$$

Incertitude sur le diamètre du cheveu :

$$u(d) = d \sqrt{\left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

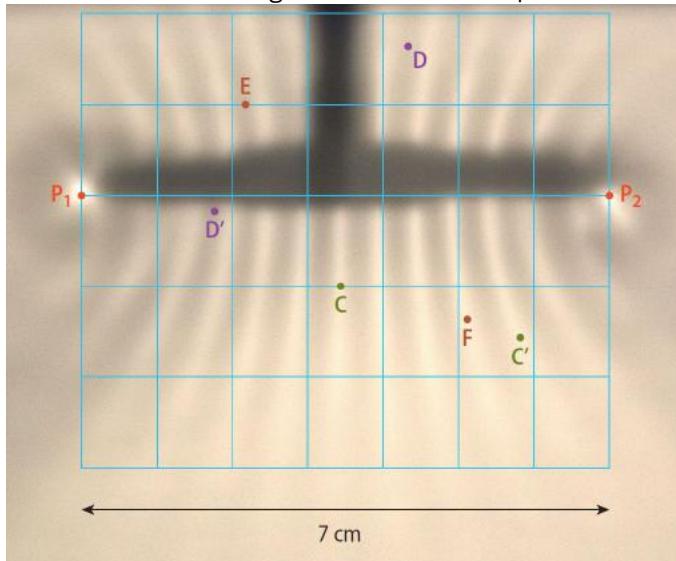
$$u(d) = 83 \sqrt{\left(\frac{1}{45}\right)^2 + \left(\frac{0,002}{3}\right)^2} = 83 \times 0,022 = 2 \mu\text{m}$$

Bilan

- $\theta = \frac{\lambda}{a}$ avec a et λ en mètres et θ en radians.
- $\ell = \frac{2\lambda D}{a}$ donc si la largeur de la pupille diminue, la largeur de la tâche augmente.
- Un obstacle et une ouverture donnent la même figure de diffraction. La figure de diffraction a la même forme que la fente qui lui a donné naissance et elle est perpendiculaire à celle-ci.

③ Interférences dans une cuve à ondes

1. a. On a l'équivalent d'une lentille divergente à l'instant t_1 et convergente à l'instant t_2 .
 - b. En C, la zone est brillante pendant la moitié du temps. En D et E, ce n'est jamais le cas.
 2. Entre deux traits blancs sur l'axe P_1 et P_2 , on a une demi-longueur d'onde.
- On observe 14 demi-longueurs entre les deux points donc $\lambda = 1,0 \text{ cm}$.



a. $P_1C = P_2C = 3,6 \text{ cm}$ donc $\delta_c = 0 \text{ cm}$ et $\frac{\delta_c}{\lambda} = 0$ qui est bien un entier relatif.

$P_1C' = 6,0 \text{ cm}$ et $P_2C' = 2,0 \text{ cm}$ donc $\delta_c = -4,0 \text{ cm}$ et $\frac{\delta_c}{\lambda} = -2$ qui est bien un entier relatif.

$P_1D = 4,6 \text{ cm}$ et $P_2D = 3,1 \text{ cm}$ donc $\delta_d = 1,5 \text{ cm}$ et $\frac{\delta_d}{\lambda} = -1,5$ qui est bien un demi-entier.

$P_1D' = 1,7 \text{ cm}$ et $P_2D' = 5,2 \text{ cm}$ donc $\delta_{d'} = 3,5 \text{ cm}$ et $\frac{\delta_{d'}}{\lambda} = 3,5$ qui est bien un demi-entier relatif.

b. On a $\frac{\delta_E}{\lambda} = 2,5$, demi-entier et on vérifie que E est sur une zone sombre, où il y a interférence destructive.

On a $\frac{\delta_F}{\lambda} = -3$, entier et on vérifie que F est sur une zone brillante, où il y a interférence constructive.

Bilan

- Interférence constructive : $\delta = k\lambda$, k entier relatif.
- Interférence destructive : $\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$, k entier relatif.

④ Interférences lumineuses

1. Réalisation du protocole. Il faut mesurer la distance pour plusieurs interfranges et diviser par le nombre mesuré.
2. Quand λ et D augmentent, l'interfrange augmente et quand b augmente, i diminue.

3. C'est cohérent avec la relation $i = \frac{\lambda D}{b}$ qui est bien homogène et qui est une fonction croissante de λ , une fonction croissante de D et une fonction décroissante de b .

4. On réalise un tableau de mesures

b			
$\frac{1}{b}$			
i			

La courbe est une droite qui modélise une fonction linéaire, on calcule le coefficient directeur k .

5. On vérifie que $k \approx \lambda D$ et on valide la relation.

Bilan

- Relation $i = \frac{\lambda D}{b}$: les trois grandeurs sont exprimées en mètres (m).
- Grâce à un laser de référence dont on connaît la longueur d'onde, on mesure l'interfrange et on en déduit la distance b entre les fentes. Avec le laser inconnu, et la même bifente, on mesure l'interfrange et on en déduit λ .

⑤ Effet Doppler

1. a. Voici un exemple de tableau :

Δt (en s)	1,940	2,440	2,840	3,690
Δf (en Hz)	17,40	14,97	12,53	9,45
v_E (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0,1546	0,1230	0,1056	0,0813

b. On trace le graphique et on obtient ici $k = 8,57 \text{ mm}$.

On a $\frac{c}{f_r} = \frac{340}{40\ 000} = 8,50 \text{ mm}$. Les valeurs sont proches.

D'après la question précédente :

$$v_E = k \times \Delta f = \frac{c}{f_r} \times \Delta f = c \times \frac{f_R - f_E}{f_R}$$

2. a. Exemple de mesures :

$$D = 30 \text{ cm} \quad \Delta f = 26,2 \text{ Hz} \quad \Delta t = 2,62 \text{ s}$$

$$\text{donc } v_{\text{mes}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0,30}{2,62} = 0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

$$\text{b. Par le calcul : } v = \frac{c \times \Delta f}{2 \times f_E} = \frac{340 \times 26,2}{2 \times 40\ 000} = 0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

qui est identique à $v_{\text{mes}} = 0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Bilan

• On inverse la relation : $f_R = \frac{c}{c - v_E} f_E > f_E$

• À l'éloignement, on change le signe devant v_E :

$$f_R = \frac{c}{c + v_E} f_E$$

⑥ L'effet Doppler-Fizeau

1. La sirène d'une ambulance en mouvement : le son perçu se modifie quand elle s'approche et s'éloigne. Si elle s'éloigne le son est plus grave, sa fréquence diminue car sa longueur d'onde augmente. C'est donc cohérent.

2. La raie d'hydrogène de la galaxie a une longueur d'onde supérieure à celle mesurée sur Terre : la galaxie s'éloigne.

3. D'après le doc. 3, la vitesse est proportionnelle à la distance.

$$4. H_0 = \frac{26\ 500}{400} = 66,3 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$$

On en déduit $\frac{1}{H_0} = 4,66 \times 10^{17} \text{ s}$ et, en divisant par

$$365,25 \times 24 \times 3\ 600 : \frac{1}{H_0} = 14,8 \text{ milliards d'années.}$$

5. À la date t , un éclat qui vole à la vitesse v a parcouru la distance $d = vt$ donc $\frac{d}{v}$ est indépendant de l'éclat et est égal à la date mesurée depuis l'explosion initiale. $\frac{1}{H_0}$ est donc l'âge de l'univers depuis le big bang.

Bilan

• C'est la relation de Doppler : $\lambda_R = \lambda_E \left(1 + \frac{v}{c}\right)$

• La vitesse de la voiture est tellement petite devant la célérité de la lumière que le décalage Doppler-Fizeau est imperceptible.

Exercices

Exercices 1 à 24 corrigés à la fin du manuel de l'élève.

Exercices 25 à 27 corrigés dans le manuel de l'élève.

Exercice 28 corrigé à la fin du manuel de l'élève.

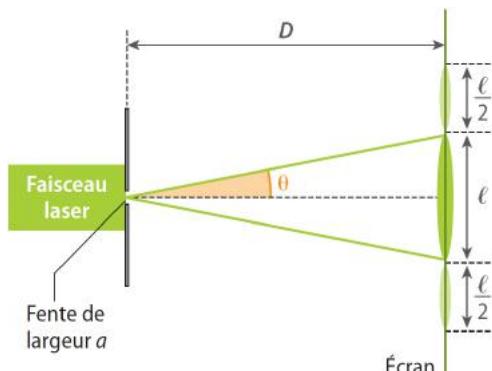
$$29. I = I_0 \times 10^{L/10} = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{75/10} \\ I = 3,2 \times 10^{-5} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

Exercice 30 corrigé à la fin du manuel de l'élève.

$$31. A = L - L' = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) - 10 \log \left(\frac{I'}{I_0} \right) \\ A = 109 - 94 = 15 \text{ dB}$$

Exercice 32 corrigé à la fin du manuel de l'élève.

33. a.



$$b. \theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{532 \times 10^{-9}}{40 \times 10^{-6}} = 1,33 \times 10^{-2} \text{ rad}$$

$$34. \theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D} \text{ donc le fil a un diamètre :}$$

$$a = \frac{2\lambda D}{d} = \frac{2 \times 473 \times 10^{-9} \times 3,0}{3,8 \times 10^{-2}} = 7,5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$a = 75 \times 10^{-6} \text{ m} = 75 \mu\text{m}$$

Exercice 35 corrigé à la fin du manuel de l'élève.

36 On utilise la formule $i = \frac{\lambda D}{b}$ avec $D = 4,0 \text{ m}$

Longueur d'onde	632,8 nm	589 nm	$4,75 \times 10^{-7} \text{ m}$ $= 475 \text{ nm}$
Écart entre les trous d'Young	100 μm	$3,0 \times 10^{-4} \text{ m}$	0,5 mm
Interfrange	$0,025 \text{ m}$ $= 2,5 \text{ cm}$	7,9 mm	$3,8 \times 10^{-3} \text{ m}$

37 a. Figure du haut : bifentes d'Young

Figure du bas : trous d'Young.

b. Figure du haut : $i = 5 \text{ mm}$

Figure du bas : $i = 0,4 \text{ mm}$

c. Plus les ouvertures sont proches, plus i est grand, donc c'est dans le second cas qu'elles sont les plus proches.

Exercice 38 corrigé à la fin du manuel de l'élève.

$$39 v = c_{\text{son}} \left(1 - \frac{f_E}{f_R}\right) = 340 \times \left(1 - \frac{300}{315}\right)$$

$$v = 16,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 58,3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$40 v = \frac{c \delta f}{f_E} = 1,3 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Exercice 41 corrigé à la fin du manuel de l'élève.

42 a. $I = I_0 \times 10^{L/10} = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{115/10}$
 $I = 0,316 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

b. On peut assister à seulement 28 s de concert !
 $c. 115 - 30 = 85 \text{ dB}$, on est en dessous du seuil de danger.

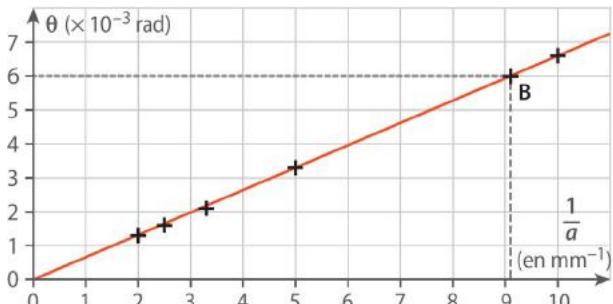
Exercice 43 corrigé à la fin du manuel de l'élève.

$$44 \theta = \frac{\lambda}{a}$$

donc $a = \frac{\lambda}{\theta} = \frac{632 \times 10^{-9}}{7,00 \times 10^{-3}} = 9,03 \times 10^{-5} \text{ m} = 90,3 \mu\text{m}$

45 a. On complète le tableau et on trace le graphique.

a (en mm)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
$\theta \times 10^{-3} \text{ rad}$	6,6	3,3	2,1	1,6	1,3
$\frac{1}{a}$ (en m^{-1})	$1,0 \times 10^4$	$5,0 \times 10^3$	$3,3 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$



b. La courbe obtenue est une droite passant par l'origine ce qui montre que θ est proportionnel à $\frac{1}{a}$.

On a donc $\theta = k \times \frac{1}{a}$, k étant le coefficient directeur de la droite-modèle.

$$c. k = \frac{y_B - y_0}{x_B - x_0} = \frac{6,0 \times 10^{-3}}{9,1 \times 10^{-3}}$$

$$k = 6,6 \times 10^{-7} \text{ m} = 6,6 \times 10^2 \text{ nm}$$

$$\text{Comme } \theta = k \times \frac{1}{a}, \text{ alors } a = \frac{k}{\theta} = \frac{6,6 \times 10^{-7}}{2,5 \times 10^{-3}}$$

$$a = 2,6 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,26 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,26 \text{ mm}$$

$$d. \text{ Écart relatif} = \frac{[0,26 - 0,25]}{0,25} = 0,040 = 4,0 \%$$

Les résultats sont bien cohérents, cette technique de mesure de l'épaisseur est assez fiable.

46 a. La longueur d'onde émise par le laser vert est inférieure à celle émise par le laser rouge. La largeur de la tache centrale est proportionnelle à la longueur d'onde qui diminue donc elle diminue.

b. La largeur de la tache centrale est proportionnelle à la distance D donc elle augmente.

c. La largeur de la tache centrale est inversement proportionnelle à la largeur de la fente. Si la largeur de la fente diminue, alors la largeur de la tache centrale augmente.

47 On peut éliminer $i = \frac{\lambda D}{b}$ qui est homogène à une surface et $i = \frac{D}{b}$ qui est sans unité. Comme i est proportionnel à D et λ , ils sont donc au numérateur et b est au dénominateur soit $i = \frac{\lambda D}{b}$.

48 La différence de marche entre les ondes synchrones issues des deux haut-parleurs vaut : $\delta = H_1 O - H_2 O = 1 \text{ m}$

Or la longueur d'onde vaut $\lambda = \frac{c}{f} = 2,0 \text{ m}$ donc $\frac{\delta}{\lambda} = 0,5$ qui est un demi-entier. Il y a donc interférences destructives et on ne perçoit aucun son.

49 a. L'angle θ est l'écart angulaire.

b. $\theta = \frac{\lambda}{a}$ avec a et λ en mètres et θ en radians.

c. $\tan \theta \approx \theta = \frac{\ell}{2D}$

d. $a = \frac{2\lambda D}{\ell}$

$$e. d = \frac{2\lambda D}{\ell} = \frac{2 \times 632,8 \times 10^{-9} \times 5,00}{5,4 \times 10^{-2}} = 1,17 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$u(d) = 1,17 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0,1}{5,4}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{5,00}\right)^2} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{donc } d = (1,17 \pm 0,02) \times 10^{-4} \text{ m.}$$

50 a. Les sources doivent être synchrones, ce qui n'est possible qu'en divisant un faisceau laser en deux.

b. La formule $i = \frac{\lambda D}{b}$ fait apparaître la distance b entre les fentes mais pas leur largeur.

c. C'est parce qu'il y a diffraction au niveau de chaque fente que sur une certaine largeur de l'écran interfèrent les lumières issues des deux fentes.

51 a. $i = \frac{\lambda D}{b} = \frac{520 \times 10^{-9} \times 2,50}{300 \times 10^{-6}} = 4,33 \times 10^{-3} \text{ m}$
 $i = 4,33 \text{ mm}$

b. La largeur de la figure de diffraction est :

$$\ell = \frac{2\lambda D}{a} = \frac{2 \times 520 \times 10^{-9} \times 2,50}{60 \times 10^{-6}} = 0,043 \text{ m} = 4,3 \text{ cm}$$

c. On divise : $\frac{\ell}{i} = 9,9$

donc on observe 9 (presque 10) franges.

52 a. Le bip se déplace verticalement vers le haut à la vitesse c_{son} donc $z_1(t) = c_{\text{son}}t$.

b. Au point de rencontre, le bip et le parachutiste sont à la même altitude.

En résolvant $D - vt = c_{\text{son}}t$, on obtient $t_1 = \frac{D}{c_{\text{son}} + v}$.

c. À la date t , le deuxième bip voyage depuis $(t - T_E)$ à la vitesse c_{son} donc $z_2(t) = c_{\text{son}}(t - T_E)$. En résolvant

$D - vt = c_{\text{son}}(t - T_E)$, on obtient $t_2 = \frac{D + c_{\text{son}}T_E}{c_{\text{son}} + v}$.

d. À la date t , le k -ième bip voyage depuis $(t - kT_E)$ à la vitesse c_{son} donc $z_k(t) = c_{\text{son}}(t - kT_E)$. En résolvant

$D - vt = c_{\text{son}}(t - kT_E)$, on obtient $t_k = \frac{D + c_{\text{son}} \times kT_E}{c_{\text{son}} + v}$.

e. $T_R = \frac{c_{\text{son}}}{c_{\text{son}} + v} T_E$

et $f_R = \frac{c_{\text{son}} + v}{c_{\text{son}}} f_E = \frac{340 + \frac{150}{3,6}}{340} \times 115 = 129 \text{ Hz}$

f. $f_R > f_E$, il y a bien mouvement relatif d'approchement.

53 a. $f_R < f_E$, la fréquence reçue est inférieure à la fréquence émise. Cela correspond à un éloignement.

b. Comme $\frac{\delta f}{f_E} = 1,47 \times 10^{-2}$, on a :

$$v = c \frac{\delta f}{f_E} = 340 \times (1,47 \times 10^{-2}) = 5,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

54 a. $\frac{c}{c + v} < 1$ donc $f_R < f_E$.

b. La fréquence diminue donc la longueur d'onde augmente et $\lambda_R > \lambda_E$.

c. La valeur de la longueur d'onde augmente, elle se décale vers les grandes longueurs d'onde, c'est-à-dire le rouge, d'où le terme de redshift.

55 a. C'est l'effet Doppler.

$$b. v = c_{\text{son}} \left(1 - \frac{f_E}{f_R}\right) = 340 \times \left(1 - \frac{440}{466}\right) = 19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

c. Quand le train se déplace, la fréquence apparente est plus petite que celle du *la*.

56 a. $v = \frac{f_{\text{r,ap}} - f_E}{f_E} c = 41,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

La moto est en infraction.

b. On entre les valeurs de v et de f_E et on vérifie que $f_{\text{r,ap}} = 440 \text{ Hz}$.

c. On entre les valeurs de v et de f_E et on obtient $f_{\text{r,ap}} = 344 \text{ Hz}$. En musique, diminuer la hauteur d'un son revient à diviser sa fréquence par la racine douzième de 2, soit 1,0595. En partant du *fa* # de fréquence 392 Hz, on obtient que le *fa* a pour fréquence 370 Hz, le *mi* 349 Hz. On entend donc un *mi* un peu grave.

57 a. Les taches d'Airy se superposent et on ne peut pas distinguer les deux étoiles.
b. Il faut augmenter le diamètre du miroir.

58 a. À 4,0 kHz, sans implant, Francis reçoit le son avec une perte de 80 dB donc avec un niveau d'intensité sonore $L = 100 \text{ dB} - 80 \text{ dB} = 20 \text{ dB}$. Avec implant, il reçoit le son avec une perte de 55 dB donc avec un niveau d'intensité sonore :

$$L_{\text{implant}} = 100 \text{ dB} - 55 \text{ dB} = 45 \text{ dB}$$

b. Calcul de l'intensité sonore : $I = I_0 \times 10^{L/10}$

Sans implant : $I = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{20/10}$

$$I = 1,0 \times 10^{-10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Avec implant : $I_{\text{implant}} = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{45/10}$

$$I_{\text{implant}} = 3,2 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

59 a. $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{336}{1\,600} = 0,210 \text{ m} = 21,0 \text{ cm}$

b. On a $H_1M = x$ et $H_2M = d - x$
donc $\delta = d - x - x = d - 2x$.

c. Les interférences sont constructives si :
 $\delta = k\lambda = 0,21k$ (avec k entier relatif).

Les interférences sont destructives si :

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda = 0,21\left(k + \frac{1}{2}\right) \text{ (avec } k \text{ entier relatif).}$$

d. • Pour $x = 39 \text{ cm}$, on calcule $\delta = 0,42 \text{ m} = 0,21k$ avec $k = 2$ qui est entier. On est dans le cas d'interférences constructives et le signal est donc à une amplitude maximale.

• Pour $x = 86,25 \text{ cm}$, $\delta = -0,525 \text{ m} = 0,21k$ avec $k = -2,5$ qui est demi-entier, il y a interférences destructives.

• Pour $x = 63,5 \text{ cm}$, $\delta = -0,07 \text{ m} = 0,21k$ avec $k = -0,33$ qui n'est ni entier ni demi-entier, il n'y a donc pas interférence constructive ni destructive.

• Pour $x = 107 \text{ cm}$, $\delta = -0,94 \text{ m} = 0,21k$ avec $k \approx -4,5$ qui est demi-entier, il y a interférences (presque) destructives.

60 a. Télécharger le programme *superpo_corrige.py* accessible via le manuel numérique **enseignant**.

```
# début des lignes à modifier
abscisse=float(input('x = '))
delta=abscisse-(1.20-abscisse)
# fin des lignes à modifier
```

b. On entre la valeur de x et on voit si la courbe rouge a une amplitude double (interférences constructives) ou nulle (destructives).

61 a. On a $\sin \alpha \approx \alpha = \frac{\lambda}{a}$ et $\tan \alpha \approx \alpha = \frac{L}{D}$.

On en déduit que $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{D}$ soit $L = \frac{\lambda D}{a}$.

b. On a $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleu}}$ donc $L_{\text{rouge}} > L_{\text{bleue}}$.

Les franges rouges seront plus décalées par rapport à la tache centrale que les franges bleues. En partant du centre, on verra d'abord les franges bleues, puis les rouges.

62 La lumière blanche est polychromatique. Au centre de la tache centrale, on observe du blanc, par superposition de toutes les taches centrales brillantes pour chaque radiation.

Comme la largeur de la tache est proportionnelle à la longueur d'onde, la tache la plus étroite est la violette et sur les bords de la tache blanche, on a disparition du violet, puis du bleu, du vert, du rouge. Cela explique l'irisation, ou iridescence, par décomposition de la lumière blanche.

63 a. Le maillage est carré, donc la figure est invariante quand on échange les axes x et y .

b. $i = \frac{d}{10}$ d'où $i = (5,8 \pm 0,1)$ mm.

c. $b = \frac{\lambda D}{i} = \frac{632,8 \times 10^{-9} \times 4,00}{5,8 \times 10^{-3}} = 4,36 \times 10^{-4}$ m

$$u(b) = 4,36 \times 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0,01}{4,00}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{5,8}\right)^2} = 8 \times 10^{-6}$$
 m

$b = (436 \pm 8) \times 10^{-6}$ m

d. La figure serait, à l'inverse, formée de points deux fois plus espacés verticalement qu'horizontalement.

64 a. C'est la diffraction.

b. $r = 1,22 \times \frac{550 \times 10^{-9} \times 19,4}{1,02} = 1,28 \times 10^{-5}$ m

c. $r' = 2 \times r = 2 \times 1,28 \times 10^{-5} = 2,56 \times 10^{-5}$ mm

Il faut doubler le diamètre de la lentille soit 2,04 m, ce qui n'est pas facilement réalisable.

d. Le rayon est une fonction croissante de la longueur d'onde, donc Bételgeuse donne une tache plus large que Rigel.

e. La tache d'Airy est blanche au centre. La plus petite étant la bleue et la plus grande la rouge, on aura d'abord la disparition de la couleur bleue, et la dernière couleur qui disparaîtra sera le rouge. Le centre est donc blanc, cerclé de la couleur complémentaire du bleu, c'est-à-dire le jaune, et le bord extérieur est rouge.

Exercice 65 corrigé à l'adresse hatier-clic.fr/pct484

66 1. La différence de chemin optique vaut :

$\delta = c \times \frac{T}{2} = \frac{\lambda}{2}$ donc il y a interférences destructives pour les faisceaux issus de l'étoile.

2. Le retard est la somme du retard réel et du retard artificiel $\frac{T}{2}$. On aura des interférences constructives si $\delta = ct'$ est un multiple entier de la longueur d'onde

donc si $ds \sin \alpha + c \times \frac{T}{2} = k\lambda$ soit $ds \sin \alpha = \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$

où k est un entier naturel non nul.

3. En remplaçant $\sin \alpha$ par son expression, on trouve bien la condition donnée.

4. La plus petite valeur possible pour l'entier est

$$k = 1 \text{ donc } d = \frac{D\lambda}{2r} = 1,3 \text{ m.}$$

67 1. 1,0 cm sur le schéma correspondent à 1,0 m. Pour l'onde perçue lorsque l'hélicoptère est immobile, cinq longueurs d'onde soit $5\lambda_0$ correspondent à 21 mm sur le schéma donc à 2,1 m et $\lambda_0 = \frac{2,1}{5} = 0,42$ m.

Lorsque l'hélicoptère est en mouvement, de même, $\lambda' = \frac{1,75}{5} = 0,35$ m.

2. $c_{\text{son}} = \lambda_0 f_E = 0,42 \times 810 = 3,4 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3. $f_R = \frac{c_{\text{son}}}{\lambda'} = \frac{3,4 \times 10^2}{0,35} = 9,7 \times 10^2 \text{ Hz}$

La fréquence augmente, ce qui signifie que l'hélicoptère s'approche.

4. La relation donnée par l'énoncé s'écrit :

$$\frac{1}{f_R} = \frac{1}{f_E} \left(1 - \frac{v}{c_{\text{son}}}\right) \text{ donc } (c_{\text{son}} - v)f_R = f_E$$

$$\text{donc } v = c_{\text{son}} \left(1 - \frac{f_E}{f_R}\right) = 56 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ soit } v \approx 200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}.$$

68 1.1. La lumière visible a une longueur d'onde comprise entre 400 et 800 nm soit un ordre de grandeur de 10^{-6} m. Le miroir, pour avoir un pouvoir diffractant, doit avoir une dimension comparable à la longueur d'onde, soit 10^{-6} m.

1.2. $\theta = \frac{\lambda}{a}$ avec θ en radians, λ et a en mètres.

1.3. L'écart angulaire est proportionnel à la longueur d'onde. La largeur de la tache centrale est proportionnelle à l'écart angulaire. Sur l'image, pour le vert, $L = 1,5$ cm et pour le rouge, $L = 1,8$ cm

d'où $\lambda_{\text{vert}} = \frac{1,5 \times 632,8}{1,8} = 5,3 \times 10^{-7}$ m.

2.1. Sur l'écran $6i = 9$ cm d'où $i = \frac{9}{6} = 1,5$ cm.

2.2. $b = \frac{\lambda D}{i} = \frac{632,8 \times 10^{-9} \times 1,74}{1,5 \times 10^{-2}} = 7,34 \times 10^{-5}$ m

$b = 73,4 \mu\text{m}$ ce qui est proche de 75 μm .

2.3. $N = \frac{6 \times 10^{-2} \times 11 \times 10^{-2}}{(75 \times 10^{-6})^2} = 1,2$ millions