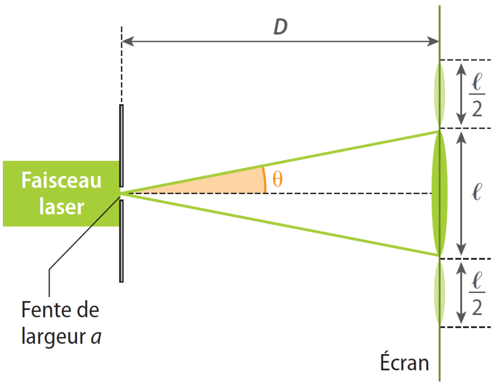
Exercices du chap.3 - correction

33 a.



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

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

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

$a = 75 \times 10^{-6}$ m = 75 µm

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

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

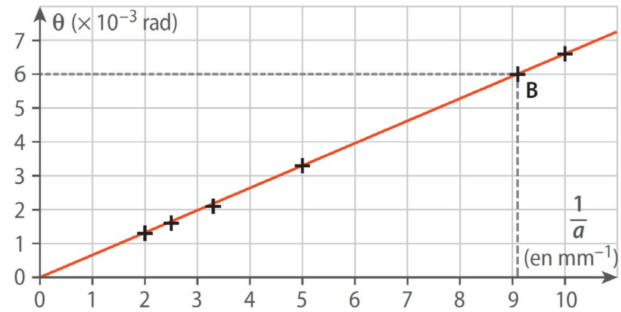
37 a. Figure du haut : bifentes d'Young Figure du bas : trous d'Young.
b. Figure du haut : $i = 5$ mm
Figure du bas : $i = 0{,}4$ mm
c. Plus les ouvertures sont proches, plus i est grand, donc c'est dans le second cas qu'elles sont les plus proches.

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

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

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

a (en mm)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
θ (× 10^{-3} 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. $k = \frac{y_B - y_0}{x_B - x_0} = \frac{6{,}0 \times 10^{-3}}{9{,}1 \times 10^{3}}$

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

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

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

d. 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 $i = \frac{\lambda D^2}{b}$ 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 :
$\delta = H_1O - H_2O = 1$ m

Or la longueur d'onde vaut $\lambda = \frac{c}{f} = 2{,}0$ 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. $d = \frac{2\lambda D}{\ell} = \frac{2 \times 632{,}8 \times 10^{-9} \times 5{,}00}{5{,}4 \times 10^{-2}} = 1{,}17 \times 10^{-4}$ m

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

donc $d = (1{,}17 \pm 0{,}02) \times 10^{-4}$ 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. $i = \frac{\lambda D}{b} = \frac{520 \times 10^{-9} \times 2{,}50}{300 \times 10^{-6}} = 4{,}33 \times 10^{-3}$ m

$i = 4{,}33$ mm

b. La largeur de la figure de diffraction est :

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

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

donc on observe 9 (presque 10) franges.

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

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

d. • Pour $x = 39$ cm, on calcule $\delta = 0{,}42$ 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 $x = 86{,}25$ cm, $\delta = -0{,}525$ m $= 0{,}21k$ avec $k = -2{,}5$ qui est demi-entier, il y a interférences destructives.

• Pour $x = 63{,}5$ cm, $\delta = -0{,}07$ 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 $x = 107$ cm, $\delta = -0{,}94$ m $= 0{,}21k$ avec $k \approx -4{,}5$ qui est demi-entier, il y a interférences (presque) 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 $\lambda_{rouge} > \lambda_{bleu}$ donc $L_{rouge} > L_{bleue}$.

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.

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 $\delta = c\tau'$ est un multiple entier de la longueur d'onde donc si $d\sin\alpha + c \cdot \times \frac{T}{2} = k\lambda$ soit $d\sin\alpha = \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$ 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 $k = 1$ donc $d = \frac{D\lambda}{2r} = 1{,}3$ m.

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. $\theta = \lambda/a$ 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 $\lambda_{vert} = \frac{1{,}5 \times 632{,}8}{1{,}8} = 5{,}3 \times 10^2$ nm.

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

$b = 73{,}4$ µm 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