CH 7 LA DIFFRACTION

ÉQUATIONS LIÉES AU CHAPITRE :

$$\boxed{a\sin\theta = p\lambda}$$

$$\boxed{d = \frac{1}{n}}$$

$$\boxed{d\sin\theta = m\lambda}$$

$$\boxed{I = I_{max}\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2}$$

$$\boxed{\alpha = \frac{\Delta\Phi}{2} = \frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}}$$

$$\boxed{\sin\theta_1 = \frac{1{,}22\lambda}{D}}$$

7.1 LA DIFFRACTION PAR UNE FENTE

7.1 Question : Variation solution ►

Indiquez de quelle manière les modifications suivantes dans un montage de diffraction par une fente affectent la position angulaire du premier minimum de diffraction sur l'écran :

a) On réduit la largeur de la fente;
b) On rapproche l'écran de la fente;
c) On réduit la longueur d'onde.

7.2 Exercice : Diffraction #1 solution ►

Quelle largeur une fente doit-elle avoir pour que la lumière de 652 nm produise un minimum de diffraction d'ordre 3 à un angle de 3,00°?

7.3 Exercice : Diffraction #2 solution ►

On éclaire en lumière jaune (λ = 580 nm) une fente de 35,0 μm de largeur. Un écran se trouve à 1,10 m de la fente.

a) Quelle est la position angulaire du premier minimum de diffraction?
b) Quelle est la largeur du pic central?

7.4 Exercice : Irradiance #1 solution ►

Dans une expérience de diffraction par une seule fente, on a : a = 75,0 μm et λ = 432 nm. Quel est, à un angle de 0,5°, le rapport de l'irradiance par rapport à l'irradiance maximale au centre de la figure?

7.5 Exercice : Irradiance #2 solution ►

Une fente de cinq centièmes de millimètre laisse passer de la lumière dont la longueur d'onde est de 600 nm. Quel sera le pourcentage d'irradiance à mi-chemin entre les angles des minimums d'ordre 1 et 2, par rapport à l'irradiance maximale?

7.2 DIFFRACTION PAR UNE OUVERTURE CIRCULAIRE

7.6 Question : Anneaux de couleur solution ►

Une ouverture circulaire diffracte un faisceau de lumière blanche, et les anneaux de diffraction, au lieu d'être blancs, sont irisés. Quelles couleurs sont visibles sur les pourtours intérieur et extérieur du premier anneau clair autour de la tache centrale?

7.7 Exercice : Une vue perçante solution ►

C'est à partir de 25,4 km de distance que Simon parvient à distinguer deux sources lumineuses jaunes distantes de 3,00 m (λ = 580 nm).

a) Quel est le diamètre des pupilles de ses yeux dans ces conditions?
b) Quel est le pouvoir de résolution de l'œil, dans ces conditions?

7.8 Exercice : Cent solution ►

Un trou d'un centième de millimètre produit une tache centrale de diffraction d'un centième de mètre de diamètre sur un écran situé à 100 cm de l'ouverture. Quelle est la longueur d'onde qui éclaire l'ouverture?

7.9 Exercice : La preuve solution ►

Selon les conspirationnistes qui réfutent le voyage sur la lune (Moon hoax), une preuve que les Américains n'y sont jamais allés est le fait qu'aucune photo prise de la Terre ne permet de voir les objets laissés sur la lune lors des différentes missions.

En sachant que le meilleur télescope est le Gran Telescopio Canarias, avec une ouverture de 10,4 m, situé sur Terre à 384 000 km de la Lune, déterminez la distance minimale entre deux points d'un objet sur la Lune permettant de les distinguer. (Considérez la longueur d'onde centrale du visible de 550 nm.)

7.10 Exercice : Lever du Soleil solution ►

Pour faire la noirceur totale dans votre chambre, vous voilez la fenêtre avec une toile opaque. Malheureusement, cette toile est percée d'un trou d'aiguille de 0,30 mm de diamètre, ce qui produit une figure de diffraction sur le mur à 4,75 m de la fenêtre lorsque le Soleil éclaire le trou à son lever. En utilisant la longueur d'onde orange à λ = 605 nm au lever du Soleil :

a) Quel est le diamètre du pic central de diffraction?
b) Quel diamètre du trou d'aiguille donnerait un pic central trois fois plus grand?

7.3 LA DIFFRACTION PAR DEUX FENTES

7.11 Exercice : Franges complètes solution ►

Un système de deux fentes minces produit sur un écran de la diffraction et de l'interférence combinée. Le maximum d'interférence d'ordre 5 arrive précisément vis-à-vis le minimum de diffraction d'ordre 1. Combien de franges d'interférence sont-elles complètes dans le maximum central de diffraction?

7.12 Exercice : Coïncidence solution ►

Une paire de fentes minces présentent une largeur de 45,0 μm. Quelle distance entre ces fentes fait en sorte que le 3e minimum de diffraction coïncide avec de 18e maximum d'interférence?

7.13 Exercice : Franges dans la frange solution ►

Un système de deux fentes est tel que : $a = 5{,}25\times10^{-5}$ m, d = 0,400 mm et L = 1,73 m. Combien de franges d'interférence complètes se trouvent à l'intérieur des limites de la frange centrale de diffraction?

7.4 LE RÉSEAU DE DIFFRACTION

7.14 Question : Quelle couleur en premier solution ►

On dirige un rayon de lumière blanche vers un réseau de 600 lignes par millimètre. Sur un écran on observe un point blanc au centre de la figure et un point coloré, de chaque côté du centre, à l'ordre 1. Quelle couleur apparaît le plus près du centre dans la tache colorée, de chaque côté?

7.15 Exercice : Pas solution ►

Quel est le pas d'un réseau qui compte :

a) 100 000 fentes par mètre;

7.1- a) Augmentation — b) Aucun effet — c) Diminution — **7.2**- a = 37,4 μm — **7.3**- a) θ = 0,950° — b) y = 3,65 cm — **7.4**- I/I_{max} = 0,044 0
7.5- $\%_{I/Imax}$ = 4,50 % — **7.6**- Violet à l'intérieur et rouge à l'extérieur — **7.7**- a) D = 5,99 mm — b) $\theta_R = 1{,}18\times10^{-4}$ rad — **7.8**- λ = 410 nm — **7.9**- d = 24,8 m
7.10- a) a = 2,34 cm — b) D = 0,100 mm — **7.11**- 9 franges — **7.12**- d = 270 μm — **7.13**- 15 Franges — **7.14**- Le violet

b) 250 fentes par millimètre;
c) 50 fentes sur une distance de 4,00 µm.

7.16 Exercice : Position angulaire solution ►

À quelle position angulaire se trouve le maximum d'ordre 4 produits par un réseau de 500 fentes par millimètre, pour une longueur de 480 nm?

7.17 Exercice : Dans le bon ordre solution ►

Un réseau de 150 traits par millimètre produit un maximum d'ordre 3 à 10,4°.

a) Quelle est la longueur d'onde utilisée lors de l'expérience?
b) Quelle longueur d'onde présenterait au même endroit un maximum d'ordre 2?

7.15 – a) d = 1,00×10^{-5} m — b) d = 4,00×10^{-6} m — c) d = 8,00×10^{-8} m — **7.16** – θ = 73,7° — **7.17** – a) λ = 401 nm — b) λ = 602 nm

CH 7 LA DIFFRACTION

7.1 LA DIFFRACTION PAR UNE FENTE

7.1 Solution : Variation retour à la question ▲

a) Augmentation de la position angulaire

L'équation principale décrivant le phénomène de diffraction est :

$$a \sin\theta = p\lambda \quad \Rightarrow \quad \sin\theta = \frac{p\lambda}{a} \qquad (1)$$

On y observe que $\sin\theta$ est inversement proportionnel à la largeur de la fente a. Si on réduit la largeur de la fente, $\sin\theta$ augmente. Et puisque l'angle varie dans le même sens que son sinus, la position angulaire augmentera avec l'amincissement de la fente.

b) Aucun effet

Si on rapproche l'écran de la fente, la position y du premier minimum diminuera, mais la position angulaire ne variera pas. À preuve, aucun des paramètres de l'équation (1) ne concerne la distance de l'écran.

c) Diminution de la position angulaire

Selon l'équation (1), le sinus de l'angle varie proportionnellement avec la longueur d'onde. La réduction de la longueur d'onde entraîne donc une diminution de la position angulaire du premier minimum.

retour à la question ▲

7.2 Solution : Diffraction #1 retour à la question ▲

a = 37,4 µm

L'équation principale décrivant le phénomène de diffraction est :

$$a \sin\theta = p\lambda$$

$$a = \frac{p\lambda}{\sin\theta} = \frac{3\times(652\times10^{-9}\ \text{m})}{\sin 3{,}00°} = 3{,}74\times10^{-5}\ \text{m} = \mathbf{37{,}4\ \mu m}$$

retour à la question ▲

7.3 Solution : Diffraction #2

retour à la question ▲

a) θ = 0,950°

L'équation principale décrivant le phénomène de diffraction est :

$$a \sin\theta = p\lambda$$

La position angulaire du premier minimum de diffraction est la valeur θ obtenue lorsque p = 1 :

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{p\lambda}{a}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1\times(580\times10^{-9}\ \mathrm{m})}{35{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{m}}\right) = \mathbf{0{,}950°}$$

b) y = 3,65 cm

La position angulaire trouvée en a) est la même de chaque côté du maximum central. La position y du premier minimum, à partir du centre, est donnée par l'angle et la distance L de l'écran :

$$\tan\theta = \frac{y}{L} \quad \Rightarrow \quad y = L\tan\theta = 1{,}10\ \mathrm{m}\times\tan 0{,}950° = 1{,}82\ \mathrm{cm}$$

Le maximum central est donc limité de chaque côté du centre à 1,82 cm. La largeur totale est alors le double de cette distance :

$$\Delta y = 2\times 1{,}82\ \mathrm{cm} = \mathbf{3{,}65\ cm}$$

retour à la question ▲

7.4 Solution : Irradiance #1

retour à la question ▲

I/I_{max} = 0,044 0

L'irradiance en un point de la figure de diffraction est donnée par :

$$I = I_{max}\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2, \qquad (1)$$

avec $\alpha = \frac{\Delta\Phi}{2} = \frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}$

Les paramètres connus permettent de calculer préalablement de terme α :

$$\alpha = \frac{\pi a\sin\theta}{\lambda} = \frac{\pi\times(75{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{m})\times\sin 0{,}5°}{(432\times10^{-9}\ \mathrm{m})} = 4{,}76\ \mathrm{rad}$$

Attention, le sinus de 0,5° se calcule en mode degrés puisque l'angle donné est en degrés. Mais le résultat obtenu est un déphasage en radians et doit se calculer à l'étape suivante en mode radians.

Le rapport I/I_{max}, à partir de l'équation (1), est donc

$$\frac{I}{I_{max}} = \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 = \left(\frac{\sin 4{,}76\ \mathrm{rad}}{4{,}76\ \mathrm{rad}}\right)^2 = \mathbf{0{,}044\ 0}$$

retour à la question ▲

7.5 Solution : Irradiance #2 retour à la question ▲

$\%_{I/I_{max}} \;=\; 4{,}50\ \%$

Puisqu'on fait allusion à la position centrale entre les minimums d'ordre 1 et d'ordre 2, on doit déterminer leurs positions angulaires respectives. À partir de l'équation définissant le phénomène de diffraction, on trouve :

$$a \sin \theta_{milieu} = p\lambda \quad \rightarrow \quad \theta_{milieu} = \sin^{-1}\left(\frac{p\lambda}{a}\right)$$

Pour les minimums d'ordre 1 et 2, on a donc :

$p = 1$: $\quad \theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{1\times(600\times10^{-9}\ \text{m})}{0{,}050\ 0\times10^{-3}\ \text{m}}\right) \;=\; 0{,}688°$

$p = 2$: $\quad \theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{2\times(600\times10^{-9}\ \text{m})}{0{,}050\ 0\times10^{-3}\ \text{m}}\right) \;=\; 1{,}38°$

L'angle à mi-chemin entre ces deux positions est donc :

$$\theta_{milieu} = \frac{\theta_1+\theta_2}{2} \;=\; 1{,}03°$$

Le pourcentage d'irradiance en un point, par rapport au centre de la figure (où l'irradiance est maximale), est :

$$I = I_{max}\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 \quad \rightarrow \quad \%_{I/I_{max}} \;=\; \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 \times 100 \qquad (1)$$

avec : $\quad \alpha = \frac{\pi a \sin(\theta_{milieu})}{\lambda} \;=\; \frac{\pi\times(0{,}050\ 0\times10^{-3}\ \text{m})\times\sin 1{,}03°}{(600\times10^{-9}\ \text{m})} \;=\; 4{,}71\ \text{rad}$

Donc :

$$\%_{I/I_{max}} \;=\; \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 \times 100 \;=\; \left(\frac{\sin 4{,}71\ \text{rad}}{4{,}71\ \text{rad}}\right)^2 \times 100 \;=\; \mathbf{4{,}50\ \%}$$

retour à la question ▲

7.2 LA DIFFRACTION PAR UNE OUVERTURE CIRCULAIRE

7.6 Solution : Anneaux de couleur retour à la question ▲

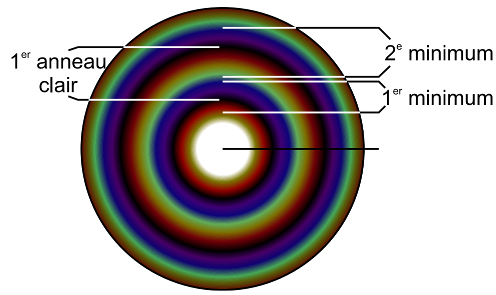
Violet à l'intérieur et rouge à l'extérieur

L'équation générale de la diffraction par une ouverture circulaire (de largeur D) permet d'évaluer l'angle de la position du premier minimum autour du pic central, pour une longueur d'onde donnée :

$$\sin\theta_1 = \frac{1{,}22\lambda}{D}$$

On peut alors déterminer si ce sont les longueurs d'onde plus faibles ou plus grandes qui produisent le premier minimum de diffraction le plus loin du centre de la figure. Même si la question concerne plutôt le premier anneau, mais l'ordre de séparation des couleurs est le même pour tous les anneaux secondaires que pour le pic central.

Sans calcul, l'équation permet de constater que le terme $\sin\theta$ varie proportionnellement avec la longueur d'onde. Les grandes longueurs d'onde, donc l'extrémité rouge du spectre visible, entraînent donc une valeur plus grande de $\sin\theta$. Et comme l'angle θ varie de la même manière que $\sin\theta$ (c'est-à-dire que $\sin\theta$ augmente lorsque sin augmente), alors on en conclut que pour un même minimum ou maximum, une longueur d'onde plus grande entraîne une position plus éloignée du centre. Pour les anneaux secondaires comme pour le pic central, le pourtour extérieur sera donc rougeâtre, alors que du violet sera observé au pourtour intérieur des anneaux secondaires (le pic central n'ayant pas de portion intérieure où le violet pourrait dominer).



La figure ci-contre illustre ce dont aurait l'air cette figure. En réalité, elle peut être difficile à produire, car produire un faisceau de lumière blanche cohérente n'est pas simple. Mais ça demeure un concept théorique valide, et on peut voir que les différentes couleurs du spectre visible sont étalées sur une certaine distance largeur pour constituer le premier anneau de diffraction autour de la tache centrale.

retour à la question ▲

retour à la question ▲
retour à la question ▲

7.7 Solution : Une vue perçante

retour à la question ▲

a) D = 5,99 mm

Puisqu'on traite une situation où l'œil de l'observateur est tout juste capable de distinguer les deux sources, à la distance donnée, on doit utiliser le critère de Rayleigh, où l'angle θ_R est défini par la distance d entre les sources et leur éloignement L depuis l'observateur :

$$\theta_R = \frac{1{,}22\lambda}{D}, \qquad \text{avec } \theta_R = \frac{d}{L},$$

l'approximation des petits angles étant valide dans ces conditions.

On cherche D dans le système d'équation établi :

$$\theta_R = \frac{1{,}22\lambda}{D} = \frac{d}{L} \quad \Rightarrow \quad D = \frac{1{,}22\lambda L}{d} = \frac{1{,}22\times(580\times10^{-9}\ \text{m})\times 25\,400\ \text{m}}{3{,}00\ \text{m}} = \mathbf{5{,}99\ mm}$$

b) θ_R = 1,18×10

Le pouvoir de résolution est directement la valeur de θ_R, en radians. Selon l'équation du critère de Rayleigh, pour une longueur d'onde de 580 nm et avec un diamètre de 5,99 mm pour la pupille :

$$\theta_R = \frac{1{,}22\lambda}{D} = \frac{1{,}22\times(580\times10^{-9}\ \text{m})}{0{,}005\,99\ \text{m}} = \mathbf{1{,}18\times10^{-4}\ rad}$$

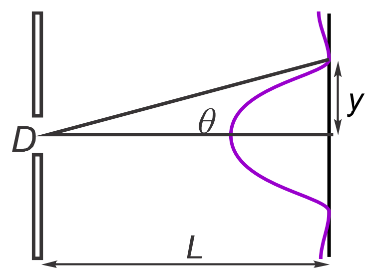
retour à la question ▲

7.8 Solution : Cent

retour à la question ▲

λ = 410 nm

Un diamètre de la tache centrale de 0,01 m (un centième de mètre) signifie que la position d'un premier minimum de diffraction autour du pic central se trouve à 0,005 m du centre (moitié du diamètre de 0,01 m). L'équation de la diffraction par une ouverture circulaire indique la position angulaire θ de ce premier minimum de diffraction et on pourra utiliser le lien entre position angulaire et radiale pour déterminer la longueur d'onde utilisée :



$$\sin\theta_1 = \frac{1{,}22\lambda}{D}, \qquad \text{avec } \tan\theta = \frac{y}{L}$$

L'union de ces deux équations et l'isolation de la longueur d'onde entraîne :

$$\sin\left(\tan^{-1}\frac{y}{L}\right) = \frac{1{,}22\lambda}{D}$$

$$\lambda = \frac{D\cdot\sin\left(\tan^{-1}\frac{y}{L}\right)}{1{,}22} = \frac{(1\times10^{-6}\ \text{m})\cdot\left(\tan^{-1}\frac{0{,}005\ \text{m}}{1\ \text{m}}\right)}{1{,}22} = \mathbf{410\ nm}$$

retour à la question ▲

7.9 Solution : La preuve

retour à la question ▲

d = 24,8 m

C'est le critère de Rayleigh qui permet de définir les dimensions minimales d'un objet sur la Lune, en fonction du télescope utilisé :

$$\theta_R = \frac{1{,}22\lambda}{D}, \qquad \text{avec } \theta_R = \frac{d}{L},$$

l'approximation des petits angles étant valide dans ces conditions.

Pour $L = 3{,}84\times10^{8}$ m et D = 10,4 m, on cherche d dans le système d'équation établi :

$$\theta_R = \frac{1{,}22\lambda}{D} = \frac{d}{L} \quad \Rightarrow \quad d = \frac{1{,}22\lambda L}{D} = \frac{1{,}22\times(550\times10^{-9}\ \text{m})\times(3{,}84\times10^{8}\ \text{m})}{10{,}4\ \text{m}} = \mathbf{24{,}8\ m}$$

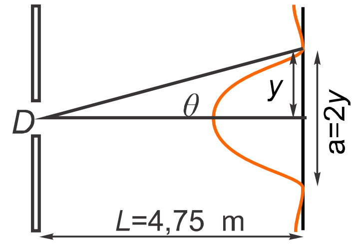
Il est donc évident que les objets laissés sur la Lune, leurs dimensions étant très inférieures à 24,8 m, sont invisibles à tout instrument optique. Qui plus est, un objet dont les dimensions s'apparenteraient aux dimensions minimales pourrait être aperçu, mais pas encore reconnu et identifié. Pour reconnaître un objet comme un véhicule lunaire, il faudrait encore pouvoir distinguer ses parties, comme ses roues et sa forme, ce qui nécessite un pouvoir de résolution encore plus fin que celui considéré dans nos calculs.

retour à la question ▲

7.10 Solution : Lever du Soleil retour à la question ▲

retour à la question ▲

a) a = 2,34 cm



L'équation générale de la diffraction par une ouverture circulaire permet de mettre en relation les valeurs connues :

$$\sin\theta_1 = \frac{1{,}22\lambda}{D}, \qquad \text{avec } \tan\theta = \frac{y}{L}$$

L'union de ces deux équations et l'isolation de la position y (moitié du diamètre recherché) entraîne :

$$y = L\cdot\tan\left(\sin^{-1}\frac{1{,}22\lambda}{D}\right) \qquad (1)$$

$$y = 4{,}75\text{ m}\cdot\tan\left(\sin^{-1}\frac{1{,}22\times(605\times10^{-9}\text{ m})}{3{,}00\times10^{-4}\text{ m}}\right) = 1{,}17\text{ cm}$$

Le diamètre recherché, appelons-le a, est le double de cette position y, donc :

$$a = 2y = 2\times1{,}17\text{ cm} = \mathbf{2{,}34\text{ cm}}$$

b) D = 0,100 mm

Un pic central trois fois plus large, à partir de la valeur trouvée en a), suggère un premier minimum (p = 1) dont la distance à partir du centre est :

$$y_1 = 3\times1{,}17\text{ cm} = 3{,}51\text{ cm}$$

À partir de l'équation (1) obtenue en a), où on isole plutôt le diamètre D de l'ouverture, on obtient :

$$y = L\cdot\tan\left(\sin^{-1}\frac{1{,}22\lambda}{D}\right) \quad \Rightarrow \quad D = \frac{1{,}22\lambda}{\sin\left(\tan^{-1}\frac{y}{L}\right)} = \frac{1{,}22\times(605\times10^{-9}\text{ m})}{\sin\left(\tan^{-1}\frac{0{,}035\,1\text{ m}}{4{,}75\text{ m}}\right)} = \mathbf{0{,}100\text{ mm}}$$

Soit une ouverture trois fois plus petite que l'ouverture originale.

retour à la question ▲

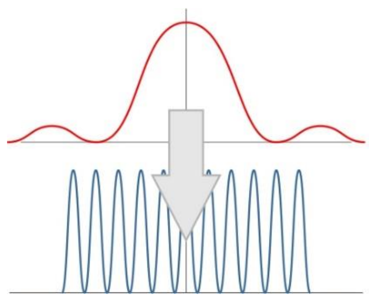
7.3 LA DIFFRACTION PAR DEUX FENTES

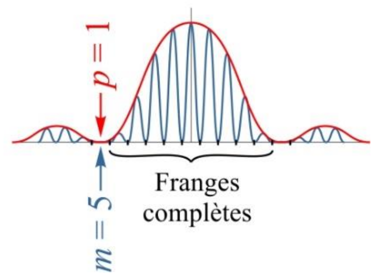
7.11 Solution : Franges complètes retour à la question ▲

9 franges

La figure ci-contre montre des figures d'interférence et de diffraction telles que le maximum d'interférence d'ordre m = 5 coïncide avec le minimum de diffraction d'ordre p = 1.

Cela signifie que le maximum d'interférence m = 5 est écrasé par le premier minimum de diffraction p = 1, et est incomplet. Les maximums d'interférence plus près du centre sont donc complets, même s'ils sont atténués partiellement par le profil d'intensité du pic central de diffraction.





Parmi les franges complètes, on retrouve la frange centrale (d'ordre m = 0), et quatre franges de chaque côté (ordres 1 à 4), donc 9 franges complètes en tout, entre des franges d'interférence coupées par les premiers minimums de diffraction.

retour à la question ▲

7.12 Solution : Coïncidence

retour à la question ▲

d = 270 µm

Trouvons d'abord algébriquement la position du 3e minimum de diffraction indiqué. La figure de diffraction est décrite par l'équation $a\sin\theta = p\lambda$, où la position angulaire θ dépend des paramètres a, p et λ :

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

On dit que cet endroit coïncide avec de 18e maximum d'interférence, phénomène décrit plutôt par $d\sin\theta = m\lambda$. La même position angulaire θ obéit donc à l'équation :

$$\sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$$

Ainsi :

$$\sin\theta = \frac{p\lambda}{a} = \frac{m\lambda}{d} \quad \rightarrow \quad \frac{p}{a} = \frac{m}{d}$$

$$d = \frac{ma}{p} = \frac{18\times 45{,}0\ \mu\text{m}}{3} = \mathbf{270\ \mu m}$$

retour à la question ▲

7.13 Solution : Franges dans la frange

retour à la question ▲

15 franges

Pour dénombrer les franges d'interférence complètes dans le pic central de diffraction, on doit déterminer quel ordre d'interférence se trouve aux frontières du pic central de diffraction. Situons d'abord ces limites du pic central de diffraction, là où p = 1 :

$$a\sin\theta = p\lambda \quad \rightarrow \quad \sin\theta = \frac{p\lambda}{a}$$

Comme on ne connaît pas la longueur d'onde, on ne peut calculer cette position numériquement. Mais le terme « $\sin\theta$ » apparaît aussi dans l'équation de l'interférence, qui permettra de calculer un ordre m d'interférence :

$$d\sin\theta = m\lambda$$

En substituant $\sin\theta$ par son expression équivalente, on peut calculer l'ordre m pour l'emplacement étudié (où p = 1) :

$$d\left(\frac{p\lambda}{a}\right) = m\lambda \quad \rightarrow \quad m = \frac{dp\lambda}{a\lambda} = \frac{dp}{a} = \frac{(0{,}400\times10^{-3}\ \text{m})\times 1}{(5{,}25\times10^{-5}\ \text{m})} = 7{,}62$$

Un ordre de 7,62 ne correspond pas à un lieu d'interférence destructive ni constructive. Le pic d'interférence auquel appartient cet endroit s'étend des valeurs m = 7,5 à m = 8,5, c'est le pic d'ordre m = 8, et est écrasé entièrement à l'endroit où se trouve un minimum de diffraction; il est donc incomplet. Les franges complètes, entre ce point et le centre, sont donc les franges d'ordre 7, 6, 5, 4, 3, 2 et 1. Par symétrie, il y a alors 7 franges complètes de part et d'autre du centre, et la frange centrale constitue la 15e frange complète à l'intérieur du maximum central de diffraction.

retour à la question ▲

7.4 LE RÉSEAU DE DIFFRACTION

7.14 Solution : Quelle couleur en premier

retour à la question ▲

Le violet

La lumière blanche contient toutes les couleurs visibles, du violet au rouge, le violet correspondant aux longueurs d'onde les plus courtes.

Sans faire de calculs, l'équation qui décrit le comportement du réseau permet quand même de déterminer quelle couleur est la plus près du centre de la figure.

La première couleur qui apparait en s'éloignant du centre de la figure est celle pour laquelle l'angle θ est le plus faible pour l'ordre 1. L'équation pour le déterminer est :

$$d \sin\theta = m\lambda \qquad \Rightarrow \qquad \theta = \sin^{-1}\frac{m\lambda}{d}$$

Puisque le sinus d'un angle évolue dans le même sens que l'angle, en partant de 0°, cette équation permet d'affirmer que l'angle est plus faible pour les valeurs les plus faibles de λ. C'est l'extrémité du violet, dans la lumière visible, qui possède les plus courtes longueurs d'onde, alors le violet est la couleur qui apparaît le plus près du centre pour le maximum d'ordre 1.

retour à la question ▲

7.15 Solution : Pas

retour à la question ▲

a) d = 1,00×10^{-5} m

Le pas d est lié au nombre de fentes par unité de longueur par :

$$d = \frac{1}{n} \quad = \quad \frac{1}{\left(100\,000/\mathrm{m}\right)} \quad = \quad \mathbf{1,00 \times 10^{-5}\ m}$$

b) d = 4,00×10^{-6} m

De la même manière qu'en a) :

$$d = \frac{1}{n} \quad = \quad \frac{1}{\left(250/\mathrm{m}\right)} \quad = \quad \mathbf{0,004 \times 10^{-6}\ m}$$

c) d = 8,00×10^{-8} m

n étant le nombre de fentes par unité de longueur, il n'est pas important si l'unité de longueur est une quantité quelconque (4,00 µm ici). n est de 50 fentes pour 4,00 µm.

Avec la même équation que pour les cas précédents :

$$d = \frac{1}{n} \quad = \quad \frac{1}{\left(50/(4{,}00\times10^{-6}\ \mathrm{m})\right)} \quad = \quad \mathbf{8,00 \times 10^{-8}\ m}$$

retour à la question ▲

7.16 Solution : Position angulaire

retour à la question ▲

θ = 73,7°

L'équation décrivant le comportement de la lumière dans un réseau est :

$$d \sin\theta = m\lambda$$

La position angulaire est donc :

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{m\lambda}{d}\right) \qquad \text{avec } d = \frac{1}{n}$$

Donc :

$$\theta = \sin^{-1}\frac{m\lambda}{\left(1/n\right)} \quad = \quad \sin^{-1}(m\lambda n) \quad = \quad \sin^{-1}(4 \times (480 \times 10^{-9}\ \mathrm{m}) \times 500\ \mathrm{mm}^{-1})$$

$$\theta = \sin^{-1}(4 \times (480 \times 10^{-9}\ \mathrm{m}) \times 500\,000\ \mathrm{m}^{-1}) \quad = \quad \mathbf{73,7°}$$

retour à la question ▲

7.17 Solution : Dans le bon ordre retour à la question ▲

a) λ = 401 nm

L'équation décrivant le comportement de la lumière dans un réseau est :

$$d \sin\theta = m\lambda \qquad \text{avec } d = \frac{1}{n}$$

La longueur d'onde utilisée peut donc se calculer par :

$$\lambda = \frac{d\sin\theta}{m} = \frac{\frac{1}{n}\cdot\sin\theta}{m} = \frac{\sin\theta}{mn} \tag{1}$$

$$\lambda = \frac{\sin 10{,}4°}{3\times 150\ \text{mm}^{-1}} = 4{,}01\times10^{-4}\ \text{mm} = \mathbf{401\ nm}$$

b) λ = 602 nm

À partir de l'équation (1) développée en a) :

$$\lambda = \frac{\sin 10{,}4°}{2\times 150\ \text{mm}^{-1}} = \mathbf{602\ nm}$$

retour à la question ▲