

Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Ondes et signaux	M.GINEYS	
Chapitre 4 : Diffraction et interférences		Cours livre p 371 à 374	

Nom : **Prénom :** **Classe :**

Plan de travail du chapitre 4

Site internet : <http://www.lasallesciences.com>

Bilan	Mon opinion après avoir réalisé les exercices
A faire après l'AE 4.1 : Passage d'une onde par une ouverture	
Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes.	
Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture	
Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées.	
Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.	
A faire après l'AN 4.2 : L'hologramme et l'AE 4.3 : Les interférences lumineuses	
Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes.	
Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène.	
Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes.	
Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène.	
Prévoir les lieux d'interférences constructives et les lieux d'interférences destructives dans le cas des trous d'Young, l'expression linéarisée de la différence de chemin optique étant donnée. Établir l'expression de l'interfrange.	
Exploiter l'expression donnée de l'interfrange dans le cas d'interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.	
Exploiter une série de mesures, discuter de l'influence du protocole et/ou évaluer une incertitude-type pour comparer des résultats.	

Si l'énoncé demande de...

Il est nécessaire de...

Calculer un angle caractéristique de diffraction ou la longueur d'onde de l'onde diffractée ou la dimension d'une ouverture.

Réflexe 1

- Rappeler la relation adéquate définissant l'angle caractéristique en fonction des données du problème.
- Isoler la grandeur recherchée et effectuer le calcul en faisant attention aux unités.

➔ Ex. 7 p. 378

Établir l'expression de l'interfrange, ΔL étant donnée.

Réflexe 2

- Rappeler la condition d'interférences constructives ou d'interférences destructives.
- Utiliser l'expression de ΔL pour exprimer les abscisses x_{k+1} et x_k de deux positions successives de franges brillantes ou sombres.
- Remplacer x_{k+1} et x_k par leurs expressions sachant que $i = x_{k+1} - x_k$.

➔ Ex. 15 p. 379

Exploiter l'expression de l'interfrange.

Réflexe 3

- Identifier ce que représentent les différentes grandeurs utilisées dans l'expression.
- Isoler la grandeur recherchée et effectuer le calcul en faisant attention aux unités.

➔ Ex. 17 p. 380



Le plan de travail

A faire dès la semaine où le chapitre commence en classe.

Je visionne la vidéo : « double périodicité », je réalise une fiche de synthèse et j'étudie la carte bilan de la fiche.

Je fais les exercices de la fiche de préparation et je compare mes résultats à la correction disponible sur www.lasallesciences.com

A faire après l'AE 4.1 : Passage d'une onde par une ouverture

Lire et étudier le « I » du cours « Diffraction »

Lire la correction de l'AE 4.1

Visionner la vidéo « diffraction »

Exercices d'application : livret exos révisions physique : : 69 à 75 p 44 à 45

Exercice 69 :

1. Décrire la figure obtenue sur un écran placé à quelques mètres d'une fente de petite largeur éclairée par un laser.
2. Citer deux exemples de la vie courante dans lesquels le phénomène de diffraction intervient.

Exercice 70 :

- Identifier, dans les situations ci-dessous, celle dans laquelle le phénomène de diffraction intervient.



Exercice 71 : L'image ci-contre est la photographie de la propagation d'ondes progressives périodiques à la surface de l'eau dans une cuve à ondes. Les ondes se propagent vers la droite.



1. Expliquer ce que cette expérience illustre.
2. Comparer les dimensions de l'ouverture de l'obstacle avec la longueur d'onde.
3. Comparer la longueur d'onde des ondes avant et après l'ouverture. Conclure.

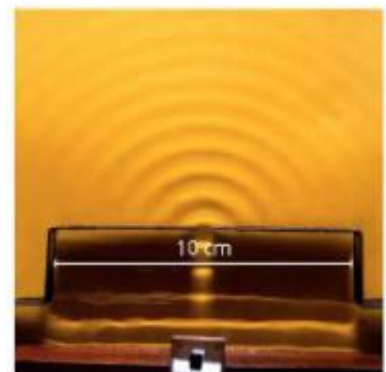
Exercice 72 : En éclairant une ouverture de diamètre $d = 30 \mu\text{m}$ à l'aide d'une radiation de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$, on obtient sur un écran une figure de diffraction.

Donnée : $\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{d}$

1. Schématiser le dispositif expérimental.
2. Calculer l'angle caractéristique de diffraction θ .

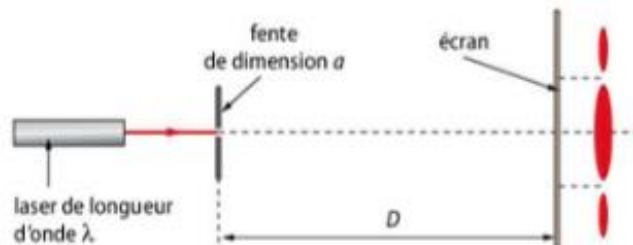
Exercice 73 : Un élève règle une cuve à ondes de manière à observer le phénomène de diffraction avec les ondes mécaniques à la surface de l'eau.

1. Déterminer la longueur d'onde des ondes avant l'ouverture et après l'ouverture. Conclure.
2. Calculer l'angle caractéristique de la diffraction θ , et le mettre en évidence sur la photo.



Exercice 74 :

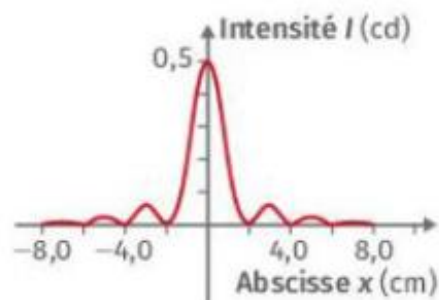
1. Reproduire le schéma et indiquer la position des premières extinctions, la largeur L de la tâche centrale de diffraction et l'angle caractéristique de diffraction θ .



2. Rappeler l'expression de l'angle caractéristique de diffraction, en précisant la signification et l'unité des grandeurs.
3. En se plaçant dans l'approximation des petits angles, où $\tan(\theta) \approx \theta$, établir la relation liant θ , a , λ , L et D .

Exercice 75 : Une fente verticale de largeur $a = 35 \mu\text{m}$ est éclairée par un laser rouge. Le profil en intensité de la figure de diffraction est obtenu à une distance de 1,10 m de la fente.

1. Déterminer précisément la largeur L de la tâche centrale de diffraction. En déduire la valeur de la longueur d'onde λ du laser.
2. Calculer la valeur de la largeur de la tâche centrale de diffraction si un laser de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$ est utilisé.
3. Représenter l'allure du profil en intensité de la figure de diffraction obtenue avec ce laser.



**A faire après l'AN 4.2 : L'hologramme,
et l'AE 4.3 : Les interférences lumineuses**

Lire et étudier le « II » du cours « Interférences ».

Lire la correction de l'AN 4.2 et de l'AE 4.3

Visionner les vidéos « interférences » et « différence de chemin optique »

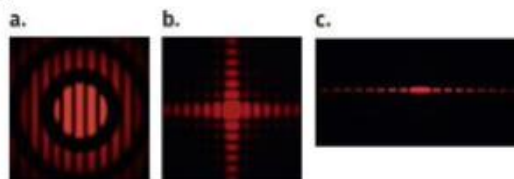
Exercices d'application : livret exos révisions physique : : 76 à 86 p 45 à 47

Exercice 76 : Une source de lumière monochromatique éclaire deux trous d'Young. Un écran est placé à quelques mètres du dispositif.

1. Comment se nomme le phénomène observé ?
2. Décrire la figure observée sur l'écran.
3. Parmi les situations suivantes, repérer celle qui met en jeu un phénomène d'interférences.
 - a. Casque antibruit qui émet des ondes sonores en opposition de phase avec le bruit ambiant.
 - b. Discours entendu derrière une porte entrouverte.

Exercice 77 : Thomas Young élabore en 1801 un dispositif pour démontrer la nature ondulatoire de la lumière. Cette expérience est restée célèbre sous le nom d'expérience des trous d'Young. Vers 1818, le français Augustin Fresnel a l'idée de remplacer les trous par des fentes.

- Parmi les trois photographies ci-dessous, identifier celles qui correspondent aux deux expériences décrites dans l'énoncé. Justifier.



Exercice 78 : Une vidéo a créé le buzz en montrant un appareil capable d'annuler le bruit venant de l'extérieur d'un appartement en le ventousant simplement sur la fenêtre. Si cette technologie existe pour les casques audio à réduction active de bruit, qu'en est-il pour une pièce entière ?

1. Nommer le phénomène sur lequel repose le principe de fonctionnement des casques à réduction active de bruit.
2. Schématiser simplement le principe physique de fonctionnement d'un tel appareil.

Exercice 79 : Deux ondes planes à la surface de l'eau ont la même longueur d'onde et sont issues de la même source.

1. Comment qualifie-t-on ces deux ondes ?
2. Voici trois situations où les ondes A et B se superposent, vue de profil :

Dans chaque cas, attribuer à chaque situation la (ou les) expressions(s) qui lui convient : Interférences constructives – interférences destructives – ondes en phase – onde en opposition de phase – zone sombre – zone peu éclairée – zone éclairée.

3. Qu'entendrait-on dans chacune des trois situations si les ondes étaient sonores ?

A deux ondes en opposition de phase



B deux ondes en phase



C deux ondes avec un décalage quelconque

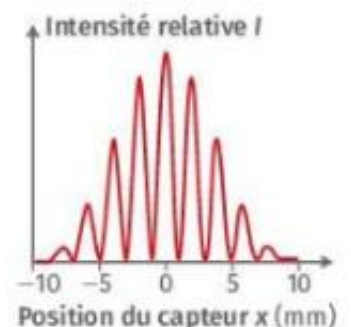


Exercice 80 : Deux haut-parleurs sont alimentés par un même générateur qui émet une onde sonore de longueur d'onde 2,0 m.

1. Un point situé à 1 m du premier haut-parleur et à 4 m du deuxième correspond-il à un maximum ou un minimum d'amplitude ?
2. Comment qualifier les interférences en ce point ?
3. Même question pour un point situé à 6 m de l'un et 14 m de l'autre.

Exercice 81 : Une expérience d'interférences est réalisée avec deux fentes fines parallèles éclairées par un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = 520 \text{ nm}$. Le profil en intensité lumineuse récupéré par le capteur situé à 1,50 m des fentes est donné ci-contre.

1. Déterminer la valeur de l'interfrange i avec le plus de précision possible.
2. Calculer la valeur de l'écartement a entre les fentes.



Exercice 82 : On réalise une figure d'interférences lumineuses à l'aide de fentes d'Young séparées par une distance $b = 0,20 \text{ mm}$.

La figure est obtenue sur un écran situé à une distance $D = 2,0 \text{ m}$.

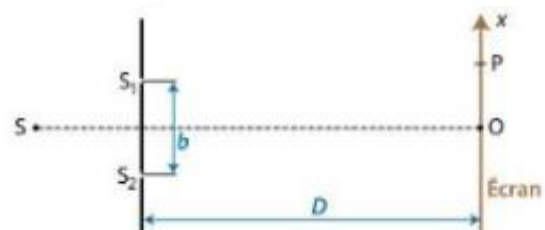
Dans une telle situation, la valeur de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$

1. Donner l'expression de la longueur d'onde en fonction de l'interfrange i , de b et de D .
2. Calculer la longueur d'onde de la lumière utilisée sachant que, dans les conditions de l'expérience, on mesure $i = 6,3 \text{ mm}$.

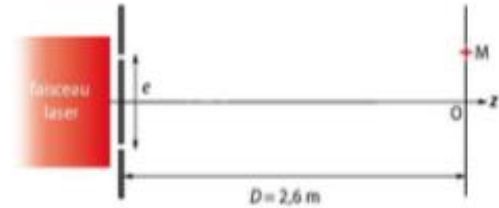
Exercice 83 : On réalise, dans l'air, une expérience d'interférences avec un système de deux fentes d'Young éclairées par une source de radiation de longueur d'onde $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$.

On observe la figure d'interférences sur un écran.

1. Qu'observe-t-on sur l'écran au point O ?
2. Les ondes arrivent en P avec une différence de chemin optique $\Delta L = 1,625 \mu\text{m}$. Qu'observe-t-on en P ?



Exercice 84 : Un laser rouge, de longueur d'onde $\lambda = 633\text{nm}$, éclaire deux petits trous espacés d'un écartement e . On se place au point M.

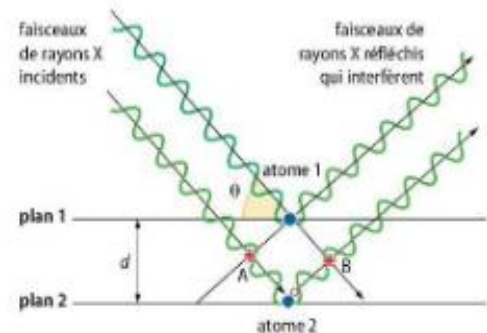


1. Définir la différence de chemin optique δ . Reproduire le schéma et la représenter dessus.
2. Le point O, au centre de l'écran, est-il sur une frange sombre ou brillante ?
3. On établit que la différence de chemin optique s'écrit : $\delta = \frac{e \cdot x}{D}$, x étant l'abscisse du point M. Rappeler à quelle condition on observe le premier maximum d'amplitude, autre que pour $x = 0$.
4. Ce premier maximum d'amplitude définit la valeur de l'interfrange i , on a alors : $x = i$. Exprimer littéralement l'interfrange i en fonction de λ , e et D .
5. En déduire l'écartement e entre les deux trous pour un interfrange de 3,4 mm mesuré sur l'écran.

Exercice 85 : Deux vibreurs V_1 et V_2 synchrones de fréquence 200 Hz produisent des ondes à la surface d'un liquide qui se propagent à la célérité $c = 4,0 \text{ m.s}^{-1}$. La distance qui les sépare est $a = 16 \text{ cm}$.

1. Déterminer la longueur d'onde des ondes produites par chacun des deux vibreurs.
2. Un point P est situé sur l'axe reliant V_1 et V_2 à une distance b du vibreur V_1 . Faire un schéma et exprimer la différence de chemin optique $\delta = V_1P - V_2P$ au point P entre les deux ondes en fonction de a et b .
3. Exprimer la relation entre la différence de chemin optique et la longueur d'onde λ pour des interférences constructives.
4. Préciser les valeurs de b pour lesquelles l'amplitude des ondes au point P est maximale.
5. Calculer le nombre de franges d'interférences d'amplitude maximale entre les deux vibreurs.

Exercice 86 : Les rayons X sont utilisés pour explorer la matière, par exemple pour évaluer la distance d entre deux plans 1 et 2 voisins d'atomes dans un cristal. Lorsqu'on envoie un faisceau de rayons X de longueur d'onde λ sur un cristal, ils sont réfléchis par les atomes qui constituent le cristal. Les ondes réfléchies par les atomes interfèrent. On peut représenter de façon très simplifiée cette situation par le schéma suivant :



Données : la différence de chemin optique entre deux ondes incidentes qui se réfléchissent sur deux plans successifs est donnée par la relation : $\delta = 2d \cdot \sin(\theta)$, où d est la distance entre deux atomes voisins et θ l'angle entre le rayon et le plan : $\theta = 11,5^\circ$ et $\lambda = 145 \text{ pm}$.

1. En exploitant le schéma précédent, évaluer la différence de chemin optique.
2. Préciser à quelles conditions les rayons X, qui interfèrent après réflexion, donnent des interférences destructives ou constructives.
3. Déterminer la valeur de d dans le cristal dans le cas où l'on obtient des interférences constructives pour une différence de chemin optique minimale.

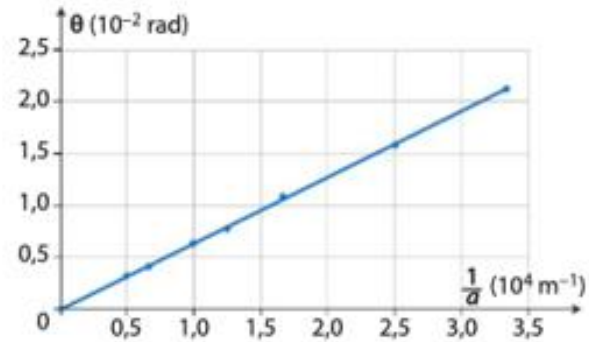
1 Exercice résolu Diffraction de la lumière

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une radiation de longueur d'onde λ .

Face au laser, on place successivement des fentes verticales de largeurs a connues. Pour chacune des fentes, on mesure la largeur ℓ de la tache centrale de la figure de diffraction observée sur un écran.

À partir de ces mesures, il est possible de calculer l'angle caractéristique de diffraction θ .

On donne ci-contre la représentation graphique $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$.



1. À quelle condition le phénomène de diffraction est-il observable ?
2. a. Donner la relation liant θ , λ et a en précisant les unités des grandeurs utilisées.
- b. Montrer que la fonction qui modélise la courbe obtenue est en accord avec la réponse à la question précédente.
- c. À partir de l'expression de la fonction modélisant la courbe, déterminer la longueur d'onde de la radiation du laser utilisé.

1. On observe le phénomène de diffraction si la largeur de chacune des fentes n'est pas trop grande devant la longueur d'onde de la radiation émise.

2. a. L'angle caractéristique de diffraction θ est exprimé en radian et petit d'après le graphique. Ainsi, $\theta = \frac{a}{\lambda}$ avec λ et a exprimées dans la même unité.

b. La courbe $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est une droite passant par l'origine, c'est la représentation d'une fonction linéaire d'équation $\theta = k \times \frac{1}{a}$. Au cours des mesures, la longueur d'onde λ de la radiation ne varie pas. L'expression $\theta = \frac{a}{\lambda}$ confirme l'allure de la courbe.

c. Par comparaison de $\theta = k \times \frac{1}{a}$ et $\theta = \frac{a}{\lambda}$, il vient que $\lambda = k$ où k est le coefficient directeur de la droite.

$$k = \frac{2,0 \times 10^{-2} \text{ rad} - 0 \text{ rad}}{3,15 \times 10^4 \text{ m}^{-1} - 0 \text{ m}^{-1}} = 6,3 \times 10^{-7} \text{ m}, \text{ soit une longueur d'onde de } 630 \text{ nm}.$$

On utilise le Réflexe 1.

Rappel de la relation, adaptée à l'expérience, entre les grandeurs θ , a et λ .

Isolément et calcul de la grandeur recherchée.

Solution rédigée

2 Exercice résolu Détermination d'un interfrange

On utilise comme source une diode laser émettant une radiation de longueur d'onde $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$. Une plaque, percée de deux trous d'Young distants de $b = 0,20 \text{ mm}$ et de même diamètre, est placée à une distance $D = 2,0 \text{ m}$ de l'écran.

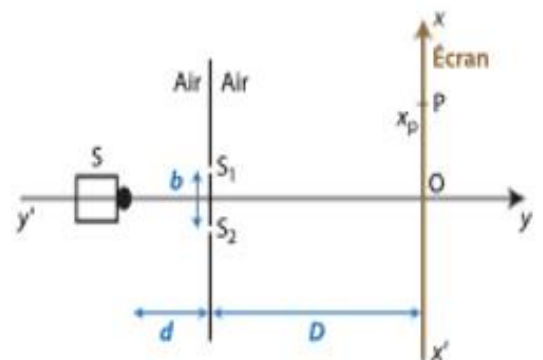
1. Quelles sont les conditions nécessaires pour observer le phénomène d'interférences ?
2. Au point O, la frange est-elle brillante ou sombre ? Justifier.
3. Par analyse dimensionnelle, choisir la bonne expression de la différence de chemin optique ΔL en un point P parmi les suivantes :

$$(1) \Delta L = \frac{x_p \times b}{D}$$

$$(2) \Delta L = x_p \times b \times D$$

$$(3) \Delta L = \frac{x_p}{b \times D}$$

4. À partir du résultat de la question 3, déterminer l'expression de l'interfrange i , puis le calculer.
5. En un point P d'abscisse $9,8 \text{ mm}$, observe-t-on une frange brillante ou une frange sombre ?



1. Des interférences sont observées avec des ondes de même fréquence issues de sources ponctuelles que l'on obtient expérimentalement à l'aide d'ouvertures éclairées par une même source. C'est le cas du dispositif des trous d'Young.

2. En O, les ondes partant de S_1 et S_2 ont parcouru la même distance dans le même milieu. La différence de chemin optique est nulle. La condition d'interférences constructives $\Delta L = k \times \lambda_0$ est vérifiée avec $k = 0$. La frange est brillante.

3. Comme la différence de chemin optique s'exprime en mètre, on élimine les relations (2) et (3) dans lesquelles le membre de droite s'exprime respectivement en m^3 et m^{-1} .

La relation (1), homogène, est la bonne expression.

• On utilise le **Réflexe 2**.

Rappel de la condition d'interférences constructives

Utilisation de ΔL pour exprimer x_k et x_{k+1}

Remplacement de x_{k+1} et x_k par leurs expressions

4. Considérons les centres de deux franges brillantes consécutives. Pour le premier centre, $\Delta L_k = k \times \lambda_0$ et pour le second, $\Delta L_{k+1} = (k+1) \times \lambda_0$.

D'après la relation (1), $\Delta L = \frac{x_p \times b}{D}$.

Les abscisses des deux centres considérés sont donc :

$$x_k = \frac{k \times \lambda_0 \times D}{b} \text{ et } x_{k+1} = \frac{(k+1) \times \lambda_0 \times D}{b}$$

L'interfrange i s'écrit : $i = x_{k+1} - x_k$, soit $i = \frac{(k+1) \times \lambda_0 \times D}{b} - \frac{k \times \lambda_0 \times D}{b}$

• On utilise le **Réflexe 3**.

Identification des grandeurs

Calcul de i en convertissant λ_0 et b en mètre

d'où $i = \frac{\lambda_0 \times D}{b}$ avec λ_0 la longueur d'onde dans le vide (ou dans l'air), D la distance entre les fentes et l'écran, b l'écartement des fentes.

$$i = \frac{650 \times 10^{-9} \text{ m} \times 2,0 \text{ m}}{0,20 \times 10^{-3} \text{ m}} = 6,5 \times 10^{-3} \text{ m, soit } i = 6,5 \text{ mm.}$$

5. En ce point P, la différence de chemin optique est $\Delta L = \frac{x_p \times b}{D}$, soit ici :

$$\Delta L = \frac{9,8 \times 10^{-3} \text{ m} \times 0,20 \times 10^{-3} \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 9,8 \times 10^{-7} \text{ m.}$$

Or $\lambda = 650 \text{ nm}$. Le rapport $\frac{\Delta L}{\lambda_0}$ est donc : $\frac{\Delta L}{\lambda_0} = \frac{9,8 \times 10^{-7} \text{ m}}{650 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1,5$ soit $\left(1 + \frac{1}{2}\right)$.

La condition d'interférences destructives $\Delta L = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda_0$ est vérifiée ici avec $k = 1$.

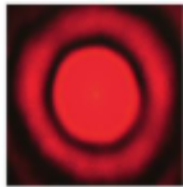
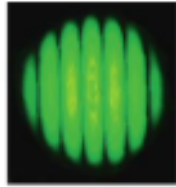
En P, on observe donc une frange sombre.

Répondre au QCM de fin de chapitre

1 La diffraction



Si erreur, revoir § 1 p. 371

1. Le phénomène de diffraction peut être observé avec des ondes :	lumineuses.	sonores.	à la surface de l'eau.
2. Le phénomène de diffraction d'une onde mécanique apparaît lorsqu'une onde :	est absorbée.	change de milieu de propagation.	rencontre une ouverture.
3. Une figure dans laquelle la diffraction est le seul phénomène qui intervient peut être :			
4. Pour limiter l'étendue du phénomène de diffraction, il faut : 	choisir des troncs d'arbre de plus grand diamètre.	rapprocher les troncs d'arbre.	éloigner les troncs d'arbre.
5. Une onde sonore de longueur d'onde 68 cm traverse une ouverture de 1,0 m. L'angle caractéristique de diffraction θ est :	$\theta = 0,68 \text{ rad}$	$\theta = 43^\circ$	$\theta = 43 \text{ rad}$

2 Les interférences



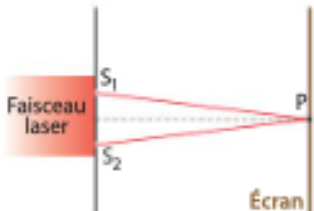
Si erreur, revoir § 2 p. 372

6. Le phénomène d'interférences est observable avec des ondes :	lumineuses.	sonores.	à la surface de l'eau.
7. Des interférences constructives s'observent :	si les ondes qui interfèrent sont en opposition de phase.	si les ondes qui interfèrent sont en phase.	quel que soit le déphasage des ondes qui interfèrent.

3 Les interférences de deux ondes lumineuses monochromatiques



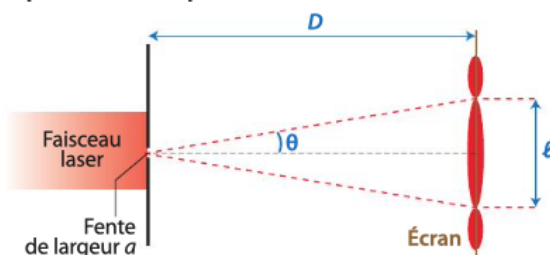
Si erreur, revoir § 3 p. 373

8. Des interférences lumineuses stables se produisent à partir :	de deux sources de même intensité.	de deux sources ponctuelles en phase.	d'une source éclairant un système formé de deux fentes proches.
9. Deux ondes lumineuses interfèrent au point P. En ce point : 	les interférences sont constructives.	les interférences sont destructives.	on observe une frange brillante.

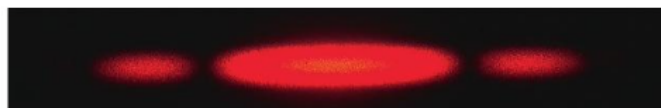
Préparation à l'ECE

On éclaire, dans l'air, une fente de largeur a à l'aide d'un faisceau laser émettant une radiation de longueur d'onde λ .

A Dispositif de l'expérience



B Figure observée



C Donnée du constructeur



1. **CON** Comment se nomme le phénomène observé ?
2. **RÉA** L'angle θ étant petit, on a la relation $\tan \theta = \theta$ avec θ en radian. Montrer que la longueur d'onde peut s'écrire sous la forme : $\lambda = \frac{\ell \times a}{2 \times D}$.
3. **a. RÉA** Déterminer la longueur d'onde λ ainsi que son incertitude-type à partir des mesures expérimentales.
- b. VAL** En déduire un encadrement de la valeur expérimentale de la longueur d'onde λ .
- c. VAL** Conclure en comparant la valeur trouvée à celle donnée par le constructeur.
4. **ANA-RAIS** Un élève souhaite observer l'influence de la largeur de la fente sur la tache centrale. Il utilise une fente de largeur différente **b** de celle étudiée précédemment **a**.



Les deux figures étant reproduites à la même échelle, comparer la largeur des deux fentes.

Données

- Largeur de la première fente utilisée : $a = (60,0 \pm 0,1) \mu\text{m}$.
- Distance fente-écran : $D = (2,0 \pm 0,1) \text{ m}$.
- Largeur de la tache centrale : $\ell = (4,2 \pm 0,1) \text{ cm}$.
- Incertitude-type sur la mesure de la longueur d'onde :

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

Je visionne la vidéo bilan et je revois mon cours

https://youtu.be/O_LR_tlgfzA	https://www.youtube.com/watch?v=KLyGlh3DHCQ	https://www.youtube.com/watch?v=QenZTqVq4OM	https://youtu.be/9xxVOMNSQRI
Rappels : double périodicité et grandeurs associées	Cours Stella : Diffraction	Cours Stella : Interférences	Différence de chemin optique

Sujets type bac sur les 3 premiers chapitres

Livret exercices de révisions chimie bac

Type bac 15 : ETUDE D'UN FILM DE SAVON (p 48)

Type bac 16 : GRANULOMETRIE (p 50)

Type bac 17 : QUELLE TAILLE POUR LES MAILLES D'UN TAMIS (p 53)

Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :

