

LIVRE p 367 à 386 – TP associés : TP 5 et 6

RAPPELS :

Une onde est **périodique** lorsque la perturbation qui lui donne naissance se reproduit identique à elle-même à intervalles de temps égaux appelés **période T**.

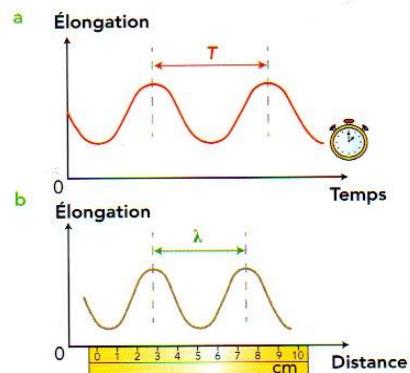
La période T est la durée nécessaire pour qu'un motif élémentaire se reproduise identique à lui-même. Elle s'exprime en seconde (s).

La longueur d'onde λ (lambda) est la distance parcourue par l'onde pendant une période T. Elle s'exprime en mètre (m).

La vitesse de propagation de l'onde est $v = \frac{\lambda}{T}$ avec v en $m.s^{-1}$, λ en m et T en s

On a aussi $v = \lambda \times f$ car $f = \frac{1}{T}$

(Avec f la fréquence de l'onde, exprimée en Hertz : de symbole Hz)



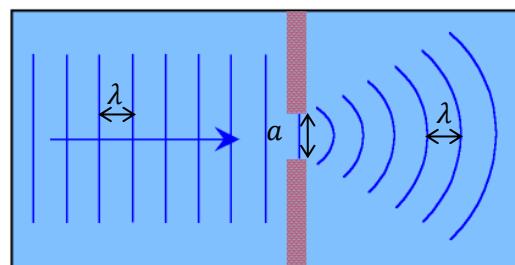
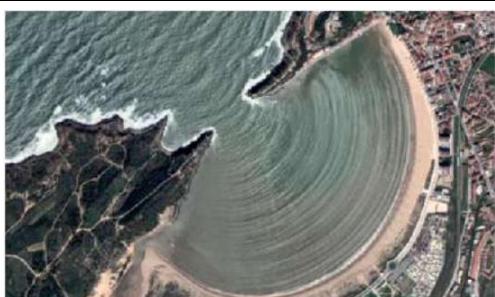
Contexte :

I La diffraction

A) Conditions d'observation

La diffraction est une modification de la direction de propagation d'une onde au passage d'une ouverture (ou d'un obstacle) de taille a , du même ordre de grandeur de la longueur d'onde λ ($a \leq 10\lambda$ environ).

La fréquence, et donc la longueur d'onde, restent inchangées.



B) Angle caractéristique de la diffraction θ

Le phénomène de diffraction peut être quantifié par l'**angle caractéristique de diffraction θ** , angle entre la direction initiale de l'onde et celle du premier minima d'amplitude (ou de la première extinction) :

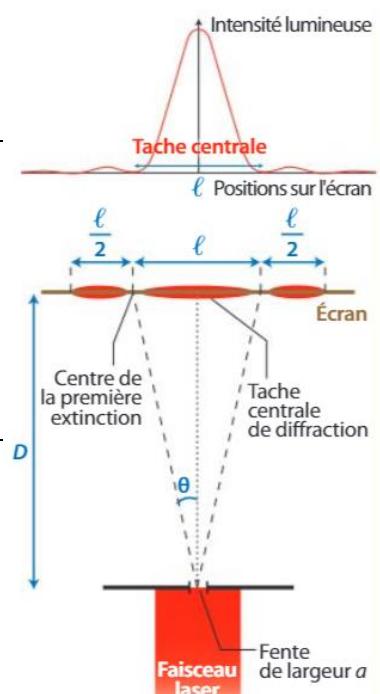
$$\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ avec } \theta \text{ en radian (rad)}, \lambda \text{ et } a \text{ en m}$$

Plus la taille a de l'ouverture (ou de l'obstacle) est petite devant la longueur d'onde λ , plus l'angle θ est grand et plus le phénomène de diffraction est important.

Rqs : - Dans le cas de la diffraction par une ouverture circulaire de diamètre d

$$\text{on a : } \theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{d}$$

- L'angle θ possède une unité (le radian) mais n'a pas de dimension (Car λ et a sont en m).



Exercice 1 (Voir schéma précédent) NIVEAU 1 :

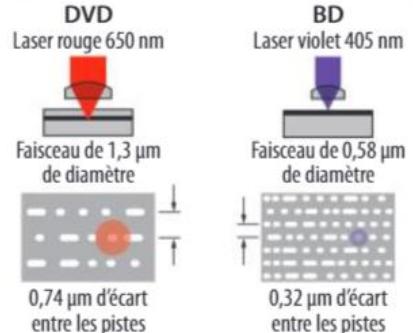
1) Donner l'expression littérale liant $\tan(\theta)$, ℓ et D . Simplifier l'expression obtenue sachant que si l'angle θ est petit : $\tan(\theta) \approx \theta$ (θ étant exprimé en radian).

2) En déduire l'expression littérale de la largeur a de la fente en fonction de D , ℓ et λ .

C) Situations de diffraction

- Sur un support numérique à lecture optique, la capacité de stockage est limitée par le phénomène de diffraction : l'augmentation de cette capacité nécessite des pistes plus serrées (« a » diminue). Pour limiter la diffraction, il est nécessaire d'utiliser un rayonnement de plus petite longueur d'onde. On est ainsi passé d'un faisceau rouge (DVD) à un faisceau bleu (Blu-ray Disc, BD).

- En astronomie, la monture des objectifs diffracte la lumière reçue : il faut donc augmenter leur diamètre.



II Les interférences

A) Conditions d'observation

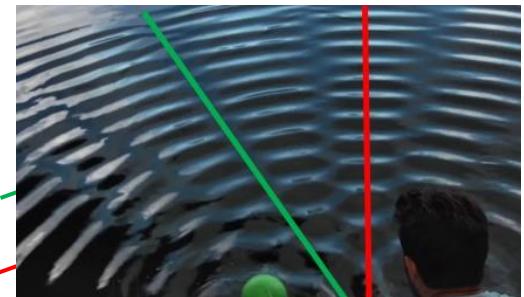
Lorsque deux ondes de même nature se croisent (deux ondes mécaniques par exemple), elles **interfèrent**. Des interférences s'obtiennent avec des ondes de **même fréquence** (donc même longueur d'onde) et présentant un **déphasage constant** (le retard de l'une par rapport à l'autre reste constant).



Dans la vidéo (QR-code ci-contre) <https://www.youtube.com/watch?v=Iuv6hY6zsd0> :

Deux vibreurs, jouant le rôle de deux sources ponctuelles, oscillent à la surface de l'eau de manière synchrone avec la même fréquence. En tout point de la surface de l'eau, les ondes issues des deux sources se superposent.

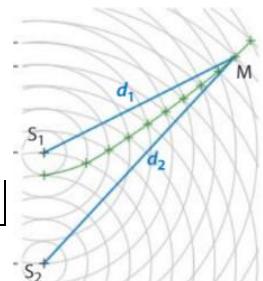
(De 4min30 à 5min30) on distingue nettement par endroits des zones peu agitées, sans aucune vibration, et d'autres zones avec des vibrations de plus grande amplitude.



B) Interférences constructives et destructives

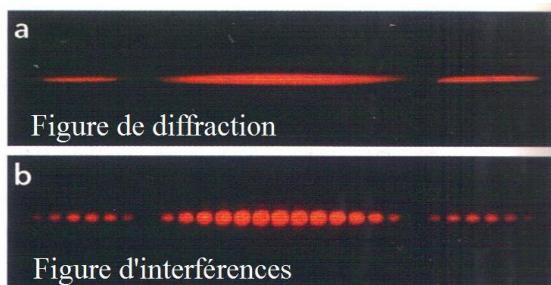
Deux ondes qui interfèrent en un point M n'ont pas parcouru la même distance depuis leur source (S_1 et S_2). On appelle différence de chemin optique δ (en m), la différence entre ces deux distances :

$$\delta = S_2 M - S_1 M = d_2 - d_1$$

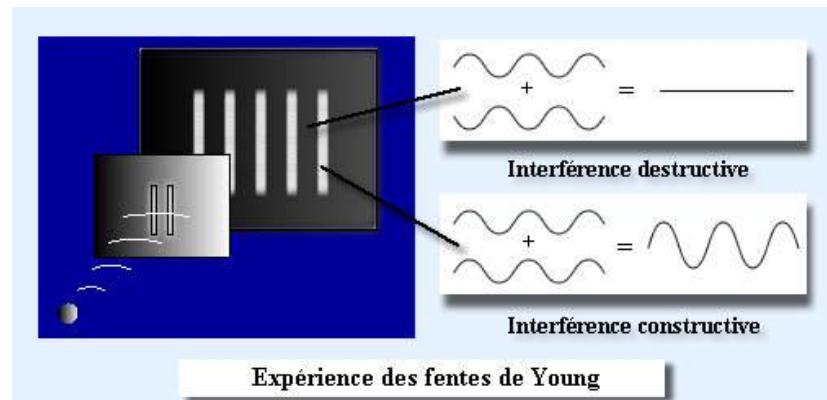


Interférences constructives	Interférences destructives
Les ondes qui interfèrent sont en phase : l'amplitude de l'onde résultante est supérieure à celles des ondes de départ. $\delta = k \times \lambda$, avec k un entier relatif	Les ondes qui interfèrent sont en opposition de phase : l'amplitude de l'onde résultante est nulle. $\delta = (k + \frac{1}{2}) \times \lambda$, avec k un entier relatif

C) Cas de deux ondes lumineuses monochromatiques

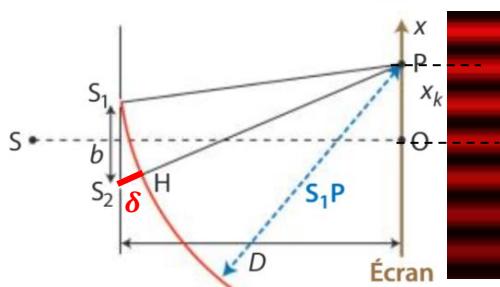


Doc. 6 Figure obtenue avec une fente (a) et avec deux fentes parallèles (b). Les fentes parallèles sont appelées des fentes d'Young.



Pour observer une figure d'interférence stable avec la lumière, il faut éclairer deux trous (ou deux fentes) avec une source lumineuse monochromatique. **On appelle ce dispositif les trous ou fentes d'Young. Ces trous, dits sources secondaires (S_1 et S_2), émettent alors des ondes de même fréquence et de déphasage constant.**

Les ondes issues de ces sources qui vont interférer en un point P n'auront pas parcouru la même distance (S_1P pour celle venant de la source S_1 , S_2P pour celle venant de S_2) : **on parle de différence de chemin optique δ (écart entre les distances parcourues par chaque onde : $\delta = S_2P - S_1P$)**



Si $\delta = k \times \lambda$, les ondes arrivent en phase en P. Les interférences sont constructives : on observe une frange brillante.
Si $\delta = (k + \frac{1}{2}) \times \lambda$, les ondes arrivent en opposition de phase en P. Les interférences sont destructives : on observe une frange sombre.

Rq : avec une lumière polychromatique, les franges d'interférence issues de radiations de différentes longueurs d'onde se superposent : on observe des couleurs interférentielles (couche d'huile, bulle de savon...voir ci-contre)



➤ Expression et détermination de l'interfrange i

On appelle interfrange i , la distance séparant sur la figure d'interférences le centre de deux franges brillantes (ou sombres) consécutives.



La différence de chemin optique en P, d'abscisse x_k (avec **k rang d'une frange brillante ou sombre**) a pour expression (qui n'est pas à connaître) $\delta_k = \frac{x_k \times b}{D}$, avec b la distance séparant les sources secondaires (les fentes), et D la distance de ces sources à l'écran ($D \gg b$).

A partir de cette expression, il faut savoir établir l'**expression de l'interfrange i** :

Cas de deux franges brillantes consécutives :

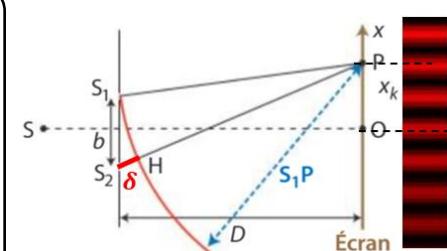
L'interfrange est la distance séparant deux franges brillantes consécutives :

$$i = x_{k+1} - x_k$$

Or $\delta_k = \frac{x_k \times b}{D}$ et $\delta_{k+1} = \frac{x_{k+1} \times b}{D}$ car les interférences sont constructives

$$i = x_{k+1} - x_k =$$

$$\text{soit } i =$$



Rq : i est exprimé en m si λ , D et b sont aussi exprimés en m.

Cas de deux franges sombres consécutives :

L'interfrange est la distance séparant deux franges sombres consécutives :

$$i = x_{k+1} - x_k$$

Or $\delta_k = \frac{x_k \times b}{D}$ et $\delta_k = \left(k + \frac{1}{2}\right) \times \lambda$ car les interférences sont destructives

$$i = x_{k+1} - x_k =$$

$$\text{soit } i =$$

Remarque : pour plus de précision sur la valeur de l'interfrange, il faut expérimentalement mesurer le plus d'interfranges possible, puis diviser par le nombre d'interfranges.

Sur l'exemple ci-dessous, pour avoir la valeur de i , on mesure la longueur des 17 interfranges, puis on divise par 17.

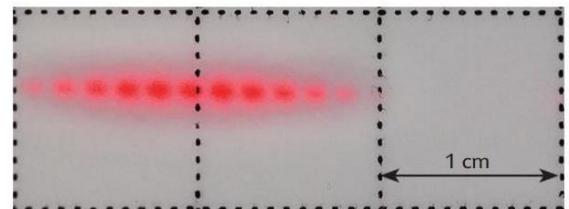


Exercice 2 - NIVEAU 2 :

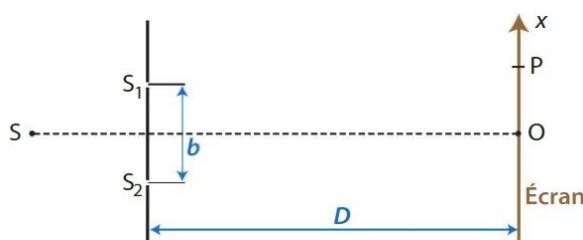
On obtient, sur un écran, une figure d'interférences lumineuses à l'aide des fentes d'Young (Schéma ci-contre) éclairé par un laser de longueur d'onde λ . L'écran est situé à une distance D des fentes.

Déterminer la distance b séparant les deux fentes.

Données : $D = 1,4\text{m}$ $\lambda = 650\text{nm}$



Exercice 2 – NIVEAU 1 : On réalise, dans l'air, une expérience d'interférences avec un système de trous fentes d'Young éclairés par une source de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$.



1) Observe-t-on une frange sombre ou brillante au point O ? **Justifier.**

2) Les ondes issues de S₁ et S₂ arrivent en P avec une différence de chemin optique $\delta = 1,625 \mu\text{m}$. Qu'observe-t-on en P ? **Justifier.**

A SAVOIR / SAVOIR FAIRE

- **Caractériser** les phénomènes de diffraction et d'interférences dans des situations variées et **en citer** des conséquences
- **Exploiter** la relation entre l'angle caractéristique de diffraction, la longueur d'onde et la taille de l'ouverture
- **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.

ECE :

- *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.*
- *Exploiter l'expression donnée de l'interfrange dans le cas des interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.*
- *Tester les conditions d'interférences constructives ou destructives à la surface de l'eau dans le cas de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase*

VERIFIER SES CONNAISSANCES ET COMPETENCES : QCM page 375 + exercices résolus pages 376-377

PREPARER LE CONTROLE : Refaire les exercices corrigés en classe (16 p 379 NIVEAU 1 ; 24 et 26 p 382 et 383 NIVEAU 2 ; 20 p 380 NIVEAU 2 en énoncé détaillé et NIVEAU 3 en compact ; exercices de bac NIVEAU 2 à 3)

Pour APPRENDRE / REVISER autrement : (Florence Raffin et Paul Olivier – Youtube)

QUIZZ diffraction et interférences :



Cours et exercices

