

TP 5 La diffraction des ondes

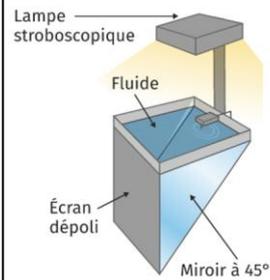
Objectifs :

- 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.

Le phénomène de diffraction a lieu lorsqu'une onde rencontre une ouverture ou un obstacle. Ce phénomène s'applique à toutes les ondes.

1. Découverte du phénomène de diffraction

Document 1
Principe de la cuve à onde



Une cuve à ondes permet de visualiser la propagation d'ondes progressives à la surface d'un liquide. Une source crée une vibration, éclairée par une lampe de lumière stroboscopique dont la fréquence est ajustée à la fréquence de l'onde.

La lumière traversant la surface du liquide se réfléchit sur un miroir projetant l'image sur un écran dépoli. Les zones sombres et brillantes de l'image correspondent aux crêtes et aux creux de l'onde.

Document 2
Angle caractéristique

La houle peut subir un changement de direction de propagation après avoir rencontré une ouverture de largeur a , entre des digues par exemple. On définit l'angle caractéristique de diffraction θ comme ci-dessous.

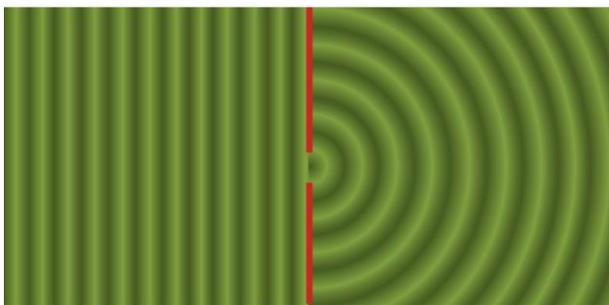


1.1. Diffraction d'une onde à la surface de l'eau

Mettre en œuvre le dispositif du document 1, puis faire passer l'onde par une fente de largeur a réglable.

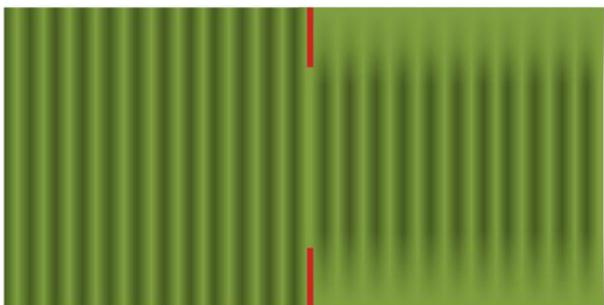
- Comment varie l'onde diffractée lorsque la largeur a de la fente diminue ?
- Déterminer la valeur de la longueur d'onde ainsi que la largeur de l'ouverture pour les situations a et b ci-dessous.

a.



10 mm

b.



- Pour quelle situation la propagation de l'onde est la plus impactée par l'ouverture ?
- Préciser comment évolue la longueur d'onde avant et après.
- Comment varie l'angle caractéristique de diffraction θ quand :
 - La taille a de l'ouverture augmente ?
 - La longueur d'onde augmente ?
- Choisir parmi les propositions ci-dessous celle qui convient :
 - $\text{Sin}(\theta) = \lambda \times a$
 - $\text{Sin}(\theta) = \frac{\lambda}{a}$
 - $\text{Sin}(\theta) = \frac{a}{\lambda}$

On peut retrouver ces observations ici : https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html

TP 5 La diffraction des ondes

1.2. Diffraction d'une onde lumineuse monochromatique

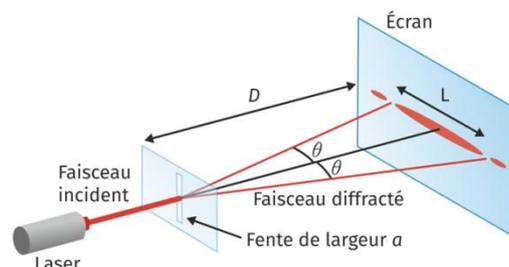


ATTENTION : Pour les expériences suivantes, nous allons utiliser un faisceau **laser**. La puissance de ce faisceau est faible mais le faisceau est très fin, ce qui le rend **dangereux** en particulier pour **les yeux**.

1.2.1. Diffraction par une fente ou un fil

On fait passer un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$ à travers une fente.

Un écran est placé sur le trajet de la lumière ayant traversé la fente.



- Schématiser ce que vous voyez sur l'écran.
- Indiquer qualitativement comment varie la largeur L de la tache centrale de diffraction
 - en fonction de la largeur a de la fente.
 - en fonction de la distance D (distance entre la fente et l'écran).
- On fait maintenant passer un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$. Indiquer qualitativement comment varie la largeur L de la tache centrale de diffraction en fonction de la longueur d'onde λ de la lumière.

1.2.2. Diffraction par un trou :

On reprend l'expérience précédente en remplaçant la fente par une ouverture circulaire. Décrire la figure de diffraction obtenue.

On peut retrouver ces observations ici : https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html

2. Application : Mesure du diamètre d'un cheveu

Document 3

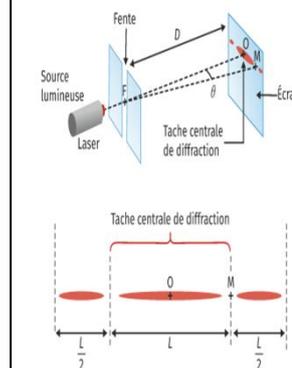
- On définit l'angle caractéristique θ comme l'angle entre la direction du faisceau laser en l'absence de diffraction et la droite reliant le centre de la fente au point M (milieu de la 1^{ère} extinction).
- La formule trouvée dans le 1.1. est valable pour la diffraction d'une onde lumineuse.
- Pour de petits angles, exprimés en radian, on peut utiliser l'approximation $\sin(\theta) \approx \theta$

L'expression de l'angle caractéristique devient donc :

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

- Pour de petits angles, exprimés en radian, on peut aussi utiliser l'approximation $\tan(\theta) \approx \theta$.

Document 4



- A l'aide des documents 3 et 4, montrer que $L = \frac{2 \lambda D}{a}$
- Réaliser l'expérience en fixant $D \approx 1,80 \text{ m}$, la fente étant placée à quelques cm du laser. Mesurer la largeur L de la tache centrale de diffraction pour des fentes de différentes largeurs a. Mettre les résultats dans le tableau.

Largeur de la fente a (mm)	0,200	0,150	0,100	0,080	0,060	0,040	0,030
Largeur de la tache L (mm)							

- A l'aide d'un tableur, tracer le graphe représentant L en fonction de $1/a$.

TP 5 La diffraction des ondes

- d) Modéliser le graphe par une fonction mathématique.
- e) Un cheveu de diamètre d forme une figure de diffraction analogue à celle d'une fente (voir document 5). A l'aide de la relation précédemment trouvée ou du graphique tracé, déterminer le diamètre d'un de vos cheveux préalablement positionné dans un support de diapositive.

Document 5

Théorème de Babinet

Deux objets de forme complémentaire produisent des figures de diffraction identiques. Ceci s'explique par le fait que le phénomène de diffraction est produit par les bords de l'objet diffractant.



Deux objets diffractants produisant la même figure.