

T.P n°1 chapitre 16 Caractériser les phénomènes ondulatoires
(Thème 4 : « Ondes et signaux »)

Diffraction et mesure du diamètre d'un cheveu

Objectifs du T.P :

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.

I. Diffraction d'ondes mécaniques progressives sinusoïdales :

On réalise des expériences de diffraction d'ondes mécaniques progressives sinusoïdales à la surface de l'eau, dans une cuve à ondes.

→ sens de propagation des ondes

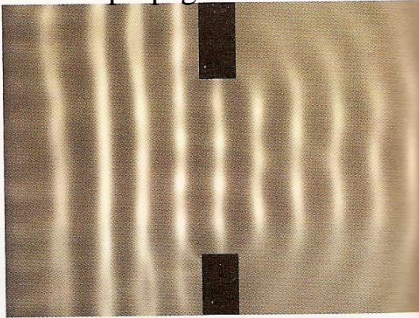


Fig. 1 Ondes à la surface de l'eau, à travers une fente de largeur 5,0 cm.

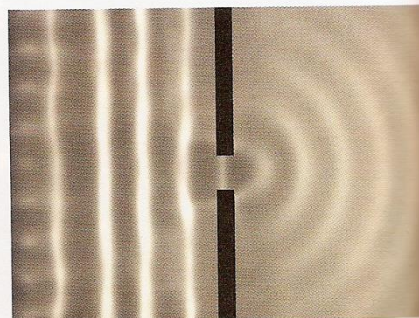


Fig. 2 Ondes à la surface de l'eau, à travers une fente de largeur 1,0 cm.

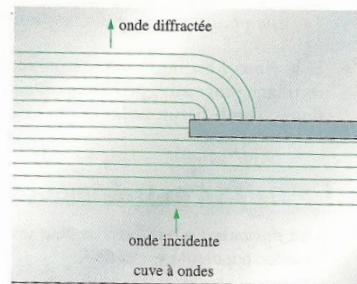


Fig. 3 Lorsqu'on dispose, sur le trajet des ondes, une règle parallèle aux rides, les ondes contournent le bord de la règle. Celles situées derrière la règle sont circulaires : il y a diffraction des ondes rectilignes par le bord de la règle.

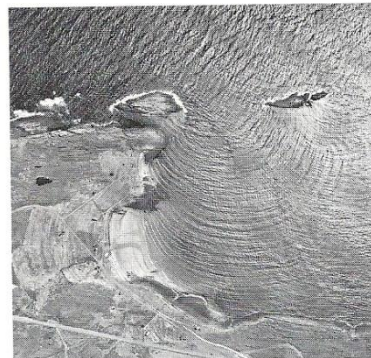


Fig. 4 Diffraction de la houle entre deux îlots.

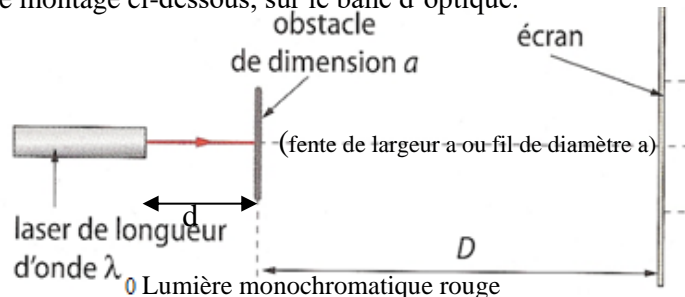
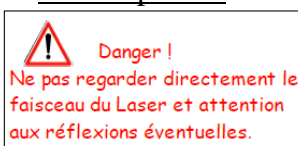
1. Comparer la propagation des ondes incidentes et celle des ondes après l'ouverture ou l'obstacle sur les différentes images.
2. Comparer l'importance du phénomène sur les figures 1 et 2. Conclure.
3. Déterminer, avec le plus de précision possible, la longueur d'onde λ de l'onde incidente et celle de l'onde diffractée sur les figures 1 et 2. Conclure.
4. Comparer λ à la largeur de l'ouverture (figures 1 et 2). Que peut-on en conclure ?

II. Diffraction de la lumière :

1. Observation de la diffraction de la lumière d'un laser par une fente verticale (ou un fil vertical) :

Montage expérimental : réaliser le montage ci-dessous, sur le banc d'optique.

Vue de profil :



Le laser est à une distance d fixe (quelques cm) de la fente de largeur a connue. La fente et l'écran sont placés sur des supports tels que la distance entre eux soit $D = 1,50$ m.

Faire les réglages de façon à obtenir une figure de diffraction sur l'écran pour la fente $a = 120 \mu\text{m}$.

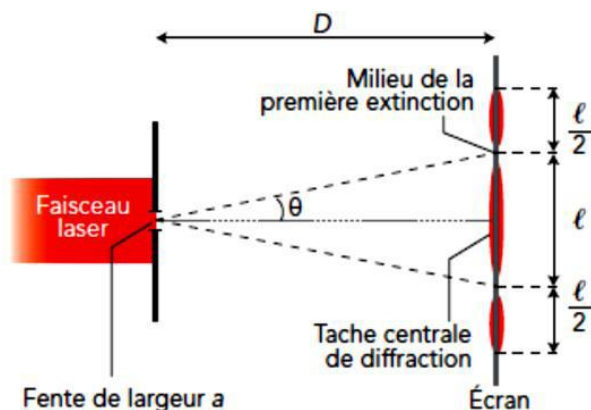
Compétence Réaliser : suivre un protocole donné en respectant les règles de sécurité.

- a) Décrire la figure observée sur l'écran. Cette figure s'appelle « figure de diffraction ».
b) Comment évolue le phénomène si on diminue la largeur de la fente ou le diamètre du fil ?
c) Par analogie avec les ondes mécaniques, que nous montre le phénomène observé ?

2. Etude quantitative de la diffraction :

Le phénomène de diffraction, parfois considéré comme parasite dans les instruments d'optique, permet aussi de réaliser la mesure d'objets de très petites dimensions.

Vue de dessus : fente et fil sont verticaux, les figures de diffraction sont horizontales



La largeur ℓ de la tache centrale est la distance séparant les milieux des 2 premières extinctions.

θ est l'écart angulaire en radian, entre le milieu de la tache centrale de diffraction et le milieu de la première extinction.

On interpose sur le trajet du faisceau laser, des fentes de largeurs différentes a connues.

Pour chaque fente, on mesure, avec une règle graduée au millimètre près, la largeur ℓ de la tache centrale de diffraction, pour une distance $D = 1,50$ m entre la fente et l'écran (D est fixée).

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

a (μm)	40	50	100	120
ℓ (cm)	4,9	3,9	2,0	
θ (rad)	0,016	0,013	0,0067	

- a) Comment procéder pour mesurer avec précision ℓ ? Réaliser la dernière mesure ℓ du tableau.

Compétence Réaliser : effectuer une mesure avec précision.

- b) Exprimer l'angle θ en fonction de D et ℓ . Compléter la troisième ligne du tableau.

- c) Dans Regressi, entrer les valeurs de a (en mètre), ℓ (en mètre) et θ (en radian).

Créer la grandeur $1/a$ et tracer le graphique $\theta = f(1/a)$.

Modéliser la courbe obtenue et montrer que les grandeurs θ et $1/a$ sont proportionnelles. Compétence Réaliser : utiliser l'outil informatique pour construire un graphique notamment ; reconnaître la proportionnalité.

- d) Quelle est la valeur du coefficient de proportionnalité k entre θ et $1/a$? Quelle est son unité ? Comparer ce coefficient de proportionnalité à la longueur d'onde $\lambda_0 = 650$ nm du laser utilisé. Quelle est donc la relation entre θ , λ_0 et a ? Compétence Valider : exploiter et interpréter des mesures.

- e)

Infos • On note : $U(\lambda_{\text{exp}})$, $U(a)$, $U(\ell)$ et $U(D)$ respectivement les incertitudes sur λ_{exp} , a , ℓ et D . L'incertitude sur la mesure de la longueur d'onde λ_{exp} peut être évaluée par :

$$U(\lambda_{\text{exp}}) = \lambda_{\text{exp}} \cdot \sqrt{\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{U(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}$$

On estime $U(a)$ à 2 % de la valeur de a .

L'incertitude sur la mesure de ℓ vaut $U(\ell) = 1$ mm, celle sur D vaut $U(D) = 1$ cm.

Calculer l'incertitude $U(\lambda_{\text{exp}})$ pour la plus grande valeur de ℓ possible. En déduire un encadrement de la valeur expérimentale λ_{exp} .

- f) Sur Regressi, tracer la courbe $\ell = f(1/a)$ appelée courbe d'étalonnage. Modéliser la courbe et relever son équation.

- g) Un cheveu de diamètre a' forme une figure de diffraction analogue à une fente de largeur identique. Rédiger un protocole pour déterminer le diamètre a' d'un cheveu à l'aide de la courbe d'étalonnage. Appeler le professeur pour le valider. Réaliser l'expérience. Donner la valeur a' du diamètre du cheveu. Compétence Analyser : concevoir un protocole.

Compétence Réaliser : réaliser un protocole.

- h) Exprimer ℓ en fonction de D , λ_0 et a à l'aide des formules trouvées aux questions b et d. Retrouver l'équation de la courbe de la question f et la valeur a' du diamètre du cheveu.