

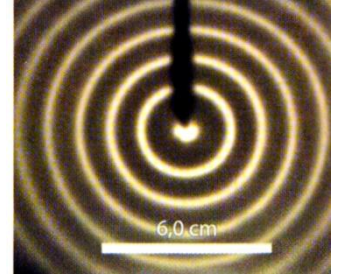


Chapitre B2 – Diffraction des ondes



Se positionner

- La relation entre la longueur d'onde et la fréquence est
 - $\lambda = \frac{f}{c}$
 - $\lambda = \frac{c}{f}$
 - $\lambda = \frac{1}{f}$
 - $\lambda = c \times f$
- La photo ci-contre représente la surface de l'eau dans une « cuve à ondes ». Cette photo permet de mesurer :
 - la longueur d'onde
 - la période
 - la fréquence
 - la vitesse
- La valeur de la célérité de la lumière dans le vide est :
 - 340 m.s⁻¹
 - 3,0x10⁸ m.s⁻¹
 - 300 000 km.s⁻¹

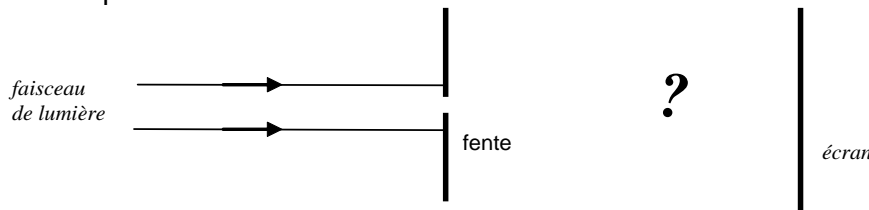


Activité 1. Jusqu'où peut-on réduire un faisceau lumineux ? Et une vague ?

On fait passer un faisceau de lumière laser par une fine fente disposée verticalement.

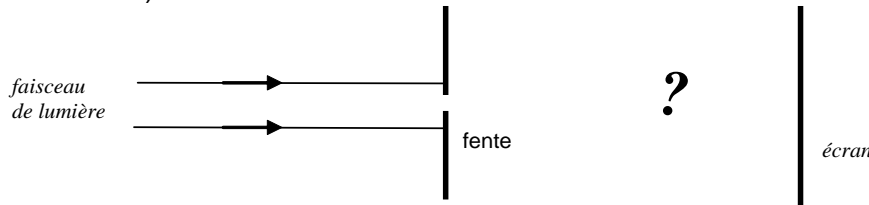
Prévision

- Sur le schéma suivant, représentant la situation vue de dessus, représenter le faisceau lumineux après le passage de la lumière par la fente.



Réalisation de l'expérience. Observation.

- Avec une autre couleur, compléter le schéma ci-dessous pour rendre compte de l'observation (sauf si votre prévision était correcte).



On pose maintenant dans une cuve à onde deux obstacles qui forment une ouverture, jouant le rôle de la fente de la situation précédente, comme schématisé dans la situation ci-contre vue de dessus.

Prévision

- Prévoir ce qu'il va se passer en représentant les vagues après la fente sur le schéma.

Réalisation de l'expérience. Observation.

- Avec une autre couleur, modifier votre schéma si besoin.

Toujours dans la cuve à onde, les vagues produites vont rencontrer un obstacle.

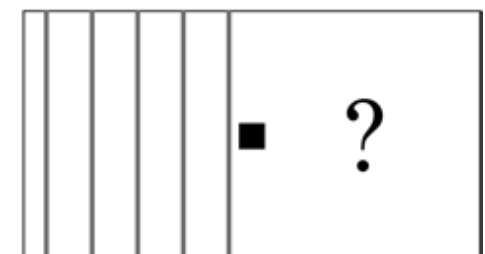
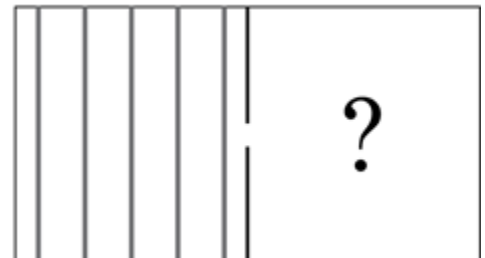
- Après **observation**, compléter le schéma ci-contre.

Lire le §A du modèle : « Propriétés des ondes : la diffraction »

- En faisant alors une analogie avec ce que l'on vient de voir pour les ondes dans la cuve à onde, prévoir ce qu'il va se passer pour la lumière lorsqu'elle rencontre un fil fin sur son trajet.

Réalisation de l'expérience.

- Indiquer si votre prévision est conforme à l'expérience.





Activité 2. Et si la taille de l'ouverture varie ?

On étudie ici qualitativement l'influence de la taille de l'ouverture sur la diffraction.

On pose dans la cuve à onde une ouverture en forme de fente. On observe la diffraction des ondes par la fente. On fait varier la largeur de la fente.

1. Qu'observe-t-on lorsque la taille de l'ouverture diminue ?

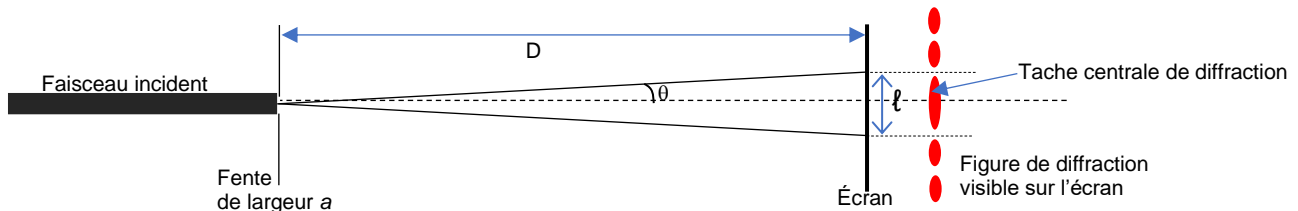
2. Par analogie, prévoir l'évolution de la largeur de la tache centrale de diffraction de la lumière du laser lorsque la taille de l'ouverture diminue. On fera un schéma.

Appeler le professeur lorsque vous avez fait votre prévision

Activité 3. Comment quantifier la diffraction ?

Vous disposez du §B du modèle, en particulier de l'expression de θ , angle caractéristique de diffraction.

- À partir du schéma ci-dessous (qui reprend celui du modèle mais à deux dimensions) pour le cas d'une onde lumineuse diffractée par une ouverture rectangulaire, exprimer $\tan\theta$ en fonction de ℓ et D (on rappelle que la tangente est le côté opposé sur le côté adjacent dans un triangle rectangle).



- On peut considérer ici $\tan\theta \approx \theta$ car l'angle est faible ($\theta < 10^\circ$).

En déduire l'expression de ℓ en fonction de D , a et λ .

- Vérifier **qualitativement** que le simulateur *diffraction* disponible en ligne a été programmé en accord avec cette relation.

Pour aller plus loin :

Utiliser la relation obtenue pour prévoir ce qu'on verrait si la fente était éclairée avec une lumière blanche.

Activité 4. À la recherche de la longueur d'onde...



Problème à résoudre

En exploitant la diffraction, vous devez trouver la valeur de la longueur d'onde du laser

4A. Première mesure

Avec le matériel disponible, en utilisant une fente parmi celles disponibles sur la diapo, et en plaçant l'écran à une distance de l'écran supérieure à 1,5 m, réaliser une expérience pour déterminer la longueur d'onde du laser.

Indiquer par écrit les valeurs des mesures effectuées et le résultat obtenu.

4B. Pour estimer l'incertitude sur la mesure

Évaluation de l'incertitude associée à chaque grandeur intervenant dans la détermination de λ :

a. pour **a** (pas d'indication particulière du constructeur) : $u(a) = 0,005$ mm

b. pour **D**, proposer une estimation de l'incertitude-type $u(D) = \dots\dots\dots$

c. pour ℓ (on considèrera que l'incertitude est seulement due à la lecture sur l'écran) : $U(\ell) = 1$ mm.

1. Calculer en pourcentage les trois incertitudes relatives. Y en a-t-il une qui prédomine ?

2. Calculer l'incertitude relative sur la longueur d'onde sachant qu'elle s'obtient grâce à la relation :

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

3. Calculer l'incertitude absolue sur la longueur d'onde et donner finalement le résultat sous la forme :

$$\lambda = \dots\dots \pm \dots\dots \mu\text{m}$$

7 Fentes simples



7 fentes simples de largeur (en mm) :
0,40 - 0,28 - 0,12 - 0,10 - 0,05 - 0,04 - 0,07



**4C. Pour réduire l'incertitude sur la mesure de la largeur de la tache centrale...**

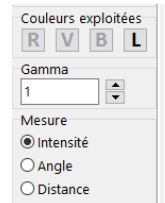
Pour réduire l'incertitude sur ℓ , on peut... abandonner notre œil comme outil de mesure et le remplacer par un logiciel d'analyse d'image.

Sans rien changer au dispositif précédent, en vous mettant exactement dans les mêmes conditions, faites maintenant une photo de la figure obtenue. Récupérer par mail, par exemple, cette photo sur l'ordinateur

l'ouvrir avec le module  Intensité lumineuse de Regressi.

Pour ceci :

- Lancer le logiciel Regressi puis faire **Fichier > Nouveau > Image** et  Intensité lumineuse
-  **Charger** la photo. Le logiciel permet d'afficher dans la partie basse l'intensité (en%) affectée à chaque couleur primaire pour une ligne de pixel de votre choix (ligne horizontale par défaut au lancement du logiciel). Le choix de la couleur se fait grâce aux boutons ci-contre (le bouton L indique l'intensité lumineuse totale).



Mesurer alors la largeur de la tâche centrale et vérifier que l'incertitude de mesure a été diminuée par rapport à la mesure à l'œil. Cette nouvelle mesure change-t-elle l'incertitude sur la longueur d'onde ? Justifier votre réponse.


4D. Pour réduire l'incertitude sur la longueur d'onde...

Pour avoir une mesure plus fiable de la longueur d'onde, on peut faire plusieurs mesures en faisant varier la largeur de la fente. Ensuite, on utilise une méthode graphique en traçant $\ell / (2D)$ en fonction de $1/a$.

1. Selon le modèle, quelle allure doit avoir la représentation graphique de $\ell / (2D)$ en fonction de $1/a$?

- Faire le maximum de mesures et les noter dans le tableau ci-dessous :

fente	1	2	3	4	5	6	7
a en mm	0,40	0,28	0,12	0,10	0,05	0,04	0,07
ℓ en							

- Saisir les données dans Regressi ouvert par Ordinateur/Appli /physique puis Fichier → Nouveau → Clavier ; rentrer les valeurs des variables ℓ et a .
- Créer deux nouvelles grandeurs X et Y (en fonction de ce que vous devez tracer) avec le bouton  Ajouter ou dans l'onglet *Expression* de la fenêtre *Grandeurs*.
- Tracer Y en fonction de X.
- Modéliser numériquement et noter l'équation obtenue.
- Appeler le professeur pour validation et impression éventuelle

2. Déterminer à l'aide de la modélisation la valeur de la longueur d'onde du laser, notée $\lambda_{\text{mesurée}}$.