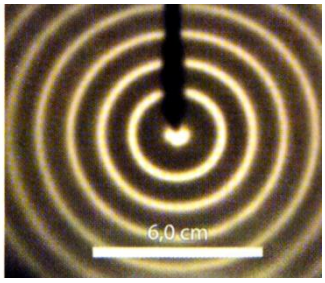
Chapitre B2 – Diffraction des ondes

Se positionner

1 . La relation entre la longueur d'onde et la fréquence est

① $\lambda = \frac{f}{c}$ ② $\lambda = \frac{c}{f}$ ③ $\lambda = \frac{1}{f}$ ④ $\lambda = c \times f$



2 . La photo ci-contre représente la surface de l'eau dans une « cuve à ondes ». Cette photo permet de mesurer :

① la longueur d'onde ② la période ③ la fréquence ④ la vitesse

3 . La valeur de la célérité de la lumière dans le vide est :

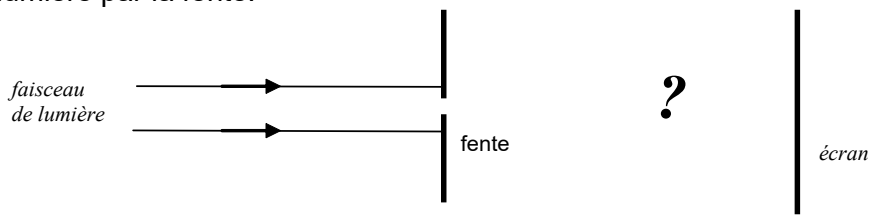
① 340 m·s^{-1} ② 3,0x10^{8} m·s^{-1} ③ 300 000 km·s^{-1}

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.

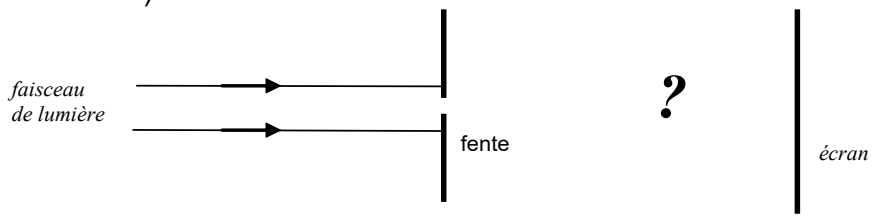
Prévision

1. 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.

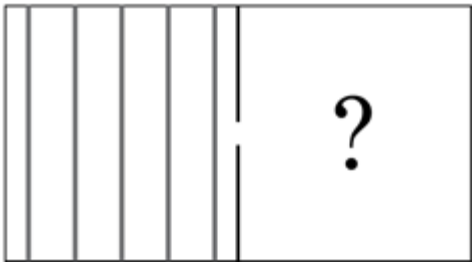
2. Avec une autre couleur, compléter le schéma ci-dessous pour rendre compte de l'observation (sauf si votre prévision était correcte).



3. Indiquer ce qui se passe lorsque la largeur de la fente diminue.

Pour des vagues à la surface de l'eau

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

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

Réalisation de l'expérience. Observation.

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

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

Activité 2. Comment quantifier la diffraction ?

Première analyse qualitative

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

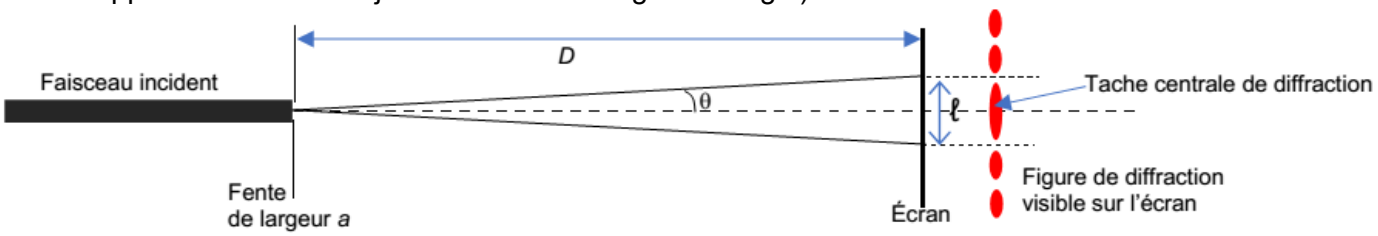
Dans la cuve à onde, lorsque la largeur de l'ouverture diminue, les vagues se propagent encore plus sur les côtés.

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 puis vérifier expérimentalement votre prévision avec le matériel disponible.

Appeler le professeur lorsque vous pouvez montrer la vérification expérimentale

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

1. À partir du schéma ci-dessous (qui reprend celui du modèle mais à deux dimensions, l'ouverture étant vue de dessus), 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).



2. On peut considérer ici $\tan\theta \approx \theta$ car l'angle est faible ($\theta < 10°$).
   En déduire l'expression de ℓ en fonction de D, a et λ.
3. Vérifier **qualitativement** que le simulateur *diffraction* disponible en ligne a été programmé en accord avec cette relation.

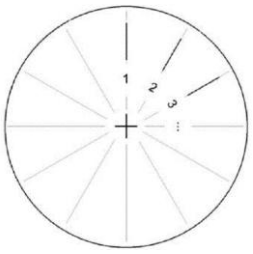
Pour aller plus loin :

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

Activité 3. À la recherche de la longueur d'onde…

Problème à résoudre
En exploitant la diffraction, vous devez retrouver la valeur de la longueur d'onde du laser

3A. Première mesure



Avec le matériel disponible, ***en utilisant une fente*** *parmi celles disponibles sur le « jeton » (on pourra s'interroger sur le choix le plus pertinent), 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.*

Largeur des fentes :

1 :	10 µm	2 :	20 µm
3 :	30 µm	4 :	40 µm
5 :	50 µm	6 :	70 µm
7 :	100 µm	8 :	150 µm
9 :	200 µm	10 :	300 µm
11 :	500 µm	12 :	700 µm

1. Indiquer les valeurs des mesures effectuées et le résultat obtenu pour la valeur de la longueur d'onde.

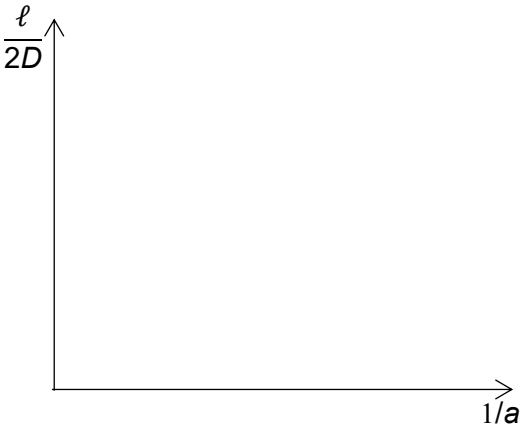
Choix de la fente	a =
Mesure de D	D =
Mesure de ℓ	ℓ =
Calcul la longueur d'onde	λ =

2. Indiquer la mesure qui est selon vous la principale source d'incertitude (parmi la distance D, la largeur a, la largeur de la tâche ℓ) sur la détermination de la longueur d'onde.

3B. 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 $\frac{\ell}{2D}$ *en fonction de* $\frac{1}{a}$.

3. D'après le modèle, indiquer ci-contre l'allure qu'on doit trouver pour la représentation graphique de $\frac{\ell}{2D}$ en fonction de $1/a$.



Réalisation des mesures et modélisation numérique

- Faire au moins 7 mesures et les noter dans le tableau ci-dessous.
- Après avoir ouvert ***Regressi***, saisir les données en créant un nouveau fichier (Fichier → Nouveau → Clavier) ; déclarer les deux variables expérimentales ℓ et a (et leurs unités) puis saisir les valeurs.
- Créer deux nouvelles grandeurs X = 1/a et Y = ℓ /(2*D) 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

fente	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
a en **µm**								
ℓ en								

4. À l'aide de la modélisation numérique, déterminer la valeur de la longueur d'onde, notée $\lambda_{mesurée}$.

3C. Estimation de l'incertitude sur *une* mesure

On souhaite ici estimer l'incertitude sur la longueur d'onde déterminée par une mesure unique (partie 3.A). Pour ceci il faut d'abord estimer l'incertitude associée à chaque grandeur intervenant dans la détermination de λ :

a. pour ***a*** (pas d'indication particulière du constructeur) : u(*a*) = 5 µm = 0,005 mm
b. pour ***D***, on peut estimer l'incertitude-type à u(*D*) = 0,5 cm.
c. pour ℓ (on considèrera que l'incertitude est seulement due à la lecture sur l'écran) : u(ℓ) = 1 mm.

1. Calculer en pourcentage les trois incertitudes relatives ci-dessous puis indiquer s'il y a une incertitude qui prédomine.

$\frac{u(\ell)}{\ell} =$ $\frac{u(a)}{a} =$ $\frac{u(D)}{D} =$

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

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

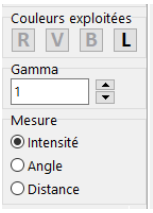
4. Calculer l'incertitude associée à la longueur d'onde.
5. En utilisant la fiche *Incertitudes*, indiquer si la valeur obtenue est compatible avec la valeur de référence indiquée sur le laser.

Pour aller plus loin…
Proposer une méthode pour estimer l'incertitude sur la longueur d'onde dans le cas de la méthode 4B.

3D. 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 expérimental, en vous mettant dans les mêmes conditions que lors de la partie 3A, 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, en l'estimant, 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 ?