

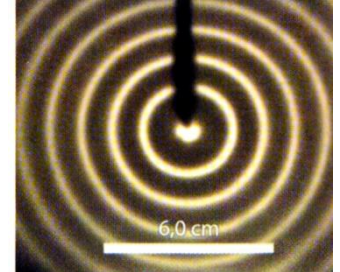


## Chapitre B2 – Diffraction des ondes



### 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 :
  - $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
  - $3,0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
  - $300\,000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$

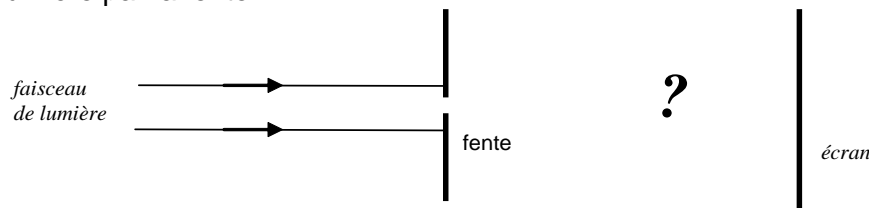


### Activité 1. Jusqu'où peut-on réduire un faisceau lumineux ? Et une vague ?

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

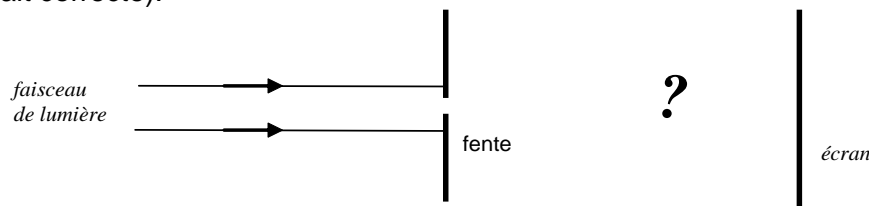
#### Prévision

- 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).



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

#### Pour des vagues à la surface de l'eau

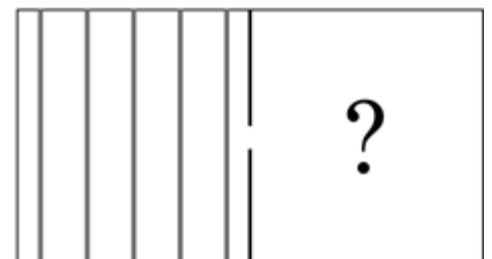
On pose maintenant dans une cuve à onde deux obstacles qui forment une ouverture, jouant le rôle de la fente de la situation précédente, comme schématisé dans la situation ci-contre vue de dessus.

#### Prévision

- 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.



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.

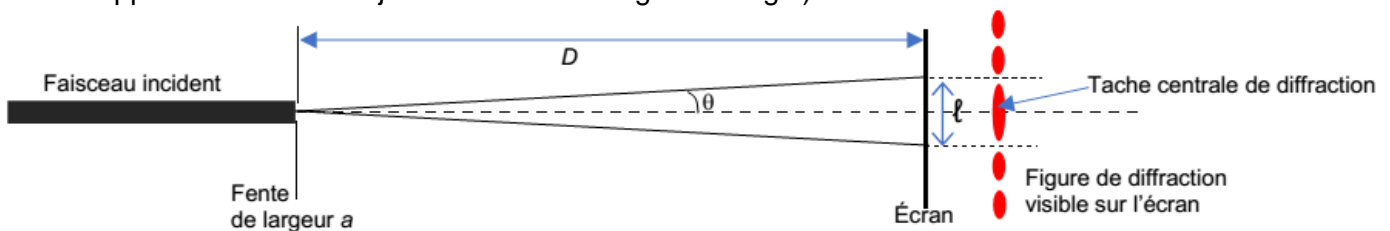
Dans la cuve à onde, lorsque la largeur de l'ouverture diminue, les vagues se propagent encore plus sur les côtés.

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  $\theta$ , 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  $\ell$  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 ( $\theta < 10^\circ$ ).  
En déduire l'expression de  $\ell$  en fonction de  $D$ ,  $a$  et  $\lambda$ .
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.

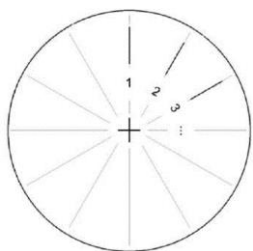
## Activité 3. À la recherche de la longueur d'onde...



### Problème à résoudre

En exploitant la diffraction, vous devez trouver 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.

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

Indiquer selon vous la mesure qui est la principale source


d'incertitude (parmi la distance  $D$ , la largeur  $a$ , la largeur de la tache  $\ell$ ) sur la détermination de la longueur d'onde.

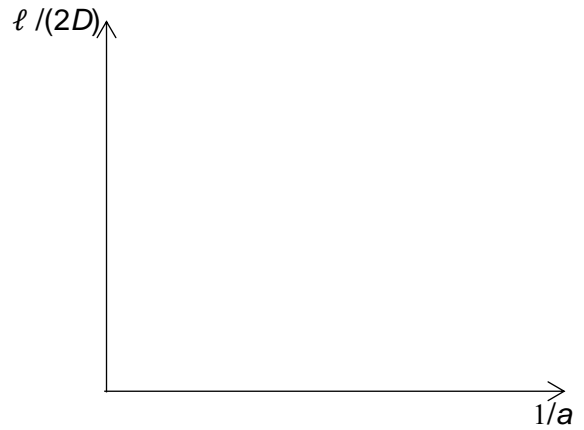
#### Largeur des fentes :

1 : 10 $\mu\text{m}$	2 : 20 $\mu\text{m}$
3 : 30 $\mu\text{m}$	4 : 40 $\mu\text{m}$
5 : 50 $\mu\text{m}$	6 : 70 $\mu\text{m}$
7 : 100 $\mu\text{m}$	8 : 150 $\mu\text{m}$
9 : 200 $\mu\text{m}$	10 : 300 $\mu\text{m}$
11 : 500 $\mu\text{m}$	12 : 700 $\mu\text{m}$

**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  $\ell / (2D)$  en fonction de  $1/a$ .

- D'après le modèle, indiquer ci-contre l'allure qu'on doit trouver pour la représentation graphique de  $\ell / (2D)$  en fonction de  $1/a$ .
- 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  $\ell$  et  $a$  (et leurs unités) puis saisir les valeurs.
  - Créer deux nouvelles grandeurs X et Y (en fonction de ce que vous devez tracer) avec le bouton  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 $\mu\text{m}$								
$\ell$ en .....								

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

**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 4.A). Pour ceci il faut d'abord estimer l'incertitude associée à chaque grandeur intervenant dans la détermination de  $\lambda$  :

- pour **a** (pas d'indication particulière du constructeur) :  $u(a) = 5 \mu\text{m} = 0,005 \text{ mm}$
  - pour **D**, on peut estimer l'incertitude-type à  $u(D) = 0,5 \text{ cm}$ .
  - pour  $\ell$  (on considèrera que l'incertitude est seulement due à la lecture sur l'écran) :  $u(\ell) = 1 \text{ mm}$ .
- Calculer en pourcentage les trois incertitudes relatives ci-dessous.

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

Y en a-t-il une qui prédomine ?

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

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

- Calculer l'incertitude associée à la longueur d'onde. La valeur obtenue associée à son incertitude vous paraît-elle en accord avec la valeur 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  $\ell$ , on peut... abandonner notre œil comme outil de mesure et le remplacer par un logiciel d'analyse d'image.

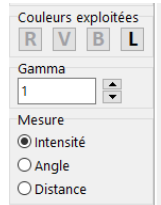
Sans rien changer au dispositif expérimental, en vous mettant dans les mêmes conditions que lors de la partie 3A, faites maintenant une photo de la figure obtenue. Récupérer, par mail par exemple, cette photo

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 ? Justifier votre réponse.