

Matériel :

- une cuve à onde
- deux sources de laser monochromatique (une pour la diffraction et une pour les interférences)
- séries de fils de diamètre variable
- fentes de young
- un écran; un régle;et;
- accès internet.

## I) le phénomène de diffraction

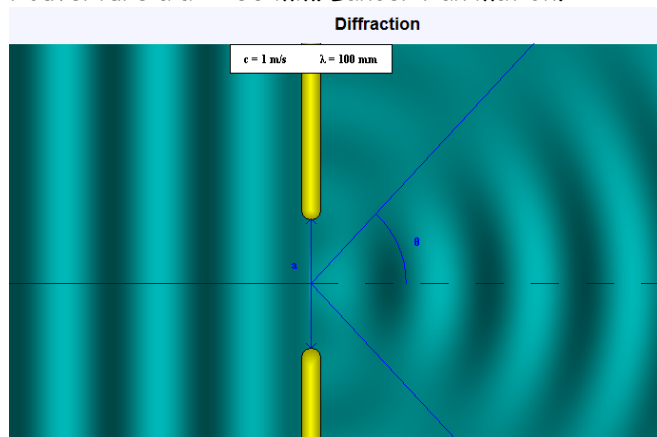
### 1) diffraction à la surface de l'eau

Expérience professeur: diffraction des ondes à la surface de l'eau avec la cuve à onde.

Clique sur l'animation suivante:

[diffraction des ondes à la surface de l'eau](#)

Régler la fréquence de ondes planes à  $f = 20$  Hz et l'ouverture à  $a = 100$  mm. Lancer l'animation.



Q1

- Que remarquez vous lorsque les ondes rectilignes traversent l'ouverture de largeur  $a$ ? Comment appelle-t-on ce phénomène?
- quelle est la valeur de la longueur d'onde? Calculer la valeur de la célérité  $v$  de l'onde à la surface de l'eau et la comparer à celle indiquée sur l'animation (qui est notée  $c$ ).
- quelles sont les paramètres de l'onde qui sont modifiées au cours du phénomène? Quels sont ceux qui ne sont pas modifié?

Q2 Faire varier la fréquence et la largeur de l'ouverture. Pour quelle valeur particulière de l'ouverture ' $a$ ' observe-t-on le mieux le phénomène?

Réponse:

Q1

- Les ondes rectilignes après obstacle se propagent dans toutes les directions; elles deviennent des ondes circulaires: ce phénomène est appelé la diffraction.

- $\lambda = 50$  mm;  $c = \lambda.f = 50 \times 10^{-3} \times 20 = 1,00 \text{ m.s}^{-1}$ ; résultat similaire à celui noté sur l'animation  $c = 1 \text{ m.s}^{-1}$  (nombre de chiffres significatifs différents)
- paramètres modifiés: la direction de propagation non modifié: la fréquence la longueur d'onde, la célérité

Q2 Pour observer au mieux le phénomène de diffraction il faut que  $a = \lambda$ .

### 2) diffraction lumineuse

Réaliser le montage expérimental décrit ci-dessous : Une source laser (monochromatique) éclaire un portoir sur lequel est fixé plusieurs fils de diamètre croissant. Un écran est placé à une distance  $D = 2$  m des fils (mesurer sa valeur exacte). Le laser sera placé à environ **10 cm** des fils.

Q3 Observer l'image sur l'écran dans les cas suivants:

- le laser ne rencontre aucun obstacle
  - le laser rencontre le fil de plus gros diamètre
  - le laser rencontre le fil de plus petit diamètre
- Noter vos observations et vos conclusions.

Q4 Pourquoi peut-on affirmer que la lumière est une onde?

Réponse:

Q3 Lorsque le laser ne rencontre aucun obstacle, on observe un point sur l'écran: la lumière du laser se propage en ligne droite. Lorsqu'il rencontre un fil la lumière ne se propage plus en ligne droite mais dans toutes les directions: ce phénomène est appelé la diffraction. La figure de diffraction est composée de taches lumineuses séparées par des zones sombres. La tache centrale est 2 fois plus grande que les taches latérales. Plus la taille de l'obstacle est importante plus la taille de la tâche centrale et des taches latérales sont petites.

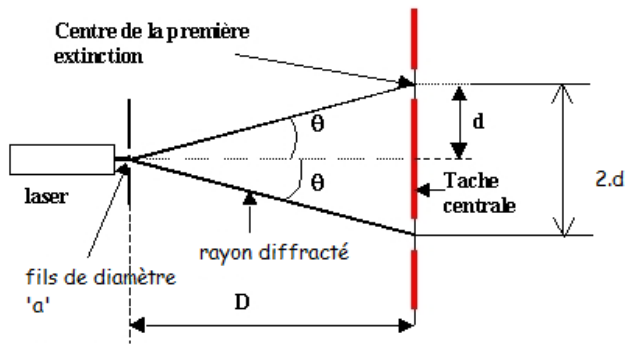
Q4 La lumière est une onde car, comme les ondes à la surface de l'eau, elle se diffracte.

## II) diffraction lumineuse: relation entre $\theta$ , $\lambda$ et $a$

### 1) étude expérimentale

On se propose de déterminer la relation entre la largeur des fils, la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation monochromatique produite par le laser et l'écart angulaire  $\theta$ .  $\theta$  est l'angle entre l'axe du laser et la droite reliant le fil du centre de la première extinction.

Pour des angles  $\theta$  (rad) faibles,  $\tan \theta \approx \theta$



Q1 Démontrer que l'angle  $\theta$  vaut:

$$\theta = \frac{d}{D}$$

Q2 Régler la distance à  $D = 1,90$  m. Mesurer pour chaque fil de diamètre 'a' la distance  $2.d$  (distance entre les deux premières extinctions). Les diamètres des fils sont indiqués sur le tableau ci dessous. Compléter le tableau de mesures. (à reproduire sur votre feuille) :

a ( $\mu$ m)	40	50	80	100	120	150
$1/a(m^{-1})$						
d(m)						
$\theta$ (rad) = d/D						

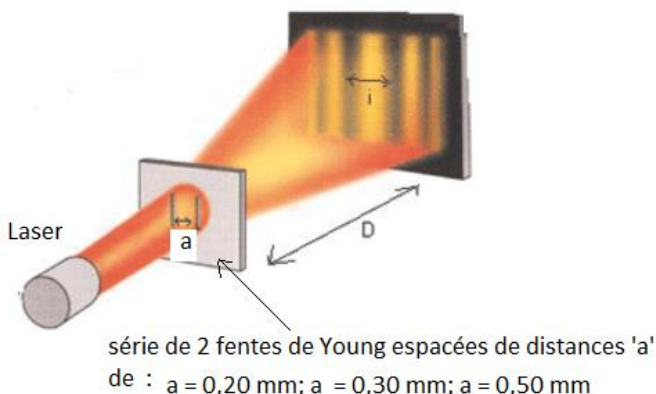
Q3 Tracer sur Excel la courbe  $\theta = f(1/a)$ . Si la courbe est une droite, calculer son coefficient directeur. Comparer ce coefficient avec la longueur d'onde du laser  $\lambda = 633$  nm. En déduire une relation entre  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $1/a$ .

Q4 Proposer une méthode pour déterminer expérimentalement le diamètre de votre cheveu. Réaliser l'expérience.

### III) phénomène d'interférences

#### 1) étude expérimentale

Placer le laser à dix centimètres environ du portoir sur lequel est placé les 4 fentes doubles de Young (série de 2 fentes verticales fines distante d'une longueur 'a'). Placer un écran à une distance de  $D = 3,0$  m des fentes de Young. L'écran sera placé sur la table voisine de la table sur laquelle est placée la source lumineuse. Les fentes doubles seront placées à 10 cm environ du laser.



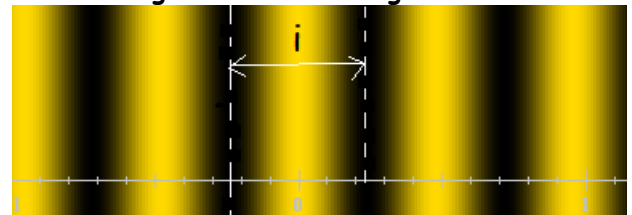
Q1. Mettre en marche le laser. Qu'observe-t-on sur l'écran ? Quels phénomènes met-on ainsi en évidence ?

Réponse: on observe deux phénomènes:

- une série de zones claires et sombres également espacées, ce phénomène est appelé le phénomène d'interférence
- la lumière ne se propage plus en ligne droite après les fentes de Young: phénomène de diffraction.

#### 2) relation entre l'interfrange 'i' et la distance a entre les fentes

La distance séparant deux franges sombres ou deux franges brillantes consécutives est appelée « interfrange ». L'interfrange est notée  $i$ .

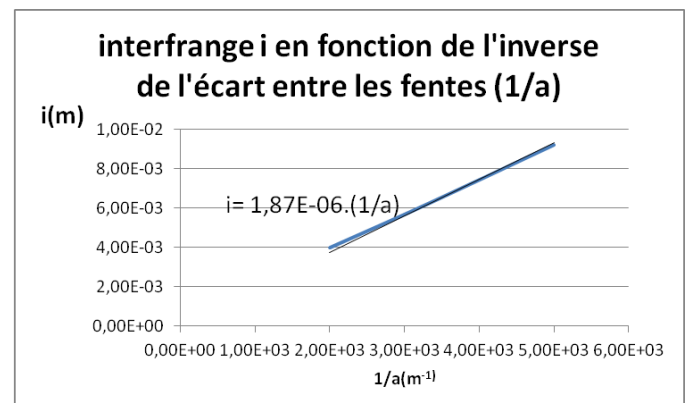


Q2 Mesurer pour différentes distances 'a' entre les deux fentes, la valeur de l'interfrange 'i' (pour plus de précision mesurer 6 fois la valeur de l'interfrange) A partir des valeurs obtenues, quelle courbe est-il judicieux de tracer pour déterminer la relation entre  $i$  et  $a$ ? Tracer cette courbe avec Excel et en déduire la relation entre  $i$  et  $a$ .

a(mm)	0,20	0,30	0,50
$1/a$ ( $m^{-1}$ )			
i(m)			

Réponse :

a(mm)	0,20	0,30	0,50
$1/a$ ( $m^{-1}$ )	$5,0 \times 10^3$	$3,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$
i(m)	$0,92 \times 10^{-2}$	$0,60 \times 10^{-2}$	$0,40 \times 10^{-2}$



#### 3) relation entre 'i', D, $\lambda$ et a

Cliquer sur l'animation [interférence](#) de Mr Gastebois et répondre aux questions suivantes:

Q3 Comment varie  $i$  en fonction de la distance  $D$  entre les fentes et l'écran ?

Comment varie  $i$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation ? En déduire, parmi les formules proposées, celle correspondant à l'expression de l'interfrange.

$$\mathbf{a)} i = \lambda \times a \times D; \quad \mathbf{b)} i = \lambda \times \frac{D}{a}; \quad \mathbf{c)} i = \lambda \times \frac{a}{D}; \quad \mathbf{d)} i = \frac{\lambda}{D \times a}$$

**Q4** Calculer la longueur d'onde du laser avec la formule trouvée dans la question Q3 et la relation trouvée dans la question Q2. La comparer avec la valeur fournie par le constructeur  $\lambda = 635 \text{ nm}$ .

**Q5** L'incertitude sur la valeur de  $\lambda$  est donnée par la formule:

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

Calculer l'incertitude sur la valeur de la longueur d'onde à partir des valeurs suivantes:

$$a = 0,20 \text{ mm et } \Delta a = 0,01 \text{ mm}$$

$$\Delta D = 2,0 \text{ cm et } D = 3,0 \text{ m}$$

$$i = 9,2 \text{ mm et } \Delta i = 0,3 \text{ mm}$$

**En déduire un encadrement sur la valeur de  $\lambda$  et vérifier que la valeur théorique  $\lambda = 635 \text{ nm}$  est comprise dans cet encadrement.**

### Réponse

Q3

$i$  augmente quand  $\lambda$  et  $D$  augmente (et diminue quand  $a$  augmente)

$$i = \lambda \times \frac{D}{a}$$

Q4

$$i = 1,87 \times 10^{-6} \cdot \frac{1}{a} = \frac{\lambda \cdot D}{a} \Rightarrow$$

$$- \lambda \cdot D = 1,87 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\lambda = \frac{1,87 \times 10^{-6}}{3,0} = 6,2 \times 10^{-7} \text{ m} = 620 \text{ nm}$$

Q5

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

$$U(\lambda) = 620 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,01}{0,20}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{9,2}\right)^2 + \left(\frac{0,020}{3,0}\right)^2} = 37 \text{ nm}$$

L'encadrement sur la longueur d'onde trouvée est:

$$\lambda = 620 \text{ nm} \quad +/_- 37 \text{ nm}$$

La valeur théorique  $\lambda = 635 \text{ nm}$  est comprise dans l'intervalle, l'étude expérimentale est satisfaisante.

### Programme officiel

Observer: ondes et matière

Les ondes et les particules sont supports d'informations.

Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ?

Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ?

notions et contenus	compétences exigibles
Caractéristiques des ondes progressives. Grandeurs physiques associées. Retard.	Définir une onde progressive à une dimension. Connaître et exploiter la relation entre retard, distance et vitesse de propagation (célérité). Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier qualitativement et quantitativement un phénomène de propagation d'une onde.
Ondes progressives périodiques, ondes sinusoïdales.	Définir, pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence et la longueur d'onde. Connaître et exploiter la relation entre la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité. Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la période, la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale.