

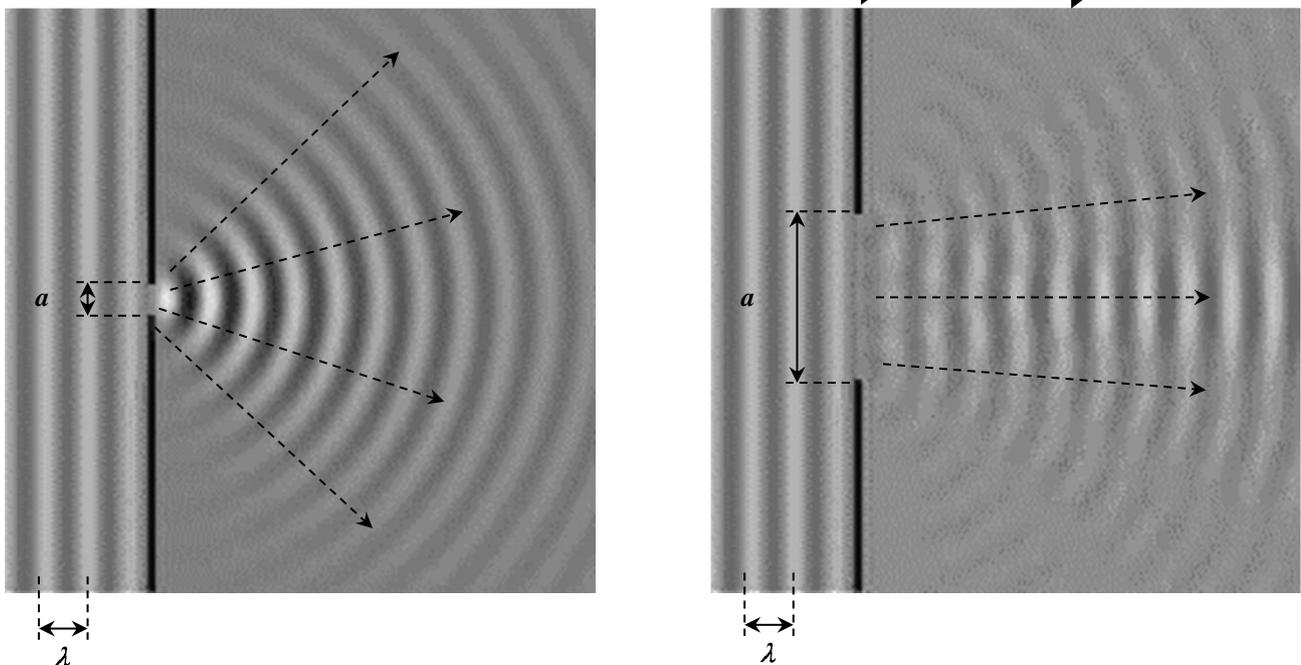
- Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes.
- Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture.
- Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes.
- Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène.
- Prévoir les lieux d'interférences constructives et les lieux d'interférences destructives dans le cas des trous d'Young, l'expression linéarisée de la différence de chemin optique étant donnée. Établir l'expression de l'interfrange.

**Chapitre 3**  
**Propriétés des ondes**

**I. La diffraction**

**I.1 Définition**

↓ *Figure 1 : Figures de diffraction sur une cuve à onde*



On remarque que pour une **ouverture  $a$**  petite, l'onde rectiligne incidente génère une onde circulaire. L'onde diffractée ne se propage plus uniquement dans la direction initiale. C'est le **phénomène de diffraction**

**La diffraction est nettement observée si la taille de l'ouverture est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, ou inférieure.**

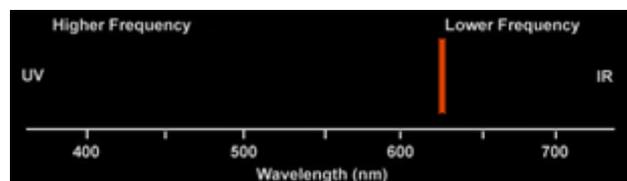
Toute onde, **électromagnétique ou mécanique**, subit le phénomène de diffraction. **La diffraction est une signature de la nature ondulatoire d'un phénomène.**

**I.2 Diffraction d'une lumière monochromatique**

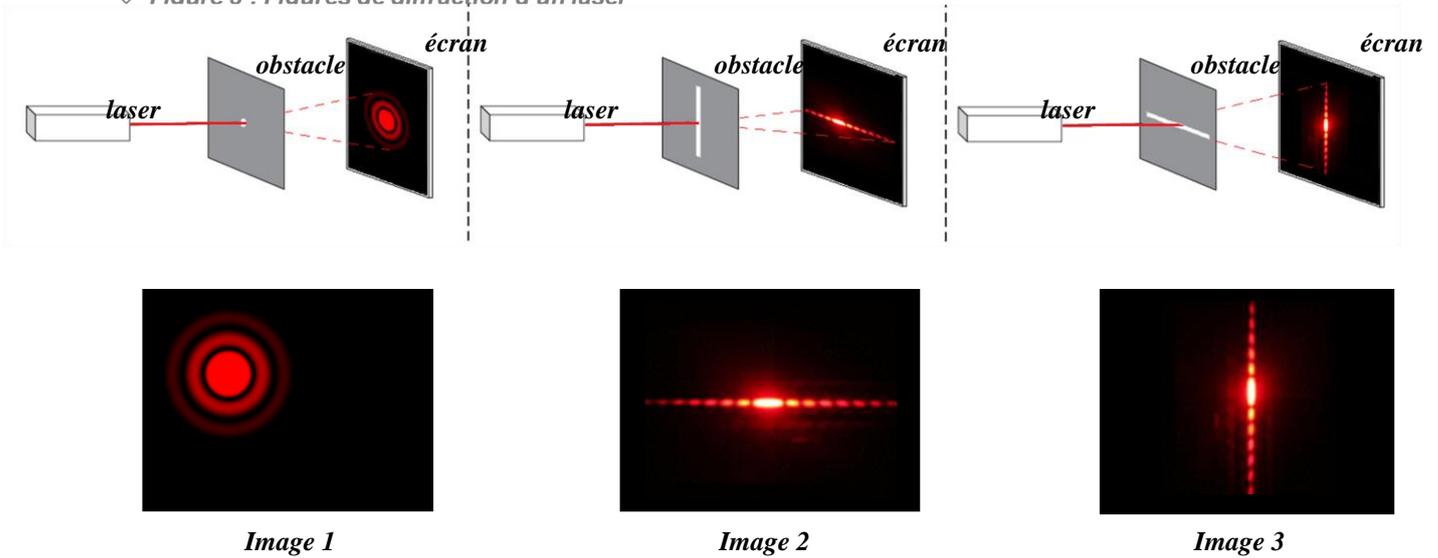
**Une lumière est dite monochromatique si elle est constituée de rayons de même longueur d'onde.**

Ex : Laser

Figure 2 ⇒  
Spectre d'un laser



↓ **Figure 3 : Figures de diffraction d'un laser**



La figure de diffraction dépend de l'obstacle :

- Pour un trou circulaire, on observe une tache circulaire avec des anneaux concentriques (image 1)
- Pour une fente verticale, on observe un étalement horizontal de taches (image 2)
- Pour une fente horizontale, on observe un étalement vertical de taches (image 3)

**Dans le cas de la diffraction d'un laser de longueur d'onde  $\lambda$  par une fente de largeur  $a$  ou par un fil de diamètre  $a$ , l'écart angulaire de diffraction  $\theta$  a pour expression :**

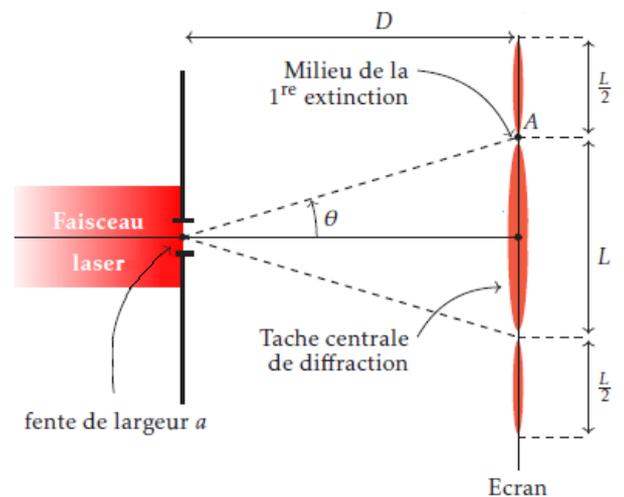
$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

$\theta$  en radian (rad)  
 $\lambda$  en m  
 $a$  en m

**D'après cette expression, on voit que la longueur de la tache centrale augmente si :**

- La longueur d'onde du laser incident augmente.
- L'ouverture  $a$  de la fente diminue.

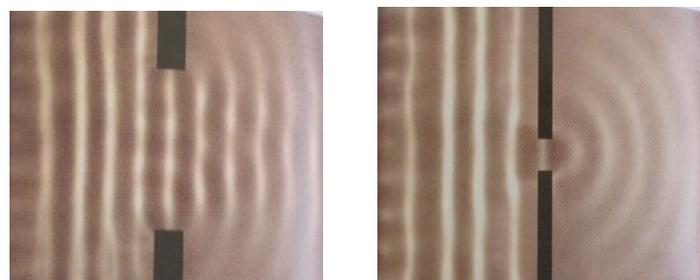
↓ **Figure 4: L'écart angulaire  $\theta$**



**Exercice 1 : Phénomène de diffraction**

**Doc 1 : Onde à la surface de l'eau :**

- (1) à travers une fente de largeur 5,0cm.
- (2) à travers une fente de largeur 1,0cm



- 1- Doc 1 : Quelle expérience présente une figure de diffraction ?
- 2- Comment définiriez vous la diffraction ?
- 3- Dans quelles conditions observe-t-on le phénomène de diffraction ?
- 4- Que pouvez-vous dire de la longueur d'onde de l'onde avant et après diffraction ? A votre avis, quand est-il de la fréquence ?

## Exercice 2 : Diffraction du son

Deux ondes sonores de fréquences 20 Hz et 20kHz pénètrent dans une pièce à travers l'ouverture d'une fenêtre de largeur 50cm.

La célérité des ondes sonores est  $c=340\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Laquelle de ces ondes ne pourra être entendue que par personne en face de la fenêtre ?

## Exercice 3 : Diffraction d'une onde lumineuse :

1- A l'aide des documents, décrire l'influence des paramètres suivants sur la figure de diffraction : (justifier votre réponse).

- La largeur  $a$  de l'ouverture
- La longueur d'onde  $\lambda$

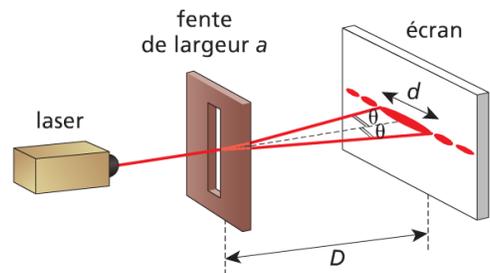
La demi-ouverture angulaire  $\theta$  (en radian) de la tache centrale de diffraction définie dans le document 2, vérifie la relation :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$

2- Etablir la relation donnant la largeur de la tache centrale. (En

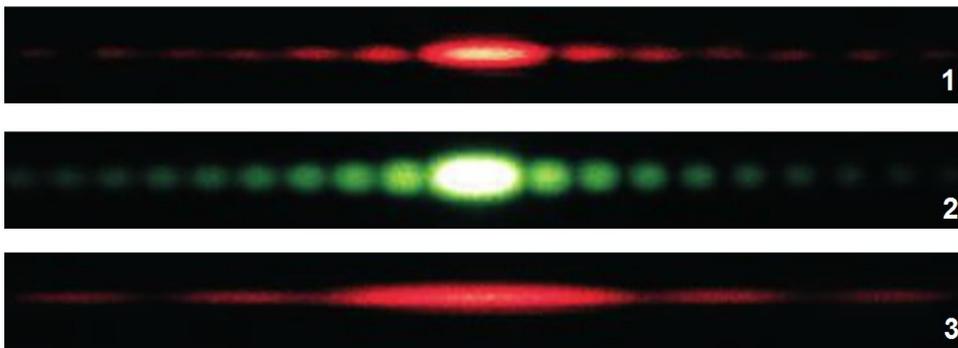
vous souvenant que si un angle  $\Theta$  est petit alors :  $\tan\Theta \approx \Theta$ ).

3- En déduire la longueur d'onde du laser vert du doc1.

4- Déterminer la largeur de la fente utilisée lors de l'expérience 3 du document 1.



Doc 2 : Diffraction de la lumière à travers une fente ( $D = 3,0 \text{ m}$ )



Doc 3 : Figures de diffraction obtenues avec

- (1) un laser rouge ( $\lambda=650 \text{ nm}$ ) et une fente de largeur  $a = 280 \mu\text{m}$ .
- (2) un laser vert et une fente de largeur  $a = 280 \mu\text{m}$ .
- (3) un laser rouge ( $\lambda=650 \text{ nm}$ ) et une fente de largeur  $a < 280 \mu\text{m}$

Echelle : 1cm sur la photo représente 1,2 cm dans la réalité.

## II. Les interférences

### II.1 Définition

Lorsque deux ondes se croisent, leurs amplitudes s'additionnent algébriquement.

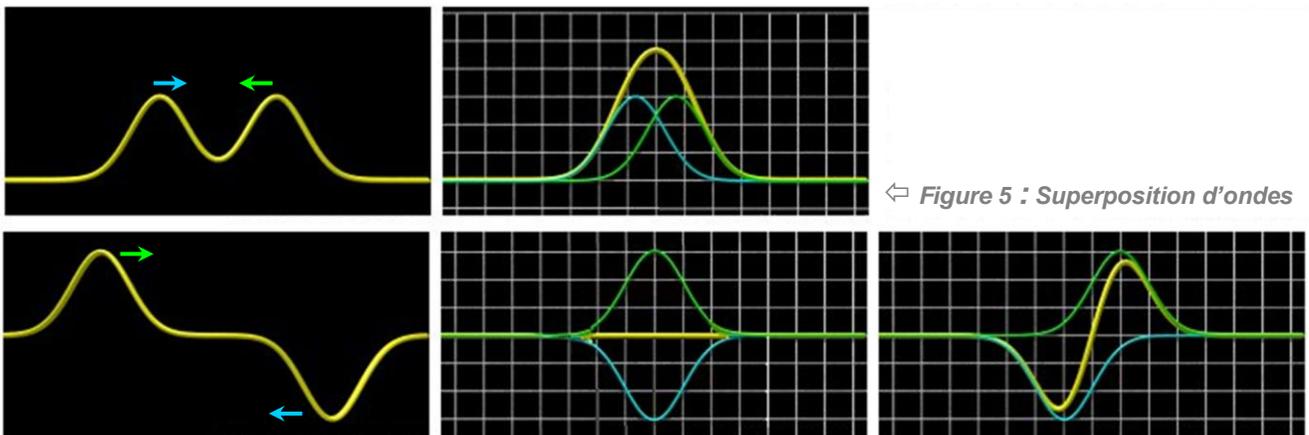


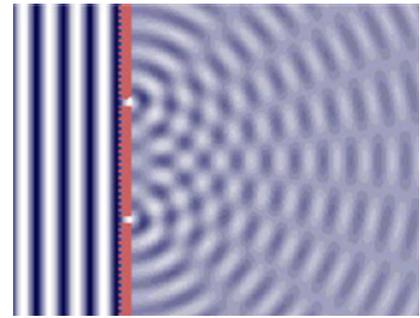
Figure 5 : Superposition d'ondes

Après s'être croisées, les deux perturbations continuent sur leur lancée sans être modifiées.

**Deux ondes de même fréquence qui se superposent peuvent interférer** (s'additionnent). **On observe alors des figures d'interférences.**

Une **figure d'interférences est stable** si les sources sont **cohérentes**.

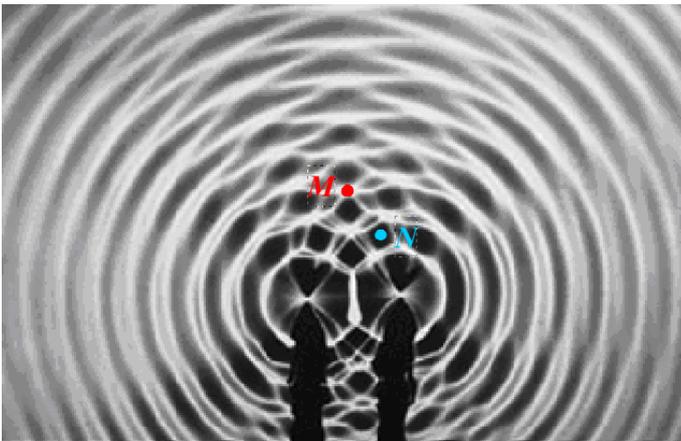
**Deux sources sont cohérentes si elles émettent des ondes sinusoïdales de même fréquence et si le retard de l'une par rapport à l'autre ne varie pas : elles gardent alors un déphasage constant.**



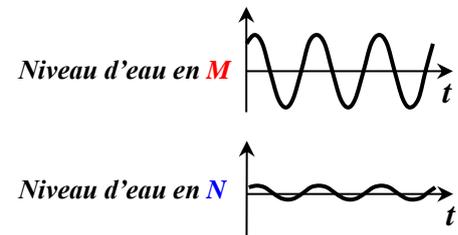
↑ Figure 6 :

*Interférences créées par deux sources cohérentes*

L'élongation résultante en un point est la somme des élongations des deux ondes en ce point (figure 12)



↑ Figure 7



Lorsque les deux ondes arrivent en **phase** en un point, les interférences sont **constructives** (Point **M**)

Lorsque les deux ondes arrivent en **opposition de phase** en un point, les interférences sont **destructives** (Point **N**)

## II.2 Interférence en lumière monochromatique

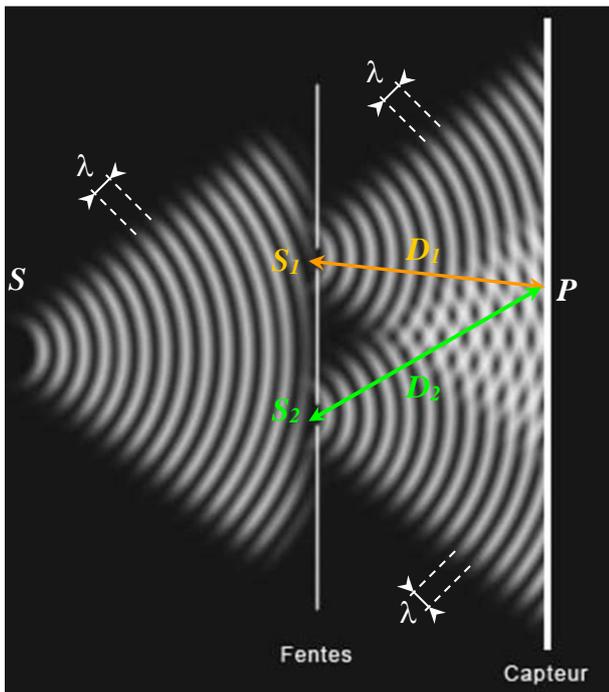
Lorsqu'on fait passer une lumière monochromatique par **une fente étroite**, on observe une **figure de diffraction**.

Si on fait passer cette lumière par **deux fentes**, on observe une **figure d'interférence**.



↑ Figure 8: *Interférence et diffraction*

La source **S** éclaire deux fentes **S<sub>1</sub>** et **S<sub>2</sub>**. Ces fentes diffracte la lumière et se comporte comme **deux sources divergentes cohérentes**.



↑ Figure 9: Différence de marche

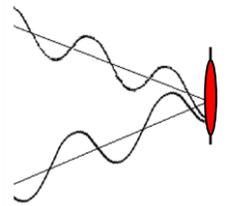
Pour chaque point P du capteur ou de l'écran, la **différence de marche**  $\delta$  des deux ondes incidentes s'écrit :

$$\delta = D_1 - D_2$$

- si  $\delta$  est tel que :  $\delta = k\lambda$

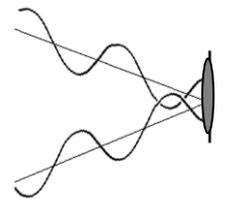
avec  $k$  un entier relatif.

alors au point P l'interférence est constructive car les deux ondes arrivent en phase. Le point P est donc lumineux.

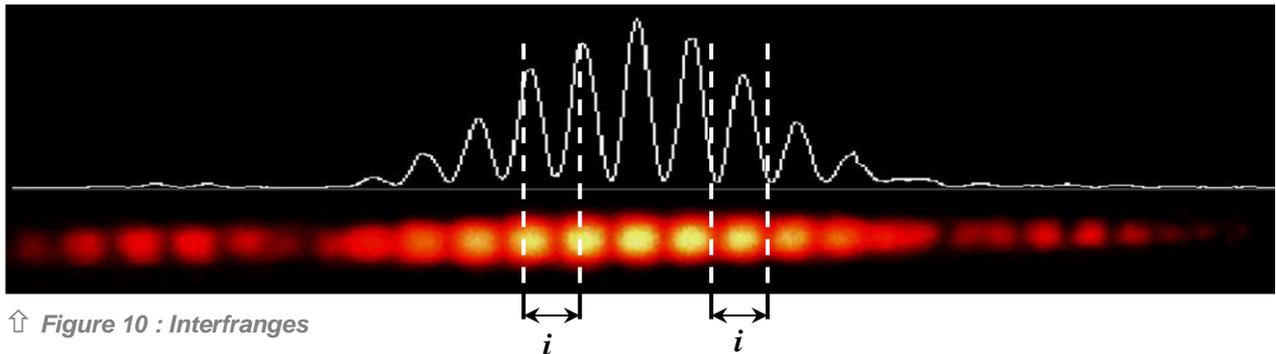


- si  $\delta$  est tel que :  $\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$

alors au point P l'interférence est destructive car les deux ondes arrivent en opposition de phase. Le point P est donc sombre.



Ainsi, on observe sur l'écran une succession de franges équidistantes alternativement sombres et brillantes.



↑ Figure 10 : Interfranges

**L'interfrange  $i$  est la distance séparant deux franges brillantes ou deux franges sombres.**

La valeur de l'interfrange est donnée par la relation :

$$i = \frac{\lambda D}{b}$$

$$\begin{array}{l} D \text{ en } m \\ b = S_1S_2 \text{ en } m \\ \lambda \text{ en } m \\ i \text{ en } m \end{array}$$

### Exercice : Détermination d'une interfrange.

On utilise comme source une diode laser émettant une radiation de longueur d'onde  $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$ . Une plaque, percée de deux trous d'Young distants de  $b = 0,20 \text{ mm}$  et de même diamètre, est placée à une distance  $D = 2,0 \text{ m}$  de l'écran.

1. Quelles sont les conditions nécessaires pour observer le phénomène d'interférences ?
2. Au point O, la frange est-elle brillante ou sombre ? Justifier.
3. Par analyse dimensionnelle, choisir la bonne expression de la différence de chemin optique  $\Delta L$  en un point P parmi les suivantes :

$$(1) \Delta L = \frac{x_p \times b}{D}$$

$$(2) \Delta L = x_p \times b \times D$$

$$(3) \Delta L = \frac{x_p}{b \times D}$$

4. A partir du résultat de la question 3, déterminer l'expression de l'interfrange  $i$ , puis le calculer.
5. En un point P d'abscisse  $9,8 \text{ mm}$ , observe-t-on une frange brillante ou une frange sombre ?

