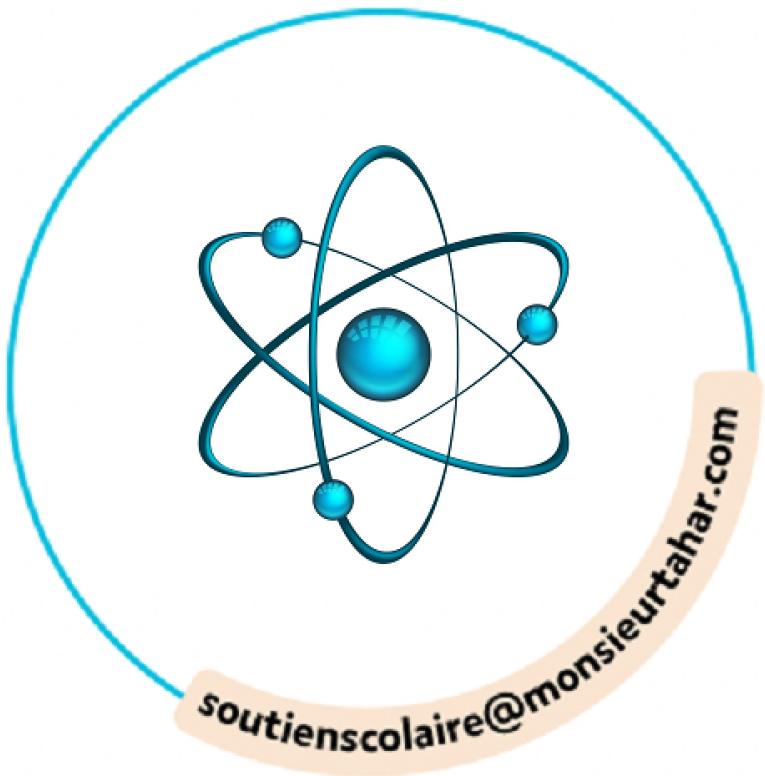


# **PHYSIQUE-CHIMIE**



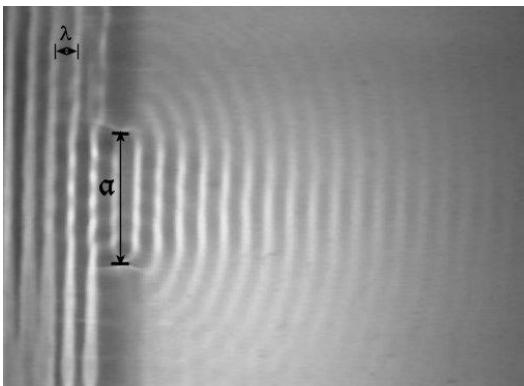
## **CHAPITRE 16**

## I. LA DIFFRACTION DES ONDES MECANIQUES:

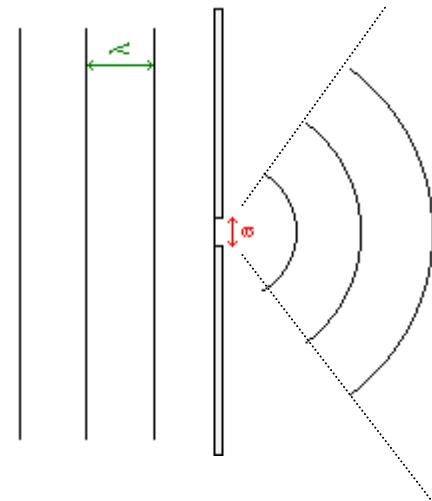
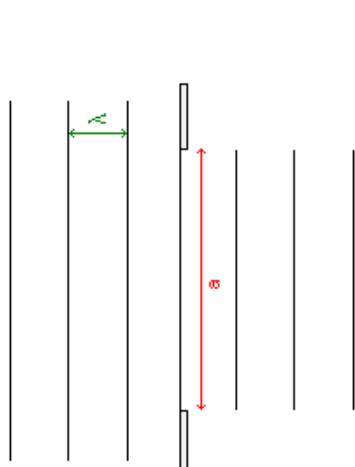
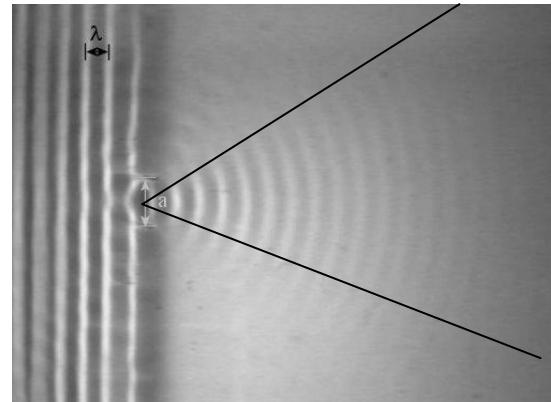
### 1) Ondes rectilignes

Soit une onde plane rectiligne périodique rencontrant un obstacle ou une ouverture.

Cas n°1  
L'ouverture est de grande taille par rapport à la longueur d'onde  
 $a \gg \lambda$



Cas n°2  
L'ouverture est de petite taille par rapport à la longueur d'onde  
 $a < \lambda$

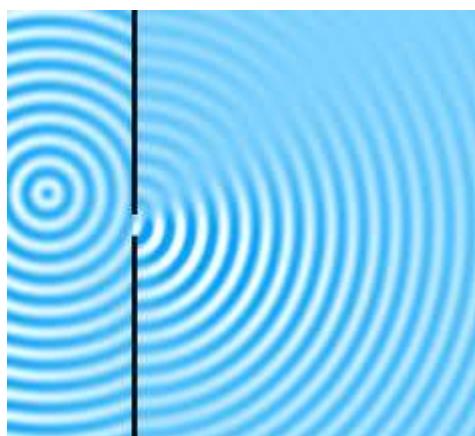


Dans le cas n°2, l'onde change de direction et de comportement sans changement de longueur d'onde: elle est diffractée, le phénomène mis en évidence s'appelle la diffraction.

### 2) Ondes circulaires

## 2) Ondes circulaires

Soit une onde circulaire progressive à la surface de l'eau rencontrant une fente.



Lorsqu'une onde circulaire est diffractée, la nature de l'onde ne change pas. (elle reste circulaire). Par contre, la fente se comporte comme une source qui émettrait des ondes circulaires. La longueur d'onde reste la même.

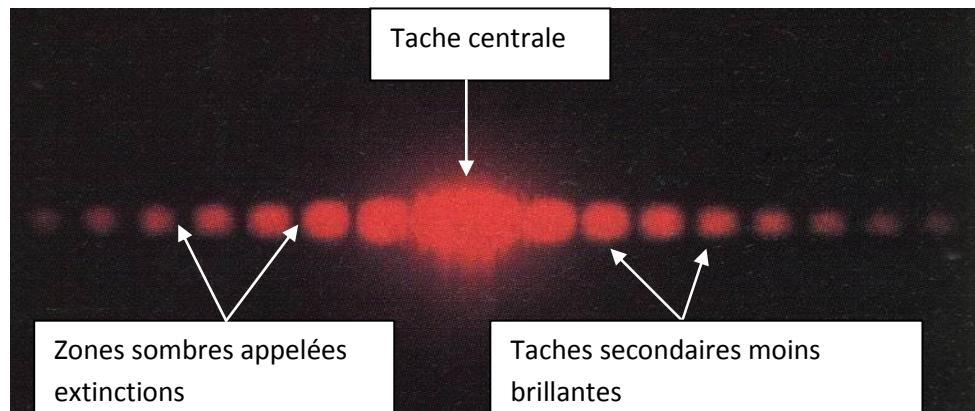
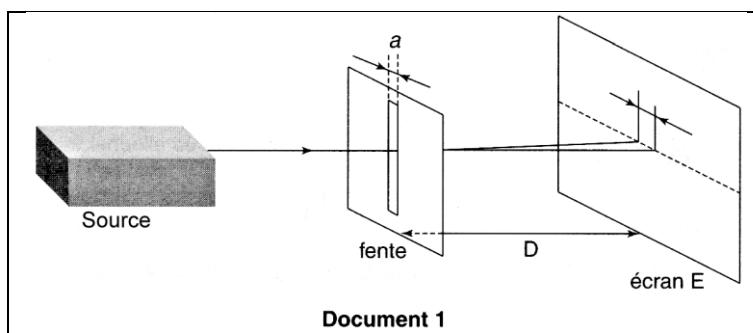
La diffraction est observée lorsque la dimension  $a$  de l'ouverture ou de l'obstacle est inférieure à la longueur d'onde  $\lambda$ .

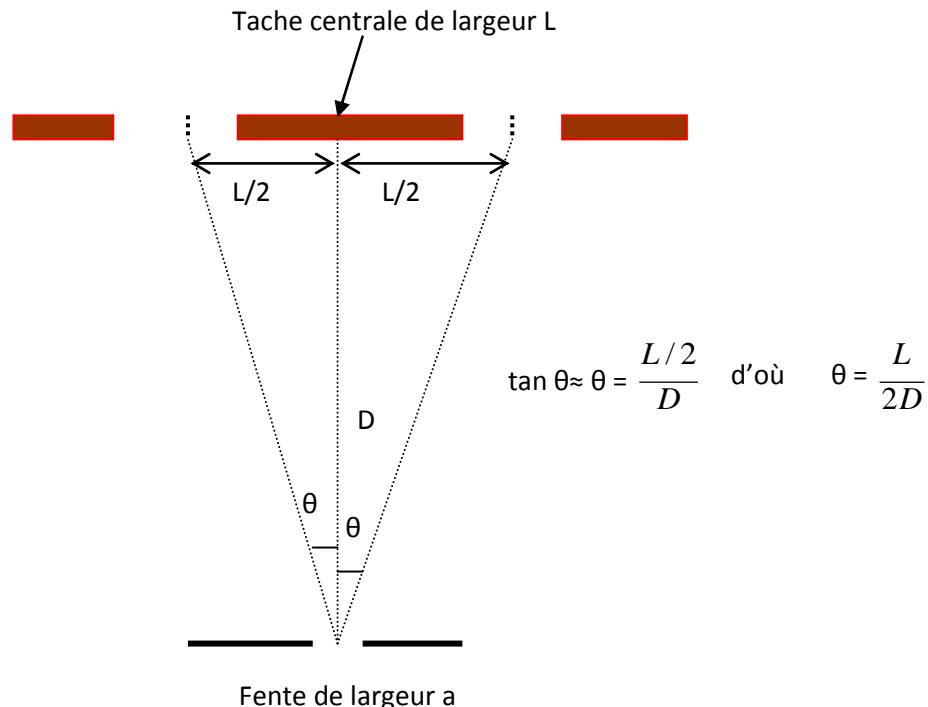
Diffraction pour les ondes mécaniques à condition que  $a < \lambda$

Plus la largeur de l'ouverture est petite, plus le phénomène de diffraction est marqué.

## II. LA DIFFRACTION DES ONDES LUMINEUSES:

Lorsqu'on éclaire une fente de largeur  $a$  à l'aide d'un laser de longueur d'onde  $\lambda$ , une partie de cette lumière atteint une zone qui aurait été dans l'ombre. C'est le phénomène de diffraction. On observe une figure de diffraction, composée d'une tache centrale et de tache latérales, séparées par des zones d'extinction.





**On admet** que lorsqu'un faisceau de lumière de longueur d'onde  $\lambda$  traverse une **fente** de largeur  $a$ , le demi diamètre  $\theta$  est donnée par la formule :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \theta \text{ s'exprime en radian, } \lambda \text{ et } a \text{ en mètre.}$$

L'angle  $\theta$  mesure en fait la divergence du faisceau.

On peut donc de ces 2 relations déduire la largeur de la tache centrale en fonction de  $D$ ,  $\theta$  et  $\lambda$ .

$$L = \frac{2D\lambda}{a} \quad (\text{relation à ne pas connaître....mais savoir l'établir}).$$

$L$  est proportionnelle à la longueur d'onde

$L$  est proportionnelle à la distance fente écran.

$L$  est inversement proportionnelle à la largeur de la fente ou proportionnelle à  $1/a$

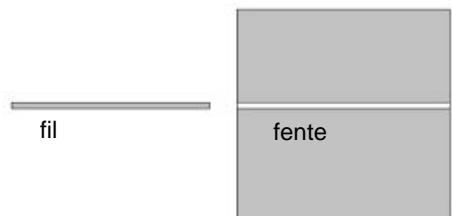
#### Remarque importante :

Le critère d'observation d'onde diffractée ( $a < \lambda$ ) est moins restrictif pour les ondes lumineuses. Le phénomène de diffraction est bien apparent avec des ouvertures ou des obstacles de dimensions jusqu'à 100 fois supérieure à la longueur d'onde.

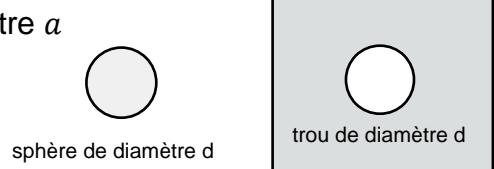
## Théorème de Babinet

Deux objets sont complémentaires si les parties opaques de l'une correspondent à des parties transparentes de l'autre et inversement. Les figures de diffraction de deux objets complémentaires sont identiques.

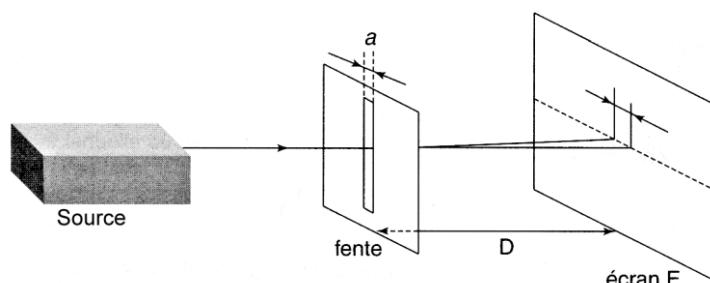
Par exemple, la figure de diffraction d'un fil de diamètre  $a$  est identique à celle d'une fente de largeur  $a$ .



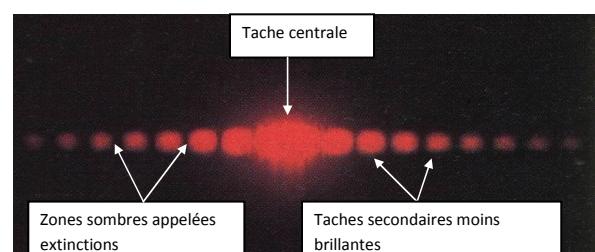
Par exemple, la figure de diffraction d'une sphère de diamètre  $a$  est identique à celle d'un trou de diamètre  $a$ .



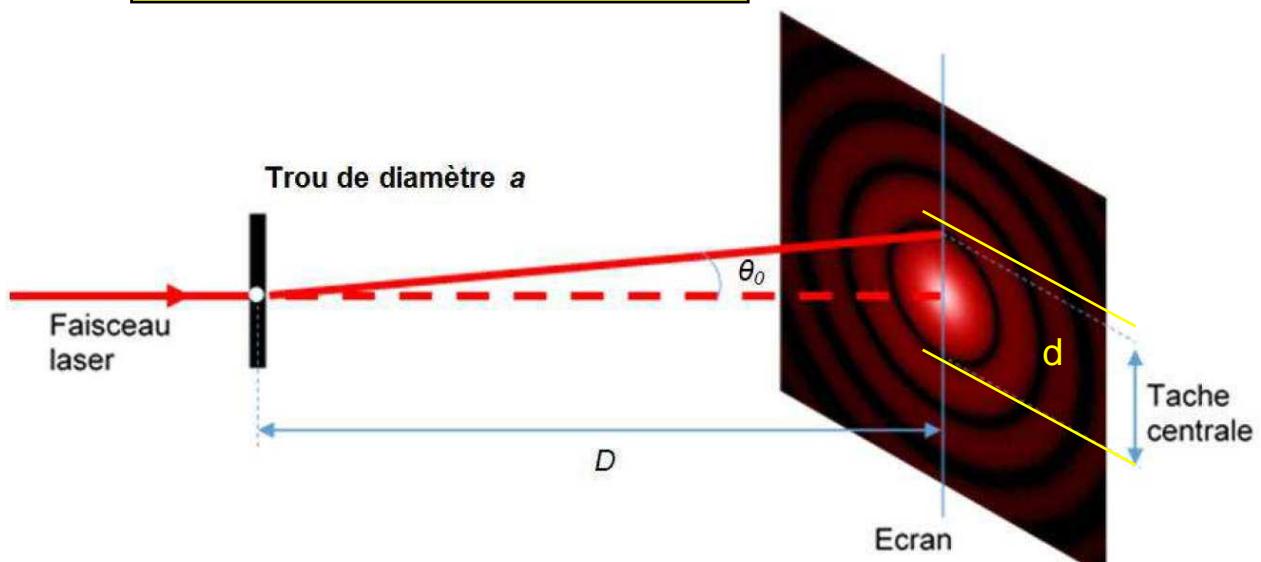
### DIFFRACTION PAR UNE FENTE OU UN FIL



Document 1



### DIFFRACTION PAR UN TROU OU UNE SPHERE



La figure de diffraction obtenue par un trou circulaire est constituée de cercles concentriques alternativement brillants et sombres avec :

$$\tan \theta \approx \theta = \frac{d/2}{D} = \frac{d}{2D}$$

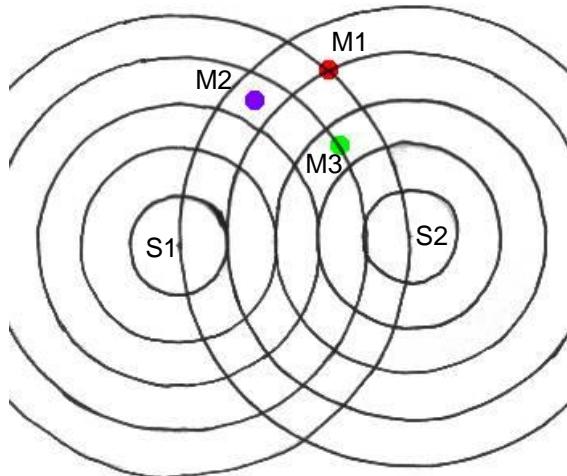
$$\theta_0 = \frac{1,22 \cdot \lambda}{a}$$

d'où

$$L = 2 \cdot \frac{1,22 \cdot \lambda D}{a}$$

### III. LE PHENOMENE D'INTERFERENCE:

#### 1) Interférences des ondes mécaniques



Sur la figure, on voit deux systèmes de cercles concentriques : ils représentent les crêtes des vagues créées à la surface de l'eau par deux sources de même fréquence . Chaque trait noir représentant le sommet, entre deux traits noirs, on a en fait un creux.

Si on mettait un bouchon au **point rouge** M1 , les crêtes créées par les deux cailloux y arriveraient en même temps : les ondes se renforcent l'une l'autre, et on y aurait une onde deux fois plus grande.

Au **point vert** M3 par contre, c'est un creux venant de droite et un sommet venant de gauche qui se rencontrent. Le bouchon n'y bougerait pratiquement pas : les deux ondes s'annulent en ce point.

Au **point violet** M2 , pour finir, on aurait là encore une onde deux fois plus forte : dans la configuration du dessin, deux creux coïncident, mais cela signifie que les crêtes y arriveraient aussi en même temps.

Considérons 2 sources cohérentes S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> et un point du milieu de propagation noté P. les 2 ondes issue des sources arrivent en P. L'une a parcouru une distance S<sub>1</sub>P, l'autre une distance S<sub>2</sub>P.

On appelle **différence de marche** la **différence entre S<sub>2</sub>P et S<sub>1</sub>P** . elle est notée  $\delta$ .

$$\delta = S_2P - S_1P$$

$$\delta = S_1M_1 - S_2M_1 = 5\lambda - 4\lambda = 1\lambda = n\lambda$$

$\delta = n.\lambda \Rightarrow$  amplitude maximale

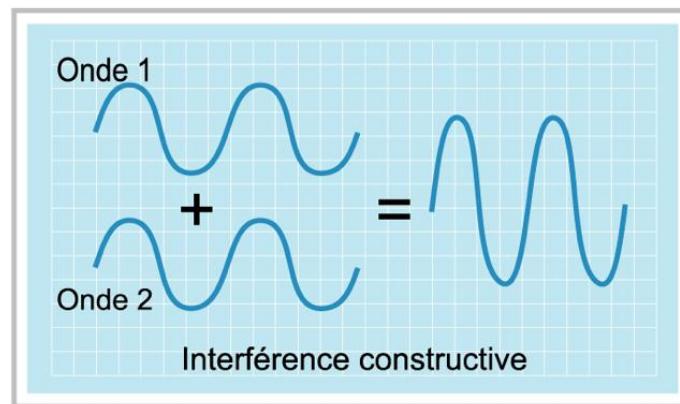
$$\delta = S_2M_2 - S_1M_2 = 4,5\lambda - 3,5\lambda = 1\lambda = n\lambda$$

$$\delta = S_1M_3 - S_2M_3 = 4\lambda - 2,5\lambda = 1,5\lambda = (1 + 1/2)\lambda = (n + 1/2)\lambda$$

$$\delta = (n + \frac{1}{2}).\lambda \Rightarrow \text{amplitude nulle}$$

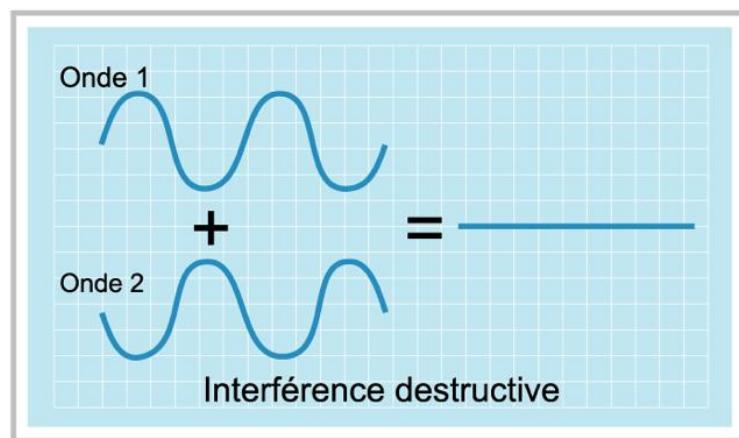
Si la différence de marche est égale à un nombre entier de longueur d'onde les 2 ondes qui vont arriver en P seront en phase. Les 2 ondes ont des amplitudes maximales en même temps, ce qui rend leur somme maximale: on dit alors que l'interférence est constructive.

$$si \delta = S_2 P - S_1 P = n \cdot \lambda \Rightarrow \text{interférence constructive}$$



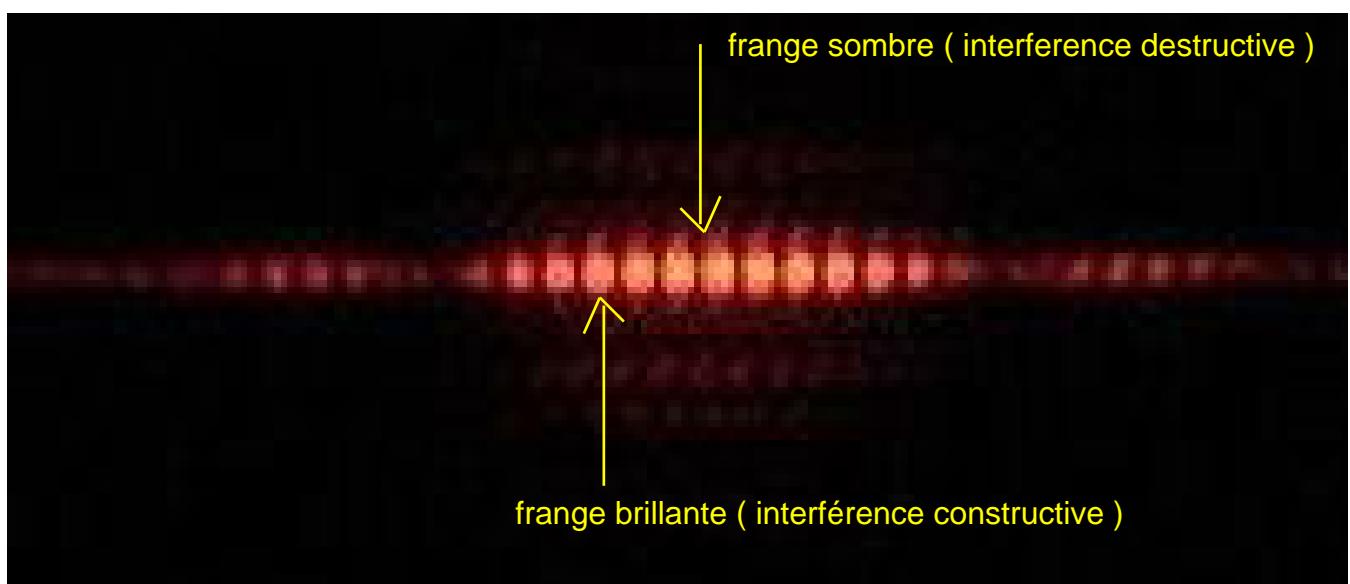
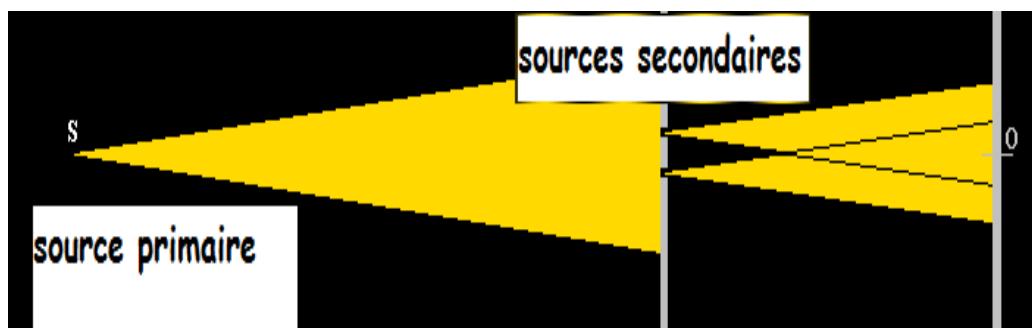
Par contre lorsque la différence de marche vaut ( $1/2, 3/2, 5/2\dots$  longueur d'onde) alors les 2 signaux arrivant au point P sont en opposition de phase. La somme de ces 2 ondes est égale à 0. On dit alors que l'interférence est destructive.

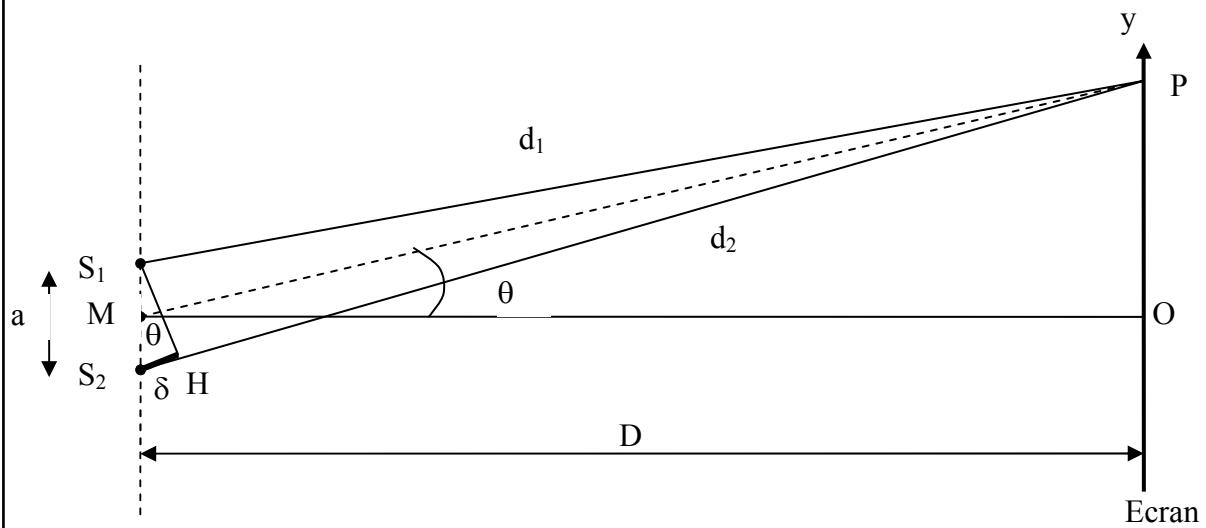
$$si \delta = S_2 P - S_1 P = (n + \frac{1}{2}) \cdot \lambda \Rightarrow \text{interférence destructive}$$



## 2) Interférences des ondes lumineuses

On éclaire avec une source principale 2 ouvertures de largeur  $a$ . Celles ci envoient à leur tour de la lumière vers un écran. Ces 2 sources appelées sources secondaires ont la même fréquence et vibrent en phase. On dit qu'il s'agit de **sources synchrones**. On observe une **figure d'interférence** composée de zones lumineuses et de zones noires (absence de lumière).





Soit :  $\delta = d_2 - d_1$ , la différence de marche entre les 2 rayons

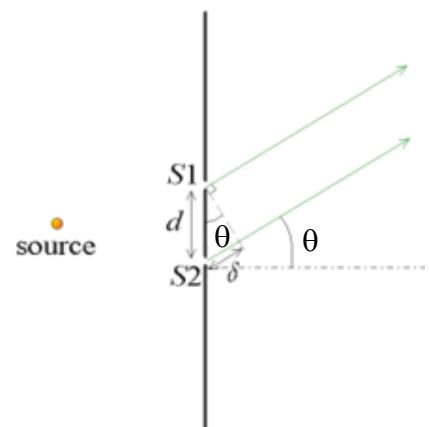
Soit  $a$  la distance séparant  $S_1$  et  $S_2$ , et  $D$  la distance séparant le plan  $S_1S_2$  du plan  $P$  (écran) sur lequel on observe les franges.

Dans le triangle  $S_1S_2H$  :  $\sin \theta = S_2H/S_1S_2 = \delta/a$

Dans le triangle  $MOP$  :  $\tan \theta = OP/OM = y/D$

L'angle  $\theta$  est très faible car  $D \gg a$ . Dans ce cas,  $\sin \theta \approx \tan \theta$  ; on en déduit :

$$\delta = ay/D$$



En  $P$ , la différence de marche  $\delta$  entre les 2 rayons vaut :  $\delta = a y/D$

Si :  $\delta = k\lambda$ , il y a **interférences constructives** et on observe des franges brillantes pour :

$$y = k \lambda D/a \quad k \in \mathbb{Z}$$

Il y a une frange brillante pour :  $y_0 = 0$ , c'est à dire sur l'axe optique du système.

$$y_1 = \lambda D/a$$

$$y_2 = 2 \lambda D/a$$

$$y_3 = 3 \lambda D/a \quad \dots$$

La distance entre 2 franges brillantes est appelée interfrange  $i$  ;  $i = \lambda D/a$

Si :  $\delta = (2k + 1)\lambda/2$ , il y a **interférences destructives** et on observe des franges sombres pour :

$$y = (2k + 1) \lambda D/2a$$

$$y'_0 = \lambda D/2a$$

$$y'_1 = 3 \lambda D/2a$$

$$y'_2 = 5 \lambda D/2a$$

La distance entre 2 franges sombres est encore égale à :  $i = \lambda D/a$

**De façon générale, l'interfrange  $i$  correspond à la distance séparant 2 franges brillantes ou 2 franges sombres :  $i = \lambda D/a$**

Lors des interférences lumineuses, la distance séparant deux milieux de zones d'ombres consécutives est appelée interfrange  $i$ . La valeur de l'interfrange  $i$  vaut:

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

D: distance (m) entre les sources secondaires et l'écran

b: distance(m) entre les 2 sources secondaires

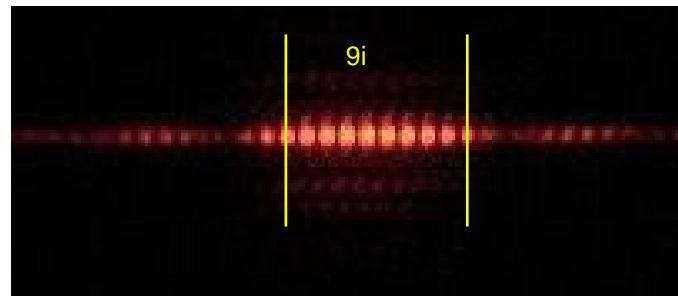
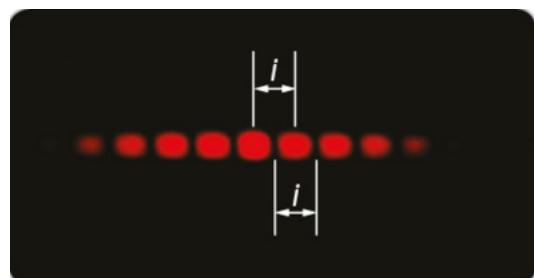
$\lambda$ : longueur d'onde (m) de la radiation monochromatique

$i$ : interfrange, distance (m) entre 2 milieux consécutifs de zones d'ombre.

$i$  est proportionnelle à la longueur d'onde

$i$  est proportionnelle à la distance bifente écran.

$i$  est inversement proportionnelle à l'écartement b des fentes ou proportionnelle à  $1/b$



Pour déterminer l'interfrange, on mesure plusieurs  $i$  et on en déduit  $i$ .