

Les interférences lumineuses

I. Mise en évidence :

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Ondes/cuve_ondes/interference_ondes_circulaires.html

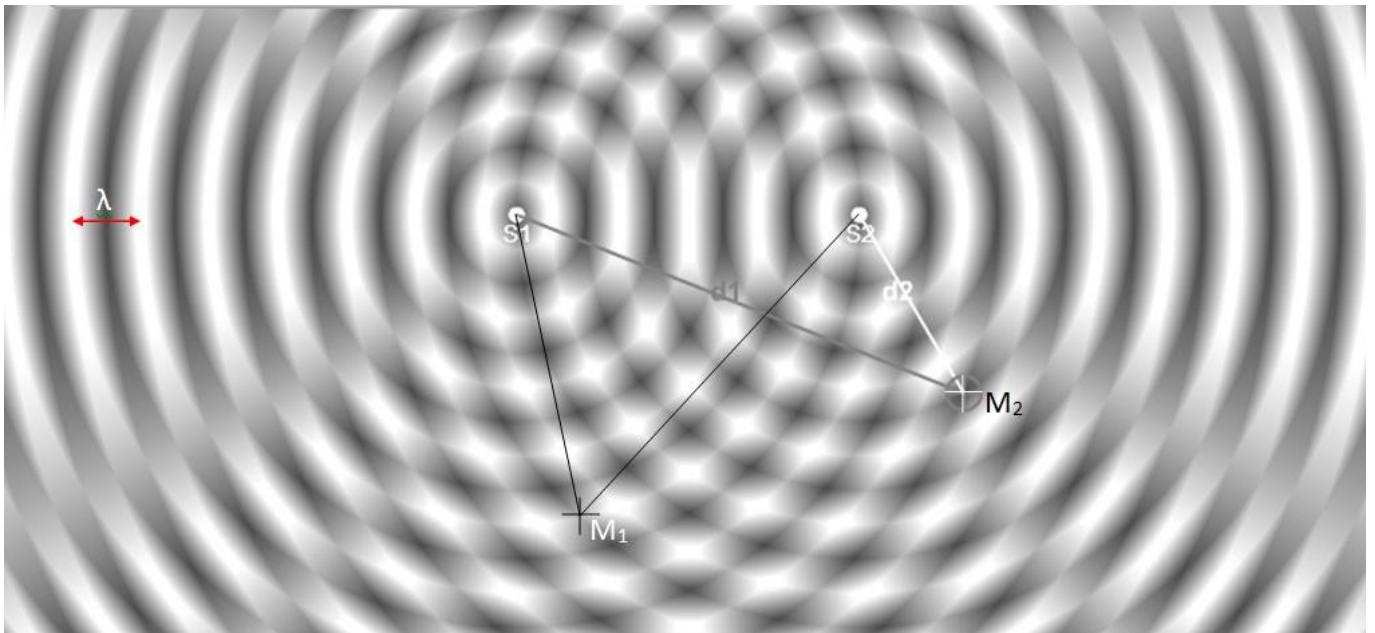
Exercice 1 :

Dans une cuve à ondes, deux sources S_1 et S_2 qui vibrent en phase créent des ondes circulaires à la surface de l'eau.

On visualise les ondes qui se propagent à la surface de l'eau grâce à l'effet qu'elles produisent sur la lumière :

- une zone d'ombre intense correspond à un creux de vague
- une zone de lumière intense correspond à un sommet de vague
- une zone d'ombre moyenne correspond à une épaisseur d'eau « au repos ».

La photo ci-dessus est à l'échelle 1. La longueur d'onde est $\lambda = 0,90\text{cm}$.



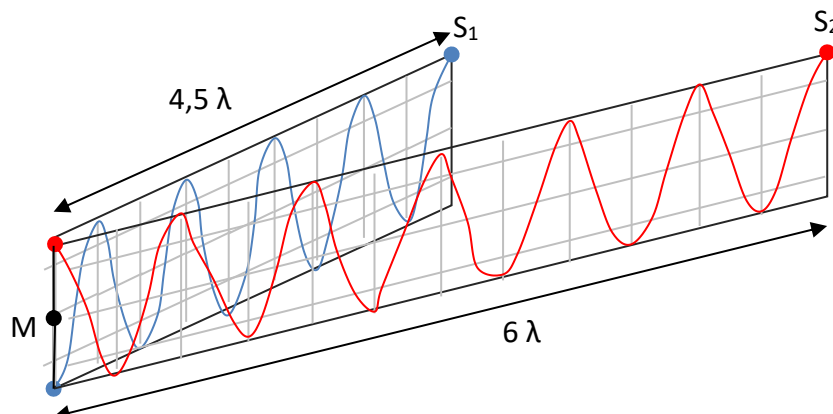
a. Mesurer λ , S_1M_1 et S_2M_2 , puis calculer $\frac{S_1M_1}{\lambda}$ et $\frac{S_2M_2}{\lambda}$.

En déduire si Le point M_1 vibre en phase ou en opposition de phase avec chacune des sources ? Justifier alors l'état vibratoire du point M_1 observé.

$S_1M_1 = 4,05\text{cm}$ $S_1M_1/\lambda = 4,05/0,90 = 4,5$ M_1 est en opposition de phase avec la source

$S_2M_1 = 6,3 \text{ cm}$ $S_2M_1/\lambda = 5,4/0,90 = 6$ M_1 est en phase avec la source

Les 2 ondes arrivant en M_1 s'annulent. Les amplitudes des deux ondes issues de chaque source s'annihilent. L'amplitude de l'onde résultante est nulle en ce point. La surface de l'eau n'oscille pas.



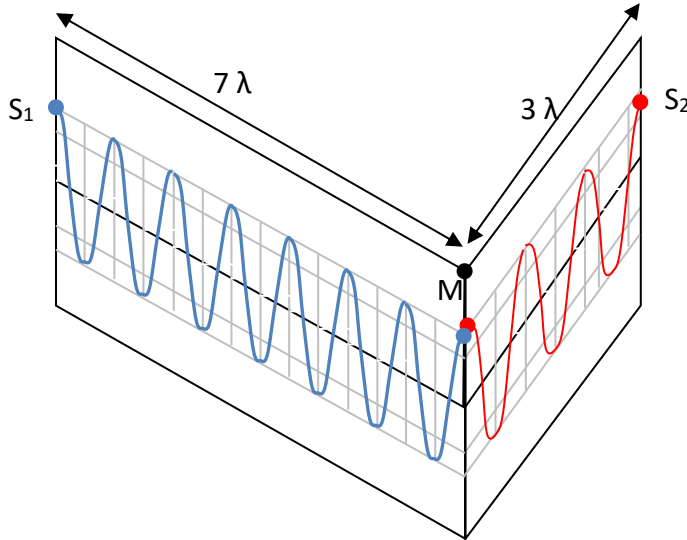
L'onde arrivant de S_2 est en opposition de phase avec l'onde arrivant de S_1 .
 => le point M n'oscille pas.

- b. En utilisant la même démarche, expliquer pourquoi M_2 correspond à un point de vibration d'amplitude maximum.

$$S_1M_2 = 6,3\text{cm} \quad S_1M_2/\lambda = 7$$

$$S_2M_2 = 2,7\text{cm} \quad S_2M_2/\lambda = 3$$

M_2 est en phase avec les 2 sources ; les amplitudes des deux ondes issues de chaque source s'additionnent en M_2 . L'amplitude de l'onde résultante est maximale.



L'onde arrivant de S_2 est en phase avec l'onde arrivant de S_1 .
=> le point M oscille avec une amplitude maximale.

II. Définitions et conditions d'observation :

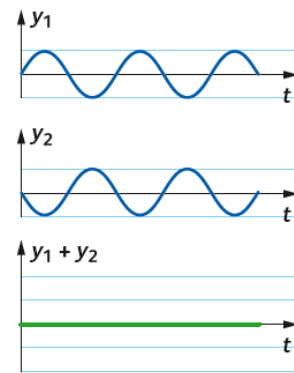
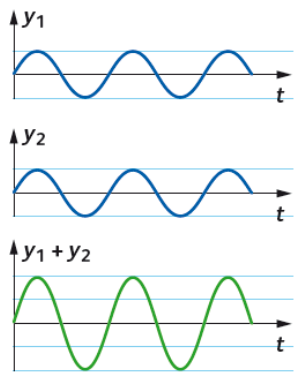
- La superposition de deux ondes mono ou polychromatiques cohérentes crée des interférences dont on peut mesurer l'interfrange.
Des interférences sont observables lorsque 2 sources cohérentes émettent des ondes dans les mêmes directions.
- Des sources sont cohérentes si elles émettent des ondes de même fréquence. Le déphasage entre les ondes émises est alors constant.
Les sources émettent en phase si le déphasage entre les ondes produites est nulle.

III. Interférences constructives et destructives

- On appelle différence de marche au point M la différence $\delta = S_2M - S_1M$ avec SM distance parcourue par l'onde de la source S jusqu'au point M
- Pour que l'interférence des deux ondes soit constructive :
 $\delta = k.\lambda$
où k est un nombre entier positif ou négatif
- Pour que l'interférence des deux ondes soit destructive :
 $\delta = (2k+1).\lambda/2$
où k est un nombre entier positif ou négatif

Interférences constructives

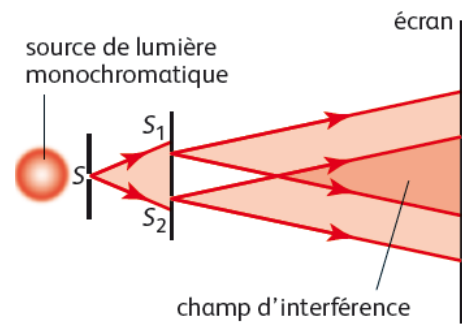
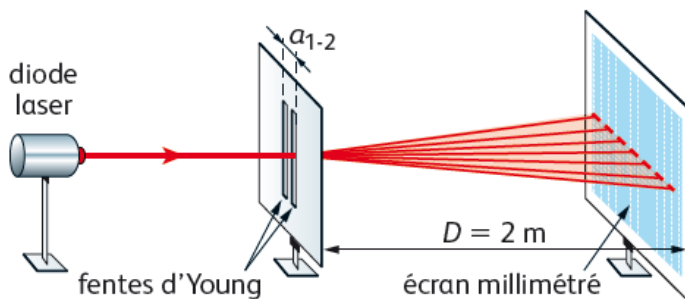
Interférences destructives



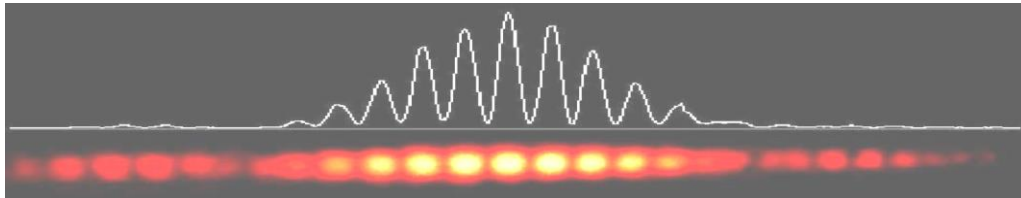
- Conséquences :
 - si δ/λ est égale à un nombre entier, il y a interférences constructives au point M
 - si δ/λ est égale à 0,5 ou 1,5 ou 2,5 ou 3,5, etc.... il y a interférences destructives au point M

IV. Interférences lumineuses :

- On obtient des interférences avec de la lumière monochromatique en utilisant le **dispositif des fentes d'Young** :



- La figure d'interférences **se superpose** à la figure de diffraction : la succession de franges brillantes ou sombres se voit **dans** les taches de diffraction :

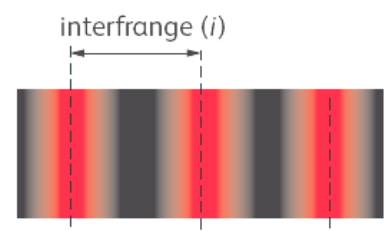


- Une frange brillante correspond à des interférences constructives
Une frange sombre correspond à des interférences destructives
- On appelle interfrange la distance entre 2 franges consécutives de même nature.

Pour déterminer l'interfrange, on mesure :

La distance entre les centres de 2 franges brillantes consécutives
ou

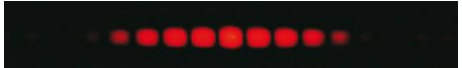
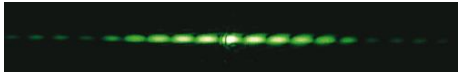
La distance entre les centres de 2 franges sombres consécutives



Exercice 2 :

Comment varie l'interfrange : (vérifications expérimentales)

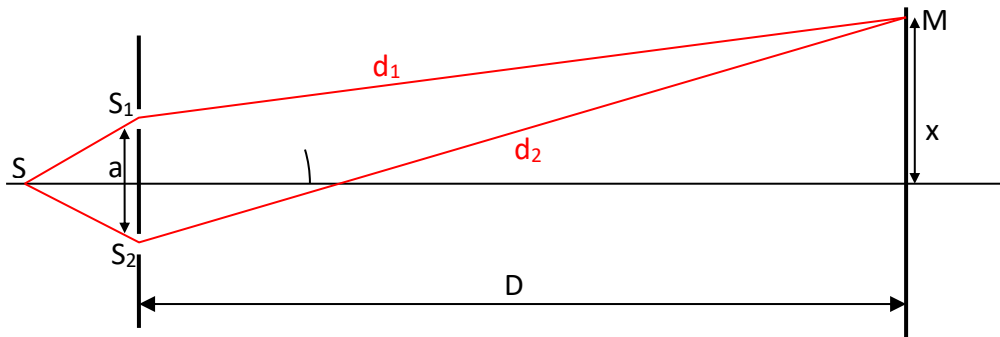
- Lorsque D augmente ?
- Lorsque a augmente ?
- Lorsque λ diminue ?

$\lambda = 650\text{nm}$		Photographies réalisées à la même échelle
$\lambda = 532\text{nm}$		

- Expression de l'interfrange : $i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$

Exercice 3 : Démonstration de l'interfrange

Connaissant la différence de marche entre 2 rayons qui arrivent en 1 point M de l'écran, on peut déterminer l'expression de l'interfrange :



On donne : différence de marche en M entre les deux rayons dessinés : $\delta = \frac{a \cdot x}{D}$

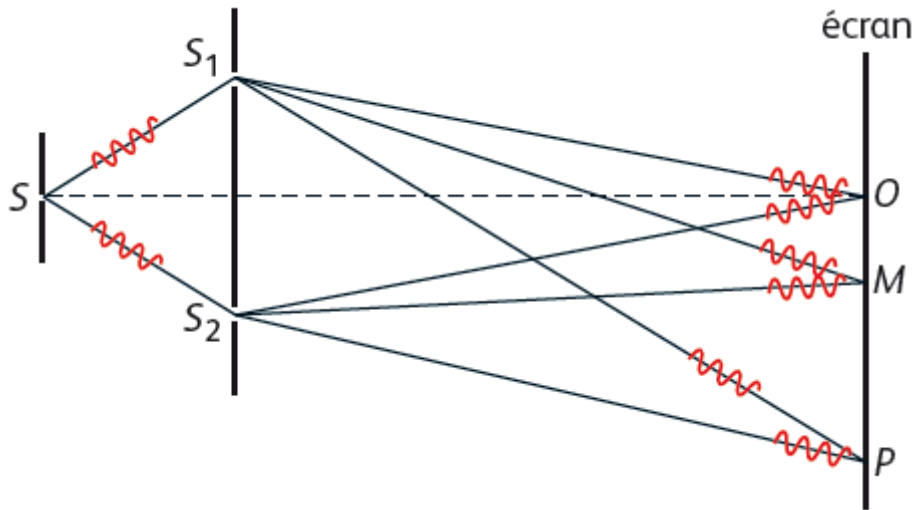
1. Rappeler la condition pour observer une frange brillante en M.
 $\delta = k \cdot \lambda$
2. Exprimer x en fonction de k, λ , D et a
 $\frac{a \cdot x}{D} = k \cdot \lambda$ d'où $x = k \cdot \frac{\lambda \cdot D}{a}$
3. L'interfrange est la distance qui sépare la frange brillante d'ordre k et la frange brillante d'ordre k+1.
En déduire l'expression de l'interfrange.

$$i = x_{k+1} - x_k = (k + 1) \cdot \frac{\lambda \cdot D}{a} - k \cdot \frac{\lambda \cdot D}{a} = \frac{\lambda \cdot D}{a}$$

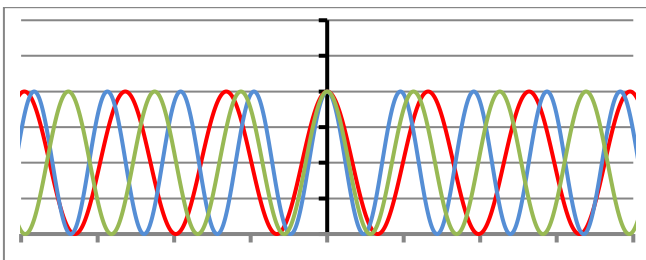
remarque : on peut aussi calculer $i = x_1 - x_0 = \frac{\lambda \cdot D}{a}$

- L'interfrange augmente lorsque :
 - La longueur d'onde λ de la lumière utilisée augmente
 - La distance D entre l'écran et les fentes d'Young augmente
 - L'écart a entre les deux fentes diminue
 - Remarque : les largeurs des fentes n'ont pas d'influence sur l'interfrange
- Atténuation des figures d'interférences :

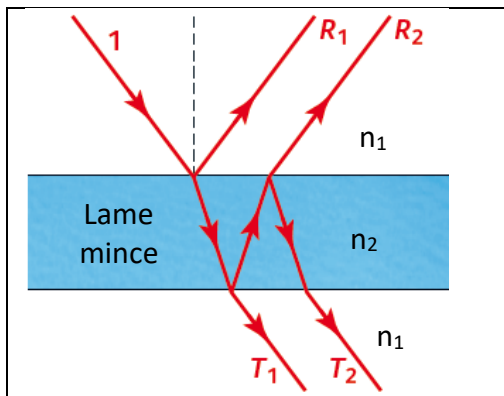
Il y a interférences en O et en M mais pas en P les trains d'ondes sont trop décalés (retard supérieur à la durée de cohérence) et n'interfèrent plus.



■ Interférences en lumière blanche :



Les figures de diffraction qu'on obtiendrait avec chaque longueur d'onde se superposent, mais l'interfrange est différente pour longueur d'onde. On observe une frange brillante centrale, quelques franges brillantes irisées de part et d'autre.



En lumière blanche, les couches minces font apparaître des couleurs interférentielles. Les rayons réfléchis R1 et R2 interfèrent selon la différence de marche δ entre ces deux rayons.

δ dépend de l'indice n_2 de la lame, de son épaisseur e , du rayon 1 et de la longueur d'onde de la radiation.

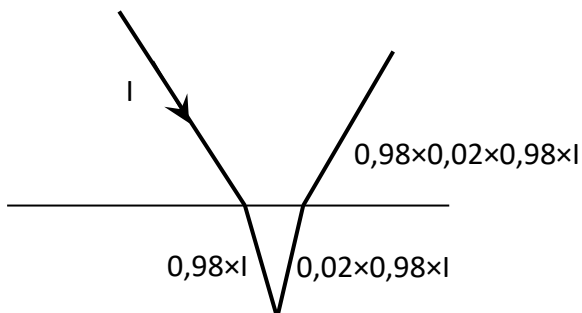
Ces phénomènes s'observent sur les couches d'huile, les bulles de savon, les ailes des insectes...

N°34

a. On note I l'intensité lumineuse du rayon incident (rayon 1)

Le rayon R1 n'a subi qu'une seule réflexion : $I_{R1} = 0,02 \times I$

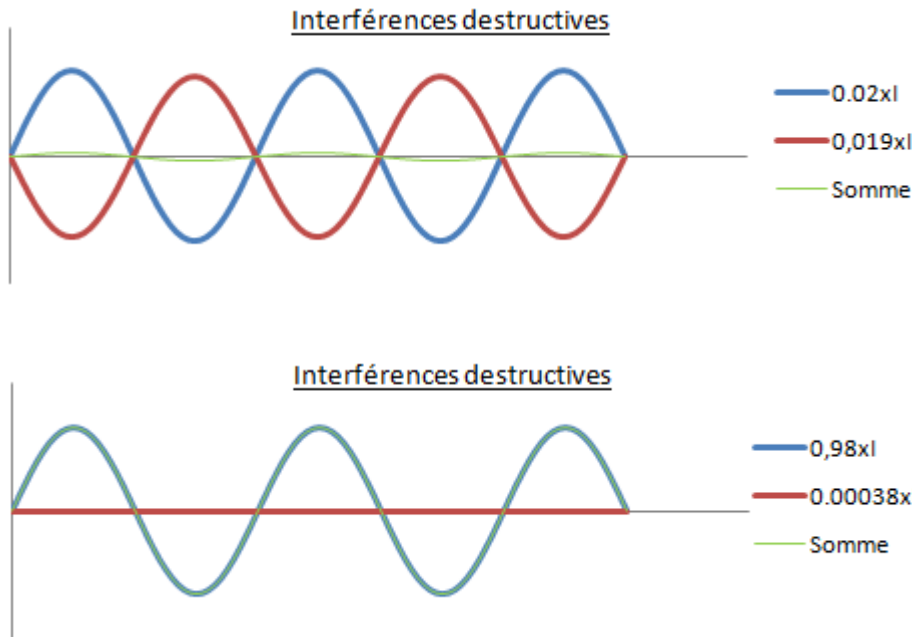
Le rayon R2 a subi une transmission (air \rightarrow eau) puis une réflexion, puis une nouvelle transmission (eau \rightarrow air) : $I_{R2} = 0,98 \times 0,02 \times 0,98 \times I = 0,019 \times I$



Le rayon T1 a subi deux transmissions : $I_{T1}=0,98 \times 0,98 \times I=0,96 \times I$

Le rayon T2 a subi deux transmissions puis deux réflexions : $I_{T2}=0,98 \times 0,02 \times 0,98 \times 0,02 \times I=3,8 \times 10^{-4} \times I$

- b. Les interférences sont les plus marquées pour les rayons réfléchis car, bien que moins importante, leurs intensités lumineuses sont comparables :



Dans le cas des interférences entre rayons transmis, l'intensité résultante est quasiment égale à l'intensité de T1 : on ne distingue pas de figure interférencielle.

Les interférences destructives sont plus marquées lors de la réflexion : l'intensité est pratiquement nulle. On voit donc mieux les couleurs par réflexion. Par transmission, il n'y a pratiquement pas de différence entre les maxima et les minima d'intensité. Les interférences sont très peu contrastées.

Bulle de savon :

