

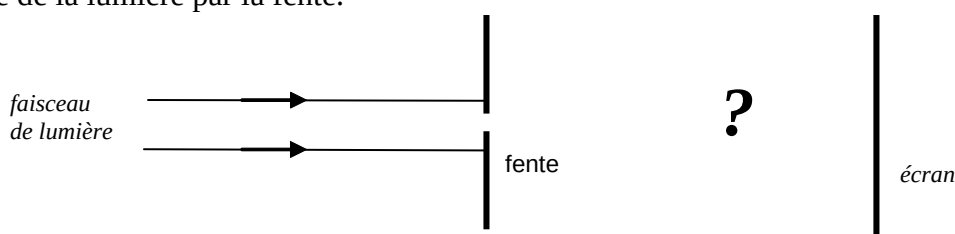


Chapitre A5 – Propriétés des ondes : diffraction et interférences

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

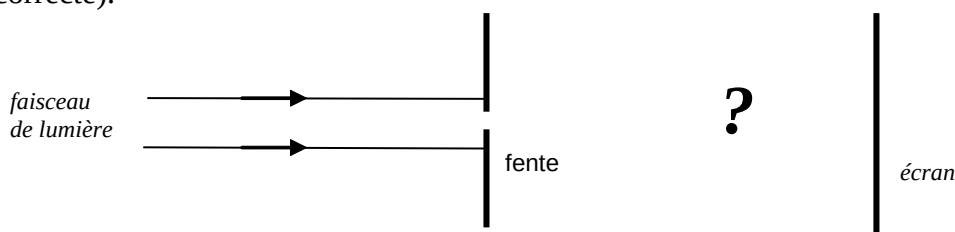
On fait passer un faisceau de lumière laser par une fine fente disposée verticalement.

1. **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.

2. Avec une autre couleur, compléter le schéma ci-dessous pour rendre compte de l'observation (sauf si votre prévision était correcte).

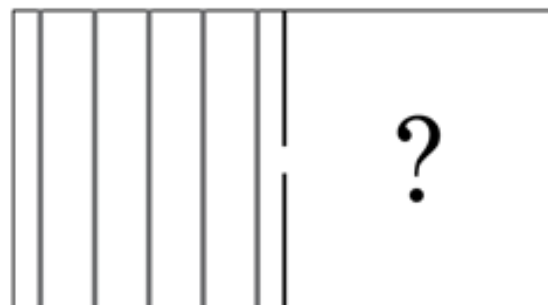


On pose maintenant dans une cuve à onde deux obstacles qui forment une ouverture, jouant le rôle de la fente de la situation précédente, comme schématisé dans la situation ci-contre vue de dessus.

3. **Prévision** : prévoir ce qu'il va se passer en représentant les vagues après la fente sur le schéma.

Réalisation de l'expérience.

4. Avec une autre couleur, modifier votre schéma si besoin.



Toujours dans la cuve à onde, les vagues produites vont rencontrer un obstacle.

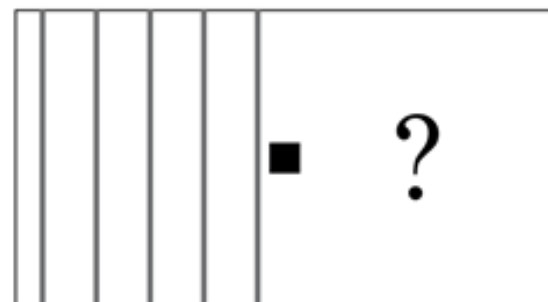
5. Après observation, compléter le schéma ci-contre.

Lire le § A1 du modèle : « Propriétés des ondes : la diffraction »

6. En faisant alors une analogie avec ce que l'on vient de voir pour les ondes dans la cuve à onde, prévoir ce qu'il va se passer pour la lumière lorsqu'elle rencontre un fil fin sur son trajet.

Réalisation de l'expérience.

7. Indiquer si votre prévision est conforme à l'expérience.





Activité 2 Et si la taille de l'ouverture varie ?

.....

On étudie ici, qualitativement et quantitativement, l'influence de la largeur de la fente (ou du fil) sur la figure de diffraction d'une onde lumineuse.

On pose dans la cuve à onde une ouverture en forme de fente. On observe la diffraction des ondes par la fente. On fait varier la largeur de la fente.

1. Qu'observe-t-on lorsque la largeur de l'ouverture diminue ?
2. 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.
3. Les observations faites sont-elles conformes à votre prévision ?

✂-----✂

Suite de l'activité 2

Lire le § A2 du modèle : « Relation entre l'ouverture angulaire du faisceau, la largeur de la fente et la longueur d'onde »

4. A partir du schéma du modèle, exprimer $\tan\theta$ en fonction de ℓ et D .
5. On peut considérer ici que $\tan\theta = \theta$ car l'angle est faible ($\theta < 10^\circ$). En déduire l'expression de ℓ en fonction de D , a et λ .

Vérifier que cette relation est en accord avec les observations qualitatives effectuées à la question 3.

Pour aller plus loin...

Utiliser la relation obtenue à la question 5 pour prévoir la figure observée si la fente est éclairée avec une lumière blanche. Faire un schéma.

✂-----✂

**Activité 3 À la recherche de la longueur d'onde...****Problème à résoudre :**

En exploitant le phénomène de diffraction, vous devez trouver la valeur de la longueur d'onde du laser disponible devant vous !

Les questions qui suivent vous guident mais les résultats et votre démarche devront être présentés sur une feuille A4 que vous organiserez le plus clairement possible

I. Première mesure

Avec le matériel disponible, réaliser une expérience utilisant la diffraction pour déterminer la longueur d'onde de la lumière émise par le laser.

Indiquer ensuite par écrit, en vous aidant éventuellement d'un schéma, le protocole suivi, les valeurs des mesures effectuées et le résultat obtenu pour la longueur d'onde.

II. Travail sur la précision des mesures

Pour cette partie, il est utile de disposer de la fiche « Mesure et incertitudes ».

1. évaluation de l'incertitude associée à chaque grandeur intervenant dans la détermination de λ :

a. pour **a** (pas d'indication particulière du constructeur, cas 2.1. de la fiche) : $U(a) = 0,005 \text{ mm}$

b. pour **D** (attention, pour faire cette mesure, vous avez fait 2 lectures, on considère alors que l'incertitude est doublée) : $U(D) = \dots\dots\dots$

c. pour ℓ (on considèrera que l'incertitude est seulement due à la lecture sur l'écran) : $U(\ell) = 1 \text{ mm}$.

2. Calculer en pourcentage les trois incertitudes relatives. Y en a-t-il une qui prédomine ?

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

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

4. Calculer l'incertitude absolue sur la longueur d'onde et donner finalement le résultat sous la forme :

$$\lambda = \dots\dots \pm \dots\dots \mu\text{m}$$

Activité 3 - III : améliorer la mesure

Pour avoir une mesure plus fiable de la longueur d'onde, un groupe fait plusieurs mesures en faisant varier la largeur de la fente. Ensuite, il utilise une méthode graphique en traçant $d/(2D)$ en fonction de $1/a$ (pourquoi ces expressions ?).

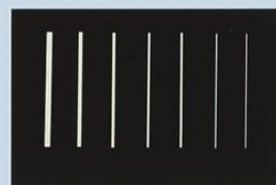
Réalisation de cette méthode

➤ Déterminer à l'aide de Regressi la valeur de longueur d'onde du laser, notée $\lambda_{\text{mesurée}}$.

➤ Comparer cette valeur à la valeur λ_0 (..... nm) donnée par

le fabriquant en déterminant l'écart relatif : $\frac{|\lambda_0 - \lambda_{\text{mesurée}}|}{\lambda_0}$.

7 Fentes simples



7 fentes simples de largeur (en mm) :
0,40 - 0,28 - 0,12 - 0,10 - 0,05 - 0,04 - 0,07

AIDE – Activité 3

Placer l'écran à une distance $D > 1,50 \text{ m}$ de la fente (on mesurera la distance D avec précision). **Cette distance doit rester constante au cours de la manipulation.**

Pour chaque fente de largeur a , mesurer avec précision la largeur d de la tache centrale. Noter les couples de valeurs (a , d).

Saisir les données dans Regressi (→ Fichier → Nouveau → Clavier).

a) Définir les variables a et d puis saisir les valeurs. Attention, exprimer toutes les longueurs en m.

b) Définir un nouveau paramètre expérimental (dans l'onglet paramètres) appelé D et en mètre. Indiquer la valeur de D .

c) Créer deux nouvelles variables: « $x = 1/a$ » et « $y = d/2D$ »

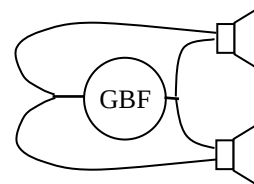
d) Tracer le graphe d/D en fonction de $1/a$, le modéliser puis noter l'équation obtenue.

**Activité 4 Retour sur « 2 sources donc un peu plus fort »...**

1. Écrire ce que signifie pour vous le mot « interférence ».

On va créer deux sources sonores identiques en branchant un GBF délivrant une tension sinusoïdale sur 2 haut-parleurs placés en dérivation.

2. A votre avis les ondes produites par les hauts parleurs vont-elles interférer ? Argumenter votre réponse en expliquant par exemple ce que l'on risque d'entendre.



Réaliser l'expérience proposée par le professeur (la décrire...) et indiquer les observations :

3. Le phénomène mis en évidence s'appelle en physique "phénomène d'interférences". Pourquoi ne perçoit-on pas ce phénomène quand on écoute de la musique avec une chaîne hifi qui a pourtant deux enceintes ?

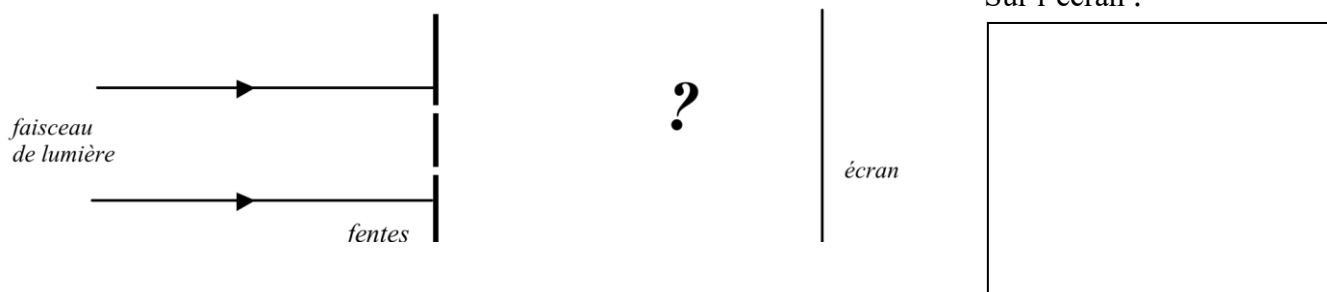
✂-----✂

Lire le § B1 du modèle.

Activité 5 (expérimentale) Lumière + lumière = noir ? Mais où ?**1. Étude qualitative du phénomène d'interférences**

On va faire passer un faisceau laser à travers deux fentes fines verticales, très proches l'une de l'autre.

1. Prévission : sur le schéma ci-dessous, représentez le faisceau de lumière après son passage par les fentes.



👁️ ✂ On réalise l'expérience. Observer et corriger éventuellement votre prévission avec une autre couleur.

2. En faisant référence à l'activité précédente avec les deux HP, proposez une interprétation des observations.

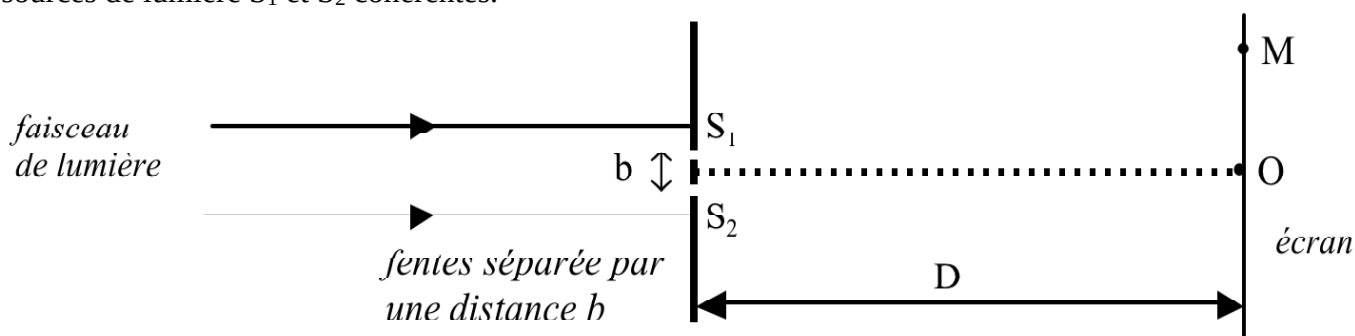
3. A votre avis pourquoi n'arrive-t-on pas à "observer" l'équivalent du noir de la figure précédente dans le cas des ondes sonores ?

Lire le § B2 du modèle.

4. Dans le cas des ondes à la surface de l'eau compléter le document annexe en respectant la consigne.

**Activité 5 – II. Étude quantitative, cas des ondes lumineuses**

On considère le schéma de la situation expérimentale étudiée. Les deux fentes se comportent comme deux sources de lumière S_1 et S_2 cohérentes.



On appelle interfrange, noté i , la distance séparant deux franges brillantes (ou deux franges sombres) consécutives sur l'écran. On peut montrer qu'on a ici :

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

1. Vérification qualitative

Répondre aux questions suivantes en utilisant la relation précédente donnant i :

- Pour augmenter l'interfrange, faut-il ☐ rapprocher ☐ éloigner l'écran ?
- Pour augmenter l'interfrange, faut-il ☐ rapprocher ☐ espacer les fentes ?
- Avec quel laser (lumière verte ou lumière rouge) obtient-on un interfrange plus important, toutes conditions égales par ailleurs ?



Pour les deux premiers cas, vérifier expérimentalement et **appeler le professeur pour lui montrer** que vous êtes capables de faire ces vérifications expérimentales.

2. Vérification quantitative à l'œil nu

Avec une double fente de votre choix, vérifier **quantitativement** la relation donnant l'interfrange.

Vous disposez d'un écran avec des graduations au mm pour faire la mesure.

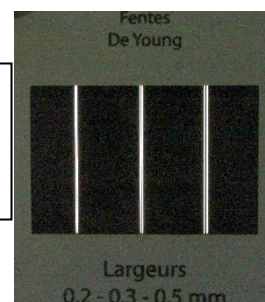
Exposer les mesures effectuées, les résultats obtenus, et l'analyse de ces résultats en faisant un calcul d'écart relatif.

Les 3 paires de fentes disponibles

Largeur des fentes : $70 \mu\text{m}$

Écartement : 0,2 mm ; 0,3 mm ; 0,5 mm.

Chaque paire est espacée de la voisine de 10 mm

**3. Vérification quantitative à l'aide d'une photo numérique**

Sans rien changer au dispositif précédent, en vous mettant exactement dans les mêmes conditions, faites maintenant une photo de la figure obtenue. En traitant cette photo à l'aide du module  **Intensité lumineuse** de Regressi, mesurer l'interfrange et estimer l'incertitude de mesure sur cet interfrange. Comparer cette mesure à celle de la partie 2 précédente.

4. Conditions d'interférences destructives et constructives

Utiliser le § B3 du modèle pour répondre aux questions suivantes.

- En vert, représenter un rayon de lumière qui va de S_1 à M puis un rayon qui va de S_2 à M.
- Avec une autre couleur, représenter la différence de marche δ entre les deux ondes qui interfèrent en M.
- Sur l'écran, où se trouve le point M pour lequel $\delta = 0$? Ce point est-il dans une frange claire ou sombre ?

**Activité 6 Cas des interférences à la surface de l'eau :*****où est-ce que ça bouge, où est-ce que c'est calme ?***

.....

Pour mettre en évidence le phénomène d'interférences pour des ondes à la surface de l'eau, on peut utiliser deux sources vibrant en phase.

1. Pourquoi les zones où il y a **interférences constructives** sont-elles difficiles à voir à l'œil nu ?

Sur le **document annexe** fourni, les zones lumineuses des photos du bas représentent les zones d'interférences constructives.

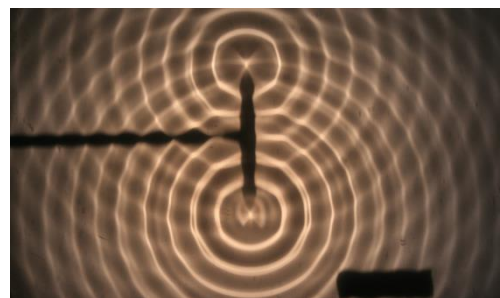
2. Justifier que la ligne médiane (notée 0) entre les deux sources soit une zone d'interférences constructives.

3. Que vaut la différence de marche sur cette ligne médiane ?

4. En utilisant le modèle, indiquer ce que vaut la différence de marche sur la ligne courbe n°1.

5. Vérifier la proposition précédente en faisant des mesures à la règle sur le document et éventuellement sur la photo du haut obtenue pour la même fréquence.

6. Généraliser le résultat obtenu à toutes les zones d'interférences constructives.

**Activité 7 : en guise de conclusion...**

Remplir le tableau ci-dessous pour comparer les deux phénomènes d'interférences (sonores et lumineuses).

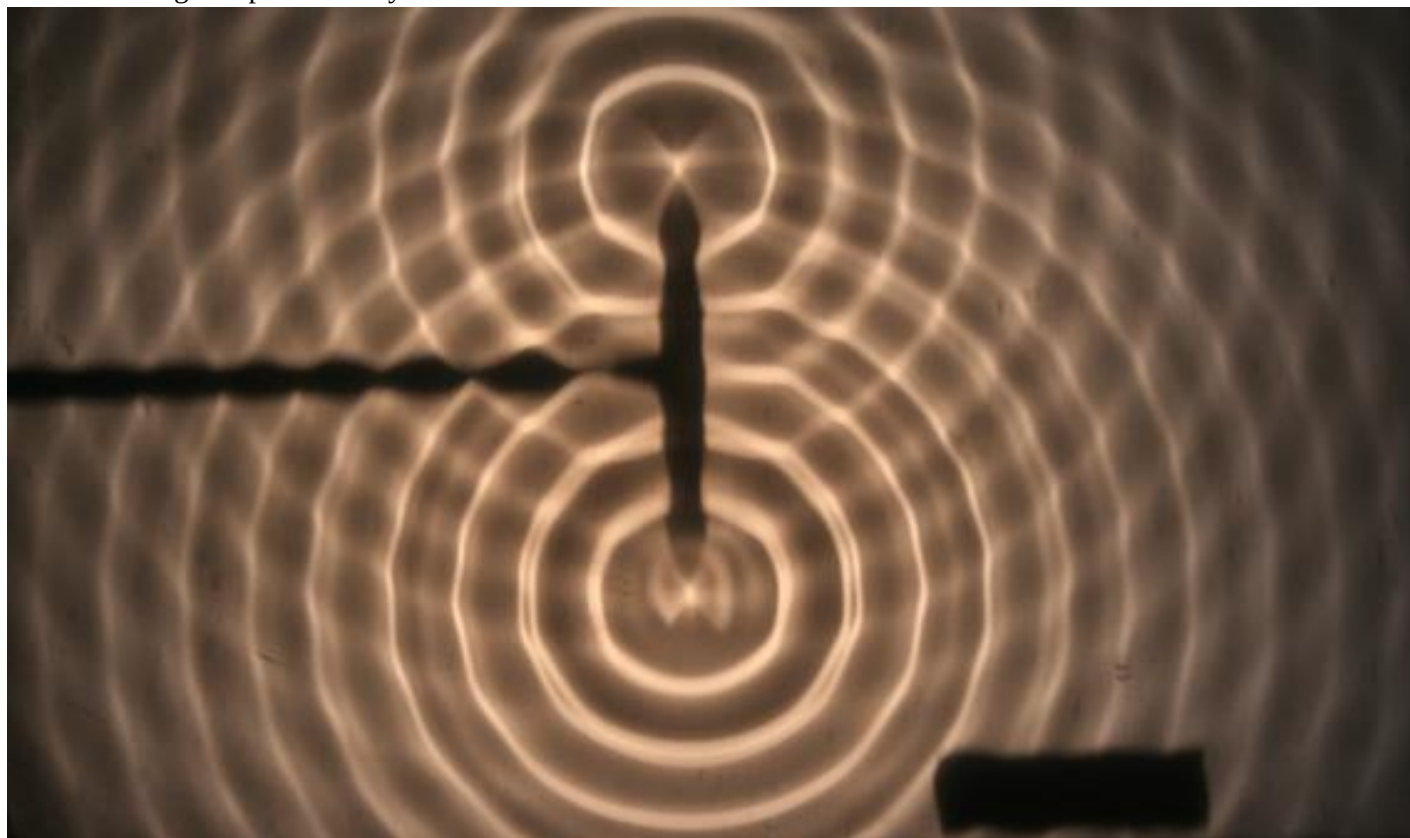
Analogies	Différences



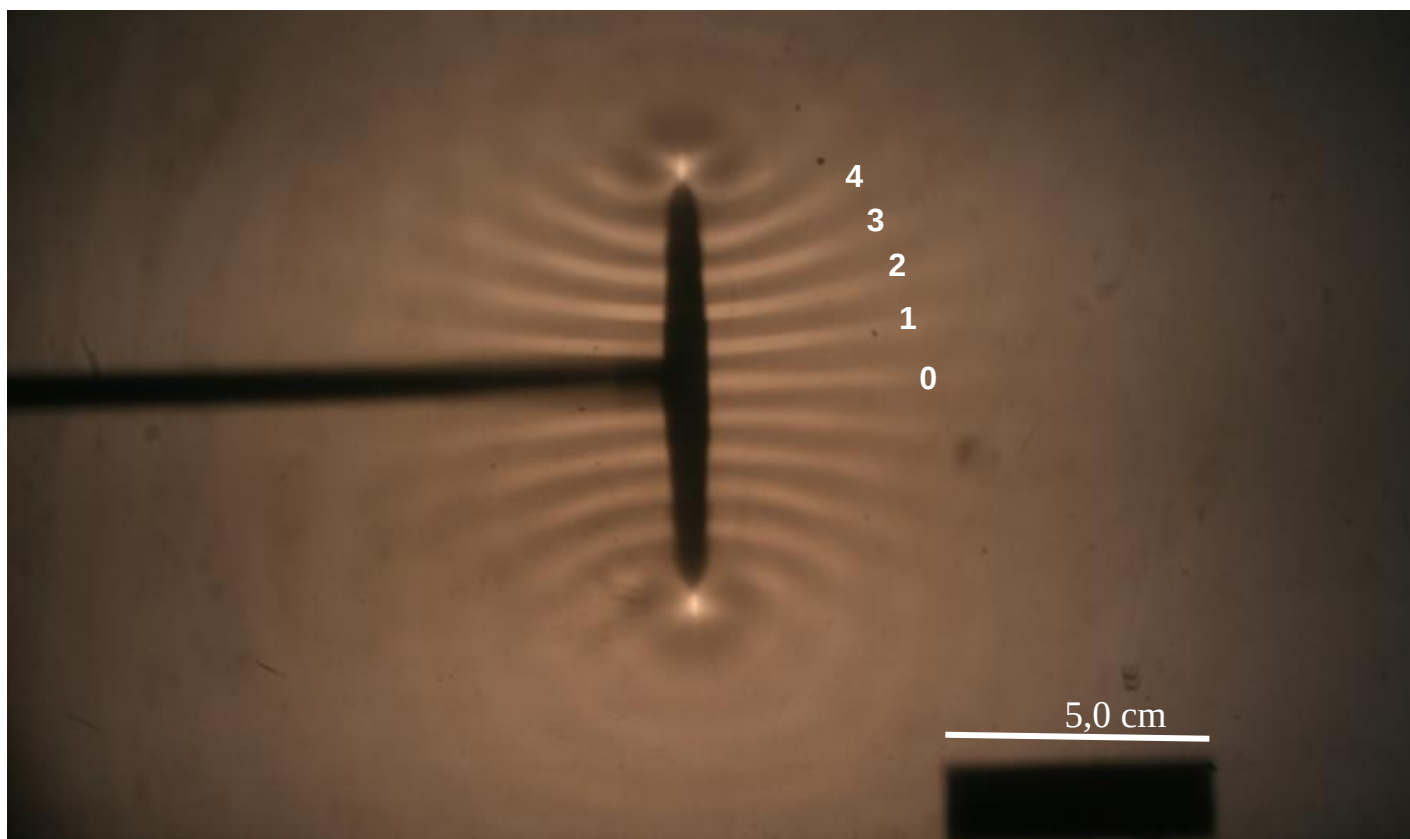
Ressources 1 - Activité 6 - fréquence 15 Hz

Indiquer ci-dessous :

- en vert les points où il y a interférences constructives
- en rouge les points où il y a interférences destructives.



Petit temps d'exposition



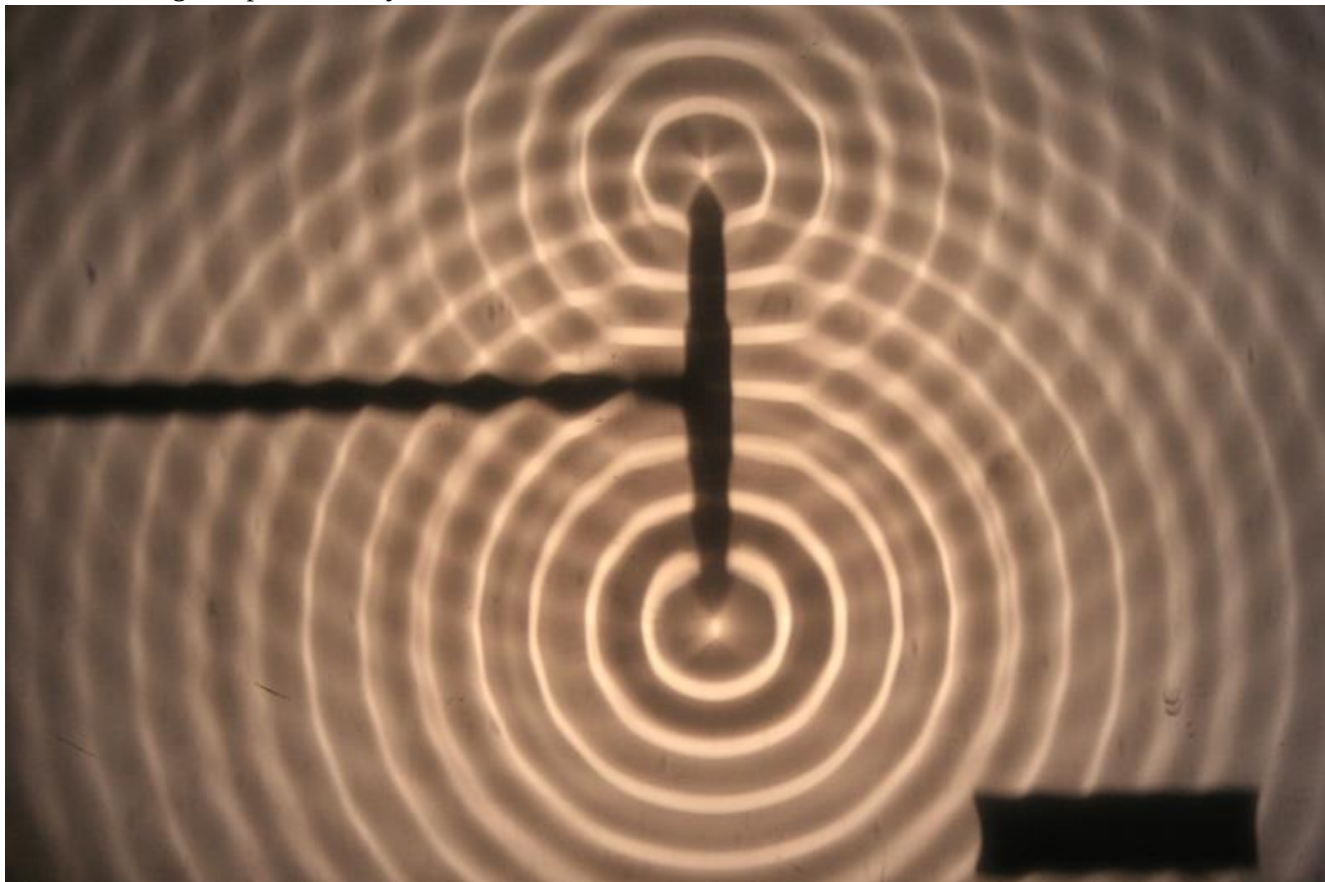
Grand temps d'exposition



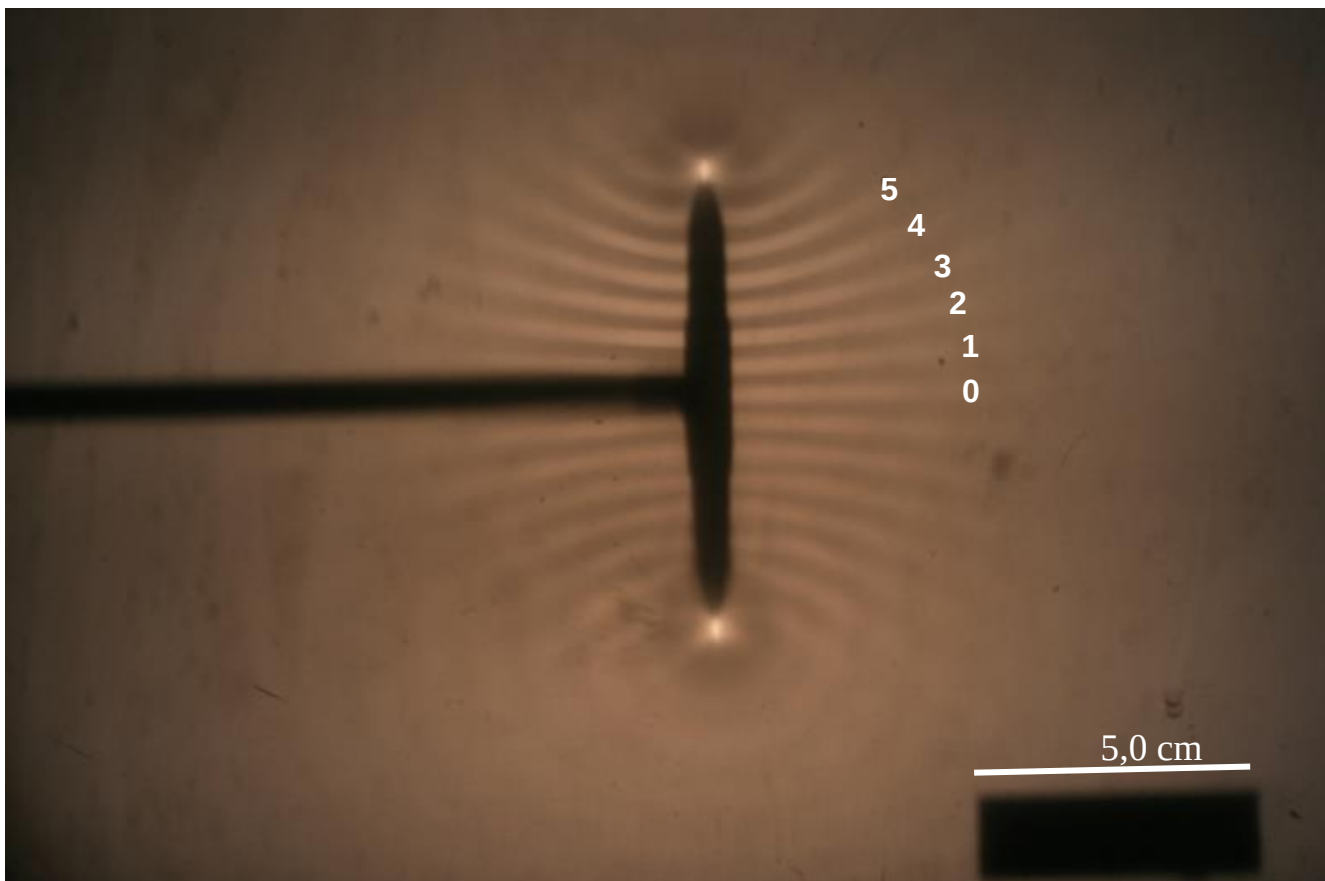
Ressources 2 - Activité 6 - fréquence 20 Hz

Indiquer ci-dessous :

- en vert les points où il y a interférences constructives
- en rouge les points où il y a interférences destructives.



Petit temps d'exposition



Grand temps d'exposition



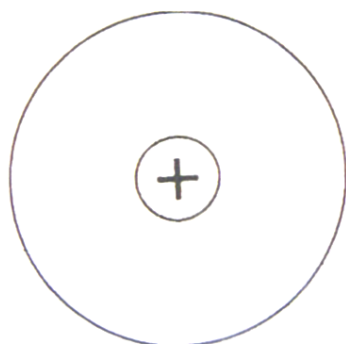
Document annexe de l'activité 5

Deux sources ponctuelles (représentées par des croix) vibrent en phase à la surface de l'eau. Les deux schémas ci-dessous représentent de l'eau à deux instants différents t_1 et t_2 .

Avec un compas, compléter soigneusement chacun des schémas pour indiquer :

- en vert quelques points où les interférences sont constructives
- en rouge quelques points où elles sont destructives.

Instant t_1



Instant t_2

