

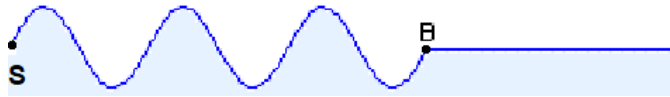


Chapitre 3 – Interférences



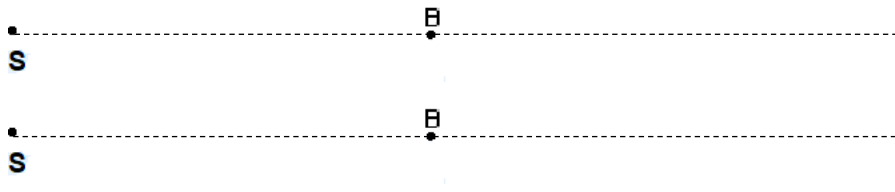
Se positionner

- 1 . Le schéma ci-dessous représente des vagues se propageant vers la droite à la surface de l'eau, émises à partir du point S. A l'instant du schéma, l'eau au point B va être perturbée.



L'eau au point B va :

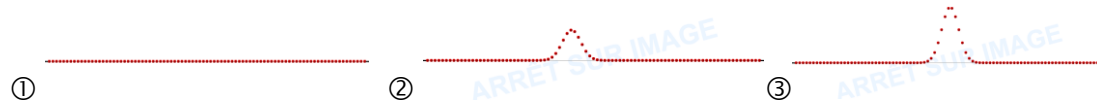
- ① monter ② descendre ③ aller vers la droite ④ aller vers la gauche
- 2 . Représenter ci-dessous le schéma des vagues une demi-période plus tard, puis une période plus tard.



- 3 . On simule la propagation de deux perturbations aux deux extrémités d'une corde.



À votre avis, comment sera la corde lorsque les deux perturbations seront au même niveau ?

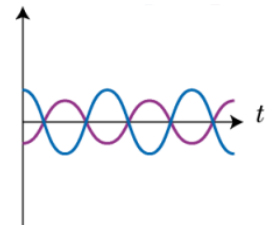


- 4 . Les deux courbes ci-contre correspondent à des signaux

① En phase ② En opposition de phase

- 5 . Deux points séparés d'un nombre entier de longueur d'onde dans un milieu dans lequel se propage une onde perçoivent des signaux

① En phase ② En opposition de phase



Activité 1. Retour sur la situation « 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. Prévoir ce que l'on risque d'entendre lorsqu'on branche le 2^e haut-parleur.



Réaliser l'expérience proposée par le professeur et indiquer les observations :

Le phénomène mis en évidence s'appelle en physique *phénomène d'interférences*.

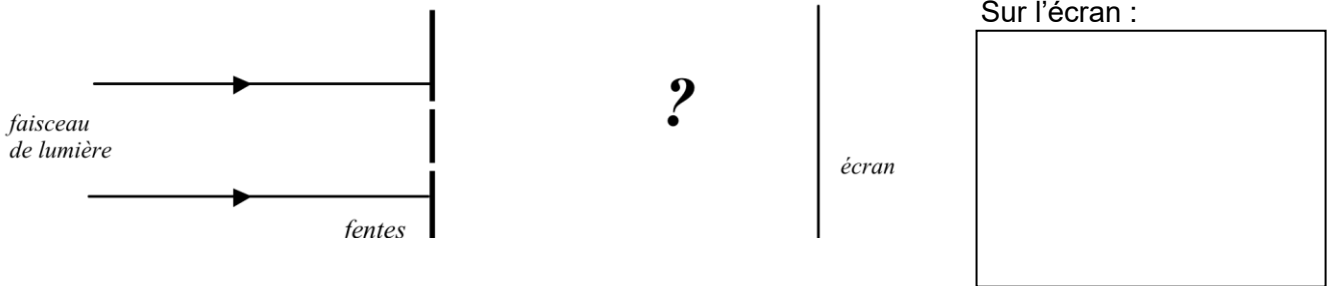
3. Pourquoi est-ce important, dans l'expérience précédente, de se boucher une oreille pour percevoir ce phénomène ?



Et pour la lumière ?

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

1. Prédiction : sur le schéma ci-dessous, représentez le faisceau de lumière après son passage par les fentes et ce qu'on risque de voir sur l'écran.



☞ Réaliser l'expérience. Observer et corriger éventuellement votre prédiction avec une autre couleur.

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

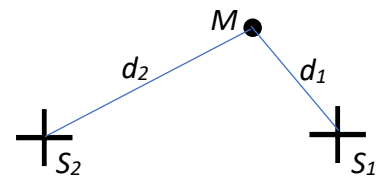
Lire les paragraphes A et B du modèle.

Activité 2. Où y gagne-t-on, où y perd-on ?

On souhaite dans cette activité, trouver une règle qui permet de prévoir où les interférences sont constructives et où elles sont destructives.

Pour ceci, on considère un point M du milieu de propagation, distant de la distance d_1 de la source S_1 et de la distance d_2 de la source S_2 .

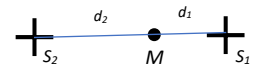
Pour observer des interférences, il faut que les deux ondes aient la même fréquence : on parle de **sources synchrones**.



1. Justifier l'affirmation précédente et en déduire la fréquence de l'onde partout dans le milieu.

On considère à partir de maintenant que les deux sources émettent deux ondes sinusoïdales synchrones et en phase (le maximum a donc lieu en même temps pour les deux sources).

Dans un premier temps, par souci de simplicité, on considère S_1 , S_2 et M alignés.



2. Compléter les deux phrases suivantes :

- Pour que les interférences soient constructives en M,
il faut que les deux signaux reçus soient
- Pour que les interférences soient destructives en M,
il faut que les deux signaux reçus soient

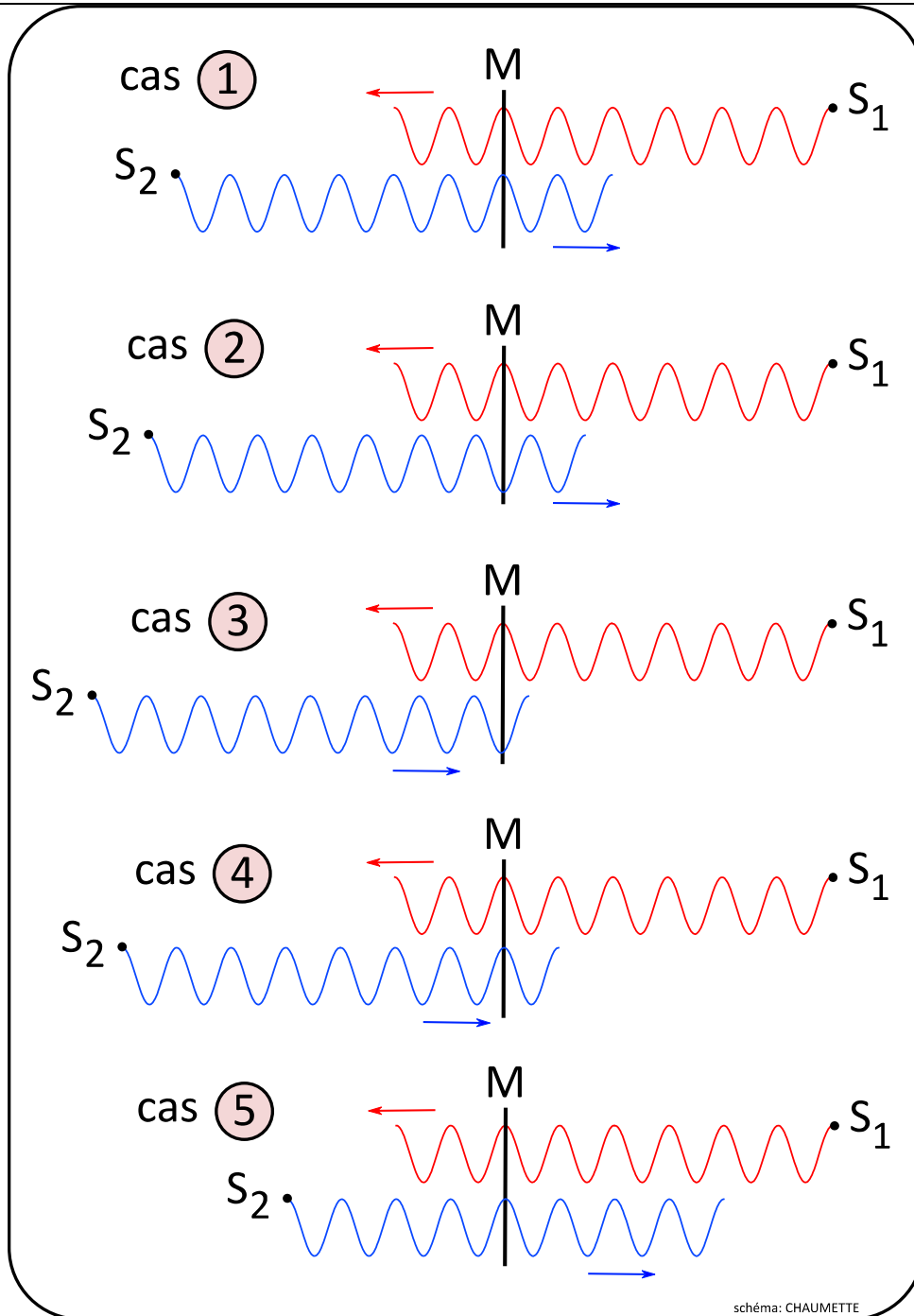
3. Pour quelle position est-on sûr que les interférences seront constructives ? A quel cas cette situation correspond-elle parmi ceux représentant les deux perturbations à t fixé donnés en annexe ?

On appelle *différence de marche* (notée δ) au point M la différence $|S_1M-S_2M|$. La longueur d'onde des ondes émises est notée λ .

4. Compléter le tableau ci-dessous pour chaque cas qui correspond à un cas particulier. Les distances d_1 et d_2 ainsi que la différence de marche δ seront exprimées en fonction de λ .

| Cas | d_1 | d_2 | $\delta=d_1-d_2$ | Type d'interférence en M |
|-----|------------|-------|------------------|--------------------------|
| 1 | 6λ | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

- 5. a. Quelle doit-être la relation entre δ et λ pour avoir des interférences constructives ?
b. Même question pour des interférences destructives.
- 6. Compléter le paragraphe C du modèle.

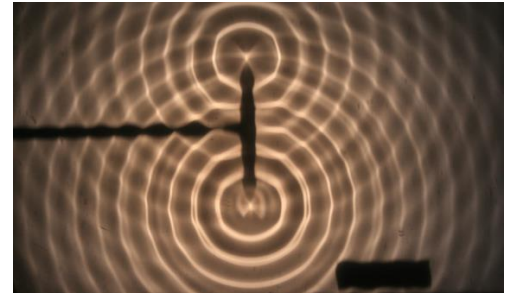


Un « décalage » vertical entre les deux perturbations a été ajouté pour plus de lisibilité.



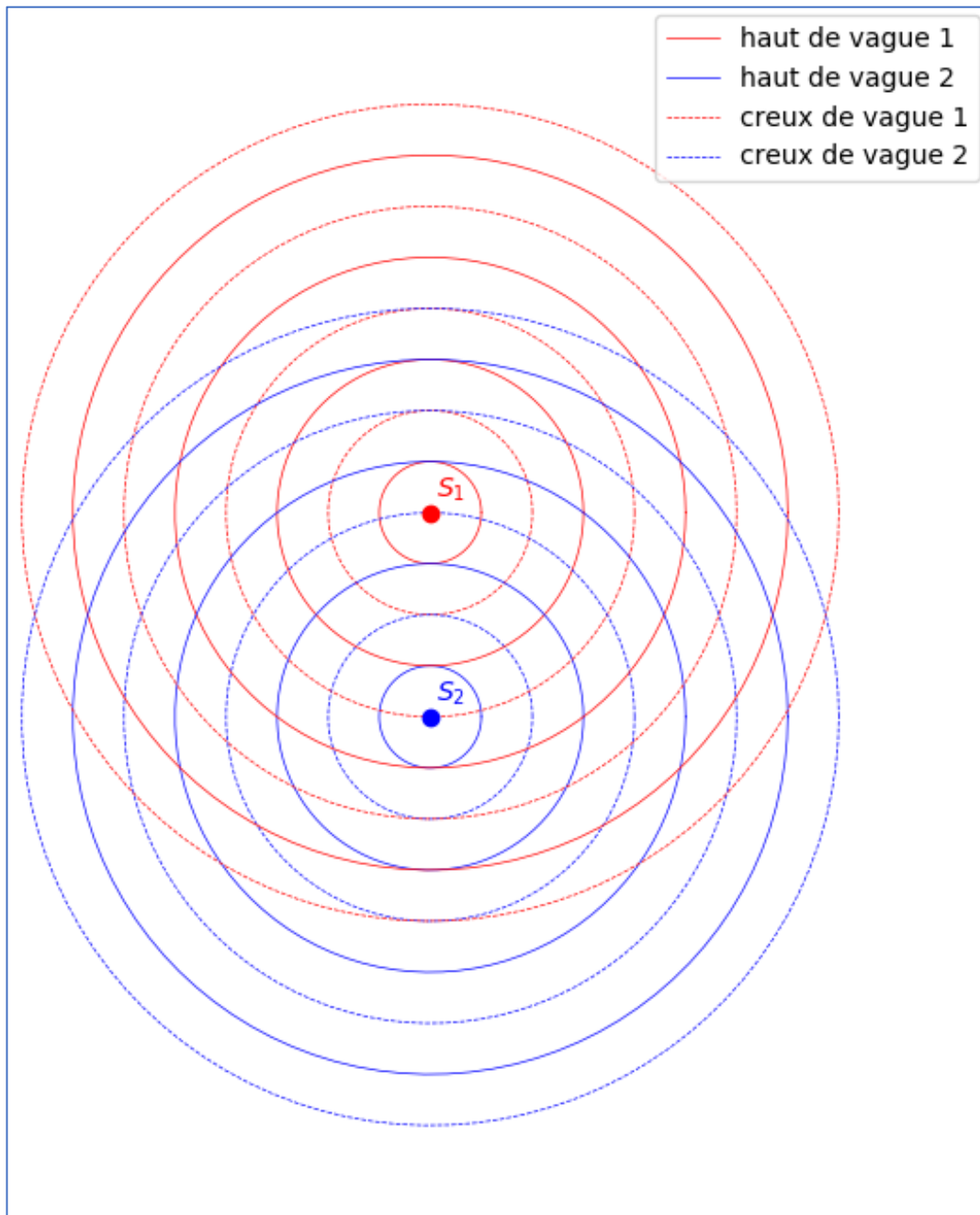
Activité 3. Cas des interférences à la surface de l'eau : où est-ce que ça bouge, où est-ce que c'est calme ?

Pour tester expérimentalement les conditions établies à la fin de l'activité précédente, on peut analyser le phénomène d'interférences pour des ondes à la surface de l'eau. Pour produire des interférences, on utilise deux sources vibrant en phase.



- Le **document annexe 1** ci-dessous représente, à un instant t_0 , les positions des hauts de vagues et de creux de vagues pour les deux sources.
 - Aux points S_1 et S_2 , à l'instant t quel est l'état de l'eau ?
 - Indiquer en vert quelques points d'interférences constructives à l'instant t .
 - Proposer des lignes (en vert) pour représenter les lieux d'interférences constructives au cours du temps.
- Pourquoi, sur la cuve à ondes, les zones où il y a **interférences constructives** sont-elles difficiles à voir à l'œil nu ?

Document annexe 1 - Activité 3





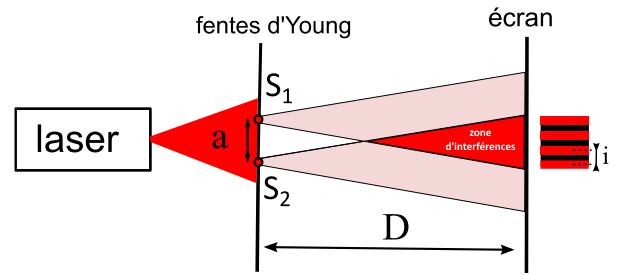
Le **document annexe 2** représente deux photos de la cuve : l'une avec un temps de pose très court (un "instantané") l'autre avec un temps de pose plus long. Sur cette dernière photo, les zones lumineuses représentent les zones d'interférences constructives. Les zones claires représentent les hauts de vague.

3. Pourquoi la ligne médiane (notée 0) entre les deux sources est-elle une zone d'interférences constructives ?
4. Les lignes claires de la photo du bas indiquent les lieux d'interférences constructives puisqu'elles indiquent les lieux où l'amplitude des vagues est importante. À l'aide d'au moins 2 points de votre choix, vérifier que la condition d'interférence constructive est vérifiée sur la ligne n°1. Faire ensuite une vérification sur la ligne n°2.
5. Vérifier approximativement la condition d'interférences destructives sur un point que vous estimez être dans cet état.

**Activité 4. Retour sur les interférences des ondes lumineuses**

On étudie à nouveau le dispositif de l'activité 1 pour obtenir des interférences lumineuses à l'aide d'un laser et de deux fentes très proches, chacune de largeur notée a , et séparées d'une longueur notée b .

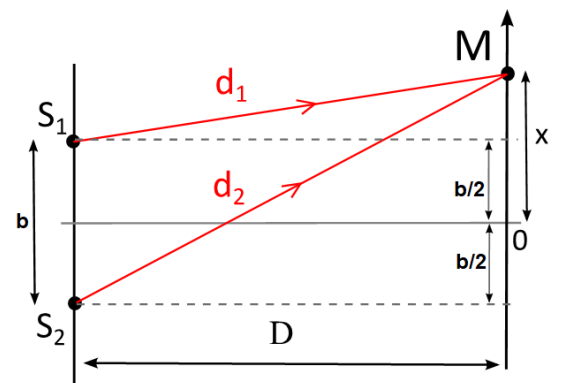
1. Pourquoi est-on sûr que les deux sources ont la même fréquence ?
2. Le schéma ci-dessous représente ce qu'on observe sur l'écran (dans le cas de fentes verticales).
Indiquer sur ce schéma ce qui relève de la diffraction et ce qui relève des interférences.



3. Sur le schéma ci-contre, représenter la différence de marche (qu'on appelle aussi en optique la différence de chemin optique) pour un point M situé sur l'écran (à une distance x du point O).

On admet en terminale que dans le cas des fentes d'Young, la différence de marche en M s'exprime : $\delta \approx \frac{b \cdot x}{D}$.

Cette expression n'est pas à connaître et sera redonnée. La démonstration, hors programme, est écrite ci-contre.



L'interfrange i est la distance séparant deux franges brillantes.

On cherche à exprimer i grâce à l'expression de la différence de chemin optique δ .

4. En utilisant un entier relatif k , exprimer les valeurs de x qui correspondent à des points d'interférences constructives.
5. En déduire l'expression de l'interfrange.

Démonstration (hors programme) :

Pythagore dans les triangles de sommet S_1 et S_2 :

$$d_2^2 = (x+b/2)^2 + D^2 \quad \text{et} \quad d_1^2 = (x-b/2)^2 + D^2$$

en développant et simplifiant :

$$d_2^2 - d_1^2 = 2bx \quad \text{donc, avec identité remarquable :}$$

$$(d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2bx \quad \text{ou encore} \quad \delta \cdot (d_2 + d_1) = 2bx$$

Il faut faire ici une approximation :

Comme $D \gg b$ et $D \gg x$ alors les 2 rayons sont

presque parallèles et donc $d_2 + d_1 \approx 2D$

$$\text{Donc} \quad \delta = \frac{bx}{D}$$

**Activité 5. Peut-on tester cette expression, et s'en servir ?****1. Vérification qualitative**

Prévision à l'aide du modèle

A partir de l'expression de l'interfrange i , cocher les bonnes réponses :

- a) Pour augmenter l'interfrange, il faut rapprocher éloigner l'écran
- b) Pour augmenter l'interfrange, il faut rapprocher espacer les fentes
- c) Pour augmenter l'interfrange, il faut passer du vert au rouge passer du rouge au vert
 peu importe

Vérification expérimentale

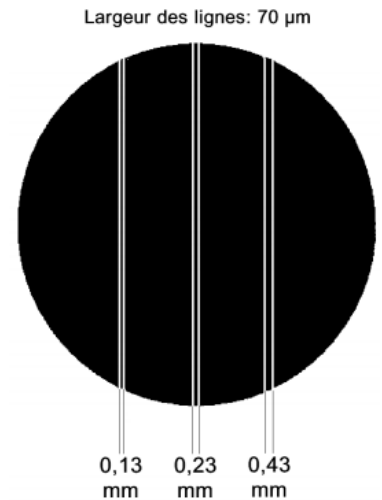
À l'aide du matériel à votre disposition, vérifier expérimentalement chacune des affirmations précédentes. Corriger éventuellement vos réponses.

🔊 Appeler le professeur pour lui montrer une de vos vérifications, celle de votre choix.

2. Exploitation de l'interfrange pour déterminer la valeur de la longueur d'onde

Proposer et réaliser un protocole expérimental permettant, à partir de l'expression de l'interfrange de trouver la longueur d'onde du laser vert.

🔊 Appeler le professeur pour lui montrer votre proposition.



Indiquer vos mesures puis le calcul de la valeur de la longueur d'onde.

On aura intérêt à minimiser l'incertitude sur la valeur de l'interfrange en utilisant un logiciel de traitement d'image tel que le module Intensité lumineuse de Regressi,

Estimation des incertitudes :

- On considère que l'incertitude sur b est $u(b) = 0,005 \text{ mm}$.
- L'incertitude sur D peut être estimée à $0,5 \text{ cm}$.
- Estimer l'incertitude sur l'interfrange : $u(i) = \dots\dots\dots$
- L'incertitude sur λ est donnée par la formule : $u(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$

Calculer l'incertitude et écrire la valeur de l'interfrange donnée par la formule sous la forme

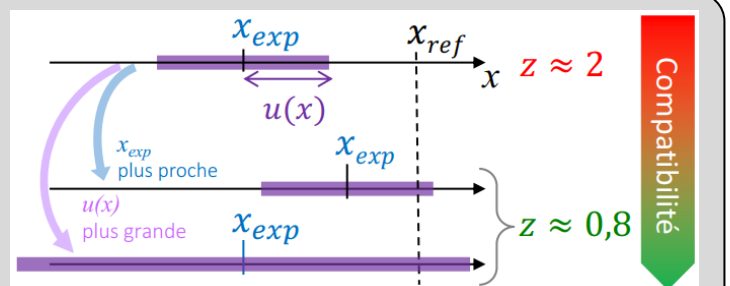
 $\lambda = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ mm}$.

Après avoir pris connaissance de la valeur indiquée sur le laser, prise comme valeur de référence, analyser votre résultat en exploitant le texte ci-dessous.

Pour comparer une mesure x_{mes} à une valeur théorique x_{theo} , on utilise l'écart ramené à l'incertitude de la mesure (appelé aussi z-score) :

$$z = \frac{|x_{\text{mes}} - x_{\text{theo}}|}{u(x)}$$

Si z est inférieur à 1 alors la mesure peut être jugée compatible avec la valeur théorique. Autrement dit, la valeur théorique est dans l'intervalle de confiance. Plus z est petit, meilleure est la compatibilité.

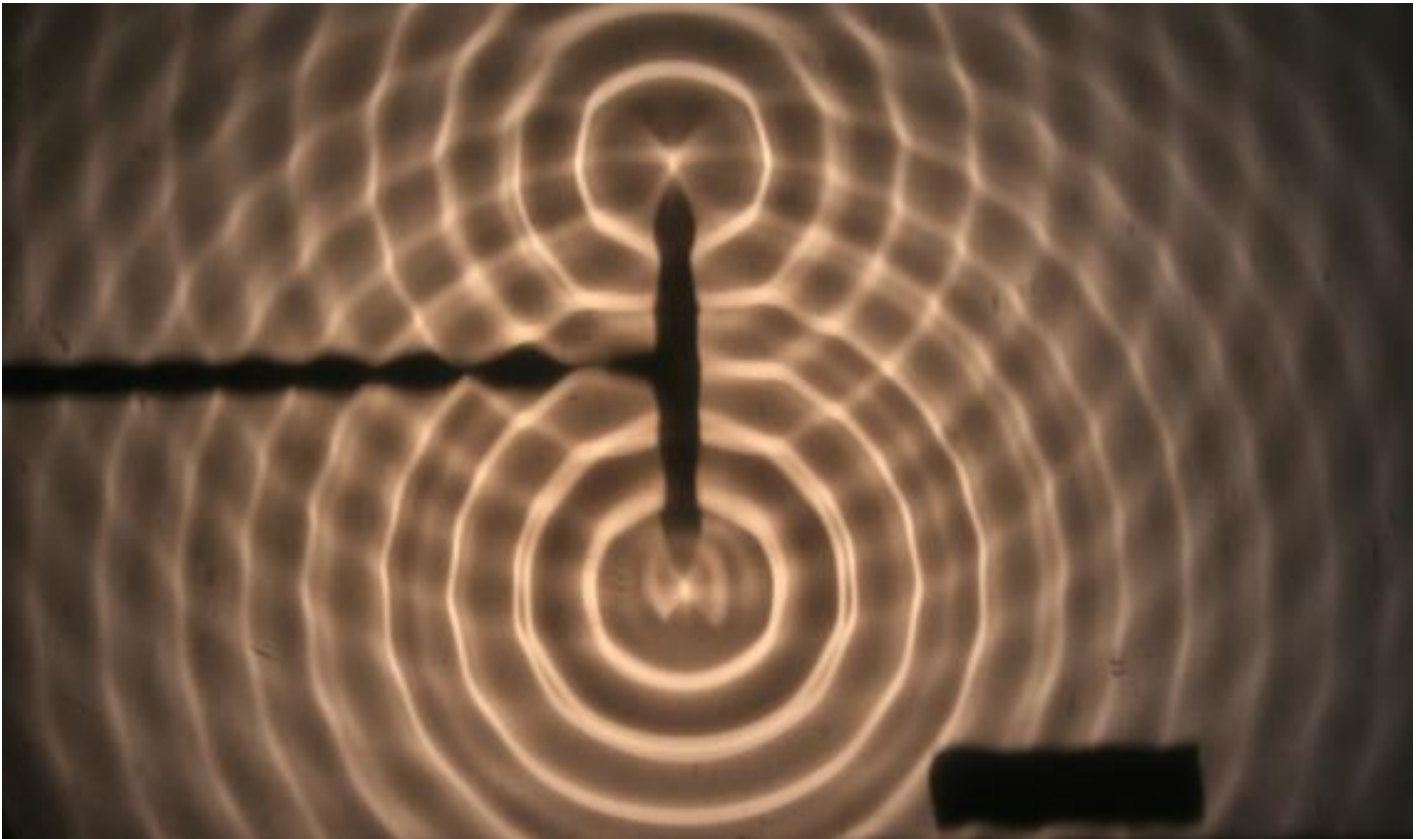




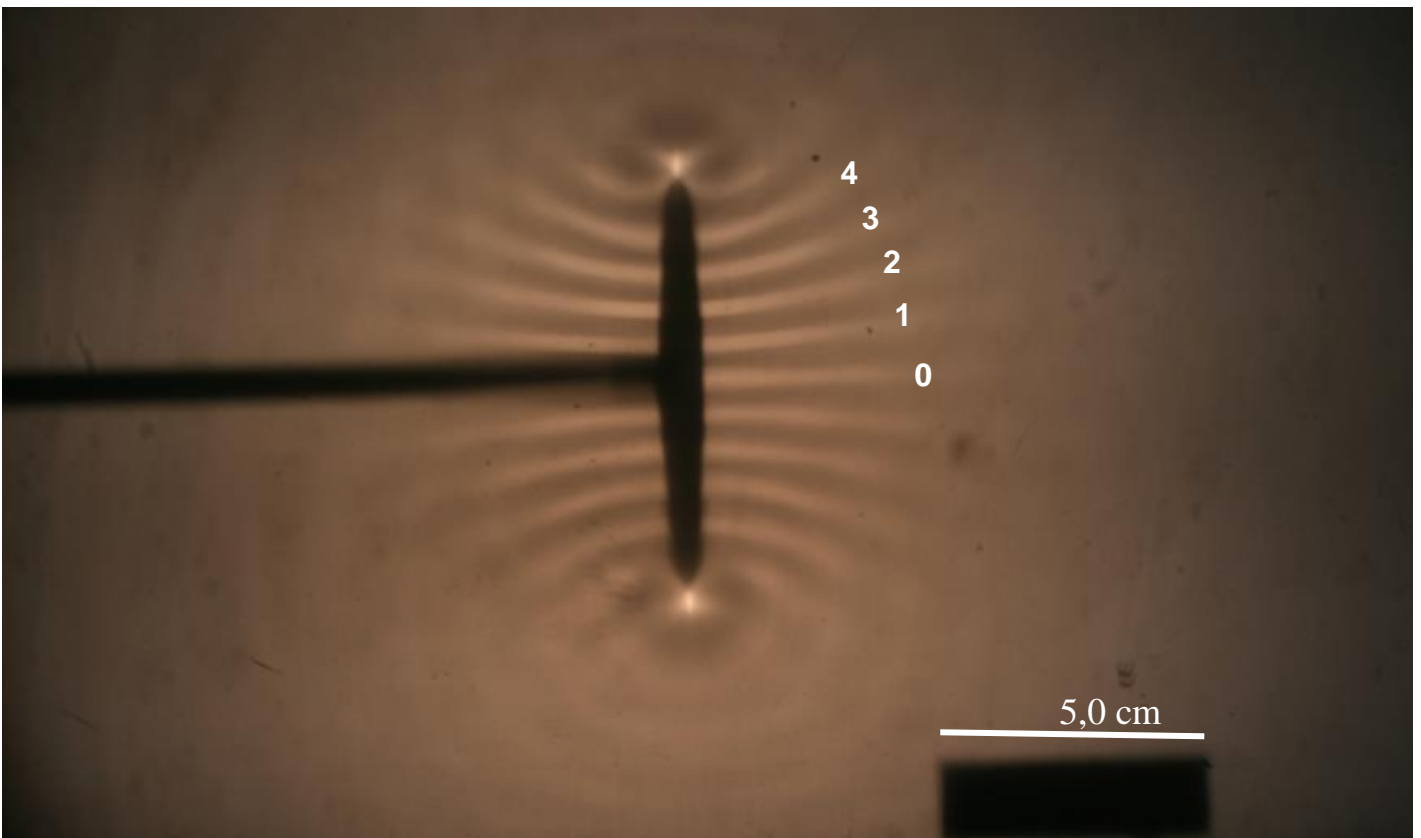
Document annexe 2 - Activité 3 - fréquence 15 Hz

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



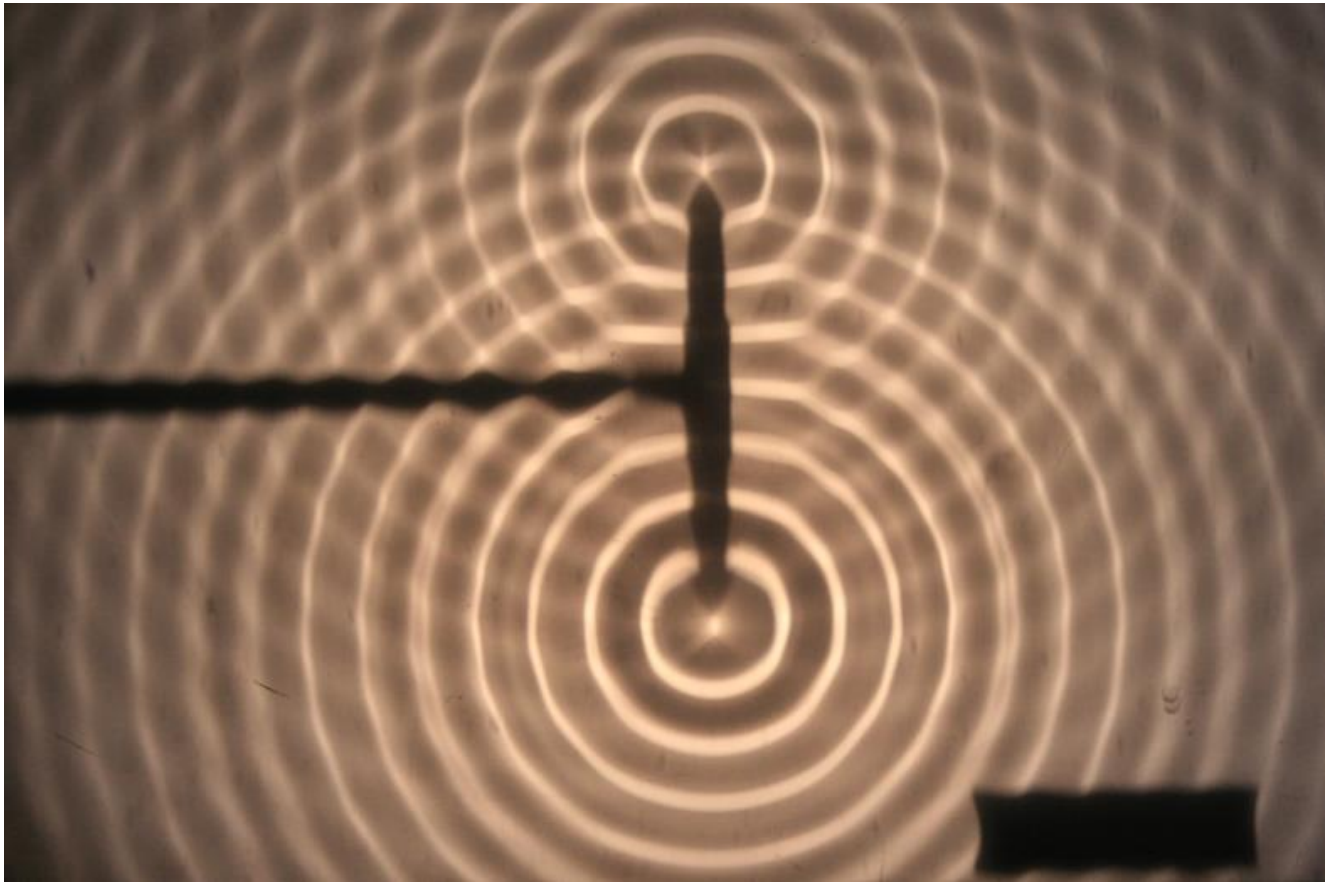
Grand temps d'exposition



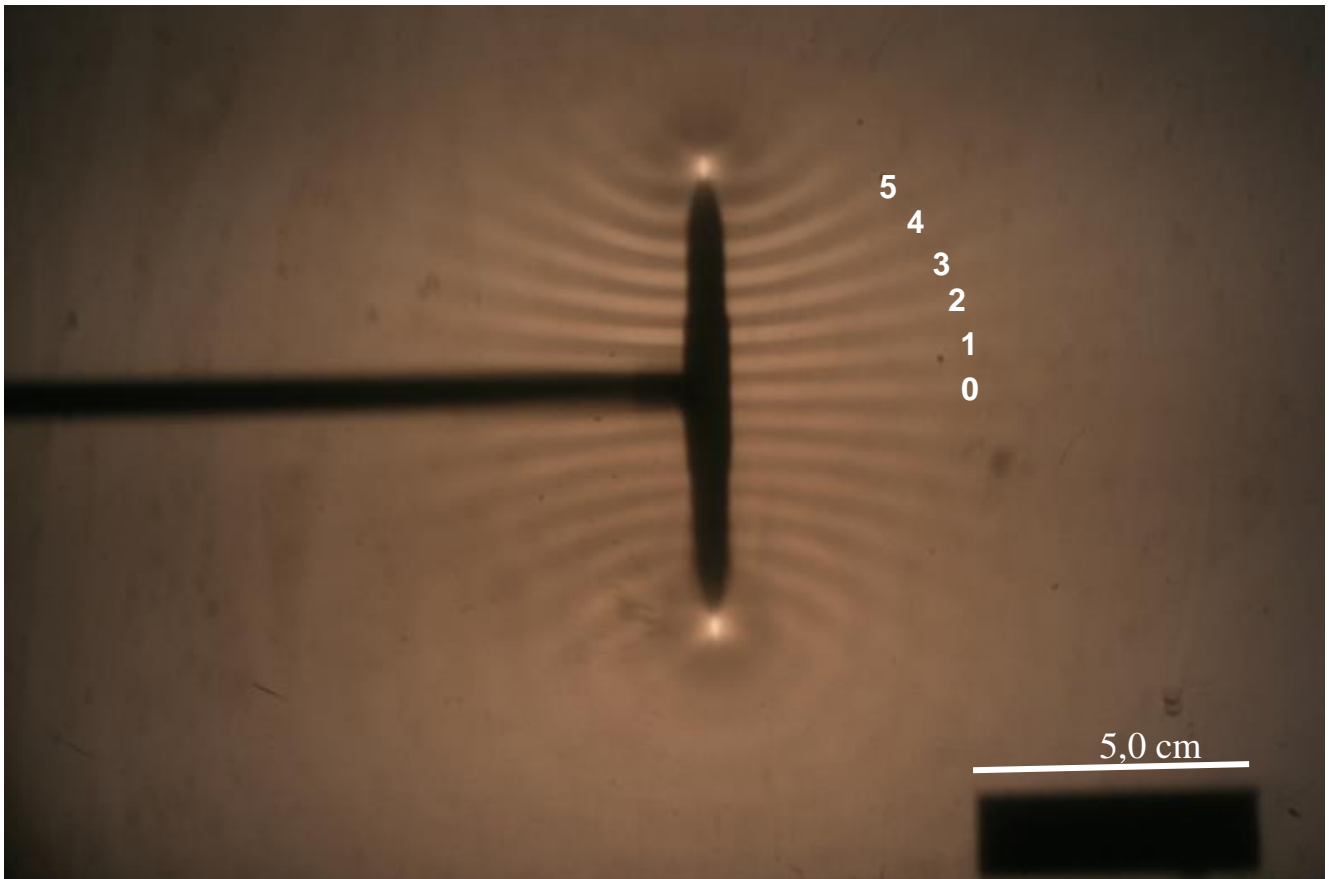
Document annexe 2bis - Activité 3 - fréquence 20 Hz

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