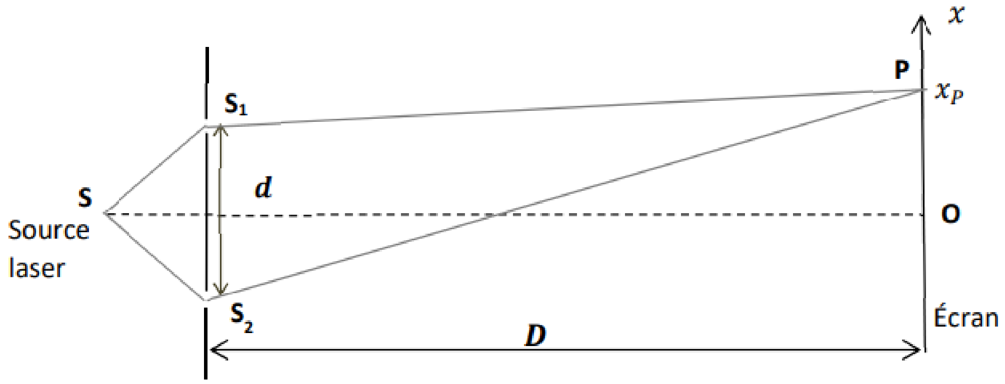
Bac 2022 Nouvelle Calédonie Sciences physiques pour Sciences de l'ingénieur.e
EXERCICE III – LES ONDES GRAVITATIONNELLES DÉTECTÉES PAR INTERFÉROMÉTRIE
Durée : 30 min **Correction © https://labolycee.org**

Mots clés : Interférences



Données :

- distance entre les fentes et l'écran : $D = 2{,}0$ m
- distance entre les centres des fentes : $d = 0{,}20$ mm
- longueur d'onde du laser : $\lambda = 6{,}0 \times 10^{-7}$ m
- dans le cas de l'expérience, $S_2P - S_1P$ est la différence entre les deux distances parcourues par les deux ondes.

  Elle s'exprime par la relation approximative : $S_2P - S_1P = \frac{d \times x_P}{D}$

  On considère, dans un premier temps, le point P tel que la différence $S_2P - S_1P$ a pour valeur $1{,}5 \times 10^{-6}$ m.

1. Déterminer si les interférences en P sont constructives ou destructives. Préciser ce qui sera observé en P sur l'écran.

La différence de marche $\delta = S_2P - S_1P = 1{,}5 \times 10^{-6}$ m.

Si les interférences sont destructives alors $\delta = (2k+1).\frac{\lambda}{2}$ avec $k \in \mathbb{Z}$

$$(2k+1).\frac{6{,}0\times10^{-7}}{2} = 1{,}5\times10^{-6}$$

$$2k.\frac{6{,}0\times10^{-7}}{2} + 3{,}0\times10^{-7} = 1{,}5\times10^{-6}$$

$$k.6{,}0\times10^{-7} = 1{,}5\times10^{-6} - 0{,}3\times10^{-6}$$

$$k = \frac{1{,}2\times10^{-6}}{6{,}0\times10^{-7}} = 2 \in \mathbb{Z}$$

Si les interférences sont constructives alors $\delta = k.\lambda$ avec $k \in \mathbb{Z}$

$$1{,}5\times10^{-6} = k\times6{,}0\times10^{-7}$$

$$k = \frac{1{,}5\times10^{-6}}{6{,}0\times10^{-7}} = 2{,}5 \notin \mathbb{Z}$$

Au point P, les interférences sont destructives, on n'observe aucun signal lumineux.

2. Calculer la valeur de l'abscisse x_P du point P.

$$S_2P - S_1P = \delta = \frac{d.x_P}{D}$$

$$x_P = \frac{\delta.D}{d}$$

$$x_P = \frac{1{,}5\times10^{-6}\times2{,}0}{0{,}20\times10^{-3}} = 1{,}5\times10^{-2} \text{ m} = 1{,}5 \text{ cm}$$

3. Donner les valeurs des abscisses les plus proches de celle de P où le même phénomène est observable. En déduire la valeur de l'interfrange i.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

On calcule x_P pour $k = 1$

$\delta_1 = (2\times1+1).\frac{\lambda}{2} = \frac{3\lambda}{2}$

$$x_{P_1} = \frac{\delta_1.D}{d} = \frac{\frac{3\lambda}{2}.D}{d} = \frac{3\lambda.D}{2d}$$

$x_{P_1} = \frac{3\times6,0\times10^{-7}\times2,0}{2\times0,20\times10^{-3}}$ = $9,0\times10^{-3}$ m = 0,9 cm

L'interfrange est la distance entre deux franges sombres consécutives.

$i = x_{P_1} - x_P$

i = 1,5 – 0,9 = 0,6 cm

On peut encore calculer $x_{P_3} = \frac{\delta_3.D}{d} = \frac{7\lambda.D}{2d}$

$x_{P_3} = \frac{7\times6,0\times10^{-7}\times2,0}{2\times0,20\times10^{-3}}$ = $2,1\times10^{-2}$ m = 2,1 cm

On vérifie la valeur précédente de l'interfrange :

$i = \left|x_{P_3} - x_P\right|$

i = |1,5 – 2,1| = 0,6 cm

On ajoute sur le chemin S_1P un objet transparent qui ralentit la lumière et modifie ainsi le déphasage entre les deux ondes issues de S_1 et S_2. Ce déphasage peut être modélisé par une nouvelle valeur $S_2P - S_1P$ telle que $S_2P - S_1P = 1,2\times10^{-6}$ m.

4. Préciser le changement observé sur l'écran au point P.

Si les interférences sont constructives alors $\delta = k.\lambda$ avec $k \in \mathbb{Z}$

$1,2\times10^{-6} = k\times6,0\times10^{-7}$

$k = \frac{1,2\times10^{-6}}{6,0\times10^{-7}} = 2 \in \mathbb{Z}$

Cette fois au point P, le récepteur détecte un signal lumineux.

5. Expliquer comment cette expérience permet de comprendre le principe de l'interféromètre gravitationnel.

Lors du passage d'une onde gravitationnelle, l'un des bras de l'interféromètre est rallongé et l'autre est raccourci. Ainsi la différence de marche entre les deux faisceaux est modifiée et la nature des interférences est alors modifiée.