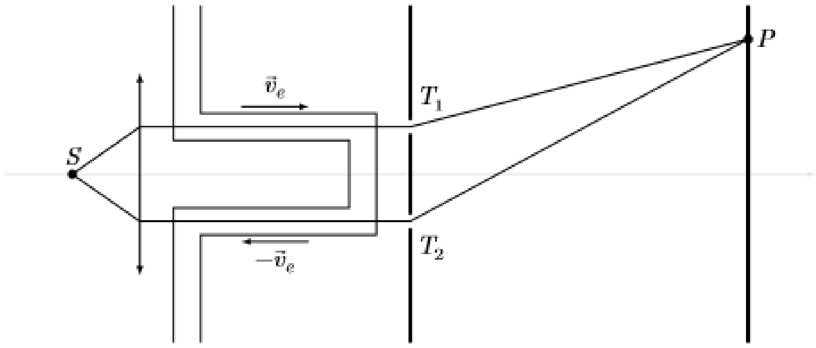
CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Optique

Soit deux trous d'Young T_1 et T_2 distants de $a = 10$ mm, percés dans un écran opaque éclairé sous incidence normale par une source ponctuelle S monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 585{,}0$ nm. S est située dans le plan médiateur de T_1 et T_2, au foyer principal objet d'une lentille convergente. On observe les phénomènes d'interférences sur un écran situé à $D = 20$ m des trous d'Young.

L'expérience de Fizeau consiste à placer devant chaque trou un tube horizontal de longueur $L = 5$ m rempli d'eau ; les deux tubes sont traversés par la lumière sous incidence normale. On crée dans ces tubes deux courants d'eau de même vitesse $v_e = 7\ \mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$, de sens opposés.



L'indice de l'eau au repos valant $n = 1{,}337$, la vitesse de la lumière est égale à c/n dans le référentiel de l'eau.

1. Calculer l'ordre d'interférence au point P en l'absence de courants d'eau.

On suppose que la vitesse de la lumière dans l'eau en mouvement, mesurée dans le référentiel du laboratoire, vaut : $v = c/n \pm v_e$ (hypothèse H).

2. Calculer la variation de l'ordre d'interférence au point P provoquée par l'établissement des courants d'eau. Sachant qu'on observe un déplacement des franges de $\Delta x = 0{,}37 \pm 0{,}05$ mm, que faut-il penser de l'hypothèse (H) ?

3. Un raisonnement plus fin analysant la propagation d'ondes électromagnétiques dans un milieu en mouvement donne une vitesse de la lumière dans l'eau en mouvement, mesurée dans le référentiel du laboratoire, valant : $v = c/n \pm v_e(1 - 1/n^2)$. Le résultat de ce calcul est-il en accord avec l'expérience ? Conclure.

CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Optique

1) La situation initiale est classique et la différence de marche est $\delta = \frac{ax}{D}$ où x est la position verticale du point P sur l'écran. L'ordre d'interférence est alors : $p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{ax}{\lambda D}$
2) Avec l'écoulement est l'hypothèse H : la vitesse des rayons passant par T_2 est $v_- = \frac{c}{n} - v_e$ sur la longueur L (soit un indice $n_- = \frac{c}{v_-} = \frac{nc}{c-nv_e}$)et la vitesse des rayons passant par T_2 est $v_+ = \frac{c}{n} + v_e$ sur la longueur L (soit un indice $n_+ = \frac{nc}{c+nv_e}$). Il s'établit donc une différence de marche donnée par : $\delta = \frac{ax}{D} + \left(\frac{1}{c-nv_e} - \frac{1}{c+nv_e}\right)ncL = \frac{ax}{D} - \left(\frac{2nv_e}{c^2-n^2{v_e}^2}\right)ncL \approx \frac{ax}{D} - \left(\frac{2v_e n^2}{c}\right)L$

   Ce qui conduit à une variation de l'ordre d'interférence donnée par $\Delta p = \frac{\left(\frac{2n^2v_e}{c}\right)L}{\lambda}$

   La frange d'un ordre p donné se décale de $\Delta x = \frac{D}{a}\left(\frac{2n^2v_e}{c}\right)L \approx 0{,}83mm$

   Avec l'incertitude proposée, ce modèle n'est pas satisfaisant.
3) On peut réinvestir le résultat précédent avec $v_e \to v_e\left(1 - \frac{1}{2n^2}\right)$ soit $\Delta x = \frac{D}{a}\left(\frac{2n^2v_e}{c}\right)\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) L \approx 0{,}37mm$