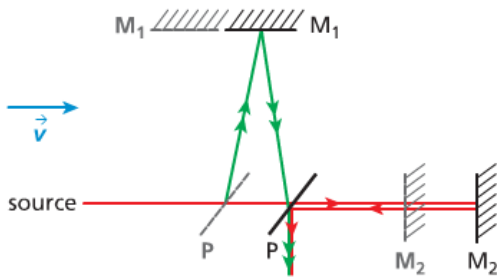
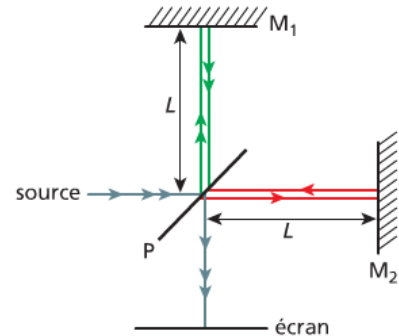


L'expérience de Michelson et Morley

Jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, la lumière était supposée se propager dans un milieu appelé éther, par analogie avec les ondes mécaniques qui font vibrer un milieu matériel à leur passage. La célérité de la lumière dans le référentiel terrestre devait donc être différente de sa célérité dans le référentiel de l'éther.

Pour vérifier cela, les physiciens américains Albert Michelson (1852-1931) et Edward Morley (1838-1923) étudièrent les variations de la vitesse de la lumière à l'aide d'un appareil utilisant les interférences lumineuses.

L'interféromètre de Michelson est constitué d'une lame semi-réfléchissante séparant un faisceau lumineux en deux, et de deux miroirs M₁ et M₂ placés à égale distance L de la lame. Les deux faisceaux réfléchis sont recombinaés par la lame semi-réfléchissante et leur figure d'interférence est observée sur un écran.



En supposant l'interféromètre en mouvement à la vitesse v constante dans le référentiel de l'éther, la lumière parcourt, sur un trajet (en vert), la distance L_1 et sur l'autre (en rouge) la distance L_2 .

Pour le trajet en vert, perpendiculaire au déplacement, le théorème de Pythagore donne

$$L_1 = \frac{2L}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Le trajet rouge est couvert sur la durée

$$\Delta t_2 = \frac{L}{c+v} + \frac{L}{c-v}$$

$$\Delta t_2 = \frac{L(c-v) + L(c+v)}{(c+v)(c-v)} = \frac{2Lc}{c^2 - v^2} = \frac{2L}{c \left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)}$$

La distance L_2 correspond alors à

$$L_2 = \frac{2L}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Questions

1. Sachant que la distance moyenne Terre-Soleil est de 150 millions de kilomètres, estimer la vitesse v de la Terre par rapport à l'éther.
2. Quelle serait la différence de marche au centre de l'écran (correspondant aux rayons en incidence normale sur les miroirs) si l'interféromètre était immobile dans le référentiel de l'éther ? Le centre de l'écran serait-il sombre ou lumineux ?
3. Répondre aux mêmes questions en considérant cette fois la différence de marche $\delta = L_2 - L_1$. L'intensité lumineuse au centre de l'écran est-elle maximale ?

L'expérience de Michelson et Morley, réalisée en 1881 et 1887, reproduite de nombreuses fois depuis, n'a jamais montré de différence dans la figure d'interférences entre les deux situations. Ceci permet d'émettre plusieurs hypothèses,

- La mesure n'est pas assez précise
 - Le référentiel terrestre est immobile par rapport à l'éther
 - La célérité de la lumière est c dans l'éther et dans le référentiel terrestre
4. Sachant que les physiciens sont capables de mesurer des distances très inférieures à la longueur d'onde, quelle hypothèse semble vraisemblable ?
 5. Montrer alors, à l'aide de la figure 1, que la différence de marche est bien nulle si la vitesse de la lumière est égale à c dans tous les référentiels.