

EXPERIENCE DE MICHELSON ET MORLEY (1887)

Objectif : mettre en évidence le mouvement de la Terre par rapport à l'éther.

Dispositif utilisé : interféromètre (de Michelson) (voir ci-dessous).

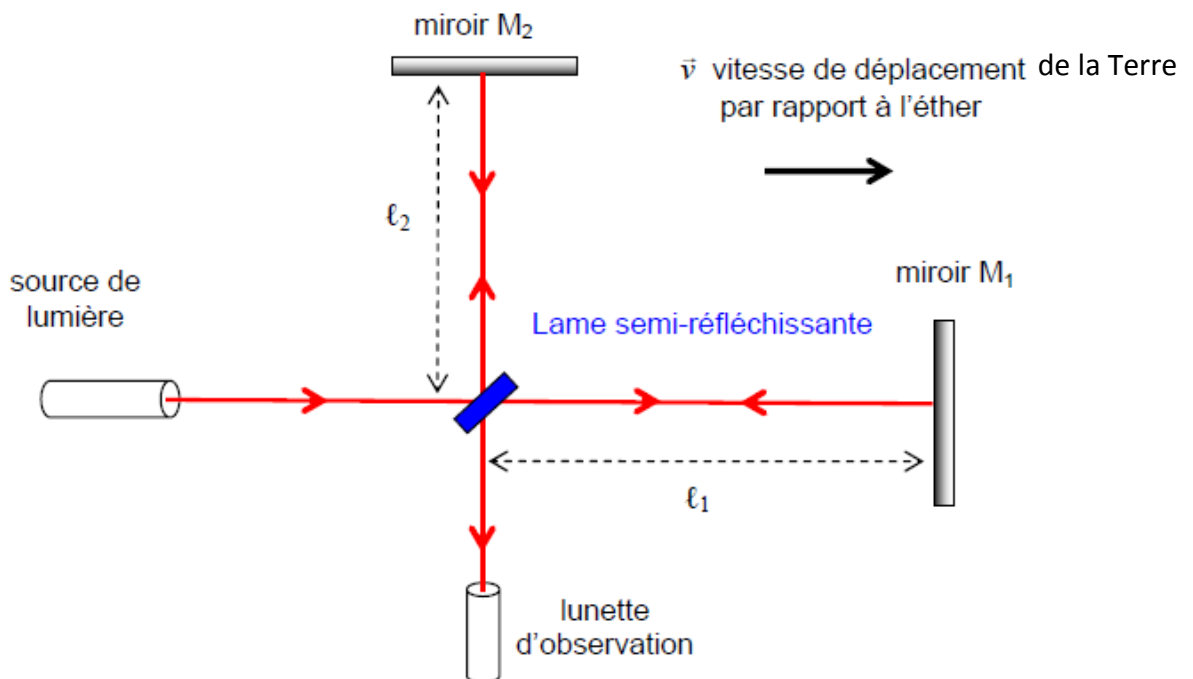
Si les durées de parcours des trajets ℓ_1 et ℓ_2 par la lumière sont différents, une figure d'interférences sera observée dans la lunette.

Hypothèses : 1) la vitesse de la lumière (c) est la vitesse de la lumière par rapport à l'éther.
2) la loi de composition des vitesses s'applique

(Exemple : un homme marche dans un train qui roule à la vitesse $\vec{v}_{\text{train/Terre}}$ par rapport à la Terre.

$$\vec{v}_{\text{homme/Terre}} = \vec{v}_{\text{homme/train}} + \vec{v}_{\text{train/Terre}})$$

Schéma de principe



On note S la lame semi-réfléchissante.

1°) Représenter sur le schéma :

- le vecteur vitesse de l'éther par rapport à la Terre : $\vec{v}_{\text{ether/Terre}}$.
- le vecteur vitesse de la lumière par rapport à la Terre de S vers M_1 puis de M_1 vers S.
- le vecteur vitesse de la lumière par rapport à la Terre de S vers M_2 puis de M_2 vers S.

2°) Trajet aller-retour de la lumière entre S et M_1 :

a) Exprimer la vitesse de la lumière par rapport à la Terre de S vers M_1 en fonction de c et v .

b) Exprimer la vitesse de la lumière par rapport à la Terre de M_1 vers S en fonction de c et v .

c) En déduire l'expression de Δt_1 : durée de l'aller-retour de la lumière entre S et M_1 .

3°) Trajet aller-retour de la lumière entre S et M_2 :

Par une démarche analogue à la question précédente, exprimer la durée Δt_2 de l'aller-retour de la lumière entre S et M_2 .

4°) Estimation de la différence des durées de parcours si $\ell_1 = \ell_2$.

a) Si $\ell_1 = \ell_2 = \ell$, les durées de parcours Δt_1 et Δt_2 sont-elles égales ? Si non pourquoi ?

b) Quelle est la durée de parcours la plus longue : Δt_1 ou Δt_2 ?

- c) Comment cette expérience peut-elle permettre de mettre en évidence le mouvement de la Terre par rapport à l'éther ? Est-ce réalisable ?

5°) Pour contourner la difficulté précédente, Michelson et Morley décident de travailler avec $\ell_1 \neq \ell_2$, donc d'obtenir des franges d'interférences puis de faire subir une rotation de 90° à l'interféromètre c'est-à-dire d'invertir les bras de l'interféromètre. Ils s'attendaient donc à observer, après rotation de l'interféromètre, un décalage des franges d'interférences.

Le décalage des franges est dû à la modification de la différence de parcours après rotation de l'interféromètre. Cette modification de durée de parcours est égale à :

$$\tau = (\ell_1 + \ell_2) \frac{v^2}{c^3}$$

Leur appareil leur permettait d'observer un décalage de 0,01 frange. Estimons le décalage attendu par Michelson et Morley ; était-il mesurable ?

- a) On note T la période de la lumière employée pour réaliser les interférences. Si $\tau = T$, de combien de franges est le décalage ?

- b) Estimer les valeurs de τ et T dans l'expérience de Michelson et Morley :

$$\ell_1 + \ell_2 = 22 \text{ m} ; \quad v \approx 30 \text{ km.s}^{-1} \text{ (vitesse de la Terre sur son orbite)} ; \quad \lambda \approx 500 \text{ nm}$$

- c) En déduire si, dans le cadre de la théorie de l'éther, Michelson et Morley pouvaient s'attendre à mesurer un décalage de franges.