

Lundi 5 novembre 2001 à 17 h

“Le mouvement est comme rien”

Bernard Vuilleumier

<http://Hypatie.ge.ch>

Centre pédagogique des technologies de l'information et de la communication (CPTIC)
Rue Théodore-de-Bèze 2
Case Postale 3144
1211 GENÈVE 3
Tél: (022) 318.05.30
Fax: (022) 318.05.35
Directeur: Raymond Morel

Lettre n° 164

Il est impossible, au moyen d'une expérience de physique, quelle qu'elle soit, de détecter le mouvement de la terre par rapport à l'éther

La cinématique des vibrations, plutôt que d'adopter ce postulat, apportait une réponse ad hoc à chaque nouvelle expérience

La relativité d'Einstein permit de rendre compte élégamment du résultat négatif des tentatives de détection du mouvement

Une théorie s'épuise quand elle doit apporter une réponse ad hoc à chaque nouvelle expérience. L'étude de la propagation de la lumière dans les milieux matériels devait aboutir à d'importantes conséquences : selon qu'on suppose la lumière formée d'ondes ou de corpuscules, on peut prévoir qu'elle se déplacera plus lentement ou plus rapidement dans un milieu matériel que dans le vide. Les mesures de la vitesse de la lumière dans l'eau, effectuées par Fizeau en 1851, devaient montrer que cette vitesse est inférieure à la vitesse dans le vide. Les expériences sur la propagation de la lumière dans les milieux transparents furent dès lors interprétées en utilisant les principes d'une cinématique des vibrations et on appela *éther* le support des vibrations de la lumière dans le vide. Mais, pour expliquer les résultats de ces expériences, il fallait recourir à des hypothèses ad hoc. En 1905, la théorie de la relativité restreinte d'Einstein parvint à rendre compte élégamment de ces résultats en s'appuyant sur deux postulats uniquement.

Au cours de leur célèbre expérience, Michelson et Morley essayaient de détecter un mouvement relatif de la Terre par rapport à l'éther. Ils comparaient les temps mis par la lumière pour faire des aller et retour de longueur égale dans des directions respectivement parallèles et perpendiculaires à celle du mouvement de la Terre autour du Soleil. La lumière était réfléchiée d'avant en arrière entre des miroirs presque parallèles et parcourait une longueur totale de 22 mètres selon chaque direction.

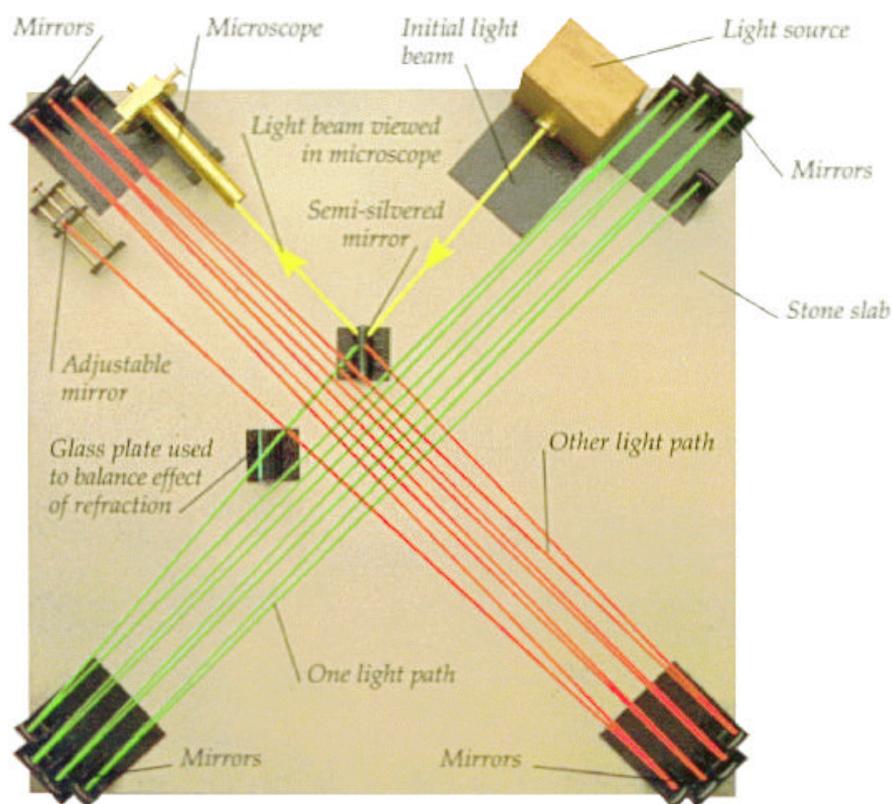


Fig. 1: Schéma de l'interféromètre de Michelson et Morley.

Source: <http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/dohtml/foucault/michelson.htm>

Ce site fournit une description complète et détaillée de l'expérience de Michelson et Morley.

Prochaine réunion: lundi 3 décembre 2001 à 17 h.

Travaux pratiques

Mots clefs

Einstein, éther, Fizeau, lumière, Michelson, Morley, mouvement, relativité, vitesse.

Pour introduire l'expérience de Michelson et Morley

Exercice 1

a) Un avion se déplace à la vitesse v_a par rapport à l'air. Il va d'un point A à un point B situés à terre. Un fort vent souffle de B vers A à la vitesse v .

Montrez que la durée de l'aller et retour ABA est multipliée par $1/(1 - v^2/v_a^2)$

b) Le même avion fait maintenant l'aller retour ACA . La distance entre A et C est identique à la distance entre A et B mais la droite AC est perpendiculaire à la droite AB .

Montrez que la durée de l'aller et retour ACA dans ces conditions est égale à celle de l'aller et retour en air calme multipliée par $1/(1 - v^2/v_a^2)^{1/2}$.

c) Deux avions quittent en même temps le point A à la même vitesse v_a par rapport à l'air. Le premier va de A vers B puis revient en A en volant d'abord avec le vent debout, puis avec le vent arrière (la vitesse de ce dernier est v). L'autre va de A à C puis revient en A en volant toujours avec le vent de côté. Quel est celui qui arrivera le premier en A et quel sera le décalage entre son arrivée et celle du second? Montrez que si $v \ll v_a$, une valeur approchée de ce décalage est donnée par:

$$\Delta t = \frac{L}{2v_a} \left(\frac{L}{v_a^2} \right)$$

où $L/2$ représente la distance AB (et AC).

Pour démontrer la nécessité de recourir à un interféromètre

Exercice 2

Quelle différence maximale de temps de parcours de la lumière sur les deux trajets de leur interféromètre Michelson et Morley escomptaient-ils?

Pour rappeler l'interprétation prérelativiste de l'expérience de Michelson et Morley

Exercice 3

a) Comment le résultat négatif de l'expérience de Michelson et Morley (i.e. aucune différence de temps de parcours sur les deux trajets) était-il expliqué dans le cadre de la physique pré-relativiste?

b) Cette interprétation est-elle compatible avec l'affirmation de Galilée « le mouvement est comme rien »?

Pour souligner la simplicité des postulats de la relativité restreinte et dégager sa nouveauté

Exercice 4

a) Quels sont les deux postulats de la théorie de la relativité restreinte d'Einstein?

b) Comment cette théorie rend-elle compte du résultat négatif de l'expérience de Michelson et Morley?

Sources et bibliographie

- Taylor, E.-F. et Wheeler, J.-A. *A la découverte de l'espace temps et de la physique relativiste*, Dunod, Paris (1970).
- Tonnelat, M.-A., *Histoire du principe de relativité*, Flammarion, Paris 1971.
- *La Recherche* n° 96. Einstein et la relativité. Janvier 1979.
- <http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/dohtml/foucault/michelso.htm>