

Nicolas NIO



L'EXPÉRIENCE DE MICHELSON ET MORLEY : LA FIN DE LA PHYSIQUE CLASSIQUE ?

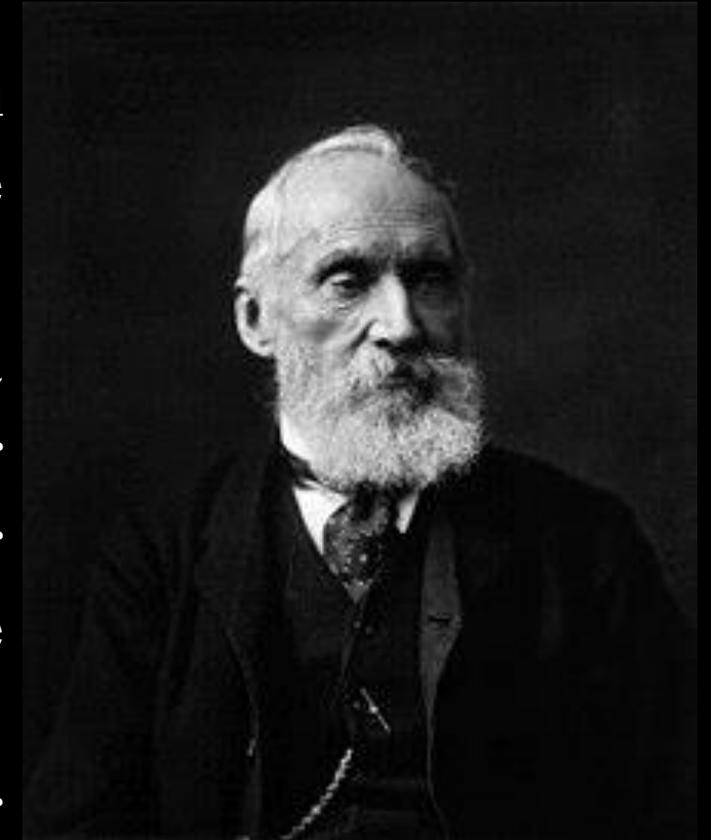
Jeudi 6 juillet 2022

VERS UNE CRISE DE LA PHYSIQUE ?

« La beauté et la clarté de la théorie dynamique, qui pose la chaleur et la lumière comme conséquences de mouvements, est à présent obscurcie par deux nuages:

1) Le premier survint avec la théorie ondulatoire de la lumière, et fut soulevé par Fresnel et le docteur Thomas Young; elle pose la question de savoir comment la terre peut se déplacer à travers un solide élastique, comme l'est par nature l'éther luminifère,
2) Le second est la doctrine de Maxwell-Boltzmann sur la partition de l'énergie. »

W. Thomson, 1900



William Thomson
1824 - 1907



PARTIE I:

L'ÉTHÉR

L'ÉTHER OPTIQUE

- Propagation d'une interaction.
- 1801 : Thomas Young réalise les expériences d'interférences
- 1814 : Construction d'une théorie ondulatoire de la lumière par Augustin Fresnel.

QUELLES CONTRAINTES ?

- Milieu « subtil » puisque non détectable.
- Suffisamment ténu pour laisser passer les planètes.
- Suffisamment rigide pour propager une onde transverse de haute fréquence.

FRESNEL OU STOKES ?

- Théorie de A. Fresnel (1817) :
 - Aucun mouvement de l'éther à l'extérieur des corps.
 - Entraînement partiel de l'éther à l'intérieur des corps transparents.
- Théorie de G. Stokes (1845) :
 - Entraînement de l'éther adjacent aux corps en mouvement, sur une « couche limite ».
 - Incohérence théorique mise en évidence par H. Lorentz

L'EXPÉRIENCE DE FIZEAU (1851)

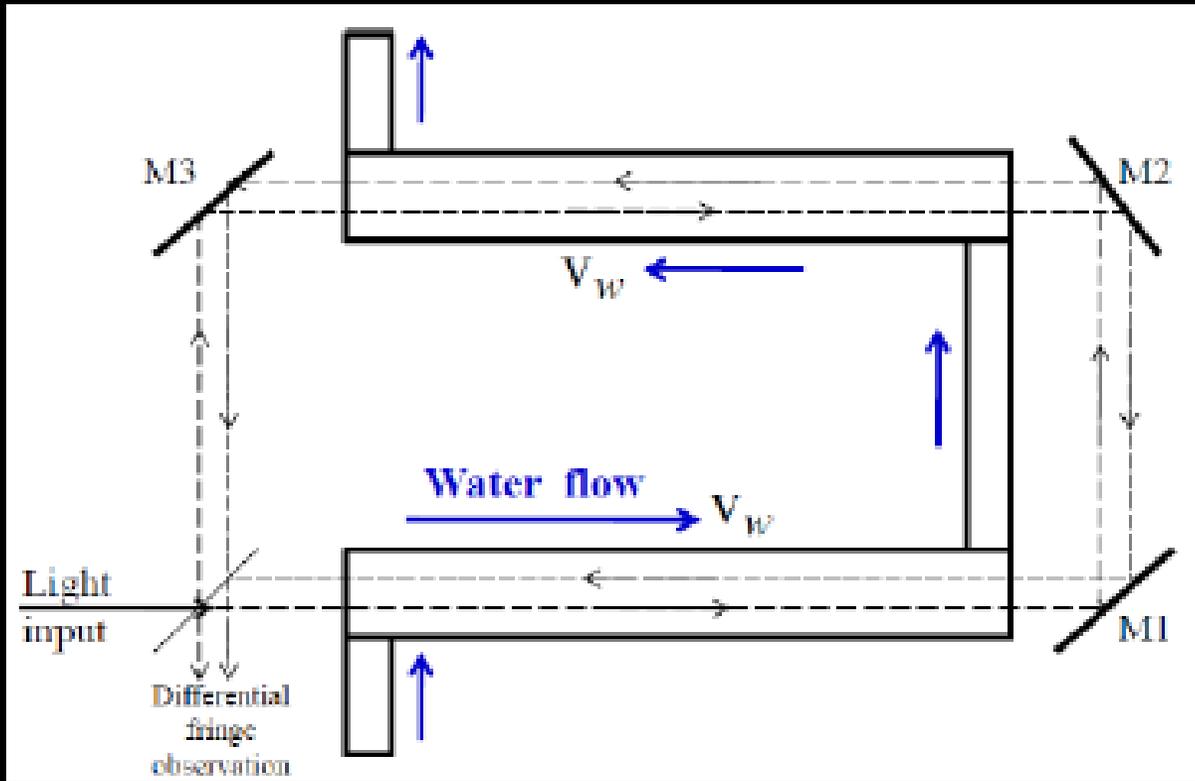


Schéma du dispositif de Fizeau

Si l'éther n'est pas du tout entraîné par l'eau:

$$v_{lumière} = c$$

Si l'éther est totalement entraîné par l'eau:

$$v_{lumière} = c + v_{eau}$$

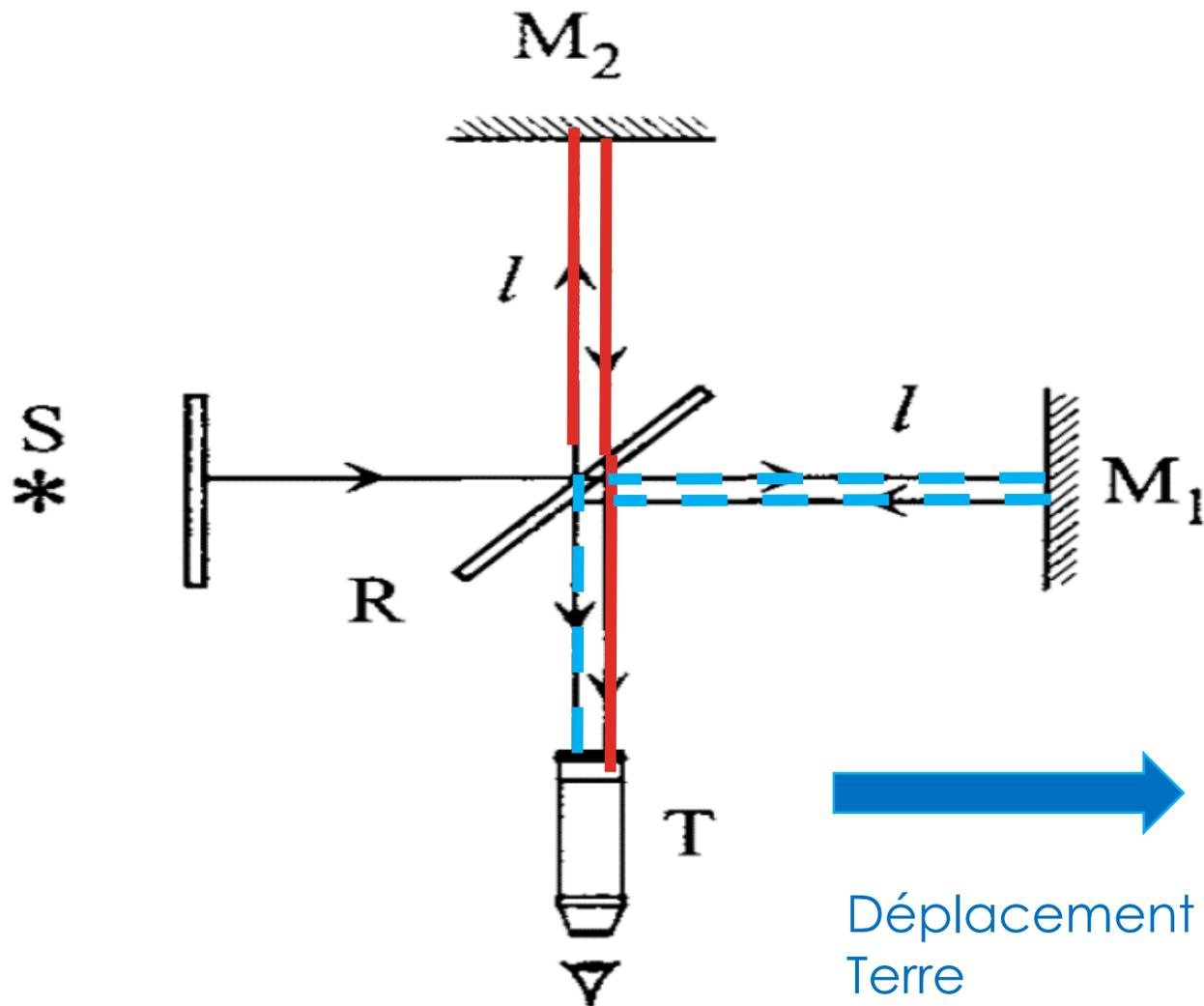
$$v_{lumière} = c + \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) v_{eau}$$



PARTIE II:

*L'LES EXPÉRIENCES DE
MICHELSON*

L'INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON



Si la Terre se déplace dans l'éther, on doit sentir un « vent d'éther ».

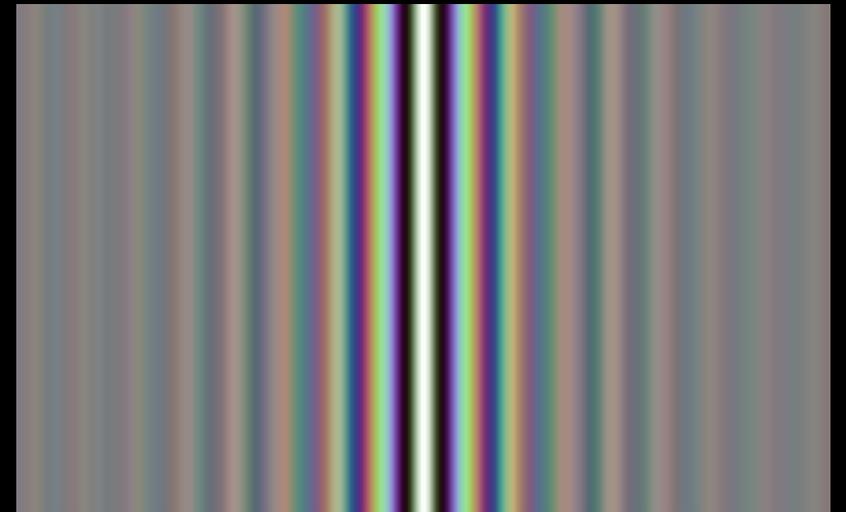


Schéma de l'interféromètre de Michelson

MICHELSON (1881)

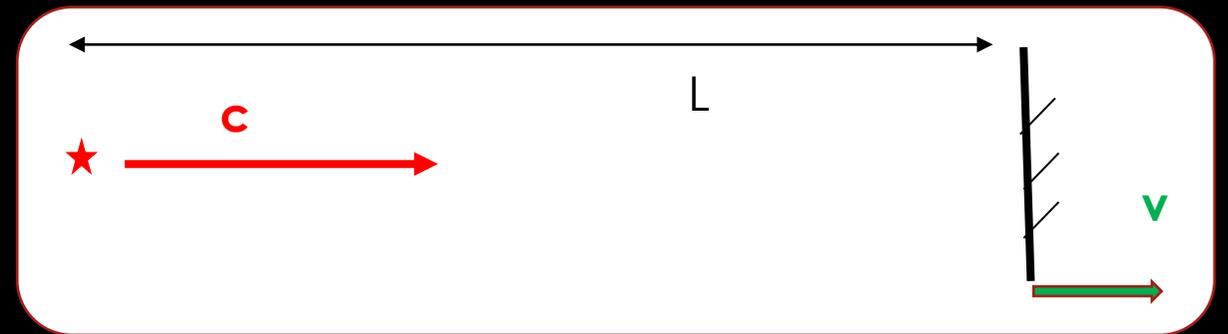
- SI la lumière se propage à vitesse c par rapport à l'éther stationnaire:

- Sur la branche parallèle au mouvement de la Terre, la lumière met un temps:

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

- Sur la branche perpendiculaire:

$$t_{\perp} = \frac{2L}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



Le décalage attendu est: $\delta = L \frac{v^2}{c^2}$ (x 2 en tournant l'interféromètre)

MICHELSON (1881)

- $\frac{v}{c} = 10^{-4} \implies \frac{v^2}{c^2} = 10^{-8} ; \lambda = 570 \text{ nm}$

À Potsdam :

- $L = \ll 2 \times 10^6 \text{ longueurs d'onde de jaune} \gg (\approx 1 \text{ m}) \implies \delta = 0,02 \times \lambda$

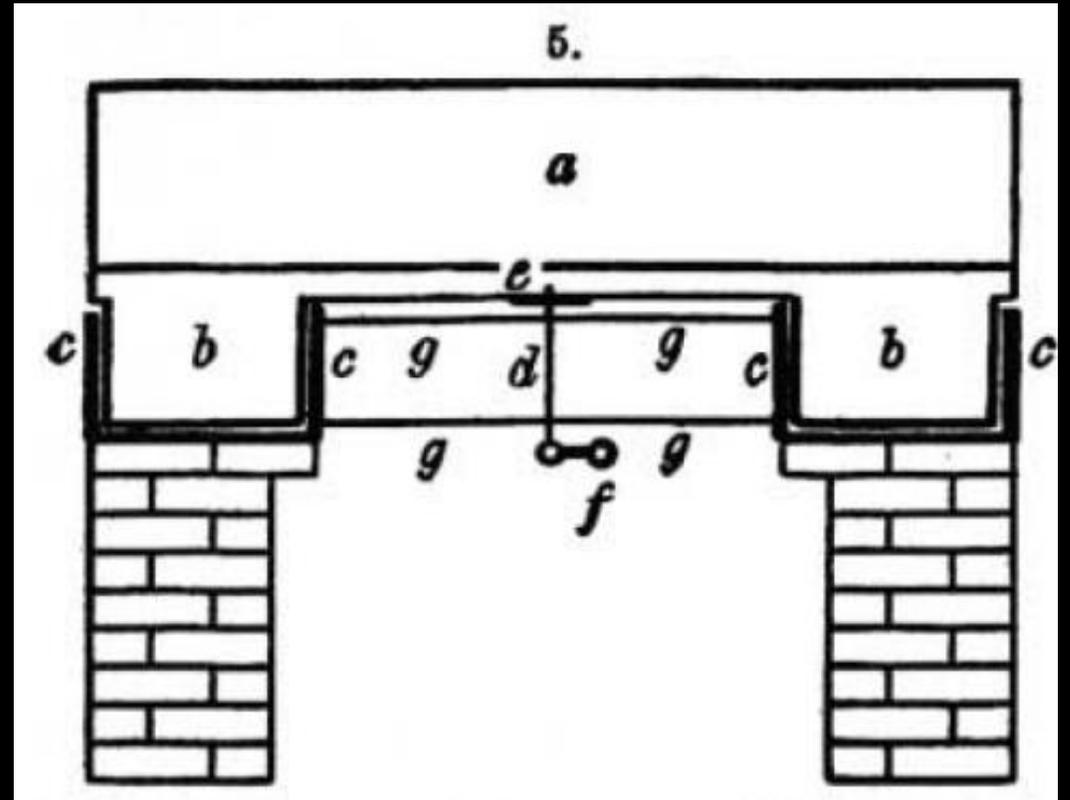
\implies Décalage total: $\delta_{tot} = 0,04 \lambda$

- **Résultat négatif: pas de changement des franges.**

- **Problème: Oubli du terme transversal ! Différence de marche attendue 2 fois trop grande ($\delta_{tot} = 0,08 \lambda$)**

MICHELSON ET MORLEY (1887)

- Albert Michelson - Edward Morley
- Cleveland
- Interféromètre posé sur un bain de mercure.



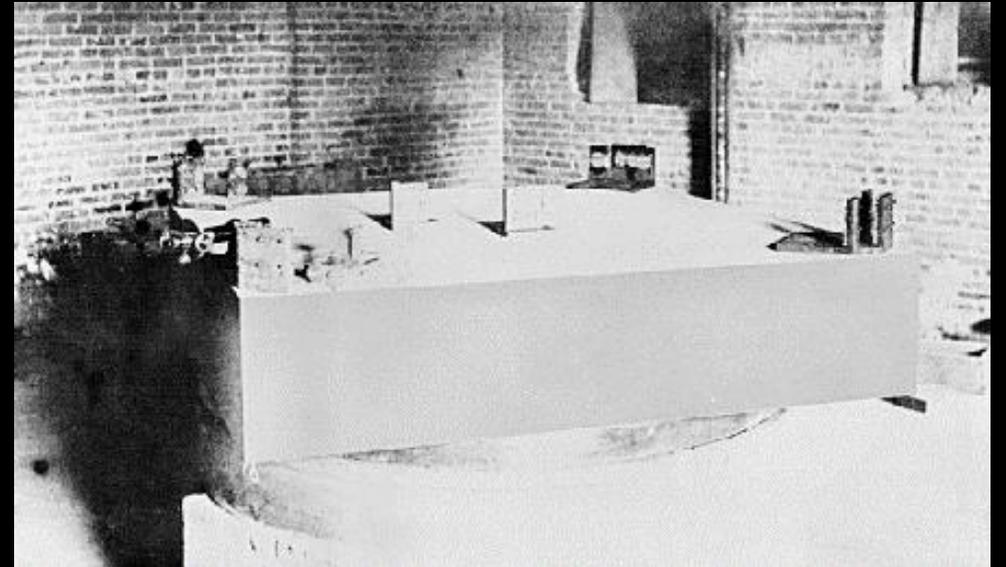
Dessin du dispositif de l'expérience de Michelson et Morley

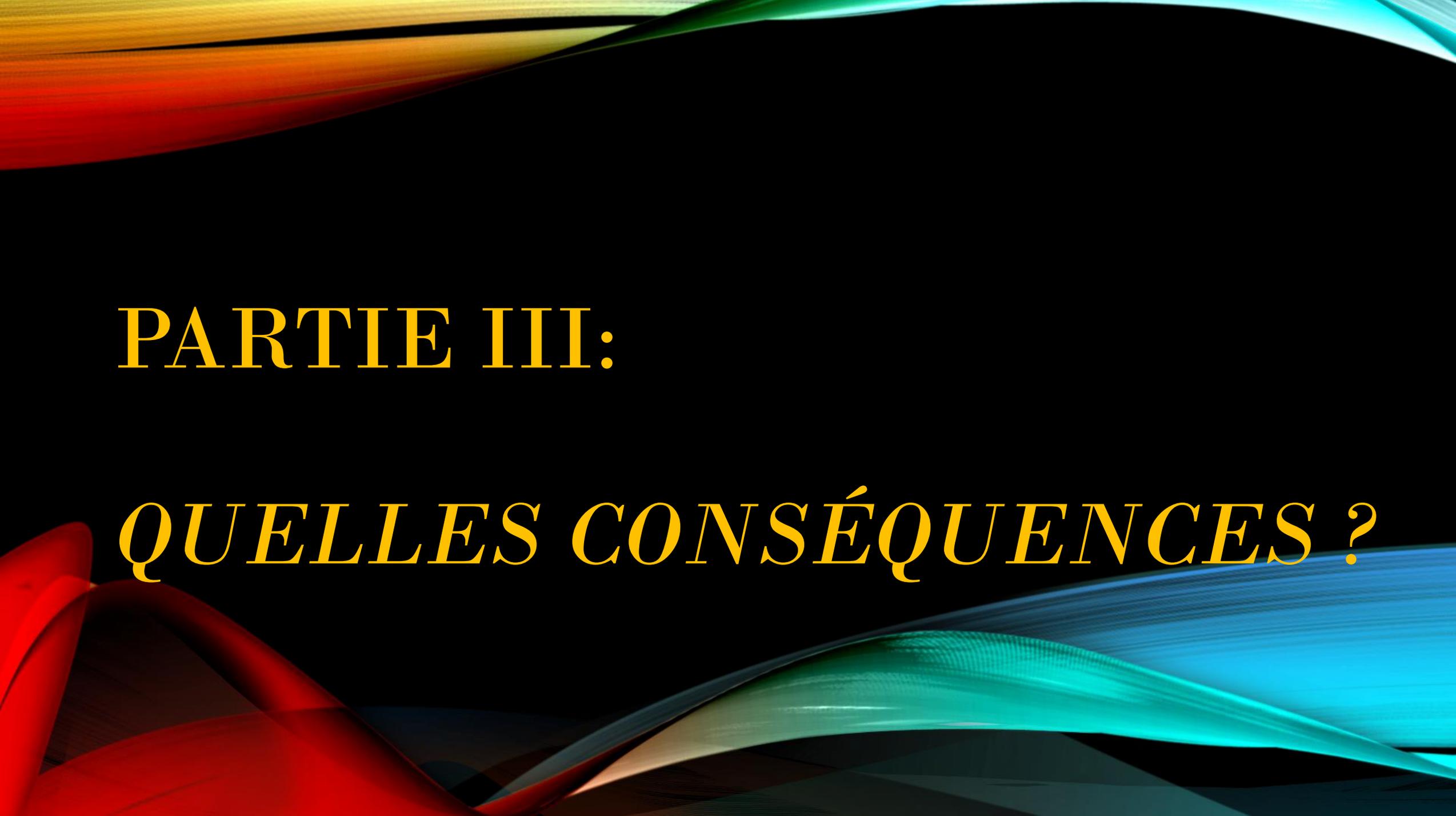
MICHELSON ET MORLEY (1887)

- En pratique: $L = 10 \text{ m}$; $\lambda = 570 \text{ nm}$,
soit $\delta t_{tot} = 0,4 \text{ franges}$

- Résultat négatif

*Impossibilité de détecter des
effets en $(v/c)^2$*





PARTIE III:

QUELLES CONSÉQUENCES ?

DU BON USAGE D'INTERNET...

- Extrait tiré d'une célèbre encyclopédie en open access:

« L'interféromètre de Michelson a été utilisé pour la première fois dans l'Expérience de Michelson-Morley, qui a permis de montrer, d'une part que la vitesse de la lumière dans le vide ne dépend pas du référentiel d'observation, d'autre part que l'éther n'existe pas. »

- Pour la première fois: Michelson, Potsdam, 1881
- Aucune mention de la vitesse de la lumière...

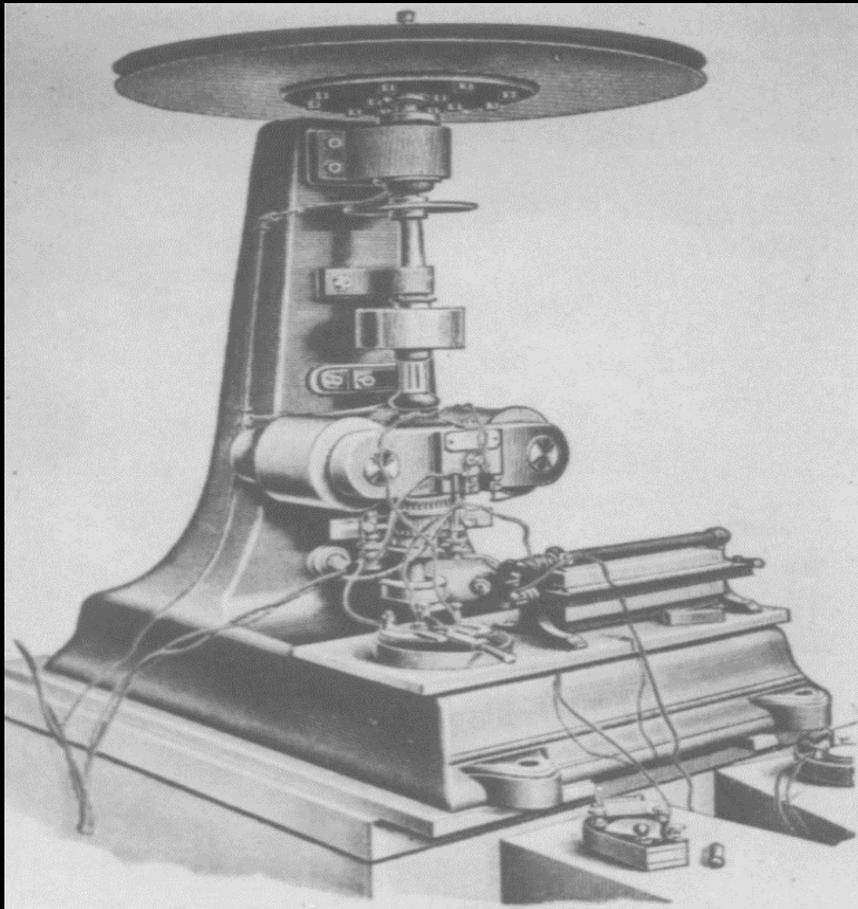
DU BON USAGE D'INTERNET...

- Conclusion de Michelson et Morley:

« Il apparait, de ce qui précède, raisonnablement certain que s'il y a un mouvement quelconque de la Terre par rapport à l'éther luminifère, il doit être très faible, assez faible pour réfuter entièrement l'explication des aberrations de Fresnel.

Stokes a donné une théorie des aberrations qui pose un éther au repos par rapport à la Terre, et requiert simplement que la vitesse ait un potentiel, mais Lorentz a montré que ces conditions sont incompatibles. »

LA MACHINE TOURNANTE DE LODGE



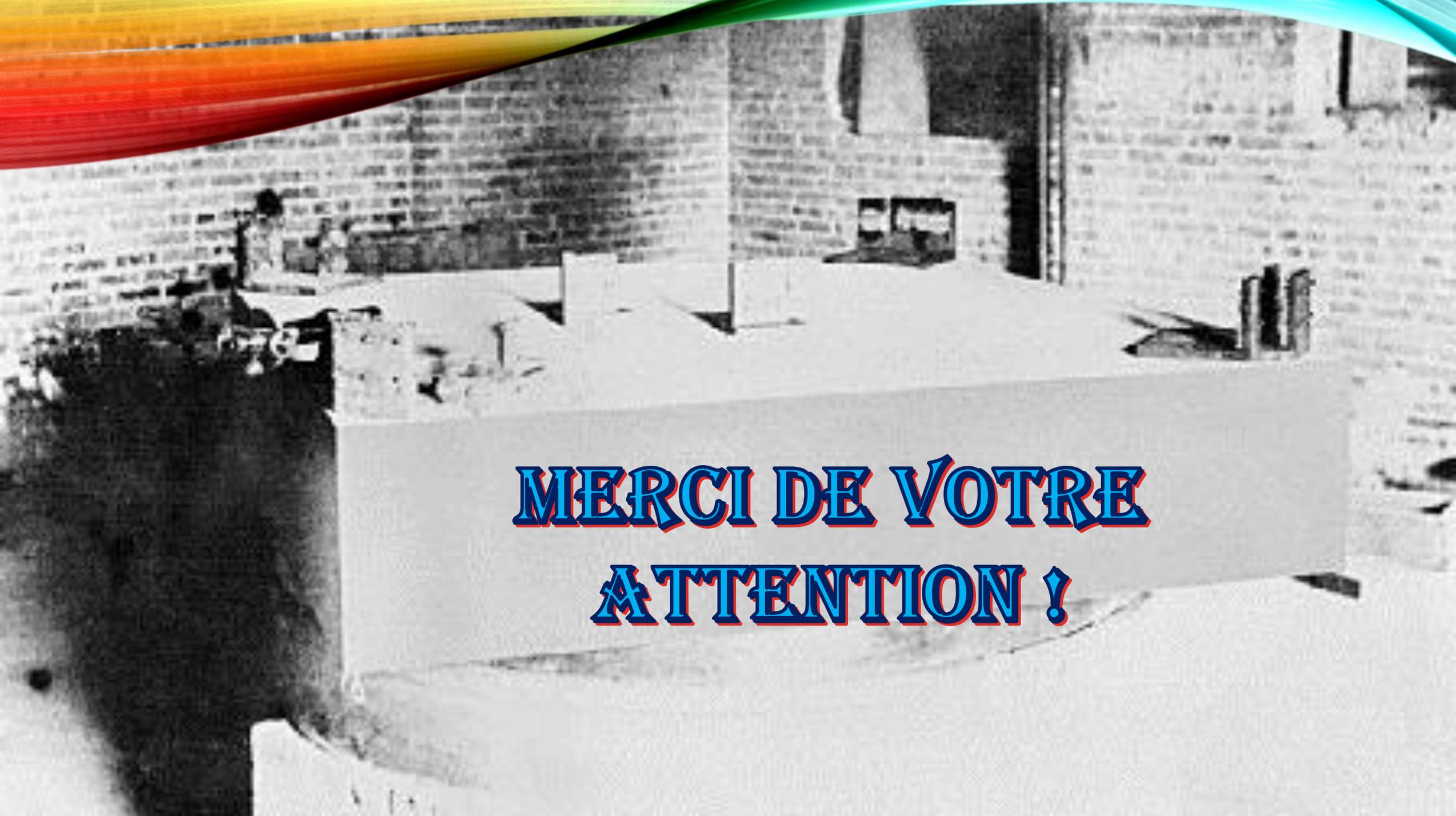
Dessin de la machine tournante de Lodge, 1891

- Expérience visant à détecter un « courant d'éther » créé par le mouvement des disques.
- Regarde l'effet sur un rayon lumineux passant entre les plaques.
- Entraînement de l'éther entre les plaques trop faible pour vérifier la théorie de Stokes.

CONCLUSION

- Pas de remise en question de l'éther, mais pose un problème.
- H. Lorentz et G. FitzGerald proposent une modification des lois de l'électrodynamique pour un référentiel en mouvement.
- Modification des longueurs d'un facteur $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$...
- Conclusion de Thomson:

« J'ai peur que nous devions encore considérer ce premier nuage comme très obscur. »



**MERCI DE VOTRE
ATTENTION !**