nécessité de distinguer de nombreuses influences qui paraissent intervenir et dont les actions, compliquées des orientations, se combinent réciproquement : influence directe sur le compas par une sorte de frottement ou d'entraînement et influence sur l'aimantation propre des aiguilles due au déplacement rapide dans le champ, sans parler des courants engendrés probablement dans la cuve qui joue en même temps un rôle d'écran et peut en partie masquer ces effets.

Mais, comme on le conçoit facilement, dans des conditions telles que celles où nous opérions (soit dans un wagon d'un train rapide ou sur une machine isolée) et qui ne permettent pas de faire toutes les manœuvres désirables, par suite du magnétisme sous-permanent développé par les vibrations et le roulement, etc., ainsi que de l'instabilité où l'on se trouve aux grandes vitesses, il n'était pas possible de déterminer les diverses données magnétiques et encore moins de dissocier et d'étudier ces différentes actions. Celles-ci sans doute ne semblent pas présenter un intérêt pratique immédiat, mais elles ne sont toutefois point sans portée générale, et nous nous proposons d'en continuer la recherche.

OPTIQUE. — *Les systèmes optiques en mouvement et la translation de la Terre.* Note de M. G. Sagnac, présentée par M. Lippmann.

1. *Effet de mouvement élémentaire.* — J'ai expliqué cinématiquement : l'entraînement partiel des ondes lumineuses par l'eau en mouvement (*Comptes rendus*, t. 129, p. 818; *Société française de Physique*, 1899) ; le principe de Veltmann et l'aberration astronomique étudiée avec un système optique quelconque (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 1220). Mes raisonnements supposent que l'éther du vide n'est pas du tout entraîné dans la translation de la matière (hypothèse de Fresnel), ou, du moins, que la vitesse v du système optique par rapport à l'éther du vide est uniforme aux divers points du système. Mais, quelle que soit la distribution du vecteur v dans l'étendue du système, il est permis de conserver sous la forme suivante le principe de l'effet de mouvement élémentaire que j'ai établi en 1899 (*loc. cit.*) et qui va servir de base pour une théorie cinématique plus générale.

Sur chaque élément de longueur dl lié à un système optique, la translation du système fait varier la durée de propagation des ondulations lumineuses de $\frac{u\,dl}{V_0^2}$ (effet de mouvement élémentaire) ; u désigne la composante, suivant dl, de la vitesse v de l'élément dl du système par rapport à l'éther du vide; V_0 désigne la vitesse de la lumière *dans le vide*, même si l'élément dl est compris dans l'un des milieux matériels du système optique.

2. *Effet tourbillonnaire optique.* — J'appelle ainsi la variation ΔT que la durée de propagation sur le périmètre du circuit subit sous l'influence du mouvement relatif de ce circuit invariable et de l'éther du vide. C'est la somme des effets élémentaires $\frac{u\,dl}{V_0^2}$ étendue à tous les éléments dl du circuit. Or, la somme des valeurs de $u\,dl$ représente (lord Kelvin) la *circulation* C de l'éther le long du circuit ou (Bjerknes) l'*intensité du tourbillon* correspondant, à travers le circuit. Introduisons la valeur moyenne b du vecteur de Bjerknes, ou densité du tourbillon, perpendiculairement à la surface S du circuit supposé plan. L'effet tourbillonnaire optique a pour valeur

$$\Delta T = \frac{C}{V_0^2} = \frac{bS}{V_0^2}. \tag{1}$$

Si la densité du tourbillon est toujours nulle, autrement dit, si le mouvement relatif de l'éther est *irrotationnel*, la valeur de ΔT est nulle et l'on peut appliquer le théorème de Veltmann (*loc. cit.*).

Si, au contraire, le mouvement relatif de l'éther est *rotationnel*, le retard ΔT produit une variation de phase (λ, longueur d'onde) :

$$x = \frac{bS}{\lambda V_0}. \tag{2}$$

Faisons alors interférer deux systèmes d'ondulations lumineuses qui ont parcouru en sens opposés le circuit optique de grande surface S (voir mes Notes, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1302 et 1676).

L'effet tourbillonnaire altérera de $2x$ la différence de phase des deux ondulations inverses, car il résulte d'effets de mouvement du premier ordre qui changent de sens avec la propagation de la lumière.

3. *Limite supérieure de l'entraînement de l'éther dans la translation de la Terre.* — Si l'éther est supposé entraîné au voisinage du sol, la vitesse relative v de la Terre et de l'éther augmente de Δv quand l'altitude croît de Δz et ne devient égale à la vitesse v_0 de translation de la Terre qu'à l'altitude où cesse l'entraînement.

Vers midi (ou minuit), la vitesse v est parallèle à l'horizon, le vecteur b est horizontal, voisin du méridien, et a pour valeur $\frac{\Delta v}{\Delta z}$ (si l'on néglige la courbure des lignes de flux de l'éther vis-à-vis de $\frac{b}{v}$). Dans ces conditions, la valeur (2) de x s'applique à la surface S d'un circuit vertical orienté est-ouest.

De midi à minuit, le sens de propagation de chaque ondulation se trouve retourné dans l'espace, la variation $2x$ de la différence de phase s'intervertit et les franges d'interférence doivent se déplacer de $4x$ rangs.

Au cours d'observations que je décrirai ailleurs, j'ai constaté que la position de la frange centrale de mon interféromètre à faisceaux inverses (*loc. cit.*, p. 1676) ne dépendait pas de l'heure. La précision des pointés a permis de déterminer une limite supérieure de x correspondant à $\frac{1}{10000}$ de longueur d'onde pour un circuit de 30^m de contour, incliné sur l'horizon; de projection verticale 20^{m^2}. D'après la formule (2), b ou $\frac{\Delta v}{\Delta z}$ admet alors la limite supérieure $\frac{1}{1000}$ de radian par seconde. C'est dire que, pour une ascension verticale de 1^m; la vitesse relative v n'augmente même pas de la fraction $\frac{1}{3}10^{-7}$ de la vitesse v_0 de la Terre.

En reprenant la théorie de l'aberration des étoiles (*Comptes rendus*, 1905, *loc. cit.*) dans l'hypothèse d'un entraînement de l'éther près du sol, on voit aisément qu'elle subsiste, à condition de définir l'aberration par la vitesse relative v du globe et de l'éther *au lieu d'observation*. Comme la valeur de la vitesse v_0 de la Terre fait retrouver la valeur observée de l'aberration, à l'approximation de $\frac{1}{100}$, c'est que la vitesse d'entraînement $(v_0 - v)$ près du sol admet $\frac{1}{100}v_0$ comme limite supérieure. Le résultat de mes observations complète le précédent. De plus, il montre qu'il faut réduire beaucoup la limite supérieure de la vitesse d'entraînement $(v - v_0)$ si l'on ne veut pas admettre que cette vitesse soit encore notable à de grandes altitudes.

4. *Effet tourbillonnaire optique angulaire.* — Soient deux lunettes dirigées l'une vers l'autre à une grande distance mutuelle D. Sur l'aire $(D.l)$ de la section (diamètre l) du long faisceau lumineux qui sépare les lunettes, l'effet tourbillonnaire produit le retard ΔT ou $\frac{b}{V_0^2}D.l$ entre les deux vibrations élémentaires propagées suivant les bords opposés du faisceau. Pour que le synchronisme focal soit rétabli, l'image du foyer d'une lunette au foyer de l'autre doit être déviée d'un angle ε tel que l'avance géométrique correspondante εl compense justement le retard géométrique $V_0\Delta T$. On en déduit aisément que si la lunette L_2 est exactement pointée sur la lunette L_1, celle-ci est dépointée, par rapport à L_2, de l'angle 2ε ou $\frac{2bD}{V_0}$.

D'après la limite supérieure de b, que mes observations ont établie, l'effet tourbillonnaire angulaire 2ε admet la limite supérieure $\frac{2}{3} 10^{-13} \frac{\mathrm{D}}{\mathrm{c.m.}}$.

Pour déterminer directement cette limite, il aurait fallu fixer la précision des pointés réciproques des deux lunettes à moins de $0'',1$ à travers une couche atmosphérique de 150^{km} de longueur, ou bien à moins de $0'',1$ à 15^{km} de distance.

THERMODYNAMIQUE. — *Application du principe de Lenz aux phénomènes qui accompagnent la charge des condensateurs.* Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

Je résumerai d'abord, en une seule, les démonstrations relatives à ces phénomènes données par Pellat [1] et par Sacerdote [2] en utilisant la remarque de Massieu.

Soit un *condensateur fermé* dont les armatures minces sont collées sur le diélectrique. L'armature externe B communique à l'enceinte, tandis que l'interne est portée au potentiel $V > 0$.

L'état de ce condensateur dépend de V, de sa température T et des pressions uniformes P et p qui règnent l'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur.

Supposons P constant.

Sous l'influence des variations dV, dT, dp, la charge M de A augmente de dM, le diélectrique reçoit une quantité de chaleur dQ, le volume intérieur (cavité) v augmente de dv et le volume extérieur v' de dv'.

L'accroissement d'énergie du condensateur dans cette transformation est

$$dU = V\,dM + J\,dQ + p\,dv - P\,dv'. \tag{1}$$

Si cette transformation a lieu d'une manière réversible, dU, $d(MV)$, $d(pv)$ et $d(Pv')$ sont différentielles exactes, et il en est de même de

$$dX = dU - d(MV) - d(pv) + d(Pv') = -M\,dV + J\,dQ - v\,dp. \tag{2}$$

Posons

$$dQ = a\,dV + b\,dp + c\,dT \tag{3}$$

---

(1) Pellat, *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 18.

(2) P. Sacerdote, *Thèse de doctorat*, p. 9. Paris, 1899.