

Bien que les essais n'aient porté que sur un nombre très restreint de cas particuliers, il est possible d'en tirer les conclusions pratiques suivantes :

1° *L'électrolyse des conduites en fer placées dans le sol au voisinage des voies de tramways électriques peut se produire dès que les conduites sont positives par rapport aux rails ; l'électrolyse des câbles sous plomb peut se produire dès que la différence de potentiel entre plomb et rails dépasse + 0,2 volt ;*

2° *Sous une même différence de potentiel, le plomb est attaqué beaucoup moins vite que le fer.*

PHYSIQUE. — *L'éther lumineux démontré par l'effet du vent relatif d'éther dans un interféromètre en rotation uniforme.* Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. E. Bouty.

I. PRINCIPE DE LA MÉTHODE. — Je fais *tourner* uniformément, à un ou deux tours par seconde, autour d'un axe vertical, un plateau horizontal (50^{cm} de diamètre) portant, solidement vissées, les diverses pièces d'un interféromètre analogue à celui que j'ai employé dans mes recherches antérieures et décrit en 1910 (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1676). Les deux faisceaux interférents, réfléchis par quatre miroirs placés au bord du plateau tournant, sont superposés en sens inverses sur un même *circuit* horizontal *entourant une certaine aire* S. Le système tournant comprend aussi la source lumineuse, petite lampe électrique, et le récepteur, plaque photographique à grain fin, qui enregistre les franges d'interférence localisées au foyer d'une lunette.

Sur les photographies *d* et *s*, obtenues respectivement pendant une rotation *dextrorsum* du plateau et pendant une rotation *sinistrorsum* de même fréquence, le centre de la frange centrale présente deux positions différentes. Je mesure ce déplacement du centre d'interférence.

Première méthode. — Je repère sur *d*, puis sur *s*, la position de la frange centrale par rapport aux *images* de traits micrométriques verticaux placés dans le plan focal du collimateur éclairant.

Deuxième méthode. — Je mesure directement la distance de la frange centrale verticale d'une photographie *d* à la frange centrale d'une photographie *s* exactement contiguë à la première au-dessous d'une ligne nette horizontale de séparation. J'obtiens directement ces deux photographies contiguës sans toucher au châssis photographique, en donnant, avant chacune des deux poses *d* et *s*, les deux positions contiguës correspondant à la fente éclairante à bords horizontaux tranchants (lames de rasoir), dans le plan focal du collimateur.

II. EFFET TOURBILLONNAIRE OPTIQUE. — Mesuré en interfrange, le déplacement z du centre d'interférence, que j'ai observé par la méthode précédente, est un cas particulier de l'effet tourbillonnaire optique que j'ai défini antérieurement (*Congrès de Bruxelles de septembre 1910*, t. I, p. 217; *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 310; *Le Radium*, t. VIII, 1911, p. 1), et qui, dans les idées actuelles, doit être regardé comme une manifestation directe de l'éther lumineux :

Dans un système en mouvement d'ensemble par rapport à l'éther, la durée de propagation entre deux points quelconques du système doit être altérée comme si le système était immobile et soumis à l'action d'un *vent d'éther*, dont la vitesse relative en chaque point du système serait égale et directement opposée à celle de ce point et qui emporterait les ondes lumineuses à la manière du vent de l'atmosphère emportant les ondes sonores. L'observation de l'effet optique d'un tel *vent relatif d'éther* constituera une *preuve de l'éther*, de même que l'observation de l'influence du vent relatif de l'atmosphère sur la vitesse du son dans un système en mouvement permettrait, à défaut d'autre effet sensible, de prouver l'existence de l'atmosphère entourant le système en mouvement.

La nécessité d'emprunter à *un même point* lumineux primitif les vibrations que nous réunissons en *un autre point* pour les faire interférer réduit à zéro l'effet interférentiel du premier ordre de la translation d'ensemble d'un système optique, à moins que la matière, entraînant l'éther, ne provoque, dans le circuit optique utilisé d'aire S , une *circulation* C de l'éther, c'est-à-dire un *tourbillon* bS d'éther (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 1220; 1910 et 1911, *loc. cit.*). J'ai montré interférentiellement (1910 et 1911, *loc. cit.*), avec un circuit optique de 20^m de projection *verticale*, que l'entraînement de l'éther au voisinage du sol ne produit pas même une *densité* b de *tourbillon* d'éther de $\frac{1}{1000}$ de radian par seconde.

Dans un circuit optique *horizontal*, à la latitude α , la rotation diurne de la Terre doit, si l'éther est immobile, produire un tourbillon relatif d'éther dont la densité est, en appelant T la durée du jour sidéral, $\frac{4\pi \sin \alpha}{T}$ ou $\frac{4\pi \sin \alpha}{86164}$ radian par seconde, notablement inférieure à la limite supérieure $\frac{1}{1000}$ que j'ai établie pour un circuit vertical. J'espère pouvoir déterminer si le petit effet tourbillonnaire optique correspondant existe ou non.

Il m'a été plus facile de trouver d'abord la preuve de l'éther en faisant tourner un petit circuit optique. Une fréquence N de deux tours à la seconde m'a fourni une densité de tourbillon relatif d'éther $4\pi N$ de

25 radians par seconde. Une rotation uniforme *dextrorsum* de l'interférographe produit un *vent d'éther sinistrorsum*; elle retarde de x la phase de celui (T) des deux faisceaux dont la circulation autour de l'aire S est *dextrorsum* et avance d'autant le faisceau inverse R, ce qui déplace les franges de $2x$ rangs. Le déplacement z , que j'observe en passant d'une photographie s à une photographie d , doit être double du précédent. D'après la valeur de x déjà donnée (*loc. cit.*, 1910 et 1911), on a

$$z = 4x = 4 \frac{bS}{\lambda V_0} = \frac{16\pi NS}{\lambda V_0};$$

V_0 désigne la vitesse de la lumière dans le vide; λ la longueur d'onde utilisée.

Pour une fréquence N de 2 par seconde, l'aire S du circuit étant de 860 cm^2 , le déplacement z atteint, dans la lumière indigo utilisée, la valeur 0,07, bien visible sur les photographies que je joins à cette Note, et où l'interfrange est de $0\text{ mm}, 5$ à 1 mm .

Le déplacement interférentiel z , fraction constante de l'interfrange pour une même fréquence N de rotation, devient invisible sur les photographies quand les franges ont été réglées suffisamment étroites; cela montre que l'effet observé est bien dû à une *différence de phase* liée au mouvement de rotation du système et que (grâce aux contre-vis qui bloquent les vis de réglage des pièces optiques) le déplacement du centre d'interférence, observé en comparant une photographie s à une photographie d , ne dépend pas des déplacements relatifs accidentels ou élastiques des pièces optiques pendant la rotation.

Un tourbillon d'air, produit au-dessus de l'interféromètre par un ventilateur d'axe vertical soufflant vers le bas, ne déplace pas le centre d'interférence, grâce à la superposition soigneusement réglée des deux faisceaux inverses. Le tourbillon d'air, analogue et moins intense, que produit l'interféromètre en tournant n'agit donc pas sensiblement.

L'effet interférentiel observé est bien l'effet tourbillonnaire optique dû au mouvement du système par rapport à l'éther et manifeste directement l'existence de l'éther, support nécessaire des ondes lumineuses de Huygens et de Fresnel.

Cette formule, dans laquelle on considère R et φ comme variables, représente une onde sphérique issue du point O , dont l'amplitude décroît (dans la région de l'espace $\varphi > \alpha$) sur la surface même de l'onde suivant une loi exponentielle. Cette onde peut donc s'appeler légitimement *onde sphérique inhomogène*.

L'existence de ces ondes est facile à constater par le dispositif suivant : On porte sur l'hypoténuse d'un prisme à réflexion totale une goutte de solution de fluorescéine; on fait tomber de la lumière sur cette goutte qui devient fluorescente et l'on observe de près, les yeux accommodés sur l'infini, la surface du cône de la réflexion totale. Il apparaît alors que l'intensité lumineuse n'est pas nulle à l'extérieur du cône, mais au contraire perceptible à l'œil. Cela tient à ce que les centres lumineux, situés à proximité de la surface du verre, envoient de la lumière dans la région de l'espace extérieure au cône et ils en envoient d'autant plus qu'ils sont plus près de la surface.

Il est à remarquer que ces ondes inhomogènes, tout en trahissant la présence d'un objet lumineux, même si cet objet est regardé du second milieu sous un angle supérieur à celui de la réflexion totale, ne peuvent former qu'une image dont l'épaisseur est nulle dans la direction de la normale à la surface de séparation.

Le problème traité ici par des moyens élémentaires peut être posé dans le cas où la source lumineuse est un double pôle de Hertz. Il s'agit alors de déterminer les lois de réflexion et de réfraction des ondes qui sortent du double pôle; la solution peut s'obtenir en utilisant, sous une forme précise, le principe du retour inverse des rayons lumineux. Nous nous en occuperons, ainsi que de quelques autres phénomènes optiques s'y rattachant, dans un prochain travail plus détaillé.

PHYSIQUE. — *Sur la preuve de la réalité de l'éther lumineux par l'expérience de l'interférographe tournant.* Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. E. Bouty.

Dans les *Comptes rendus* du 27 octobre dernier (p. 708 de ce Volume), j'ai montré qu'un interférographe dont le circuit optique entoure une certaine *aire*, et qui tourne dans le plan de ce circuit, enregistre son mouvement d'ensemble par rapport à l'éther du vide.

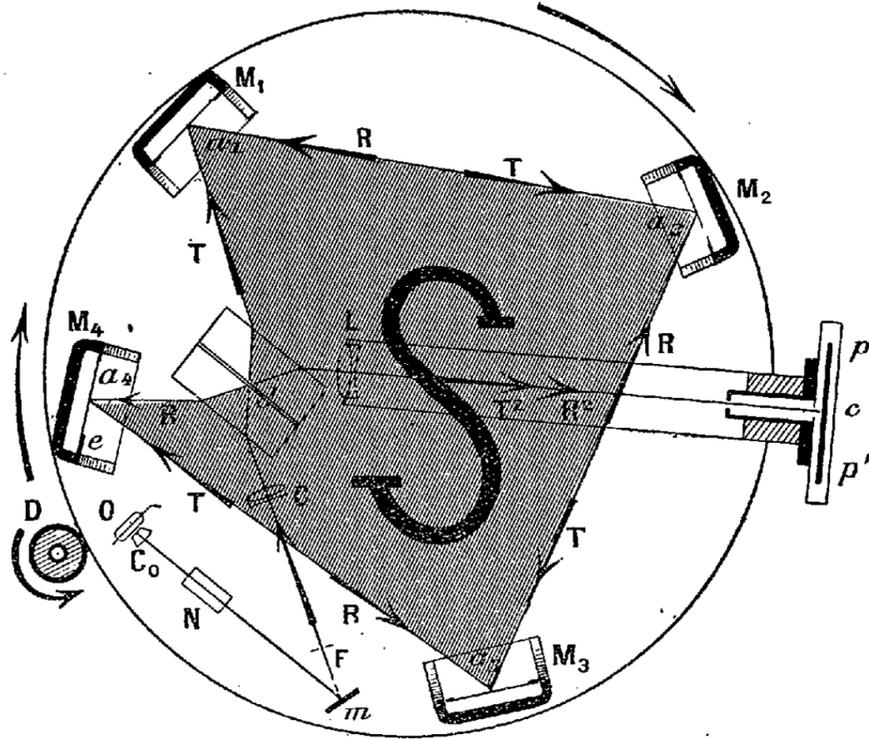
1. *L'interférographe*, déjà décrit succinctement, est représenté en plan sur la figure : un plateau tournant horizontal (50^{cm} de diamètre) porte, solidement vissées (les vis de réglage bloquées par des contre-vis), toutes les pièces optiques et aussi la source lumineuse O, petite lampe électrique à filament métallique horizontal. L'objectif de microscope C_0 projette l'image de ce filament, à travers le nicol N, sur la fente horizontale F dans le plan focal de l'objectif collimateur C; m est un miroir de renvoi. Le faisceau parallèle polarisé, à vibration de Fresnel verticale, se divise sur le séparateur à lame d'air δ , comme dans l'interféromètre habituel de mes recherches (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1676), que j'ai appliqué à l'étude optique du mouvement de la Terre (*Congrès de Bruxelles*, sept. 1910, t. I, p. 207; *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 310; *Le Radium*, 1911, p. 1) : le faisceau T que transmet la lame d'air δ se réfléchit successivement sur quatre miroirs M et parcourt le circuit fermé $\delta a_1 a_2 a_3 a_4 \delta$ d'aire S. Le faisceau R que réfléchit la même lame d'air parcourt le même circuit en sens inverse. Au retour en δ , le faisceau T, transmis de nouveau, et le faisceau R, réfléchi de nouveau, se superposent dans le même sens, suivant T^2 et R^2 , et interfèrent au foyer principal de la lunette L sur la plaque photographique pp' à grain fin.

2. *Mode opératoire*. — Je rappelle que la superposition parfaite des deux faisceaux inverses T et R se caractérise par l'extinction générale du champ de la lunette pour la radiation utilisée qui est ici voisine de la radiation indigo de l'arc au mercure. A partir de là, une légère rotation ε du séparateur δ autour d'un axe vertical, dans le sens dextrorsum (bascule D), ou sinistrorsum (bascule S), rétrécit le champ sombre en une frange verticale centrale que bordent des franges latérales parallèles.

Les franges réglées, la plaque pp' calée dans son châssis et découverte à la lumière rouge, je lance progressivement un moteur électrique dont l'axe vertical porte un disque horizontal D, entouré d'un cuir et roulant par ce cuir sur la jante épaisse du plateau. La fréquence N désirée atteinte, je fais la pose photographique en établissant le courant électrique de la petite lampe O, par un contact glissant sur l'axe du plateau tournant.

3. *Sens et grandeur de l'effet tourbillonnaire optique*. — Dans l'hypothèse de l'éther de Fresnel, les ondes lumineuses T et R se propagent dans l'éther du vide avec une vitesse V_0 indépendante du mouvement d'ensemble de l'interférographe; la phase des ondes T de sens de propagation dextrorsum (voir la figure) est altérée le long du circuit fermé, comme si l'éther lumineux était animé d'un tourbillon sinistrorsum, quand le circuit tourne dans le sens d et la valeur $4\pi NS$ de ce tourbillon, ou circulation relative C de

l'éther dans le circuit optique donne, par la formule $\frac{C}{\lambda V_0}$, le retard x de phase des ondes T et l'avance égale des ondes R de propagation inverse; les franges doivent se déplacer de $2x$ rangs. Le sens absolu de ce déplacement y des franges doit être pp' , c'est-à-dire d , comme la rotation de l'interféromètre (effet de sens *positif*), si la bascule du réglage est de sens D; le



déplacement z , égal à $2y$ ou $4x$, mesuré en passant d'une photographie s à une photographie d , doit être alors de sens d . Si la bascule du réglage est de sens S, les déplacements y et z doivent changer de sens.

Sur de nombreuses épreuves, j'ai constamment observé le sens ainsi prévu. Le fait que l'effet z se renverse quand je fais tourner le séparateur s d'une fraction de degré seulement, pour renverser le sens de bascule de réglage, caractérise l'effet comme différence de phase liée au mouvement de l'interféromètre, et permet de le distinguer de l'effet de déformation des pièces optiques.

Voici des exemples de mesures de z comparées avec les valeurs calculées par la formule $\frac{16\pi NS}{\lambda V_0}$; j'ai déterminé la longueur d'onde λ proportionnellement à l'interfrange obtenue avec la petite lampe O et comparée à l'interfrange peu différente obtenue avec la radiation $436\text{m}\mu$ d'un arc au mercure. Les mesures sont faites par l'une des deux méthodes indiquées

dans ma Note du 27 octobre dernier. La frange centrale c , claire sur le négatif étudié, et les franges latérales f sombres, ne sont bordées que de pénombres assez étroites, favorables à la précision des pointés que j'effectue à un faible grossissement, en encadrant la frange pointée entre les deux fils parallèles d'un micromètre oculaire.

	Bascule.	N.	z par c .	z par f .	z calc.
Méthode 1 ($S = 863\text{cm}^2$)....	S	0,86	-0,026	»	-0,029
	D	1,88	+0,070	»	+0,065
Méthode 2 ($S = 866\text{cm}^2$)....	S	2,21	-0,072	-0,078	-0,075
	S	2,35	-0,077	-0,080	-0,079

L'interférographe enregistre et mesure, par $\frac{1}{2}z$, l'effet tourbillonnaire, du premier ordre, de son mouvement d'ensemble, sans emprunter aucun repère extérieur.

Le résultat des mesures montre que, dans l'espace ambiant, la lumière se propage avec une vitesse V_0 , indépendante du mouvement d'ensemble de la source lumineuse O et du système optique. Cette propriété de l'espace caractérise expérimentalement l'éther lumineux. L'interférographe mesure, par $\frac{1}{4}z\lambda V_0$, la circulation relative de l'éther lumineux dans le circuit fermé $a_1 a_2 a_3 a_4 a_5$.

PHYSIQUE. — *Enregistrement photographique continu des spectres des rayons de Röntgen; spectre du tungstène. Influence de l'agitation thermique.*
Note de M. M. DE BROGLIE, présentée par M. E. Bouty.

A. J'ai soumis la méthode précédemment décrite (1) à des expériences de contrôle pour être assuré que les spectres obtenus, par exploration continue et automatique des radiations réfléchies, sont bien caractéristiques du corps employé comme anticathode; les faits confirment bien cette interprétation; divers tubes à anticathode de platine ou de tungstène ont fourni, régulièrement chacun, leur spectre caractéristique en employant des analyseurs variés (2); le sel gemme convient particulièrement bien pour ces études parce qu'il donne des images intenses.

(1) *Comptes rendus*, 17 novembre 1913,

(2) Par exemple avec les faces cubiques de la fluorine, de la pyrite, de la sylvine, avec une face rhomboédrique du spath. Les dispersions relatives à la réflexion sur les