

ses projections, en remplaçant simplement les valeurs rx et $\omega l x$ qu'auraient la résistance et l'inductance pour une ligne sans capacité par les valeurs corrigées des équations (10) et (11). Le calcul graphique des effets d'impédance des lignes présentant de la capacité peut alors se faire, au moyen de ces corrections de r et de ωl , *comme pour les lignes sans capacité*, en ajoutant en outre, au vecteur U , de la tension à l'arrivée un petit segment correctif $X_0 M$ dont les projections se déduisent des valeurs données plus haut pour les projections de OM : (4) et (5).

Ces formules approchées, qui dispensent des calculs de a et b et de l'emploi des fonctions hyperboliques, donnent des résultats très suffisamment exacts pour toutes les lignes aériennes ordinaires dont la longueur ne dépasse pas 500^{km} et pour les lignes souterraines usuelles jusqu'à 50^{km} ; au delà, il vaut mieux employer les formules complètes ou les expressions plus simples données dans ma précédente Communication, et rapportées à des axes auxiliaires.

OPTIQUE. — *Photographie interférentielle; variation de l'incidence; lumière polarisée.* Note de M. PONSOT, présentée par M. Lippmann.

Je me suis proposé d'étudier expérimentalement les interférences de la lumière polarisée réfléchie sur une surface plane de mercure : ces interférences se produisant dans l'épaisseur d'une couche transparente de gélatinobromure d'argent, en contact, dans toute son étendue, avec la surface réfléchissante. C'est, en somme, répéter des expériences remarquables de Wiener, en utilisant, pour faire varier les conditions expérimentales, le dispositif de M. Lippmann pour la photographie interférentielle.

J'ai dû d'abord déterminer l'indice de réfraction de la gélatine, cette détermination a été faite avec le réfractomètre d'Abbe. L'indice de réfraction de la gélatine augmente avec la dessiccation de cette substance; par suite l'indice de la gélatine séchée à l'air libre dépend de l'état hygrométrique de l'air et de la température à laquelle elle est portée. J'ai obtenu des nombres variant entre 1,537 et 1,546; la gélatine étant séchée à l'air libre et à la température ambiante voisine de 14° . En incorporant à la gélatine du bromure d'argent et des substances sensibilisatrices, pour obtenir une émulsion isochromatique, je n'ai pas remarqué de variation certaine de l'indice.

Je rappellerai, à ce sujet, que Kirchner (1) avait trouvé dans ce cas: 1,532 pour une

(1) *Untersuchungen über die optischen Eigenschaften entwickelter Lippmannscher Emulsionen.* Iéna, 1903.

émulsion séchée à l'air, dans l'obscurité; 1,537 pour une émulsion séchée à l'air, mais brunie par une exposition suffisante à la lumière; 1,556 pour une même émulsion des-séchée en présence de l'acide phosphorique, et 1,49 après un développement à l'amidol ayant rendu l'émulsion vert olive.

Dispositif expérimental. — Un faisceau de rayons lumineux (arc électrique) très peu convergent, est dirigé sur une fente rectiligne verticale au foyer principal d'une lentille convergente. Le faisceau de rayons parallèles qui en sort traverse normalement la surface d'un réseau sur verre ($\frac{1}{500}$ de millimètre); à quelques centimètres les rayons du premier spectre de diffraction, dispersés à gauche dans un plan horizontal, traversent l'objectif d'un appareil photographique et impressionnent une plaque sensible exposée au foyer (distance focale 36^{cm}). Le châssis portant cette plaque est mobile autour d'un axe horizontal. Pour polariser la lumière j'emploie un Foucault sur le trajet des rayons lumineux, en avant de la fente qui limite leur faisceau. Comme il ne s'agit pas de mesures, c'est à l'aide d'un prisme biréfringent placé sur le trajet des rayons lumineux sortant normalement du réseau que je rends vertical ou horizontal le plan de polarisation de la lumière ayant traversé le Foucault.

EXPÉRIENCES ET RÉSULTATS: 1° *Lumière non polarisée.* — Je prends des photographies du spectre sous l'incidence normale et en augmentant l'angle d'incidence, notamment pour une incidence de 45° dans l'air, ce qui correspond à un angle d'incidence i_1 dans la gélatine, voisin de 28°. Pour obtenir une incidence de 45° dans la gélatine, j'utilise un prisme rectangle isocèle en crown-baryum (indice 1,55 lumière jaune); avec de la gélatine je fais adhérer sa face hypoténuse à la face nue de la plaque de verre dont l'autre face est recouverte de l'émulsion sensible: le châssis dans lequel est placée cette plaque étant incliné de 45° sur l'horizon, l'axe principal de l'objectif est normal à la face verticale du prisme.

L'examen, en lumière blanche, sous une incidence normale, des photographies obtenues montre que les couleurs du spectre sont déplacées vers le violet et d'autant plus que l'angle i_1 est plus grand. Lorsque i_1 est voisin de 28° le rouge ne commence que dans la région de la plaque qui a été impressionnée par le jaune; lorsque $i_1 = 45^\circ$, le rouge ne commence que dans le bleu indigo. A sa gauche, dans la région impressionnée par les radiations les moins réfrangibles, on observe une plage, en général noir bleuâtre.

Ces résultats sont prévus par la théorie des interférences dans les lames minces: en un point impressionné par une radiation de longueur d'onde λ dans l'air, sous une incidence i_1 , on aura, sous une incidence normale, un maximum lumineux pour une longueur d'onde λ' , telle que

$$\lambda' = \lambda : \cos i_1.$$

Si l'on examine la photographie sous une incidence croissante, les couleurs se déplacent vers le rouge : sous une incidence de 45° dans l'air, la couleur vue en un point est celle de la région du spectre qui a impressionné la plaque sensible en ce point, sous la même incidence.

Ces résultats doivent être pris en considération pour le choix des objectifs à utiliser dans la photographie interférentielle, pour la distance à laquelle on doit se placer d'une photographie afin qu'on ait, autant que possible, la sensation des couleurs impressionnantes, pour la projection des photographies.

2° *Lumière polarisée.* — On observe des résultats identiques aux précédents avec la lumière polarisée, du moins en ce qui concerne le déplacement des couleurs spectrales : en outre, l'angle i , croissant :

Si la lumière est polarisée dans le plan d'incidence, les couleurs observées sont très brillantes, plus pures qu'avec la lumière non polarisée.

Si la lumière est polarisée dans un plan perpendiculaire au plan d'incidence, les couleurs observées deviennent de plus en plus ternes, comme si elles étaient sur un fond réflecteur incolore ou légèrement jaune. *Sous l'incidence de 45° dans la gélatine, les couleurs ont disparu totalement* : il n'y a plus, à la place impressionnée par le spectre, qu'une teinte uniforme jaunâtre due à l'argent réfléchissant produit par le développement.

Le cliché, examiné par transparence, ne montre cependant aucune différence avec celui obtenu lorsque la lumière est polarisée dans le plan d'incidence. L'absence de couleurs est due à une répartition uniforme, dans la gélatine, de l'argent produit par le développement : la lumière incidente et la lumière réfléchie exerçant en tout point leur action d'une manière indépendante, en un mot n'interférant pas.

On sait quelle conclusion on tire de ce fait expérimental relativement à la direction de la vibration dans la lumière polarisée.

3° *Expériences sans miroir de mercure.* — Toutes les expériences précédentes ont été répétées en supprimant la surface réfléchissante de mercure ; les résultats obtenus ont été analogues : sous l'incidence $i_1 = 45^\circ$ il y a réflexion totale sur la surface gélatine-air ; avec la lumière polarisée dans le plan d'incidence, la photographie du spectre donne de belles couleurs commençant dans la région impressionnée par le bleu ; dans l'autre cas, il n'y a pas de couleurs, mais une surface réfléchissante d'argent jaunâtre.

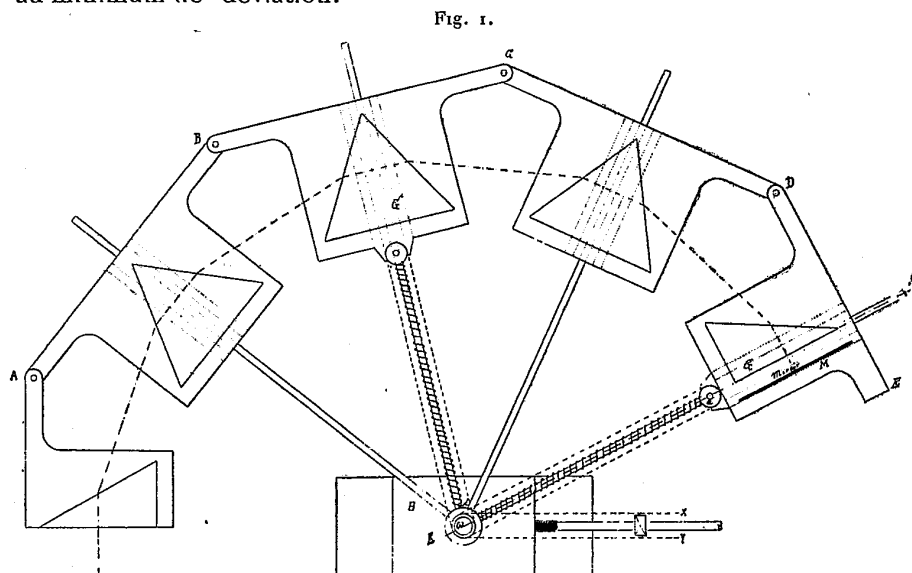
J'ai remarqué que, dans les mêmes conditions d'exposition et de lumière, les couleurs vues en un point d'une plaque ne sont pas les mêmes qu'avec

une surface réfléchissante de mercure (1). Pour mettre ce fait en évidence, j'ai photographié un spectre dont la moitié inférieure seulement était réfléchi par le miroir mercuriel ; la discordance des couleurs est manifeste ; elle est considérablement atténuée en recouvrant la photographie de benzine et d'un prisme d'un angle de 10° .

Il y a lieu d'étudier cette discordance avec la précision qui est possible en faisant varier les conditions expérimentales.

PHYSIQUE. — *Dispositif permettant de mettre simultanément plusieurs prismes au minimum de déviation.* Note de P. LAMBERT, présentée par M. Lippmann.

Ayant eu besoin de monter un spectroscopie composé de trois prismes et de deux demi-prismes, dans lequel le rayon lumineux traversait une première fois le système, puis revenait en sens contraire après s'être réfléchi sur un miroir M (fig. 1), j'ai été amené à étudier la question de la mise au minimum de déviation.



On a proposé de nombreux mécanismes pour mettre simultanément

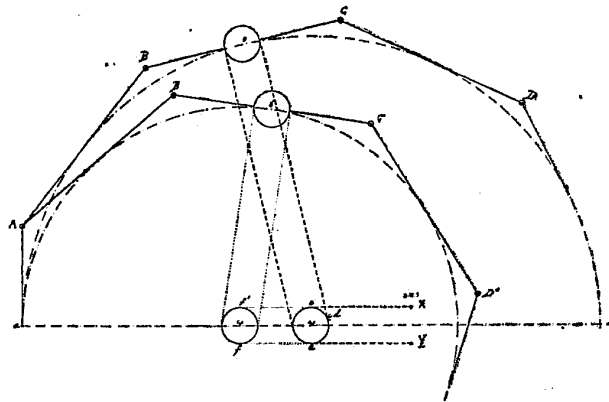
(1) Voir à ce sujet : KRONE, *Die Darstellung der natürlichen Farben*, 1894. — VALENZA, *Photographie in Farben*. — ROTHÉ, *Comptes rendus*, octobre 1904 ; *Société française de Physique*, 16 décembre 1904.

au minimum de déviation plusieurs prismes ; mais, dans le cas particulier qui m'occupait, je n'ai pu employer aucun d'entre eux, car ils exigeaient trop de place ou manquaient de précision ; j'ai donc préféré employer le système suivant qui, je crois, n'a pas encore été décrit.

Soit un train de trois prismes et deux demi-prismes dont les arêtes verticales de la base coïncident. S'ils sont tous au minimum de déviation pour une certaine radiation, on sait que le polygone formé par les bases est régulier et que les angles sont plus ou moins grands, suivant que le système est au minimum de déviation pour une radiation rouge ou une radiation violette.

Supposons que le premier demi-prisme de base Aa (*fig. 2*) soit fixe et

Fig. 2.



que le rayon entre normalement à sa face. La ligne ωa sera le lieu géométrique des cercles inscrits dans les polygones formés par les bases. Le problème revient donc à trouver le moyen, en déplaçant le centre ω sur la ligne ωa , d'agir sur les côtés du polygone de façon à les rendre toujours tangents au cercle ωa . On peut arriver à ce résultat par le moyen suivant.

Supposons en A, B, C, D, \dots des charnières et en ω une colonne cylindrique montée sur un patin H guidé par deux glissières et pouvant se déplacer dans la direction ωa . Deux poulies à gorge de très faible épaisseur c, d peuvent tourner sur cette colonne. Un fil métallique souple et inextensible est fixé en un point X , s'enroule de droite à gauche sur la poulie c , passe sur la poulie e , puis vient s'enrouler de droite à gauche sur la poulie d et se termine en Y où il est fixé par l'intermédiaire d'un tendeur.

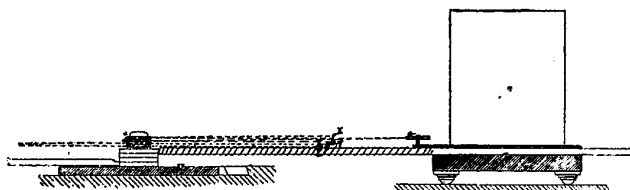
Si je déplace le point ω au moyen de la glissière et si je le transporte en ω' (*fig. 2*),

le point o se sera approché du centre d'une quantité égale à $\omega\omega'$, puisque $ef = e'f' = \omega\omega'$, donc la distance $\omega'o'$ sera toujours égale à $\omega'a$.

Il est nécessaire d'employer un système formé de trois poulies et d'un fil double, car, si le fil métallique, après avoir passé sur la poulie c , venait se fixer en o , la distance $\omega'o'$ ne serait égale à $\omega'a$ que si le côté $B'C'$ restait parallèle à BC , ce qui n'a pas lieu, car, en se rapprochant du centre, il change aussi d'orientation; le fil s'enroulerait donc sur un arc de la circonférence de la poulie correspondant à l'angle de rotation et de ce fait la distance du point o' à ω' serait plus petite que $\omega'a$. En employant deux brins et une poulie en o , l'erreur produite sur le brin X est compensée par l'erreur égale et de sens contraire produite sur le brin Y . Si l'on dispose des ressorts capables d'éloigner les côtés du polygone du centre, le train de prismes peut être conduit par des systèmes de fils métalliques semblables à celui décrit plus haut et fixés aux côtés BC , CD , DF , etc. Cependant, afin de rendre l'ensemble plus stable, j'ai préféré guider le mouvement des prismes.

Pour cela j'ai placé, sous les plates-formes qui les supportent, des pièces de bronze G

Fig. 3.



de 6^{cm} à 7^{cm} de longueur; chacune d'elles est percée d'un trou soigneusement alésé, perpendiculairement au côté du polygone; dans ce trou passe une tige calibrée, terminée par une bague qui peut tourner autour de la colonne ω .

Dans ces conditions, les côtés seront toujours parfaitement perpendiculaires aux tiges ωo ; de plus, il est facile de voir qu'il suffit d'employer un nombre de commandes par fils égal à la moitié du nombre des prismes.

On peut construire les organes de ce mécanisme avec beaucoup de précision et obtenir un mouvement très doux sans jeu ni retard.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode simple pour l'étude des mouvements des vapeurs métalliques dans l'étincelle oscillante.* Note de M. G.-A. HEMSALECH, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note antérieure ⁽¹⁾ j'ai montré qu'une seule oscillation est capable de produire et de rendre lumineuse de la vapeur métallique. J'ai

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLII, 1905, p. 1227.