

ANNALES SCIENTIFIQUES DE L'É.N.S.

E. BICHAT

Recherches sur la polarisation rotatoire magnétique

Annales scientifiques de l'É.N.S. 2^e série, tome 2 (1873), p. 277-315

[<http://www.numdam.org/item?id=ASENS_1873_2_2_277_0>](http://www.numdam.org/item?id=ASENS_1873_2_2_277_0)

© Gauthier-Villars (Éditions scientifiques et médicales Elsevier), 1873, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales scientifiques de l'É.N.S. » (<http://www.elsevier.com/locate/ansens>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM


Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

RECHERCHES

SUR LA

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE,

PAR M. E. BICHAT,
AGRÉGÉ-PRÉPARATEUR A L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE.



INTRODUCTION.

Après des recherches demeurées longtemps infructueuses, Faraday découvrit, en 1845 (¹), que, sous l'influence du magnétisme, certains corps transparents agissent sur la lumière polarisée à la manière du quartz et de certains liquides actifs d'origine organique. Si un rayon de lumière polarisée, dans un plan déterminé, traverse ces corps soumis eux-mêmes à l'action d'un aimant, il en sort polarisé dans un plan qui fait avec le premier un certain angle. On exprime ce fait en disant que tout se passe comme si le plan de polarisation avait tourné, et que les corps soumis à l'expérience jouissent du pouvoir rotatoire magnétique.

Faraday reconnut que cette propriété peut être développée dans tous les corps liquides ou solides monoréfringents, particulièrement dans le verre pesant, et ne peut pas être constatée chez les gaz. Le même physicien ne découvrit aucune relation entre le pouvoir rotatoire magnétique et le pouvoir magnétique, ou diamagnétique, des substances sou-

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XVII, p. 359.

mises à l'expérience. Enfin il montra que la même propriété peut être mise en évidence lorsqu'on place le corps qui en jouit dans l'intérieur d'une bobine traversée par un courant énergique.

Beaucoup de physiciens, après Faraday, étudièrent la même question, et se contentèrent, pour la plupart, de perfectionner les moyens d'observer le phénomène sans en rechercher les lois. C'est ce que firent Pouillet ⁽¹⁾, M. Edmond Becquerel ⁽²⁾, M. Boettger ⁽³⁾. M. Becquerel, dans ses expériences, faisait arriver la lumière par un trou percé dans les armatures de l'électro-aimant. Il put, de cette façon, faire agir plus énergiquement les pôles sur la substance que l'on veut étudier. C'est sur ce principe que reposent les appareils que construit maintenant M. Ruhmkorff ⁽⁴⁾. Faraday avait déjà, d'ailleurs, employé un appareil analogue. Il dit, en effet, au n° 13 de son Mémoire, que, si l'on fait agir sur la substance à étudier deux pôles magnétiques à extrémités ouvertes, c'est-à-dire fournis par des électro-aimants dont les axes sont des cylindres de fer creux, le rayon de lumière passant le long de l'axe, l'effet produit est le même que celui que l'on observe en plaçant le corps entre les pôles d'un électro-aimant en fer à cheval.

Peu de temps après, M. Matthiessen fit connaître un grand nombre de substances, malheureusement, pour la plupart, facilement altérables, jouissant d'un pouvoir rotatoire s'approchant de celui du verre pesant de Faraday ⁽⁵⁾.

En 1848, M. Bertin signale, dans un Mémoire présenté à l'Académie des Sciences ⁽⁶⁾, un grand nombre de faits nouveaux et intéressants. Il donne une relation, rendue ensuite plus générale par Verdet, entre l'action produite par un pôle sur une tranche infiniment mince et la distance de cette tranche au pôle. L'action produite par deux pôles est la somme des actions produites par chacun des pôles agissant séparé-

⁽¹⁾ *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XXII, p. 135.

⁽²⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XVII, p. 437.

⁽³⁾ *Poggendorff's Annalen*, t. LXVII, p. 290 et 350.

⁽⁴⁾ Décrit dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XVIII, p. 318.

⁽⁵⁾ *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XXIV, p. 969, et t. XXV, p. 20 et 173.

⁽⁶⁾ *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XXVI, p. 24, et *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXIII, p. 5.

ment. M. Bertin indique en outre deux liquides, le bichlorure d'étain et le sulfure de carbone, jouissant d'un pouvoir rotatoire comparable à celui du verre pesant. Dans une seconde Communication ⁽¹⁾, M. Bertin étudie les phénomènes produits lorsque le corps soumis à l'expérience est un parallélépipède de Fresnel, phénomènes qui ne sont pas encore expliqués d'une façon satisfaisante.

Quelque temps après, M. Wiedemann, mesurant l'action produite par une bobine sur des liquides contenus dans des tubes disposés suivant l'axe de cette bobine, découvre une loi importante : *La rotation produite est toujours proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse la bobine* ⁽²⁾.

M. Matteucci ⁽³⁾, M. Wertheim ⁽⁴⁾, M. Edlund ⁽⁵⁾, M. Lütldge ⁽⁶⁾ étudièrent l'influence des actions mécaniques et de la chaleur combinées avec l'action du magnétisme. J'indiquerai plus tard, lorsque j'aurai à les discuter, les résultats auxquels ont été conduits ces divers physiciens.

De tous ceux qui se sont occupés de la polarisation rotatoire magnétique, celui qui a le mieux analysé les phénomènes, et qui est arrivé en même temps à des lois certaines, est, sans contredit, Verdet.

Dans un premier Mémoire ⁽⁷⁾, il montra d'abord que, si l'on visse aux extrémités de l'électro-aimant de Ruhmkorff des armatures d'un diamètre égal à celui de la bobine, une substance transparente placée dans l'espace intermédiaire acquerrait les mêmes propriétés optiques, quelle que fût sa situation, pourvu qu'elle ne fût pas extrêmement voisine de l'une ou de l'autre des armatures. Cet espace peut être appelé *champ magnétique d'égale intensité*. Il démontre ensuite qu'il y a proportionnalité entre l'action magnétique et la rotation du plan de polarisation.

⁽¹⁾ *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XXVII, p. 500.

⁽²⁾ *Poggendorff's Annalen*, t. LXXXII, p. 216, et *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXXIV, p. 121.

⁽³⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXIII, p. 493, et t. XXIV, p. 354.

⁽⁴⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXVIII, p. 107.

⁽⁵⁾ *Annalen der Chemie und Pharmacie*, septembre 1853.

⁽⁶⁾ *Poggendorff's Annalen*, t. CXXXVII, p. 271 et *Annales de Chimie et de Physique*, 4^e série, t. XVIII, p. 489.

⁽⁷⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XLI, p. 370.

Dans son deuxième Mémoire ⁽¹⁾, Verdet étudie ce qui se passe lorsque l'angle formé par la direction du rayon de lumière avec la direction de l'action magnétique varie de 0 à 90 degrés, et il trouve que la rotation est proportionnelle au cosinus de cet angle.

Dans un troisième Mémoire ⁽²⁾, Verdet démontre que, contrairement à ce que pensait M. de la Rive, il n'y a aucun rapport entre l'ordre des pouvoirs rotatoires magnétiques et l'ordre des indices de réfraction. Dans ce même Mémoire, il étudie les rotations produites par des dissolutions plus ou moins concentrées d'une même substance, et trouve que tout se passe comme dans le cas d'un corps actif dissous dans un liquide actif. Nous aurons occasion de revenir sur ce dernier résultat. Enfin il cherche à établir une relation entre le sens de la rotation produite par certains corps et leurs propriétés magnétiques ou diamagnétiques. Il ne trouve pas de relation intime entre ces deux ordres de phénomènes. Enfin il trouve que certains corps, comme le sulfate de fer, jouissent d'un pouvoir rotatoire négatif, c'est-à-dire que la rotation du plan de polarisation s'effectue dans un sens opposé à celui suivant lequel circule le courant dans la bobine. Pour la plupart des autres corps, le pouvoir rotatoire est positif ⁽³⁾.

Enfin, dans un quatrième Mémoire ⁽⁴⁾, Verdet montre que le produit de la rotation par le carré de la longueur d'onde n'est pas un nombre constant ⁽⁵⁾; puis il discute les considérations théoriques présentées

⁽¹⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XLIII, p. 37.

⁽²⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. LII, p. 129.

⁽³⁾ Avant Verdet, M. Bertin avait déjà étudié, dans son premier Mémoire, la rotation des liquides et des dissolutions salines. Il avait constaté un pouvoir très-énergique dans certains liquides anhydres, et avait montré que, dans les dissolutions aqueuses, l'effet observé ne pouvait pas être attribué à l'eau seule, comme le pensait Faraday, puisque cet effet variait avec le degré de concentration de la dissolution. Il remarqua qu'en général la dissolution d'un sel dans l'eau augmente le pouvoir rotatoire de celle-ci, mais il signale deux sels qui, au contraire, la diminuent : ce sont le nitrate d'ammoniaque et le sulfate de fer. Ces résultats doivent être, à mon avis, considérés comme le point de départ des découvertes faites plus tard par Verdet.

⁽⁴⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. LXIX, p. 415.

⁽⁵⁾ Cette loi de la raison réciproque du carré des longueurs d'ondulations n'était évidemment pas exacte. Cela résultait des travaux faits antérieurement à ceux de Verdet. M. Bertin et M. Becquerel avaient déjà montré, en effet, que la rotation produite par l'action du magnétisme sur un corps transparent peut toujours être compensée par du quartz. Il en résulte

par M. Airy ⁽¹⁾, M. Codazza ⁽²⁾, M. Charles Neumann ⁽³⁾, et montre qu'aucune de ces théories mathématiques ne rend compte des phénomènes observés. Elles sont surtout toutes en contradiction avec ce fait, que la loi de la raison réciproque des carrés des longueurs d'ondulations n'est pas exacte.

En 1868, dans un premier Mémoire ⁽⁴⁾, M. de la Rive reprend les expériences de Matteucci relatives à l'influence des actions mécaniques sur la rotation du plan de polarisation; puis, dans un second Mémoire ⁽⁵⁾, il détermine le pouvoir rotatoire spécifique de quelques liquides, étudie l'influence de la température sur le pouvoir rotatoire des liquides et, enfin, détermine le pouvoir rotatoire de certaines substances isomères. Je ne fais qu'indiquer ici les sujets traités par M. de la Rive. Je donnerai les résultats auxquels il a été conduit lorsque, dans certaines parties de ce travail, j'aurai besoin de m'en servir.

Je me suis proposé, dans le cours de mes recherches, de déterminer l'influence de l'état moléculaire des corps sur le pouvoir rotatoire magnétique. J'ai voulu voir si, en prenant un corps à l'état liquide ou à l'état de dissolution, son pouvoir rotatoire se conserve à l'état solide ou à l'état de vapeur. J'ai commencé par rechercher les meilleures conditions à remplir pour que l'on puisse opérer avec le plus de rapidité possible, et en même temps avec le plus de précision. C'est le résultat de ces recherches que je développerai dans la première partie de ce travail.

que la quatrième loi de Biot, relative aux carrés des longueurs d'onde, loi qui, depuis longtemps, était reconnue inexacte, ne pouvait pas non plus s'appliquer rigoureusement à la rotation magnétique. C'est ce que Verdet a vérifié.

⁽¹⁾ *Philosophical Magazine*, 3^e série, t. XXVII, p. 469.

⁽²⁾ *Giornale dell' I. R. Istituto Lombardo*, t. XIV, année 1853.

⁽³⁾ *Explicare tentatur quomodo fiat ut lucis planum polarisationis per vires electricas vel magneticas declinetur*. Halis Saxonum, 1858.

⁽⁴⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 4^e série, t. XV, p. 57.

⁽⁵⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 4^e série, t. XXII, p. 5.

Examen de différentes méthodes, au moyen desquelles on peut mesurer le pouvoir rotatoire.

Ces méthodes sont au nombre de cinq :

- 1° Emploi de la teinte de passage;
- 2° Emploi de la plaque à deux rotations;
- 3° Méthode de Lüttdge;
- 4° Emploi du nicol coupé;
- 5° Méthode de MM. Fizeau et Foucault.

1° *Emploi de la teinte de passage.* — Les conditions les meilleures pour opérer avec précision au moyen de cette méthode ont été établies par Verdet (premier Mémoire, p. 11). Ces conditions étant remplies, on peut, si l'on opère avec la lumière solaire, mesurer la rotation relative à la teinte de passage à trois ou quatre minutes près. Ce procédé jouit donc d'une grande sensibilité lorsqu'on opère avec la lumière solaire. Dans le cas où l'on ne peut pas avoir cette lumière à sa disposition, le procédé ne comporte plus aucune précision. Je n'ai jamais pu, même après avoir acquis une longue habitude dans ce genre de mesures, obtenir des résultats avec une erreur absolue moindre que quinze à vingt minutes.

2° *Emploi de la plaque à deux rotations.* — Cette méthode est bonne, commode, rapide, lorsqu'une grande précision n'est pas nécessaire, et lorsque la substance que l'on étudie n'est pas colorée. L'observation se fait au moyen d'une petite lunette de Galilée, pointée sur la plaque à deux rotations. Avec la lumière des nuées, on peut mesurer la rotation avec une erreur absolue moindre que douze minutes. C'est là, en comparaison des résultats donnés par les autres méthodes, l'erreur la plus faible que l'on puisse commettre lorsqu'on n'a pas la lumière solaire à sa disposition. Si l'on emploie la lumière Drummond, il faudra modérer convenablement l'arrivée de l'oxygène et du gaz de l'éclairage, de telle façon que la flamme soit bien blanche. Dans ce cas, on peut obtenir une sensibilité un peu plus grande qu'avec la lumière des nuées;

mais, en général, on ne pourra pas répondre de commettre une erreur moindre que huit minutes.

3° *Méthode de Lüttdge* (1). — Avec une lumière vive, la lumière solaire, on peut, avec un spectroscope ordinaire, obtenir par cette méthode des mesures ne différant pas de plus de douze minutes. Si l'on concentre la lumière solaire sur la fente d'un spectroscope, au moyen d'une lentille, ou bien si l'on remplace la fente par le foyer d'une lentille cylindrique, le procédé devient plus sensible, et l'on peut répondre alors de quatre à cinq minutes.

Avec la lumière Drummond, la méthode ne présente plus une sensibilité suffisante, ce qui tient au défaut de parallélisme des rayons. Les lectures diffèrent quelquefois de vingt minutes.

4° *Emploi du nicol coupé*. — Avec cet instrument, on est obligé d'employer de la lumière homogène. Le meilleur moyen de s'en procurer est de placer, sur le trajet de la lumière blanche, un verre rouge, ou bien une petite cuve contenant une solution de sulfate de cuivre dans le carbonate d'ammoniaque. Cette solution, prise sous une faible épaisseur, ne laisse passer que des rayons indigo très-voisins de la raie G. Le verre rouge est moins bon, parce qu'il fournit des rotations qui sont beaucoup plus faibles, et, par suite, son usage conduit à des erreurs relatives plus considérables. Le nicol coupé présente un grand avantage sur le nicol ordinaire. Avec ce dernier, en effet, on doit juger, par comparaison, deux teintes dont l'une est visible et dont l'autre a disparu. Avec le nicol coupé, au contraire, on a à juger de l'égalité de deux teintes, toutes les deux visibles, ce qui est certainement beaucoup plus facile. Pour le nicol ordinaire, on doit opérer avec la lumière solaire. Avec le nicol coupé, on peut employer la lumière Drummond. Pour opérer avec précision, il est encore nécessaire de viser avec une lunette pointée sur la section du nicol. Dans ces conditions, avec la lumière Drummond, on peut être assuré que les mesures ne différeront pas plus de cinq minutes.

(1) *Poggendorff's Annalen*, t. CXXXVII, p. 271.

5° *Méthode de MM. Fizeau et Foucault.* — Cette méthode a déjà été étudiée avec grand soin et perfectionnée par M. Gernez ⁽¹⁾. En prenant les précautions qu'il indique, on peut être certain d'opérer en ne commettant pas, même dans les cas les plus défavorables, une erreur absolue supérieure à dix minutes.

Dans toutes ces expériences, le prisme analyseur est monté dans un appareil formé de deux cercles concentriques, le premier fixe avec le support et divisé en degrés et tiers de degré, l'autre mobile avec l'analyseur et portant deux verniers opposés donnant la minute.

En résumé, si l'on a la lumière solaire à sa disposition, il faudra employer la méthode de Lüttdge, ou se servir de la teinte de passage, à moins qu'on n'ait besoin de mesurer les rotations relatives aux différentes raies du spectre, auquel cas la méthode de MM. Fizeau et Foucault devra être utilisée. Avec la lumière des nuées, on doit employer la plaque à deux rotations, et réserver le nicol coupé pour le cas où l'on se servira de la lumière Drummond. Comme remarque générale, j'ajouterai que, dans ce genre de mesures, ce n'est qu'après avoir acquis une grande habitude que l'on peut arriver à obtenir des résultats comportant toute la précision possible.

Étude des variations de l'action magnétique avec l'intensité du courant et la tension de la pile.

L'intensité du phénomène que l'on observe en plaçant entre les pôles de l'appareil de Ruhmkorff une substance transparente, que traverse un rayon de lumière polarisée, dépend de la masse de l'électro-aimant, du diamètre du fil, et du rapport qui existe entre les dimensions de l'électro-aimant et l'énergie du courant qui l'excite. De plus, avec une pile donnée, la grandeur de la rotation dépend de la manière dont les éléments sont disposés. Il vaut mieux toujours, comme l'a fait déjà remarquer M. Bertin ⁽²⁾, augmenter la quantité que la tension.

⁽¹⁾ *Annales scientifiques de l'École Normale*, 1^{re} série, t. I, p. 1.

⁽²⁾ *Annales de Chimie et de Physique*, 3^e série, t. XXIII.

Je me suis proposé de chercher :

1° Comment varie la rotation ou l'action magnétique avec l'intensité du courant d'une pile disposée en tension ⁽¹⁾;

2° Quelle est, avec une pile donnée, la meilleure disposition à adopter dans l'arrangement des éléments pour que la rotation soit la plus grande possible.

I. Dans le premier cas, il faut, pour résoudre la question, mesurer d'une part la rotation, et d'autre part l'intensité du courant qui la produit. Le corps soumis à l'expérience était un morceau de flint commun à faces parallèles et non trempé. Il était placé entre les pôles de l'électro-aimant de Ruhmkorff, muni de ses grosses armatures, de telle façon que la rotation fût indépendante de la position du morceau de flint.

Le courant qui excitait l'électro-aimant passait d'abord dans l'intérieur d'une très-grosse bobine creuse, placée très-loin de l'électro-aimant, dans une salle voisine. On fait agir cette bobine sur un barreau aimanté très-court, mobile et horizontal, placé à une distance assez grande pour que l'action sur chaque pôle puisse être considérée comme ayant la même grandeur et la même direction, lorsque l'axe du barreau est dans le plan du méridien magnétique, ou lorsqu'il est dévié d'un angle quelconque. L'angle dont le barreau est dévié permet, comme l'a montré Verdet ⁽²⁾, de déduire l'intensité du courant, ou plutôt on peut, connaissant cet angle, trouver le rapport des intensités des courants qui traversent la bobine à deux moments quelconques. On peut aussi se servir des phénomènes de la polarisation rotatoire magnétique, non-seulement pour mesurer l'intensité de l'action magnétique développée dans un

⁽¹⁾ L'action magnétique qui varie proportionnellement à la quantité de magnétisme est en raison inverse du carré de la distance. Si donc on mesure l'action magnétique, on mesure, par cela même, la quantité de magnétisme qui lui est proportionnelle, ou bien encore le moment magnétique.

⁽²⁾ Soient f la composante horizontale de l'action de la bobine sur l'un des pôles du barreau aimanté, ω l'angle de cette composante avec le plan du méridien magnétique, T la composante horizontale de l'action terrestre; le barreau aimanté se placera en équilibre dans une position faisant, avec le plan du méridien magnétique, un angle α déterminé par la relation

$$T \sin \alpha = f \sin (\omega - \alpha);$$

si l'on change la direction du courant sans changer son intensité, on observera une nouvelle

électro-aimant par le passage du courant, mais encore pour mesurer l'intensité du courant lui-même. Supposons, en effet, que, dans l'intérieur de la grosse bobine que nous faisons agir tout à l'heure sur un barreau aimanté, nous placions un tube fermé par des glaces parallèles, et contenant un liquide jouissant du pouvoir rotatoire magnétique. Si nous faisons passer dans ce liquide un rayon de lumière polarisée, la rotation du plan de polarisation produite par l'action du courant sera, comme l'a montré M. Viedemann, proportionnelle à l'intensité de ce courant. Il suffira donc de mesurer, à deux moments différents, d'une part, la rotation pour l'appareil installé dans la bobine et, d'autre part, la rotation produite par l'interposition du flint entre les pôles de l'appareil de Ruhmkorff, pour avoir le rapport cherché entre l'intensité du courant et le moment magnétique.

Le second procédé est moins précis que le premier. Supposons, en effet, qu'au moyen de la règle divisée et du miroir on ait mesuré une

position d'équilibre α' définie par l'équation

$$T \sin \alpha' = f \sin (\omega + \alpha');$$

de ces deux équations, on déduit facilement

$$f = \frac{2T}{\sin \omega} \frac{\tan \alpha \cdot \tan \alpha'}{\tan \alpha + \tan \alpha'}.$$

A partir de ce moment, Verdet continue à développer les équations rigoureuses du problème, et, plus tard seulement, par une série d'approximations successives, il arrive à la formule définitive. Il m'a semblé plus simple de faire, dès maintenant, les approximations permises, et d'abréger de cette façon les calculs.

Les angles α et α' étaient toujours extrêmement petits : ils n'ont jamais dépassé 1 degré. On pourra donc, sans erreur appréciable, remplacer $\tan \alpha$ et $\tan \alpha'$ par α et α' . Alors la formule précédente devient

$$f = \frac{2T}{\sin \omega} \frac{\alpha \alpha'}{\alpha + \alpha'}.$$

Les déviations étaient mesurées au moyen d'une règle divisée et d'un miroir, la règle étant placée à une distance $h = 2^m$ de l'aimant. Soient x et x' les déplacements de l'image réfléchie de la règle, correspondant aux deux directions opposées du courant, on aura

$$\tan 2\alpha = \frac{x}{R}, \quad \tan 2\alpha' = \frac{x'}{R},$$

ou approximativement

$$\alpha = \frac{x}{2R}, \quad \alpha' = \frac{x'}{2R};$$

rotation représentée par le nombre $120^{\text{mm}}, 6$. On peut évaluer le $\frac{1}{4}$ d'une division de telle sorte que le nombre exact serait au minimum $120^{\text{mm}}, 35$, et l'erreur relative serait au maximum $\frac{0,25}{120,35} > \frac{1}{482}$. Le même courant donnerait, pour le tube placé dans la bobine et rempli de sulfure de carbone, une rotation de $12^{\circ}20' = 740'$. On peut commettre une erreur absolue de 5 minutes dans les cas les plus favorables. Par suite, l'erreur relative serait toujours supérieure à $\frac{1}{149}$ et, par conséquent, plus grande que dans le cas précédent.

Le premier procédé devra donc être exclusivement employé.

Je réunis dans les tableaux suivants les résultats auxquels j'ai été conduit. La première expérience a été faite avec l'électro-aimant de Ruhmkorff; la seconde a été faite avec la bobine qui sert d'ordinaire à mettre en évidence les phénomènes fondamentaux de l'induction. Cette

remplaçant, il vient

$$f = \frac{T}{R \sin \omega} \frac{xx'}{x + x'}.$$

Pour une intensité différente f_1 , on aura de même

$$f_1 = \frac{T}{R \sin \omega} \frac{x_1 x'_1}{x_1 + x'_1},$$

d'où l'on tire

$$(1) \quad \frac{f}{f_1} = \frac{xx'}{x_1 x'_1} \frac{x_1 + x'_1}{x + x'},$$

formule identique avec celle à laquelle arrive Verdet. Si l'on supposait l'intensité du courant simplement proportionnelle à $(x + x')$, on aurait la formule

$$(2) \quad \frac{f}{f_1} = \frac{x + x'}{x_1 + x'_1}.$$

Ces deux formules conduisent à des résultats presque identiques, en supposant que x et x' ne dépassent pas une certaine limite, 150 millimètres par exemple, et que x_1 et x'_1 ne soient pas inférieurs à une certaine valeur, 50 millimètres. En disposant la bobine à une distance convenable de l'électro-aimant, il sera toujours facile de remplir ces conditions. Par exemple, dans une de mes expériences, j'avais $x = 150^{\text{mm}}$, $x' = 155^{\text{mm}}$, $x_1 = 50^{\text{mm}}$, $x'_1 = 53^{\text{mm}}$. En employant la formule (1), on trouve $\frac{f}{f_1} = 2,9616$. En employant la seconde, on a $\frac{f}{f_1} = 2,9611$, nombres différant très-peu l'un de l'autre. On pourra donc supposer l'intensité du courant simplement proportionnelle à $(x + x')$.

bobine contenait un cylindre de fer de 63 millimètres de diamètre, percé dans le sens de son axe.

Première expérience.

Intensité.	Action magnétique.	Rapport.
36	70'	1,944
66	108	1,636
92	140	1,521
121	164	1,355
144	182	1,263
166	198	1,192
189	210	1,111
211	222	1,052
226	230	1,017
241	236	0,979
257	244	0,949
269	248	0,921
278	254	0,913
293	258	0,880
300	260	0,866
323	266	0,823
379	280	0,738
401	284	0,708
500	298	0,596
592	304	0,513

Deuxième expérience.

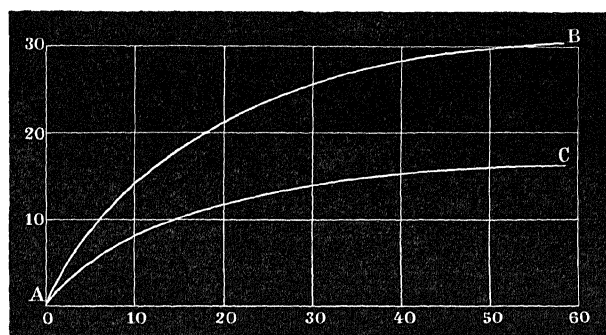
Intensité.	Action magnétique.	Rapport.
23	32	1,391
60	58	0,966
102	80	0,784
196	114	0,581
252	128	0,507
294	138	0,469
416	154	0,370
472	158	0,334
551	162	0,294
583	162	0,277

On voit immédiatement que, dans les conditions dans lesquelles j'ai

opéré, il n'y a aucune proportionnalité entre l'intensité du courant et l'action magnétique. Cette proportionnalité, qui n'existe, comme cela a été démontré, que pour un courant extrêmement faible, cesse de se manifester aussitôt que le courant devient un peu énergique. Le rapport entre l'action magnétique et l'intensité va en décroissant avec une très-grande rapidité.

Si l'on construit une courbe dont les abscisses représentent l'intensité du courant, et les ordonnées l'action magnétique, on voit que cette courbe AB (*fig. 1*), construite d'après les données de la première expérience, s'écarte beaucoup de la ligne droite à laquelle elle se réduirait

Fig. 1.



s'il existait réellement un rapport constant entre les deux quantités dont il s'agit. D'après la forme de cette courbe, il est évident que l'intensité du courant croissant indéfiniment, l'action magnétique tend vers une limite qu'elle ne peut dépasser.

Avec l'électro-aimant de Ruhmkorff, cette limite n'a pas été atteinte, mais j'y suis arrivé avec la bobine avec laquelle a été faite la seconde expérience. J'avais à ma disposition 120 éléments Bunsen, ayant déjà servi pendant une heure la veille, et dans lesquels l'eau acidulée n'avait pas été remplacée. Je fis passer le courant de 60 éléments dans le fil de l'électro-aimant, et je mesurai la rotation produite par l'action de l'un des pôles, sur un long tube plein de sulfure de carbone. Cette rotation fut trouvée égale à $3^{\circ}40'$. Faisant passer ensuite le courant des 120 éléments, la rotation fut trouvée la même et égale encore à $3^{\circ}40'$. Le phénomène peut être projeté. Il suffit, pour cela, de placer entre les deux

prismes analyseur et polariseur une plaque à deux rotations, dont on projette l'image sur un écran, au moyen d'une lentille. On fait passer d'abord le courant des 60 éléments, et l'on tourne le nicol analyseur de manière que les deux côtés de la plaque aient la même teinte gris de lin. On lance ensuite le courant de 120 éléments, et la teinte n'a pas changé d'une manière sensible.

La courbe qui représente les variations de l'action magnétique avec l'intensité du courant, lorsqu'on opère avec cette dernière bobine, est représentée suivant AC (*fig. 1*). La bobine et le barreau aimanté servant à la mesure de l'intensité étaient disposés de la même façon que lorsqu'on opérait avec l'électro-aimant de Ruhmkorff.

II. Les expériences précédentes montrent que, à partir d'une certaine limite, on n'augmente presque plus l'action magnétique, bien que l'on continue à augmenter l'intensité du courant. Il est donc convenable, au point de vue de la pratique, de rechercher quel est le nombre d'éléments que l'on doit employer pour obtenir une rotation du plan de polarisation qui approche suffisamment du maximum que peut fournir l'électro-aimant pour que l'on puisse considérer comme superflu et dispendieux d'en monter un plus grand nombre. L'expérience a été faite avec l'électro-aimant de Ruhmkorff, dans lequel on lançait successivement le courant fourni par 1, 2, 3, ... éléments Bunsen, grand modèle, montés avec des acides n'ayant pas encore servi, et des zincs neufs, parfaitement amalgamés. Le corps soumis à l'expérience était un flint lourd. La rotation alla en croissant, assez rapidement, jusqu'au moment où l'on atteignit le chiffre de 10 éléments. De 10 à 20, la rotation croît encore, mais bien moins, et, à partir de 20 éléments, l'augmentation se fait d'une façon insensible. Ainsi, dans une expérience, la rotation était de 55 minutes pour 1 élément; de 4° 50' pour 20, et n'était que de 5° 30' pour le courant de 48 éléments. Dans une autre expérience, 41 éléments donnaient 6° 40', 20 éléments donnaient 12° 20' et 80 éléments 15° 2' : 20 éléments, au plus, sont donc tout ce qu'il faut pour exciter l'électro-aimant de Ruhmkorff dans toutes les expériences relatives à l'action du magnétisme sur la lumière.

Il peut être préférable de disposer ces éléments en quantité plutôt que de les disposer en tension. La résistance d'une pile varie, en effet,

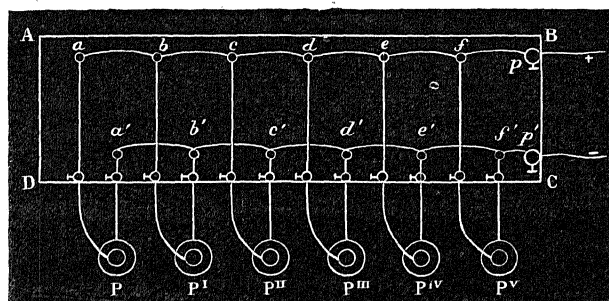
avec la disposition des éléments, et l'on sait que le meilleur effet est obtenu lorsque la résistance de la pile est égale à la résistance du circuit. Pour résoudre cette question, il eût donc fallu mesurer, d'une part, la résistance de la pile disposée de différentes façons, et, d'autre part, la résistance du circuit; mais, la résistance de la pile changeant à chaque instant, et surtout d'un jour à l'autre, ces déterminations n'auraient pas été très-utiles au point de vue de la pratique. Il m'a paru préférable de séparer la pile en 1, 2, 4 autres de 20, 10, 5 éléments, de réunir ensuite les pôles de même nom des différentes piles, et de lancer le courant dans la bobine. Les résultats obtenus de l'expérience sont contenus dans le tableau suivant :

Nombre des éléments.	Surface.	Rotation.	Augmentation.
20	1	6,10 ⁰	
	2	7,40	1,30 ⁰
	4	7,25	1,15 ⁰

La disposition qui donne les meilleurs résultats consiste donc à réunir par des pôles de même nom deux piles de 10 éléments.

Pour arriver à réunir ainsi les pôles de même nom d'un certain nombre de piles et, en même temps, pour ranger ces piles d'une façon quelconque, la disposition qui m'a paru la plus simple est la suivante : sur une planche ABCD (*fig. 2*), on creuse une série de trous *a, b, c, d, ...*

Fig. 2.



Diagonalement au-dessous, on creuse un nombre égal de trous *a', b', c', d', ...* Ces trous sont pleins de mercure. Les pôles positifs des piles P,

P' , P'' , ... sont mis en communication avec des bornes ou des pinces communiquant elles-mêmes avec la première série de trous, et les pôles négatifs sont, de même, mis en communication avec la seconde série a' , b' , c' , d' , Pour réunir les pôles de même nom des différentes piles, il suffira de réunir entre eux les trous supérieurs, et les trous inférieurs également entre eux, au moyen de gros fils ou de lames métalliques. Les derniers trous de chaque série communiquent eux-mêmes avec des bornes p et p' , qui constituent les pôles de la pile ainsi formée.

En réunissant les trous inférieurs aux trous supérieurs en diagonale, on pourra évidemment former toutes les combinaisons que l'on pourra désirer.

Influence des actions mécaniques sur le pouvoir rotatoire magnétique.

L'étude de cette influence a déjà été faite par plusieurs physiciens. Matteucci, Edlund, Wertheim s'étaient occupés surtout de l'influence des actions mécaniques qui modifient l'état moléculaire du corps traversé par la lumière polarisée. M. de la Rive étudia l'effet produit par la décharge d'une bobine de Ruhmkorff, et trouva que le verre soumis à cette décharge avait perdu son pouvoir rotatoire magnétique; mais que, par contre, il était devenu biréfringent. Ces mêmes décharges ne paraissent avoir aucune influence sur le pouvoir rotatoire des liquides. Il me semble que ces résultats pouvaient être prévus, du moment, en effet, que la décharge de la bobine de Ruhmkorff ne change pas la constitution chimique du liquide sur lequel on la fait agir; ce liquide, un instant agité par cette décharge, reprend bientôt sa position d'équilibre, reste identique à ce qu'il était d'abord et parfaitement homogène dans toutes ses parties. Le liquide n'ayant absolument pas changé, il est donc tout naturel que son pouvoir rotatoire magnétique n'ait pas changé non plus.

Pour le verre, il n'en est pas ainsi : la décharge de la bobine a pour effet de lui enlever son homogénéité, de le rendre biréfringent, et cela d'une façon permanente. Or, si l'on place un tel verre entre deux nicols, on aperçoit des couleurs, et quelquefois seulement des lignes noires.

Dans le second cas, la rotation peut encore être mesurée. Les lignes noires ne gênent nullement : elles servent de points de repère. Dans le premier cas, au contraire, le pouvoir rotatoire qui peut encore exister ne peut plus être mis en évidence, parce que, pour observer un changement notable dans les couleurs du verre, il faut donner au plan de polarisation une rotation plus grande que celle qui peut lui être imprimée par l'électro-aimant.

J'ai voulu voir si ce pouvoir rotatoire ne serait pas modifié lorsqu'on soumettrait à un mouvement de rotation extrêmement rapide, soit dans le sens suivant lequel agit le courant, soit en sens inverse, un tube contenant une substance active placé suivant la ligne des pôles de l'électro-aimant. Des expériences analogues avaient déjà été faites sur les liquides naturellement actifs ; elles avaient conduit à des résultats négatifs. Je m'attendais à être amené aux mêmes conclusions dans le cas où la substance ne devient active que sous l'action du magnétisme. J'ai néanmoins tenté l'expérience, parce que j'avais à ma disposition un appareil qui me permettait de la faire dans les meilleures conditions possibles. Cet appareil avait été construit avec beaucoup de soin par M. Froment pour d'autres expériences. Le tube contenant le liquide est fermé par des glaces parallèles ; il est soutenu par un système de quatre roues disposées de telle façon, que l'axe du tube reste parfaitement immobile, tandis qu'un point de sa surface est animé d'une vitesse extrêmement grande. Le mouvement est produit au moyen d'une manivelle et transmis au tube par un système d'engrenages très-simple, disposé de telle façon que, la manivelle faisant un tour, le tube en fait environ cinq cents. L'expérience a d'abord été faite avec le tube vide, puis avec le tube plein de sulfure de carbone. La rotation produite par les glaces seules, le tube étant en repos, était de $0^{\circ}10'$. La rotation produite par le tube plein de sulfure de carbone était de $6^{\circ}30'$. En imprimant à la manivelle et, par suite, au tube le mouvement de rotation le plus rapide possible, soit dans le sens dans lequel circule le courant, soit en sens inverse, il a été impossible de découvrir aucun changement apporté à la valeur de la rotation.

Conservation du pouvoir rotatoire magnétique d'une même substance dans les deux états de solidité et de simple dissolution.

Dans son second Mémoire, M. Bertin, étudiant le pouvoir rotatoire magnétique des solutions salines, remarque que certains corps, comme le protochlorure d'étain, augmentent le pouvoir rotatoire de l'eau, et que d'autres sels, au contraire, comme le sulfate de fer, le diminuent. L'augmentation ou la diminution est, d'ailleurs, d'autant plus grande que la proportion de sel dissous est elle-même plus considérable. Verdet reprit ces expériences, et, dans son troisième Mémoire, il calcule la rotation que donnerait le sel en le considérant comme un corps actif dissous dans un liquide également actif. Il trouve que les nombres fournis par le calcul et ceux auxquels conduit l'expérience sont identiques, ou tout au moins que l'écart que l'on observe est de l'ordre des erreurs de mesures.

Je me suis proposé de rechercher certains corps que l'on puisse obtenir en même temps à l'état de corps solides transparents et à l'état de dissolution dans l'eau. Il ne fallait pas songer à se servir des corps cristallisés biréfringents; cette classe de corps a été étudiée déjà par Faraday, qui ne constata aucune action, puis par M. Bertin et M. Becquerel, qui n'ont pu y développer qu'un pouvoir rotatoire extrêmement faible. Le corps qui d'ailleurs se serait le mieux prêté aux expériences eût été l'eau, que l'on peut obtenir en masse transparente beaucoup plus considérable que les corps dont se servaient les deux physiciens que je viens de citer. En soumettant une épaisseur de glace considérable à l'action de l'électro-aimant, on avait donc plus de chances qu'avec tout autre corps de découvrir le pouvoir rotatoire des cristaux biréfringents.

Pour connaître les conditions dans lesquelles on opère, il est nécessaire de déterminer la direction de l'axe du cristal; or cela ne présente aucune difficulté en opérant de la façon suivante : on prend le bloc de glace et on le scie dans différentes directions, de manière à obtenir des plaques de petite épaisseur à faces parallèles que l'on place sur le porte-

objet du microscope polarisant. Lorsque l'on observe des anneaux non déformés traversés par une croix noire, et cela d'une façon bien nette, on est sûr que la plaque est taillée perpendiculairement à l'axe. Alors il suffit de scier le bloc de glace dans une direction parallèle à celle qui a fourni la plaque précédente pour avoir une plaque également perpendiculaire à l'axe. Pour que le morceau de glace puisse servir aux observations optiques, il suffit alors de l'user un peu en le frottant sur un plan de verre. Pour obvier aux irrégularités pouvant provenir de la fusion de la glace et de l'écoulement de l'eau, il suffit d'entourer le morceau de glace d'une feuille de clinquant, dépassant ses extrémités de quelques centimètres et recouverte elle-même de glace mélangée avec un peu de sel. Le morceau de glace ainsi préparé, étant placé entre les pôles de l'électro-aimant de Ruhmkorff, je n'ai pu observer aucune trace de polarisation circulaire magnétique. Avec un morceau de glace taillé parallèlement à l'axe, le résultat est le même. Quelle que fût la grandeur de l'action magnétique, son influence sur le rayon polarisé traversant le morceau de glace fut toujours nulle.

Il ne fallait donc pas songer à se servir de cristaux biréfringents. Parmi les corps monoréfringents, il en est deux qui se présentent tout naturellement à l'esprit, parce qu'on peut les obtenir facilement bien transparents dans une épaisseur assez grande : ce sont l'alun et le sel gemme. Or ces deux corps, soumis à l'action de l'électro-aimant, donnent une rotation bien nette, mais très-faible. Il en résulte que l'effet produit par ces corps dans les dissolutions aqueuses sera le même, extrêmement faible et, par suite, difficilement appréciable.

Les corps cristallisés ne pouvaient donc que difficilement servir au but que je me proposais. J'ai pensé alors à rechercher des corps que l'on pût obtenir à l'état solide transparent et en même temps amorphe. Cette classe de corps est extrêmement restreinte. Après un grand nombre de recherches infructueuses, je me suis arrêté au sucre et à l'acide tartrique, qui jouissent, à l'état amorphe, d'un pouvoir rotatoire magnétique comparable à celui de l'eau, et, par suite, suffisant pour les expériences que je voulais faire. J'ai donc préparé avec beaucoup de soin des dissolutions de sucre et d'acide tartrique, contenant des proportions variables de la substance dissoute. Les corps servant à ces expériences avaient été préalablement fondus et coulés en plaques. C'est avec des

fragments de ces plaques que l'on préparait les différentes dissolutions.

Pour arriver à fondre facilement le sucre et l'acide tartrique, de manière à obtenir des plaques amorphes et transparentes, il est nécessaire de prendre certaines précautions, indiquées déjà par Biot, et que je ne crois pas inutile de rappeler.

Lorsqu'il s'agit de l'acide tartrique, on commence par réduire l'acide cristallisé en poudre excessivement fine, puis on l'introduit dans un ballon ou matras de verre, au fond duquel on a mis à l'avance quelques gouttes d'eau. Si l'on ne mettait pas d'eau, l'acide obtenu serait toujours fortement coloré, de telle façon que, même sous une petite épaisseur, il ne serait pas transparent. L'eau que l'on ajoute a pour but de former, avec la partie inférieure de la poudre d'acide tartrique, une dissolution très-concentrée, qui permet aux couches supérieures de fondre sans recevoir directement l'action de la chaleur par l'intermédiaire du verre. On chauffe au moyen d'un fourneau à bois ou d'un fourneau à gaz recouvert d'une toile métallique, en ayant soin de tourner constamment le matras autour de son axe. De cette manière, les différentes parties des parois sont également chauffées, et les proportions de la matière qui touchent ces parois changent à chaque instant. On continue de cette manière jusqu'au moment où, dans toute la masse liquide, on n'aperçoit plus aucune trace de matière solide. Arrivé à ce moment, on continue à chauffer encore, de manière à chasser en grande partie l'eau que l'on a ajoutée et à s'assurer que la liquéfaction est complète. On voit alors une grande quantité de bulles s'élever du sein de la masse liquide. On laisse refroidir : les bulles cessent peu à peu de paraître, et bientôt on n'en aperçoit plus qu'à la surface. A ce moment, on en coule une partie dans un flacon de verre préalablement chauffé dans une étuve, de manière que le flacon soit plus que plein. On abandonne ce flacon à un refroidissement extrêmement lent, et, au bout d'un certain temps, il est complètement plein d'acide tartrique solidifié à la température de 10 degrés. Alors on nivelle l'acide à l'orifice du goulot. On pèse le flacon ainsi rempli, on le pèse rempli d'eau distillée, puis vide, et, de ces expériences, on conclut le poids spécifique de l'acide tartrique amorphe, qui fut trouvé égal à 1,6809.

L'expérience avec l'acide tartrique fut répétée plusieurs fois. Avec

un peu d'habitude, on parvient à opérer de telle façon que la densité de l'acide ainsi préparé diffère très-peu de celle que nous venons d'indiquer. Elle a toujours été comprise entre 1,678 et 1,682.

On peut opérer de la même manière pour obtenir le sucre fondu ; mais alors il est extrêmement difficile d'obtenir une masse solidifiée suffisamment transparente. Malgré des essais multipliés, je n'ai pu obtenir, la plupart du temps, qu'une substance plus ou moins colorée en jaune ; une seule fois, la coloration fut assez faible pour permettre une observation optique un peu précise. Le meilleur moyen à employer est le suivant : le sucre, finement pulvérisé, était dissous dans une petite quantité d'eau et à la solution, on ajoutait quelques gouttes d'acide acétique. On continuait à chauffer jusqu'au moment où l'on avait un sirop très-épais qui, étiré en fils minces, se solidifiait immédiatement. On coulait alors le sirop dans les vases où l'on voulait le recueillir. En opérant avec précaution, on pouvait, de cette façon, obtenir des masses transparentes sensiblement incolores. On détermine la densité du sucre ainsi fondu de la même façon que celle de l'acide tartrique ; elle fut trouvée égale à 1,51. En déterminant la densité du sucre dans l'essence de térébenthine par le procédé ordinaire, on arrive au même nombre.

Dans chacun de ces cas, on versait une partie des corps fondus dans des cuves en verre préalablement chauffées, de manière que l'on n'eût pas de rupture à craindre en versant le liquide chaud. Ces cuves avaient 31 millimètres de longueur ; elles étaient formées d'un cylindre en verre percé de deux trous voisins, pouvant être fermés au moyen de bouchons en verre. Ce cylindre était enveloppé par une garniture en cuivre, dont une partie avait été enlevée au point où se trouvent les trous, de manière à permettre l'introduction du liquide dans la cuve. Les extrémités étaient fermées par deux plaques de verre très-mince, que l'on pressait sur le cylindre au moyen d'une plaque de cuivre, percée d'un trou et fixée à la garniture par huit petites vis.

Le liquide versé dans les cuves se solidifiait, et, en bouchant les trous, on pouvait le conserver longtemps dans cet état. Dans le cas de l'acide tartrique, on apercevait toujours au milieu de la masse solide quelques petites bulles qui dépolarisaient la lumière qui les traversait ; mais, tout autour, on pouvait toujours trouver certaines plages que la

lumière polarisée traversait sans subir de modifications de cette nature.

Les dissolutions, une fois préparées, étaient placées dans des cuves identiques à la première et de même longueur. On plaçait successivement toutes ces cuves entre les pôles de l'électro-aimant, et l'on mesurait la rotation produite par chacune d'elles.

Pour ces expériences, l'électro-aimant avait été muni de ses grosses armatures cylindriques, dont le diamètre est égal à celui de la bobine. De cette manière, lorsqu'on enlevait une cuve pour remplacer une dissolution par une autre, il n'était pas nécessaire de la remettre rigoureusement à la même place : il suffisait que ses extrémités ne fussent pas trop près des armatures.

Pour mesurer la rotation, je me suis servi de la teinte de passage et du soleil, lorsque je l'avais à ma disposition. Dans les autres cas, je me suis servi du nicol coupé.

Pendant la durée d'une expérience, le courant et, par suite, l'action magnétique pouvaient varier. On en tenait compte de la façon suivante : on faisait une première mesure de la rotation α produite par un flint déterminé placé entre les pôles, puis on mesurait l'action produite par la cuve. On remplaçait ensuite le flint, et l'on mesurait la nouvelle rotation α' . Le nombre $\frac{\alpha + \alpha'}{2}$ représentait alors l'action magnétique au moment où la cuve était placée entre les pôles de l'électro-aimant. Toutes les expériences avaient été faites de la même façon, et les rotations mesurées étaient toutes ramenées à ce qu'elles auraient été si l'action magnétique était demeurée constante et constamment égale à $\frac{\alpha + \alpha'}{2}$.

Inutile enfin de dire que, dans tous les cas, on tenait compte de la rotation, d'ailleurs extrêmement faible, produite par les lames de verre fermant les cuves et du pouvoir rotatoire naturel de la substance à étudier.

Toutes ces précautions étant prises, les mesures de rotation furent faites pour toutes les dissolutions et pour les corps solides contenus dans des cuves identiques. Pour voir si le pouvoir rotatoire observé dans le cas du corps solide se conservait dans la dissolution, il fallait

comparer les pouvoirs rotatoires observés directement avec ceux que fournit la théorie. Ces derniers étaient calculés de la façon suivante :

Soient δ_1 et δ_2 les densités propres de la substance dissoute et de l'eau à la température à laquelle on opère; α_1 et α_2 les rotations produites sous l'action d'un même courant par chacun de ces corps contenus dans des cuves de même longueur L. On prend un poids P_1 du premier corps et un poids P_2 du second, puis on les mélange. Il en résulte un liquide de densité δ , qui produit, dans une cuve de même longueur L et sous l'action d'un même courant que précédemment, une rotation α .

On trouve facilement entre ces quantités la relation suivante :

$$\alpha_1 \frac{P_1}{\delta_1} + \alpha_2 \frac{P_2}{\delta_2} = \alpha \frac{P_1 + P_2}{\delta},$$

équation qui permet, connaissant deux des rotations, de calculer la troisième. Dans une première série d'expériences, j'ai calculé α rotation de la dissolution, et je l'ai comparée à la rotation trouvée par l'expérience. Dans une seconde série, j'ai effectué la même comparaison pour α_1 , c'est-à-dire pour la rotation produite par le corps à l'état solide.

Les résultats relatifs au sucre sont contenus dans les tableaux suivants :

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Observations faites au moyen de la teinte de passage.

Température.....	10 degrés.
Densité de l'eau.....	$\delta_2 = 0,999731$.
Densité du sucre.....	$\delta_1 = 1,51$.
Rotation produite par le sucre fondu.....	$\alpha_1 = 1^{\circ}35'$.
Rotation produite par l'eau.....	$\alpha_2 = 1^{\circ}6'$.

P_1	P_2	δ	α observé.	α calculé.	Différence.
10	90	1,0412	$1^{\circ} 9' = 69'$	68',404	— 0',596
20	80	1,0846	$1.11 = 71$	70,910	— 0,090
30	70	1,1302	$1.13 = 73$	73,530	+ 0,530
40	60	1,178	$1.15 = 75$	76,248	+ 1,248
50	50	1,228	$1.20 = 80$	79,111	+ 0,889
60	40	1,2803	$1.22 = 82$	82,072	+ 0,072
100	0	1,512	$1.35 = 95$	94,999	— 0,001

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Observations faites au moyen du nicol coupé.

Température.....	11 degrés.
Densité de l'eau.....	$\delta_2 = 0,999527$.
Densité du sucre.....	$\delta_1 = 1,512$.
Rotation produite par l'eau.....	$\alpha_2 = 2^{\circ}3'$.
Rotation produite par le sucre.....	$\alpha_1 = 3^{\circ}$.

P ₁	P ₂	δ	α observé.	α_1 observé.	α_1 calculé.	Différence.
10	90	1,0412	2. 8'	3° = 180'	184',13	+ 4',13
20	80	1,0846	2.12	180	175,80	- 4,20
30	70	1,1302	2.18	180	181,258	+ 1,25
40	60	1,178	2.20	180	170,135	- 9,865
50	50	1,228	2.27	180	175,913	- 4,087
60	40	1,2803	2.35	180	181,62	+ 1,62
100	0	1,512	3	180	180,0	+ 0

Les tableaux précédents montrent que l'accord entre les rotations calculées et les rotations observées est aussi parfait que possible. Une seule des différences que l'on remarque dans le second tableau est un peu supérieure à l'erreur que l'on peut commettre en faisant les mesures.

Toutes les expériences faites avec les dissolutions d'acide tartrique fondu donnent des résultats ne différant pas sensiblement les uns des autres; il me suffira d'en citer une seule conduisant aux nombres contenus dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCE SUR L'ACIDE TARTRIQUE.

Observations faites au moyen de la teinte de passage.

Température.....	12 degrés.
Densité de l'acide tartrique fondu.....	$\delta_1 = 1,6809$.
Densité de l'eau.....	$\delta_2 = 0,999285$.
Rotation produite par l'eau.....	$\alpha_2 = 1^{\circ}54'$.
Rotation produite par l'acide fondu.....	$\alpha_1 = 1^{\circ}35'$.

P ₁	P ₂	ϑ	α observé.	α_1 observé.	α_1 calculé.	Différence.
16	84	1,0752	1.54 ⁰	95'	97,49	+ 2,49
28	72	1,1420	1.52	95	95,6	+ 0,6
44	56	1,230	1.49	95	94,43	- 0,57
100	0	1,68	1.35	95	95	+ 0

Biot avait remarqué, en étudiant le pouvoir rotatoire naturel des dissolutions d'acide tartrique *cristallisé*, que le pouvoir rotatoire moléculaire de l'acide tartrique calculé va en augmentant à mesure que la proportion d'eau augmente. Rien de semblable ne se manifeste ici avec l'acide tartrique *fondue* soumis à l'action du magnétisme ; tout se passe comme dans le cas du sucre, comme si le corps actif était simplement dissous dans l'eau. Les différences que l'on observe dans les nombres calculés et observés sont tout à fait de l'ordre des erreurs de mesures.

Nous pouvons donc dire que, *pour les deux corps étudiés et probablement pour les autres corps que l'on soumettra à l'expérience dans des circonstances analogues, le pouvoir rotatoire magnétique se conserve intégralement dans le passage de l'état de solidité à l'état de simple dissolution.*

Influence de la température sur le pouvoir rotatoire magnétique.

I. *Corps solides.* — Les seules expériences faites sont dues à Matteucci et à Lüttdge ; elles sont contradictoires.

Matteucci, chauffant un flint dans un bain d'huile et le portant ensuite entre les pôles de l'appareil de Faraday, trouve que la rotation produite par l'action d'un même courant a considérablement augmenté par suite de l'élévation de température.

Lüttdge, au contraire, en opérant au moyen d'un appareil spécial, qui lui permettait de chauffer le verre en même temps que l'on faisait une observation, trouve que la rotation diminue à mesure que la température s'élève.

Il est facile de voir que la méthode employée par Matteucci ne présente aucune précision. Le flint, retiré du bain d'huile et porté sans précaution entre les pôles de l'électro-aimant, présentait forcément des

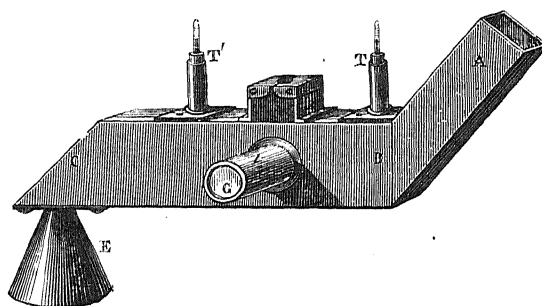
phénomènes de trempe, qui devaient singulièrement modifier et fausser les observations optiques. J'ai répété cette expérience, et j'ai vu, en effet, que le verre donnait des couleurs qu'une rotation assez grande de l'analyseur parvenait à peine à changer. Si l'on se bornait à une seule expérience, on pourrait être induit en erreur; mais si l'on répète plusieurs fois la même opération, en chauffant toujours à la même température, on s'aperçoit que les valeurs trouvées pour les rotations ne sont nullement constantes, et que, par suite, le procédé d'observation ne vaut rien. Pour avoir quelque chose de précis, il faut empêcher la trempe et, par suite, le refroidissement brusque du morceau de verre. On peut y parvenir de la façon suivante : on entoure le parallélépipède de flint de plusieurs doubles de feuilles de clinquant, de manière que ces feuilles dépassent de chaque côté de quelques centimètres. De cette façon, l'air qui arrive en contact avec le verre est échauffé, par suite de son passage entre les feuilles de clinquant.

De plus, le parallélépipède pouvait être plongé dans le bain d'huile ou en être retiré au moyen de fils de cuivre fixés aux feuilles de clinquant. On évitait ainsi de presser le morceau de verre avec des pinces, ce qui pouvait déjà lui donner une certaine trempe. Dans ces conditions, le phénomène de trempe est à peu près insensible, et un morceau de flint qui, à la température ordinaire, donnait une rotation de $6^{\circ}10'$ ne donnait plus, après avoir été chauffé, qu'une rotation de $5^{\circ}50'$. La rotation était donc devenue moindre; mais, de cette façon, on ne savait absolument rien sur la valeur de la température à laquelle la seconde observation avait été faite.

Pour obtenir des résultats plus précis et pouvoir suivre les variations de la rotation avec la température, je me suis servi d'une étuve à air chaud, qui avait déjà servi à M. Des Cloizeaux pour d'autres expériences. C'est un tube parallélépipédique ABC (*fig.* 3), terminé en E par un entonnoir au-dessous duquel on place un brûleur. L'air chauffé par le bec de gaz vient sortir en A. En G, le tube est percé de deux ouvertures opposées, fermées par des glaces parallèles. C'est entre ces glaces que l'on place le morceau de verre soumis à l'expérience. De chaque côté se trouvent deux thermomètres T et T' indiquant la température. Au commencement, la température indiquée par T' est toujours supérieure à celle indiquée par T; puis elles se rapprochent de plus en plus

l'une de l'autre, et il arrive un moment où elles sont identiques; on peut les conserver telles pendant un temps très-long, plus que suffisant pour être bien sûr que le verre a pris la température de l'air qui l'entoure. En élevant ou abaissant un peu le gaz au-dessous de E, ou bien en changeant la source de chaleur, on peut d'ailleurs faire varier cette température et l'élever jusqu'à 150 degrés.

Fig. 3.



Pour tenir compte de l'action produite par les glaces seules, il eût fallu faire une expérience à blanc, et noter la rotation, extrêmement faible, produite par ces glaces aux différentes températures; puis il eût fallu, dans les expériences suivantes, chauffer l'étuve exactement à la même température, ce qui eût été extrêmement difficile. De plus, l'erreur commise sur les lectures donnant la rotation du morceau de verre se serait trouvée compliquée des erreurs commises dans les mesures de la rotation des glaces. Une seule expérience a été faite de cette façon et n'a donné rien de précis. Dans les autres cas, l'appareil a été modifié de la façon suivante : à la place des glaces, on vissait deux tubes assez longs pour que leurs extrémités pussent pénétrer dans l'intérieur des armatures de l'électro-aimant, et c'est à ces extrémités que l'on fixait les glaces.

Ces dernières, se trouvant dans l'intérieur d'un aimant creux, ne subissaient plus aucune influence de la part de cet aimant. (Une substance jouissant d'un pouvoir rotatoire magnétique même considérable ne donnerait également rien, si on la plaçait dans l'intérieur d'un aimant creux.) Immédiatement après chaque mesure, on enlevait l'étuve, et l'on mettait à sa place un flint à la température ordinaire. Ce flint

servait à mesurer l'action magnétique, et toutes les observations étaient rapportées à ce qu'elles auraient été si l'action magnétique était demeurée courante.

Les mesures étant faites, j'ai voulu voir s'il y avait une relation entre les rotations mesurées et les densités du verre aux mêmes températures. Pour cela, j'ai calculé, d'après les coefficients de dilatation connus, les rapports des volumes du verre aux différentes températures. Ce rapport était égal au rapport inverse des densités. On trouvera dans les tableaux suivants les résultats auxquels j'ai été conduit :

Expériences sur le flint commun (méthode de Lüttdge).

Température.	Rotation.	Rapport des densités.	Rapport des rotations.
14°	1.30'		
98	1.26	0,999314	0,95555
140	1.24	0,998972	0,93333

Expériences sur le verre ordinaire (méthode de Lüttdge).

Température.	Rotation.	Rapport des densités.	Rapport des rotations.
13°	45'		
80	41	0,99938	0,92222
100	39	0,999198	0,86666
150	38	0,9987	0,84444

On voit, d'après ces expériences, que la rotation diminue à mesure que la température augmente, et, si l'on prend le rapport des densités, on voit qu'il est toujours plus fort que le rapport des rotations. La rotation diminue donc plus vite que la densité, à mesure que la température augmente.

II. *Liquides.* — Les variations du pouvoir rotatoire magnétique des liquides avec la température ont été étudiées par M. de la Rive. Il a trouvé que, pour certains liquides très-dilatables, comme l'alcool, l'iode d'éthyle, l'alcool amylique, le rapport des rotations est sensiblement le même que le rapport des densités, mais que ce rapport ne reste pas du tout constant lorsqu'il s'agit de liquides relativement peu dilatables, comme l'eau et l'acide sulfurique.

Les expériences que j'ai faites, et que je ne cite que parce que le mode d'expérimentation est plus commode et plus précis, confirment ces résultats et les étendent à d'autres liquides.

M. de la Rive opérait sur des liquides renfermés dans un tube entouré d'un manchon plein d'eau, que l'on échauffait au moyen d'une lampe à alcool. Ce manchon était placé entre les pôles de l'électro-aimant de Ruhmkorff.

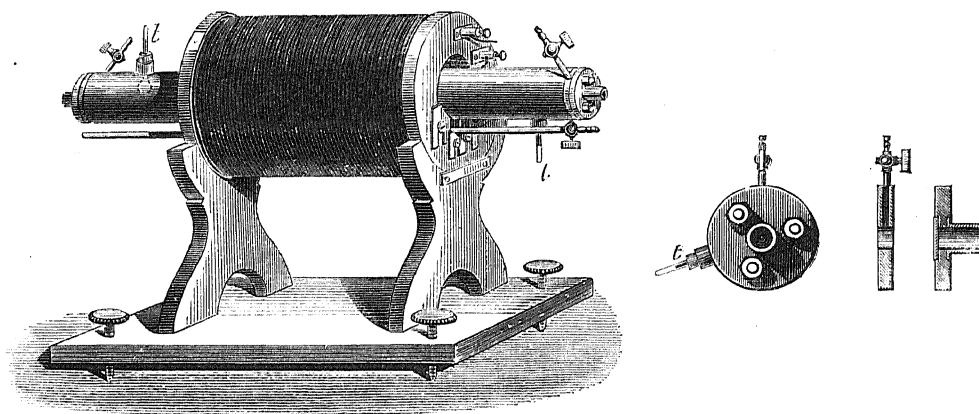
J'ai voulu essayer d'employer le même procédé; mais, l'expérience étant toujours assez longue, les variations de la pile dont je me servais étaient trop considérables pour que l'on puisse les négliger. Pour en tenir compte, il eût fallu remplacer, après chaque mesure de rotation, le tube par un parallélépipède de flint, comme je l'avais fait déjà dans d'autres expériences; mais ici le déplacement et la remise en place du tube chaud, dont les extrémités étaient engagées dans les armatures de l'électro-aimant, étaient très-difficiles et avaient l'inconvénient d'interrompre les expériences. J'ai voulu éviter ces inconvénients en employant le moyen suivant : devant l'un des pôles extrêmes de l'électro-aimant, je plaçais un flint et je mesurais la rotation produite. Si cette rotation avait été à chaque instant proportionnelle à celle que l'on aurait obtenue en mettant le tube, rempli d'un liquide quelconque, entre les pôles de l'électro-aimant, on aurait eu un moyen commode de corriger les erreurs provenant de la variation du courant; mais l'expérience montre qu'une pareille proportionnalité n'existe pas; par suite, le procédé doit être rejeté.

Si l'on tenait absolument à se servir de l'électro-aimant, il faudrait employer une pile assez forte pour que l'on fût voisin du maximum d'aimantation. Dans ces conditions, des variations, même assez fortes, de l'intensité du courant sont, comme nous l'avons vu, sans effet sensible sur l'action magnétique. Il est probable que c'est dans ces conditions qu'opérait M. de la Rive, car il regardait l'effet produit par l'aimant comme constant. Un autre inconvénient de la méthode de M. de la Rive, c'est que, en chauffant le tube à double enveloppe avec une lampe à alcool, on ne pouvait obtenir une température restant constante pendant longtemps.

Pour étudier le phénomène avec plus de commodité et de précision, il m'a paru plus convenable d'opérer de la façon suivante : dans l'in-

térieur d'une grosse bobine (*fig. 4*), on place, suivant l'axe, le tube contenant le liquide à étudier. Ce tube était formé d'un cylindre en

Fig. 4.



cuivre, entouré par un autre, d'un diamètre quatre fois plus grand, contenant de l'eau ou de l'huile. Des thermomètres placés dans des tubulures, dont était munie l'enveloppe, indiquaient à chaque instant la température. Une rampe de becs de gaz était placée au-dessous. Les ouvertures de ces becs pouvaient être augmentées ou diminuées à volonté, et un robinet permettait de régler l'arrivée du gaz. Deux feuilles de clinquant recourbées étaient placées au-dessus des extrémités du tube dépassant la bobine, de manière à éviter les courants d'air. De cette façon, il était possible d'obtenir une température constante, à $\frac{1}{2}$ degré près, pendant tout le temps qu'on voulait.

Aux extrémités du tube se trouvaient d'abord deux rondelles, portant deux tubulures munies de robinets. Ces tubulures permettaient d'introduire les liquides et de diriger au dehors les vapeurs, qui quelquefois étaient pénibles à respirer. Par-dessus ces rondelles, on en plaçait deux autres dans lesquelles étaient mastiquées deux glaces fermant le tube intérieur. Ces dernières rondelles portaient de plus un petit prolongement cylindrique, destiné à empêcher le dépôt de buée sur les glaces, lorsque la température du tube devient inférieure à celle de la salle dans laquelle on opère; enfin les rondelles étaient pressées contre l'extrémité du manchon au moyen de trois forts boulons.

La bobine dont je me servais était la même qui avait été employée par Verdet dans quelques-unes de ses expériences. Elle était formée par un cylindre en bois de 158 millimètres de diamètre intérieur, recouvert de deux fils parallèles de 2^{mm},6 de diamètre. Le poids du fil était de 125 kilogrammes. La longueur de la bobine était de 49 centimètres, et celle du tube de 91 centimètres. Le tube dépassait donc les extrémités de la bobine de 42 centimètres, soit 21 centimètres de chaque côté, de telle façon que l'action sur les glaces pouvait être considérée comme nulle ou inappréciable, ce que démontrait d'ailleurs l'expérience directe.

Chaque fois, avant et après chaque expérience, on mesurait l'intensité du courant en faisant agir la bobine sur un barreau aimanté, disposé comme je l'ai déjà indiqué. Les rotations étant, dans les circonstances dans lesquelles on opère, proportionnelles à l'intensité du courant, il était facile de les ramener, par une simple proportion, à ce qu'elles auraient été si l'intensité avait été constante. C'est ce qui a été fait chaque fois.

J'ai opéré en employant successivement l'eau, le sulfure de carbone et le bichlorure d'étain.

Dans le cas de l'eau, j'ai été conduit aux mêmes conclusions que M. de la Rive. La diminution du pouvoir rotatoire magnétique se fait d'une manière beaucoup plus rapide que la diminution de la densité; par exemple, le rapport des rotations de l'eau à 60 et à 10 degrés était égal à 1,043; le rapport des densités aux mêmes températures n'est que 1,0170. Les nombres que j'ai trouvés étant complètement d'accord avec ceux donnés par M. de la Rive, je crois inutile d'en donner ici le tableau. Je me contenterai de donner les résultats auxquels m'ont conduit l'étude du bichlorure d'étain et du sulfure de carbone.

Dans chaque cas, j'ai calculé la rotation que l'on devrait observer, en supposant le rapport des rotations égal au rapport des densités. Les densités m'ont été données par les tables de M. Isidore Pierre. Le sulfure de carbone employé avait été distillé plusieurs fois sur du chlorure de calcium, jusqu'au moment où la température d'ébullition fût devenue constante et égale à 48 degrés sous la pression 756 millimètres. Le bichlorure d'étain entraînait en ébullition à 115°,5 sous la pression 754 millimètres.

SULFURE DE CARBONE.*Observations faites au moyen de la teinte de passage.*

Température.	Rotation mesurée.	Différence de température.	Rapport des densités.	Rotation calculée.	Différence.
0°	16.10'			16.10'	0'
9	16. 2	9 — 0	1,010369	16. 0	+ 2
15	15.50	15 — 9	1,0068	15.54	— 4
22	15.45	22 — 15	1,0083	15.47	— 2
30	15.40	30 — 22	1,0094	15.39	+ 1
41	15.20	41 — 30	1,00121	15.28	— 8
48	14.10	48 — 41	1,0084	15.20	— 1° 10

BICHLORURE D'ÉTAIN.*Observations faites au moyen du nicot coupé.*

Température.	Rotation mesurée.	Différence de température.	Rapport des densités.	Rotation calculée.	Différence.
0°	25.55'			25.54'	+ 1'
5	25.45	5 — 0	1,005687	25.46	— 1
11	25.34	11 — 5	1,0057	25.38	— 4
20	25.20	20 — 11	1,01115	25.21	— 1
40	24.42	40 — 20	1,236	24.46	— 4
49	24.22	49 — 40	1,01204	24.28	— 6
80	23.28	80 — 49	1,038	23.36	— 8
100	22.40	100 — 80	1,027	23. 0	— 20
115	21. 0	115 — 100	1,021	22.30	— 1° 30

D'après les tableaux qui précèdent, et d'après ce que nous avons trouvé dans le cas du verre et de l'eau, d'après les expériences de M. de la Rive sur l'eau et l'acide sulfurique, on voit que, bien que la diminution de la densité soit la principale cause qui fasse décroître le pouvoir rotatoire magnétique à mesure que la température s'élève, il ne paraît pas que cette cause soit unique. Pour le bichlorure d'étain, les écarts que l'on observe sont de l'ordre des erreurs d'observation jusqu'à la température de 49 degrés; mais, à partir de ce moment, ces

écarts deviennent de plus en plus considérables jusqu'à la température d'ébullition 150 degrés. Aux environs de cette température, la diminution du pouvoir rotatoire devient très-considérable par rapport à la diminution de la densité. Il faut remarquer aussi que pour ce corps toutes les différences sont négatives, ce qui montre que, même aux températures les moins élevées, le pouvoir rotatoire a une tendance à diminuer plus vite que la densité. Pour le sulfure de carbone, liquide plus dilatable que le bichlorure d'étain, l'accord entre les résultats du calcul et ceux de l'observation est plus satisfaisant. Jusqu'à 40 degrés les écarts ne dépassent pas l'ordre des erreurs d'observation; mais ici encore, aux environs du point d'ébullition, on remarque une diminution beaucoup plus rapide du pouvoir rotatoire.

En résumé, on peut dire que, pour les corps les plus dilatables, l'accord entre le rapport des densités et le rapport des rotations est satisfaisant pour des températures qui ne sont pas très-voisines de la température d'ébullition. Pour les corps moins dilatables, la diminution de la densité ne suffit plus pour rendre compte de la diminution du pouvoir rotatoire : il faut encore admettre que l'effet moléculaire est par lui-même moins énergique quand la température s'élève.

Dans les expériences précédentes, le tube contenant le liquide pouvait augmenter de longueur, mais cela ne pouvait en aucune façon fausser les résultats obtenus, puisque le tube dépassait la bobine d'une longueur plus que suffisante pour que le courant fût sans action sur les dernières couches de la substance. Ces dernières pouvaient donc s'éloigner sans que la longueur de la colonne liquide, influencée par la bobine, fût changée.

III. *Comparaison des rotations relatives aux raies du spectre à différentes températures.* — Dans son quatrième Mémoire, Verdet mesure les rotations relatives aux différentes raies du spectre et trouve que le produit de la rotation par le carré de la longueur d'onde va en croissant à mesure que la longueur d'onde diminue. Aux différentes températures, il doit en être ainsi; car toujours la rotation peut être compensée au moyen d'un quartz.

La loi de dispersion restant constante, il doit arriver que, à deux températures différentes, il y a un rapport constant entre les rotations

relatives aux différentes raies du spectre : c'est ce que j'ai voulu vérifier.

La méthode employée est celle de MM. Fizeau et Foucault, modifiée par M. Gernez. Le tube dont je me servais est celui que j'ai précédemment décrit. Il était toujours placé dans l'intérieur de la grosse bobine. L'expérience durant ici un certain temps et le liquide pouvant être échauffé, soit par le courant qui l'enveloppe, soit par le rayon solaire qui le traverse, il était nécessaire de modifier assez souvent la position du robinet laissant arriver le gaz, de manière que la température ne s'élevât pas. En prenant cette précaution, on pouvait être sûr que la température ne variait pas d'une façon sensible pendant le temps nécessaire à la mesure de la rotation relative à une raie donnée. Enfin, après chaque mesure de rotation, on tenait compte des changements qui avaient pu survenir dans la valeur de l'intensité du courant. Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau suivant :

SULFURE DE CARBONE.

Température.	Raies.	Rotation.	Rapport des rotations.
0°.	C	21.44 ⁰	»
	D	28.10	»
	E	36.40	»
	F	45.10	»
	G	62.20	»
30°.	C	20.50	1,0432
	D	27.10	1,0368
	E	35.20	1,0377
	F	43.40	1,0381
	G	60. 0	1,0402
40°.	C	20.38	1,0473
	D	26.54	1,0464
	E	34.50	1,0501
	F	43.10	1,0502
	G	59.28	1,0496

Du tableau qui précède il faut conclure que le rapport des rotations pour les différentes raies du spectre, à deux températures différentes, reste toujours le même quelle que soit la raie considérée. Ce dernier

résultat est certain, bien que l'on remarque une différence entre les divers rapports. Il est facile de s'en convaincre de la façon suivante : prenons, par exemple, le rapport des rotations mesurées à zéro et à 30 degrés. La différence des nombres les plus éloignés est

$$1,0432 - 1,0368 = 0,0064.$$

L'erreur relative est donc

$$\frac{0,0064}{1,0432} = \frac{64}{10432} = \frac{1}{163}.$$

L'erreur relative du dividende ou du diviseur sera donc $\frac{1}{326}$. Si la valeur de la rotation est 40 degrés, l'erreur absolue sera $\frac{40^\circ}{326} = \frac{2400'}{326}$ ou environ sept minutes, erreur qui n'est pas considérable sur une rotation de 40 degrés.

La considération des nombres relatifs à l'autre température conduirait aux mêmes conclusions.

Expériences sur les vapeurs.

Le pouvoir rotatoire magnétique de certains corps, comme le sulfure de carbone, paraît se conserver à mesure que la température augmente. Sauf aux environs du point d'ébullition, le rapport des densités est égal au rapport des rotations. Il m'a paru intéressant de chercher si ces mêmes corps conservent encore leurs propriétés au point de vue de l'action du magnétisme lorsqu'ils sont réduits à l'état de vapeur.

Faraday avait déjà cherché à mettre en évidence le pouvoir rotatoire magnétique des corps qui existent à l'état gazeux à la température ordinaire, comme l'oxygène, l'azote, l'acide sulfureux, l'ammoniaque, etc. Il opérait en se servant, pour contenir les gaz, de flacons de 4 pouces de diamètre. Il obtint toujours des résultats négatifs. Il était permis de supposer que, si l'on opérait sur des masses de gaz plus considérables, ces gaz ayant une densité plus grande que ceux dont se servait Faraday et étant soumis à une action magnétique plus énergique,

on pourrait constater chez ces corps le pouvoir rotatoire magnétique; c'est pourquoi j'ai entrepris ces expériences.

Je dois dire tout d'abord que les nombreux essais que j'ai faits, dans le but de découvrir le pouvoir rotatoire magnétique des vapeurs, ont été jusqu'à présent infructueux; néanmoins je crois utile d'entrer dans le détail des expériences que j'ai tentées, en indiquant les conditions qui m'ont paru les meilleures pour trouver ce que je cherchais.

La première chose à faire, avant de mesurer la rotation, étant de voir si elle existait, il fallait pour cela évidemment agir sur la plus grande colonne de vapeur possible. Or j'avais à ma disposition la grosse bobine dont j'ai déjà parlé, l'électro-aimant de Ruhmkorff et l'électro-aimant ayant servi à M. Vertheim. Dans l'intérieur de la grosse bobine, je plaçai le grand tube à double enveloppe. Aux extrémités, je fis agir sur ce même tube les deux parties de l'électro-aimant de Vertheim, et, à la suite, je plaçai l'électro-aimant de Ruhmkorff, entre les pôles duquel se trouvait un autre tube à double enveloppe, chauffé comme le premier au moyen d'une rampe de bec de gaz. Les deux tubes étaient remplis de bichlorure d'étain liquide qui, à la température de 100 degrés, donnait une rotation de 45 degrés pour le grand tube et de 20 degrés pour le petit, en tout 65 degrés. On peut encore doubler la rotation ainsi obtenue en employant le procédé suivant, indiqué pour la première fois par M. Bertin. La lumière polarisée tombe sur une glace étamée, inclinée à 45 degrés sur l'axe du tube, traverse le tube et vient se réfléchir normalement sur une autre glace, qui force le rayon de lumière à revenir sur ses pas et à traverser une seconde fois la substance soumise à l'expérience; puis ce rayon lumineux traverse la première glace en un point où l'étamage a été enlevé et est reçu par l'analyseur. Une précaution à prendre consiste à parfaitement dessécher le tube avant d'introduire le liquide, qui, sans cela, se décomposerait en donnant sur les glaces un dépôt d'acide stannique, lequel rendrait l'observation difficile, sinon impossible.

J'avais choisi le bichlorure d'étain de préférence à tout autre liquide, parce qu'il jouit, par lui-même, d'un pouvoir rotatoire magnétique considérable, et que, d'un autre côté, il possède une grande densité de vapeur. En continuant à chauffer le tube, il arrive un moment où le bichlorure d'étain se réduit en vapeur; cette vapeur s'échappe par

l'une des tubulures, puis est condensée. Quand le tube est arrivé à être rempli ainsi à moitié par le liquide et à moitié par la vapeur, on pourrait croire *a priori* qu'il est possible de comparer d'un seul coup la rotation produite par la vapeur et la rotation produite par le liquide à la même température; mais, dans la pratique, cela n'est pas possible, du moins avec les tubes dont je me servais, et qui avaient 2 centimètres de diamètre: la ligne de séparation du liquide et de la vapeur n'est jamais nette; elle est toujours plus ou moins ondulée et ces ondulations du liquide apportent dans la vision un trouble qui ne permet plus d'opérer avec précision.

Dans le cas où le pouvoir rotatoire eût été moléculaire, on pouvait calculer à l'avance la rotation produite par la vapeur dans l'expérience précédente. La densité du bichlorure d'étain à 150 degrés étant 1,98, et celle de la vapeur à la même température et à la pression de 765 millimètres, à laquelle se faisait l'expérience, étant 0,00859, la rotation de la vapeur sera donnée par la relation suivante :

$$\frac{x}{2 \times 65^{\circ}} = \frac{0,00859}{1,98}, \quad x = 33',8.$$

Or une première fois l'expérience me donna 30 minutes; sans aller plus loin, je conclus à l'existence du pouvoir rotatoire des vapeurs, et je m'arrangeai de manière à pouvoir mesurer la rotation produite avec plus d'exactitude que je ne pouvais le faire avec l'appareil précédent, où les variations du courant ne pouvaient être évaluées. La bobine avec laquelle ont été faites plusieurs de mes expériences était certainement l'instrument le plus commode; j'installai donc le tube dans la bobine. A l'une des extrémités, je plaçai une glace inclinée à 45 degrés de l'axe, et à l'autre extrémité une autre glace qui forçait le rayon lumineux à revenir sur ses pas avant d'arriver à l'analyseur, et je fis arriver dans ce tube, parfaitement desséché, des vapeurs de bichlorure d'étain. A mon grand étonnement, j'eus beau lancer dans la bobine le courant produit par 120 éléments Bunsen, je ne constatai plus aucune action de ce courant sur la lumière polarisée; cependant ce même tube, plein de bichlorure liquide, donnait une rotation de 35 degrés, et, par suite, à l'état de vapeur, j'aurais dû observer une rotation de 16 à 17 minutes. Je répétei plusieurs fois cette expérience, et chaque fois je fus conduit au

même résultat négatif. La première expérience était donc mal faite, ou plutôt il s'était glissé alors une cause d'erreur que je n'avais pas aperçue, ce qui tenait à ce que le résultat que je trouvais était précisément celui que j'attendais. Je recommençai cette première expérience et je m'aperçus immédiatement que ce qui avait causé mon erreur tenait à ce que les glaces du tube, placées entre les pôles de l'électro-aimant de Ruhmkorff, probablement inégalement pressées par suite de la dilatation du tube de cuivre, étaient légèrement trempées. Je remplaçai les glaces par d'autres, puis je supprimai en même temps les deux glaces servant à faire traverser deux fois l'appareil par la lumière polarisée, parce qu'une réflexion même, sous l'incidence normale, altère la nature de la lumière. Après avoir chauffé l'appareil, traversé par un courant d'acide carbonique, et m'être assuré que les glaces n'étaient plus trempées, je remplaçai le gaz carbonique par la vapeur de bichlorure d'étain, et je ne constatai plus aucune action. Je cherchai alors d'autres liquides jouissant d'un pouvoir rotatoire comparable à celui du bichlorure d'étain, et ayant en même temps une densité de vapeur considérable. Parmi les nombreux corps que j'ai soumis à l'expérience, il en est un, non encore signalé, qui remplit très-bien les conditions requises : c'est le bromure de silicium. A l'état liquide, il jouit d'un pouvoir rotatoire considérable. Le sulfure de carbone donnant une rotation de 40 degrés, le bromure de silicium donne, dans les mêmes circonstances, une rotation de 34 degrés. La densité de vapeur est elle-même très-élevée : elle est voisine de 13 par rapport à l'air. Avec la vapeur de ce liquide, je n'ai pu observer encore aucune action.

Il faut donc conclure de ce qui précède que les corps qui, à l'état liquide, jouissent du pouvoir rotatoire magnétique, ne conservent pas cette propriété à l'état de vapeur, ou tout au moins que ce pouvoir rotatoire, s'il existe, est de beaucoup inférieur à celui que l'on calcule, en supposant qu'il dépende seulement de l'écartement plus ou moins grand des molécules.

RÉSUMÉ.

1° Le pouvoir rotatoire que certains corps acquièrent sous l'influence du magnétisme permet d'étudier avec beaucoup de facilité le rapport qui existe entre le moment magnétique d'un électro-aimant et l'intensité du courant qui l'excite. Les expériences faites avec cette méthode montrent que, pour chaque électro-aimant, il existe un maximum d'aimantation que l'on ne peut dépasser.

2° Pour un électro-aimant donné, le moment magnétique dépend de l'arrangement des éléments de pile. J'ai indiqué un appareil très-simple, qui permet de disposer les éléments d'une façon quelconque.

3° Les actions mécaniques qui ne modifient pas l'état moléculaire des corps d'une façon permanente sont sans action sur le pouvoir rotatoire magnétique.

4° Le pouvoir rotatoire magnétique des corps amorphes se conserve intégralement dans le passage de l'état solide à l'état de simple dissolution.

5° Pour les corps très-dilatables, le rapport des densités aux différentes températures est le même que le rapport des rotations aux mêmes températures, sauf aux environs du point d'ébullition. Pour les corps moins dilatables, la diminution de densité n'est plus suffisante pour rendre compte de la diminution de la rotation. Il faut admettre que, dans ce cas, l'effet moléculaire est par lui-même moins énergique quand la température s'élève.

6° A deux températures quelconques, le rapport des rotations relatives aux différentes raies est un nombre constant.

7° Le pouvoir rotatoire ne se conserve pas intégralement dans le passage de l'état liquide à l'état de vapeur.

