



AIMÉ COTTON
1869-1951



A. Cotton

INSTITUT DE FRANCE

ACADÉMIE DES SCIENCES

NOTICE

SUR LA VIE ET L'ŒUVRE

DE

AIMÉ COTTON

Membre de l'Académie

PAR

M. LOUIS DE BROGLIE

Secrétaire perpétuel

LECTURE FAITE EN LA SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU 14 DÉCEMBRE 1953.

MESSIEURS,

En 1845, Faraday découvrait le phénomène de la rotation du plan de polarisation de la lumière dans un corps transparent soumis à un champ magnétique. Ce fut là une grande date dans l'histoire de la Physique parce que cette découverte établissait pour la première fois un lien incontestable entre les phénomènes lumineux et les phénomènes électriques. Elle annonçait la constitution de toute une branche nouvelle de la science physique servant en quelque sorte de frontière entre l'Optique et l'Électromagnétisme où viendraient

INSTITUT.

1953. — 34



se placer toute une série de phénomènes nouveaux, ceux qu'on a nommés bientôt phénomènes électro-optiques et phénomènes magnéto-optiques. Dans le domaine des idées, la découverte de Faraday suggérait l'existence d'une parenté profonde entre la lumière et les phénomènes électromagnétiques, elle préparait la géniale synthèse que James Clerk Maxwell allait accomplir, quelques années plus tard, en considérant l'onde lumineuse de Fresnel comme une vibration de nature électromagnétique, faisant ainsi rentrer toute l'Optique comme un chapitre particulier dans la science générale de l'Électromagnétisme.

Mais la découverte de Faraday avait une portée plus grande encore qui allait peu à peu s'affirmer. Non seulement elle tendait à établir la nature électromagnétique de l'onde lumineuse, mais elle montrait aussi que dans la matière se trouvent des centres électrisés sur lesquels l'onde lumineuse peut agir et qui réagissent sur elle. La découverte de toute une série de beaux phénomènes, la décomposition des raies spectrales émises par une source sous l'influence d'un champ magnétique, les propriétés de biréfringence acquises par des corps transparents isotropes sous l'influence d'un champ magnétique ou d'un champ électrique, la rotation du plan de polarisation de la lumière par réflexion sur un corps ferromagnétique. . . , allait nous révéler des aspects divers de l'interaction des ondes lumineuses avec les éléments électrisés de la matière. Dans la voie théorique, H.-A. Lorentz devait bientôt, en suivant les traces de Maxwell, analyser les interactions de la lumière avec la matière en supposant que celle-ci contient des corpusculés électrisés. La mise en évidence expérimentale des ions et des électrons apportait une confirmation directe du rôle essentiel que jouent dans la constitution de la matière diverses sortes de particules électrisées et cette idée capitale continue à dominer toute la Physique contemporaine.

Vers la fin du siècle dernier, enthousiasmés par les perspectives nouvelles qui s'ouvraient ainsi à la science, une foule de jeunes

chercheurs s'engageaient un peu partout dans l'étude des phénomènes électro- et magnéto-optiques. L'école française se devait de jouer dans ce travail international un rôle important. C'était, en effet, à des savants de notre pays qu'étaient dues quelques-unes des découvertes fondamentales de l'optique ondulatoire: celle de la polarisation de la lumière par Malus en 1807, celle du pouvoir rotatoire de certains corps par Arago en 1811, prolongée par les travaux de Biot sur la polarisation rotatoire. N'était-ce pas aussi à Augustin Fresnel qu'était due la construction de cet admirable monument qu'est la théorie ondulatoire de la lumière auquel un grand nombre de géomètres ou de physiciens français devaient ensuite apporter des contributions importantes et variées? D'illustres noms français jalonnaient, depuis Fresnel, l'histoire de l'Optique au XIX^e siècle, ceux notamment de Fizeau, Foucault, Babinet, Jamin, Mascart, Lippmann, d'autres encore. Moins nombreux avaient été en France ceux qui, à la suite de Faraday, s'étaient tournés vers l'électro- et la magnéto-optique: il faut nommer cependant un physicien modeste, pieux éditeur des œuvres de Fresnel, qui n'a pas appartenu à notre Compagnie, mais qui eut cependant le mérite d'établir définitivement la loi du phénomène de Faraday et d'attacher son nom à la constante qui y figure: Marcel Émile Verdet. Il faut mentionner aussi les noms d'Edmond et d'Henri Becquerel qui se rangent en deuxième et troisième places dans la dynastie des Becquerel physiciens et qui l'un et l'autre apportèrent d'importantes contributions à l'étude de la polarisation rotatoire et de questions connexes: on sait que leurs travaux dans ce domaine furent brillamment prolongés par ceux de notre regretté Confrère récemment disparu, Jean Becquerel, quatrième représentant de cette brillante lignée de Physiciens.

Dans la génération de savants qui naquirent aux environs de 1870, un maître aussi éminent par l'importance de son œuvre scientifique que par l'élévation de son caractère allait à son tour faire en électro- et en magnéto-optique des découvertes d'une importance capitale et acquérir ainsi à juste titre une renommée mondiale. Je veux parler de

notre Confrère Aimé Cotton qui fut enlevé, il y a deux ans, à notre admiration et à notre affection et dont le souvenir reste gravé en chacun de nous. Dans une de mes dernières notices, je vous avais parlé de la vie et de l'œuvre de Charles Fabry. Les destinées de Cotton et de Fabry suivirent des cours parallèles: presque du même âge, liés d'amitié, ils occupèrent simultanément les deux grandes chaires de Physique générale de la Sorbonne et siégèrent côte-à-côte dans les rangs de notre Compagnie. Mais, tandis que les travaux brillants et étendus de Charles Fabry furent principalement tournés vers l'étude des phénomènes de l'optique ondulatoire proprement dite, ceux d'Aimé Cotton portèrent essentiellement sur ce domaine capital où l'Optique vient rejoindre l'Électromagnétisme en projetant toutes sortes de clartés sur la constitution de la matière, des molécules et des atomes. Puisque la haute figure de Charles Fabry a été évoquée à cette tribune, il y a quelques années, il serait injuste que celle d'Aimé Cotton, différente mais non moins attrayante, ne le soit pas aujourd'hui à son tour.

*
* *

Aimé Cotton est né à Bourg, dans l'Ain, le 9 Octobre 1869. Il était le fils d'un universitaire, Eugène Cotton, dont la carrière se déroula en grande partie dans le département de l'Ain. Fils d'agriculteurs, Eugène Cotton avait réussi à entrer à l'École normale primaire de Bourg et avait commencé sa carrière comme Professeur au Collège de Nantua. Ayant passé le baccalauréat ès sciences, il enseigna ensuite pendant neuf ans au Collège de Bourg et, ayant sans cesse poursuivi et complété ses études, il obtint finalement d'être chargé d'un enseignement de mathématiques au lycée de Bourg. Jeune, un grand malheur le frappa: après la naissance de son fils Emile Cotton, qui fut aussi membre, membre non résidant, de notre Académie, il resta veuf avec trois enfants.

Aimé Cotton commença ses études au Lycée de Bourg. Cet établissement était encore auréolé par le souvenir glorieux du grand Ampère, car il prolongeait sous un nom différent cette École centrale du département de l'Ain où, dans sa jeunesse, Ampère avait fait ses débuts comme professeur. Mais le lycée de Bourg ne comportait pas de classe de Mathématiques spéciales de sorte que le jeune Cotton ne pouvait pas, comme il l'eut souhaité, y préparer l'examen d'entrée des grandes Écoles. Son père, désireux de faciliter les études de ses deux fils et de sa fille, se décida à quitter son département natal et obtint un poste de professeur à Clermont-Ferrand, au lycée Blaise Pascal.

Aimé Cotton aimait évoquer les souvenirs de son passage dans les classes supérieures du lycée Clermontois. Il rendait volontiers hommage aux mérites de son professeur de Mathématiques spéciales, M. Constantin, et de son professeur de Physique, M. Izarn, et il attestait tout ce que sa formation scientifique leur devait. Mais il se plaisait aussi à dire l'intérêt qu'avait présenté pour lui le cours d'un jeune professeur de Philosophie appelé à devenir plus tard l'un des représentants les plus illustres de la pensée française: Henri Bergson.

En Août 1889, Aimé Cotton était reçu à l'École normale supérieure, mais avant d'y entrer effectivement, il dut faire un an de service militaire comme soldat de deuxième classe, grade (si l'on peut dire!) de la hiérarchie militaire qu'il ne devait jamais dépasser. A l'École normale, dont le directeur scientifique était alors Jules Tannery, il eut comme camarade Élie Cartan, Émile Borel, Charles Maurain, tous appelés à siéger parmi nous et il reçut les enseignements de nos regrettés Confrères Robert Lespieau et Marcel Brillouin. C'est là également qu'il fit la connaissance d'Henri Mouton avec qui il devait plus tard avoir une si fructueuse collaboration et de Pierre Curie dont le rayonnement intellectuel et les profondes conceptions sur le rôle des symétries dans les phénomènes physiques devaient avoir sur lui une grande et durable influence. Il suivit également à cette



époque les cours de jeunes mathématiciens déjà illustres : Émile Picard et Henri Poincaré.

Ayant passé l'Agrégation à la suite d'une année de préparation dont il avait conservé un souvenir pénible, il entreprend la rédaction d'une thèse de Doctorat au laboratoire de Physique de l'École normale. Il s'y lie d'amitié avec Jean Perrin qui, à ce moment, apporte la preuve expérimentale que les rayons cathodiques sont formés de particules chargées, et avec Paul Langevin qui est encore seulement au début de sa brillante carrière.

Avant même d'avoir soutenu sa thèse, il est nommé en 1895 Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Toulouse où il devait rester cinq ans. Mais déjà l'éclat de ses travaux l'entraînait vers des destinées plus hautes et, au moment où la Faculté de Toulouse le proposait pour le titre de Professeur adjoint, il était appelé à Paris pour y suppléer Violle dans son enseignement à l'École normale supérieure. C'est là que, pendant plus de vingt ans, chargé de cours, puis professeur à la Sorbonne, mais toujours délégué à l'École normale, il allait donner une vigoureuse impulsion aux travaux de laboratoire de ce haut établissement et y former par son enseignement et par ses exemples un grand nombre d'élèves dont plusieurs siègent aujourd'hui parmi nous. Nous aurons l'occasion de revenir plus loin sur les travaux qu'il y poursuivit tant pour des recherches de pure science que pour les applications de la physique à la défense nationale dont la guerre de 1914-18 l'amena à s'occuper.

Après la fin de la première guerre mondiale, Aimé Cotton qui vient d'atteindre la cinquantaine est un savant d'une grande renommée. Quittant l'École normale, il devient Professeur titulaire à la Faculté des Sciences de Paris, en 1920, où il occupe pendant deux ans la chaire de Physique théorique et Physique céleste, puis où il succède, en 1922, à Gabriel Lippmann dans la Chaire de Physique générale qu'il occupera brillamment pendant près de vingt ans jusqu'à sa retraite.

Lauréat de l'Institut avec le prix Pierson-Perrin en 1907 et le prix

La Caze en 1918, il était élu membre de la Section de Physique générale de notre Compagnie le 26 Novembre 1923.

Ces consécutions successives couronnaient une longue suite de remarquables travaux dont nous voulons maintenant résumer les grandes lignes.

*
* *

Lorsque Cotton, en 1895, commença ses premiers travaux personnels, c'est vers l'étude des circonstances qui se présentent lors de la propagation de la lumière polarisée dans les milieux matériels absorbants qu'il tourna tout d'abord son attention.

On connaît depuis le XVIIe siècle l'existence de la biréfringence du Spath d'Islande. La théorie ondulatoire de la lumière était parvenue 150 ans plus tard, grâce à Fresnel, à expliquer comment s'opère la propagation de la lumière dans les cristaux biréfringents: elle avait montré que le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire observés dans ces cristaux correspondent à des ondes lumineuses polarisées rectilignement à angle droit qui se propagent dans le cristal avec des vitesses différentes. On avait observé que, pour certains cristaux biréfringents colorés qui absorbent la lumière, le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire n'étaient pas également absorbés. Ce phénomène, qu'on avait nommé «dichroïsme», est parfois si marqué que seul l'un des rayons parvient à traverser le cristal, l'autre étant totalement absorbé: c'est ce qui se produit pour la tourmaline et c'est pourquoi une lame de tourmaline peut servir de polariseur rectiligne.

D'autre part, Arago avait, en 1814, découvert le phénomène de la polarisation rotatoire: lorsque de la lumière rectilignement polarisée traverse certains cristaux dits «optiquement actifs», son plan de polarisation tourne progressivement au fur et à mesure qu'elle avance dans sa propagation. La théorie ondulatoire traduit ce fait en disant que le corps optiquement actif propage avec des vitesses différentes les vibrations lumineuses circulairement polarisées en sens inverse: comme une vibration rectiligne peut se décomposer en

deux vibrations circulaires de même amplitude et de sens inverse, la rotation subie par le plan de polarisation s'en déduit immédiatement. Le jeune Aimé Cotton connaissait bien ces phénomènes classiques, mais il eut le mérite de se poser, en y réfléchissant, une question qui le mit sur la voie d'une importante découverte. S'il existe, se dit-il, chez certains corps biréfringents une différence d'absorption, donnant lieu au dichroïsme, entre les deux ondes rectilignement polarisées que ces corps propagent avec des vitesses différentes, pourquoi n'existerait-il pas chez certains corps optiquement actifs des différences d'absorption entre les deux ondes circulairement polarisées en sens inverse que ces milieux propagent avec des vitesses différentes?

Ce « dichroïsme circulaire » que le jeune physicien était ainsi amené à concevoir et que des raisons théoriques lui paraissaient rendre probable n'avait jamais été observé. Mais Cotton était un expérimentateur aussi ingénieux que méticuleux: il réussit à trouver le phénomène qu'il cherchait dans certaines solutions de tartrates colorés. Il constata, en effet, qu'une vibration lumineuse rectilignement polarisée traversant une de ces solutions non seulement tourne, mais encore se transforme en une vibration elliptique, ce que l'existence d'un dichroïsme circulaire explique immédiatement.

Ainsi, à 25 ans, notre Confrère découvrait un phénomène nouveau qui avait jusque-là échappé aux physiciens. Il faisait preuve dans cette recherche d'une très grande habileté expérimentale qui lui permettait bientôt non seulement d'obtenir aisément la preuve du dichroïsme circulaire par des procédés très simples, mais même de mesurer séparément l'absorption du rayon gauche et du rayon droit par une élégante méthode photométrique et de préciser qu'un simple mélange d'un corps actif et d'un corps absorbant ne possède pas le dichroïsme en question.

Poussant plus loin ses investigations, Cotton s'est demandé si l'existence d'une absorption des vibrations circulaires dans un corps actif ne s'accompagnait pas d'anomalies du pouvoir rotatoire au voisinage des fréquences d'absorption. On sait, en effet, que lorsqu'un

corps présente une raie d'absorption, il existe pour les radiations dont la fréquence est voisine de celle de la raie d'absorption des anomalies de l'indice de réfraction. Cette dispersion anormale dans les domaines spectraux où un corps présente de l'absorption a été observée depuis longtemps et les diverses théories mécaniques ou électromagnétiques de la lumière en fournissaient une explication satisfaisante. Dans le cas des corps actifs absorbants, l'existence d'un dichroïsme circulaire doit aussi, on le voit aisément, produire des anomalies dans la variation, en fonction de la fréquence, du pouvoir rotatoire du corps. Ces anomalies, Cotton les a observées pour des solutions de tartrate double et pour toute une série d'autres liquides colorés. Comparant les phénomènes observés avec l'allure classique des courbes de dispersion anormale qui présentent un maximum et un minimum au voisinage de la région d'absorption et un point d'inflexion au centre de cette région, il montre que cette comparaison explique entièrement les anomalies observées du pouvoir rotatoire et rend compte de la règle empirique suivant laquelle « du côté rouge de la bande d'absorption, le rayon le moins absorbé se propage plus vite et, du côté violet, c'est l'inverse qui a lieu ».

Les travaux de M. Cotton sur la dispersion rotatoire anormale liée au dichroïsme circulaire ont été à l'origine de toute une série de recherches. En particulier, deux de ses élèves, notre Confrère M. Eugène Darmois et le regretté Georges Bruhat, ont trouvé plus tard dans cette direction le sujet d'importantes thèses de doctorat.

Après cette première et brillante série de découvertes concernant le dichroïsme circulaire des corps optiquement actifs, Aimé Cotton s'est demandé s'il ne rencontrerait pas des phénomènes analogues en étudiant la propagation de la lumière dans des corps inactifs soumis à un champ magnétique uniforme et présentant le pouvoir rotatoire magnétique découvert par Faraday. Ce pouvoir rotatoire provoqué par l'application d'un champ magnétique ne pourrait-il pas parfois s'accompagner lui aussi, comme le pouvoir rotatoire naturel, d'un dichroïsme circulaire et d'anomalies correspondantes de la dispersion rotatoire magnétique?

Malgré son habileté expérimentale, notre Confrère ne parvint pas tout d'abord à mettre en évidence un dichroïsme circulaire des liquides colorés qu'il utilisait. Ce ne fut que plus tard, dans ses recherches avec Mouton sur les Colloïdes, qu'il put observer le dichroïsme circulaire de certaines solutions colloïdales d'hydroxyde ferrique. Il parvint cependant à mettre nettement en évidence une dispersion rotatoire magnétique anormale présentant les mêmes caractères que celles des liquides naturellement actifs et indiquant nettement l'existence d'une absorption des rayons circulaires. Les apparences observées peuvent d'ailleurs être compliquées par l'action que l'effet Zeeman du champ magnétique appliqué exerce sur les propriétés absorbantes du corps étudié. C'est précisément à cette époque (1896) que Zeeman venait de découvrir le phénomène de l'action du champ magnétique sur les raies émises par une source et tout naturellement l'attention de Cotton devait être attirée par cette remarquable découverte.

L'effet Zeeman est, on le sait, tout à fait différent de l'effet Faraday. Il ne consiste pas dans la modification par le champ magnétique des conditions de propagation de la lumière dans un corps transparent, mais dans une modification du processus de l'émission de la lumière par une source soumise à un champ magnétique. Il provoque une décomposition, parfois simple, mais souvent très complexe, des raies normalement émises par la source, décomposition en raies de fréquence voisine et de polarisation bien définie qui est produite par l'action du champ magnétique.

La découverte de l'effet Zeemann a marqué une étape importante dans les progrès de la Physique moderne: elle a montré que l'émission de la lumière par une source est liée à des mouvements de particules électrisées qui font partie de la structure interne des édifices moléculaires ou atomiques. Lorentz, à l'aide de sa théorie des électrons, avait pu prévoir l'existence de ce phénomène et le représenter à l'aide d'une formule qui s'est trouvée vérifiée dans le cas simple de l'effet Zeeman dit « normal ». La formule de Lorentz contient

d'ailleurs le rapport $\frac{e}{m}$ de la charge électrique à la masse de la particule électrisée responsable de l'émission lumineuse de telle sorte que l'observation précise de l'effet Zeeman normal doit permettre de déterminer la valeur de ce rapport $\frac{e}{m}$. En fait, il a été ainsi rapidement possible de se rendre compte que la valeur de $\frac{e}{m}$ intervenant dans l'effet Zeeman est celle qui caractérise la particule élémentaire d'électricité négative, l'électron. Ainsi s'est trouvé établi ce résultat capital que l'électron est un des constituants essentiels de la matière et que l'émission de la lumière est liée au mouvement des électrons dans les atomes de la source.

Abordant l'étude du phénomène de Zeeman, Cotton trouve tout de suite une manière nouvelle et originale de le mettre en évidence, utilisant la relation étroite qui existe toujours entre les propriétés d'émission et celle d'absorption d'un même corps. Par des considérations thermodynamiques restées classiques, Kirchhoff avait montré que, si un corps est capable d'émettre une raie lumineuse d'une certaine longueur d'onde, il doit aussi être capable de l'absorber et cette conclusion avait permis d'interpréter le phénomène fréquemment observé du « renversement des raies ». Cotton avait beaucoup réfléchi sur les conditions d'application de la loi de Kirchhoff et il devait les préciser plus tard dans un article de la Revue Générale des Sciences sous la forme suivante: « Si un corps émet dans une direction déterminée, un faisceau propageant certaines vibrations définies par leur période et leur état de polarisation, il est absorbant pour un faisceau propageant en sens inverse les mêmes vibrations »; il précisait d'ailleurs d'une manière analogue les énoncés de Kirchhoff relatifs au rapport du pouvoir émissif au pouvoir absorbant. Ayant ainsi bien vu que, pour appliquer la règle de Kirchhoff, il est essentiel de tenir compte de l'état de polarisation des vibrations lumineuses, notre Confrère aperçut l'importance de cette remarque en ce qui concerne l'effet Zeeman. Si l'on observe, en l'absence de tout champ

magnétique, le rayonnement d'une flamme contenant du sodium à travers une autre flamme contenant également du sodium, la seconde flamme absorbera les raies émises par la première: elle émettra également les raies du sodium, mais dans des circonstances favorables, elle pourra les émettre au total moins qu'elle ne les absorbe et dans le rayonnement de la première flamme observée à travers la seconde, les raies du sodium se détacheront en noir. L'idée originale de Cotton fut alors de se dire; si la première flamme est placée dans un champ magnétique, ses raies d'émission seront décomposées par l'effet Zeeman en raies de polarisation bien définie et l'absorption de ces raies par la seconde flamme placée hors du champ s'en trouvera modifiée: l'application correctement faite de la règle de Kirchhoff permet de prévoir les phénomènes qui pourront alors être observés. Sans entrer dans le détail des très ingénieuses expériences réalisées par notre Confrère, disons seulement qu'elles apportèrent une confirmation complète de ses prévisions théoriques. Ainsi, au lieu d'observer directement la modification des raies d'émission par l'action du champ magnétique sur la source, cette modification se trouvait mise en évidence par sa répercussion sur le renversement des raies. On peut d'ailleurs opérer autrement en plaçant non plus la première flamme, mais la seconde dans le champ magnétique: on constate alors que l'établissement du champ magnétique fait disparaître, au moins partiellement, le renversement des raies observées en son absence et ceci encore est bien conforme aux prévisions théoriques. Les apparences observées sont d'ailleurs souvent compliquées par le fait que le champ magnétique provoquant la décomposition des raies spectrales donne aussi naissance à une biréfringence magnétique des flammes utilisées. Mais Cotton savait analyser avec une très grande finesse les apparences expérimentales les plus complexes et débrouiller avec précision l'écheveau compliqué des effets superposés.

Cette habileté dans l'analyse des faits complexes se retrouve dans le petit ouvrage qu'il a consacré à cette époque (1899) au « Phénomène de Zeeman » dans la collection *Scientia*. On y trouve, après une

critique minutieuse de tous les dispositifs expérimentaux dont on disposait alors pour l'étude de tels phénomènes, un exposé pénétrant de tous les résultats fort compliqués que divers physiciens venaient d'obtenir sur les divers aspects du phénomène de Zeeman qui, nous l'avons dit, a rarement la forme simple prévue par la théorie de Lorentz et correspondant à l'effet Zeeman dit « normal ». L'effet Zeeman est généralement anomal, c'est-à-dire non expliqué par la théorie de Lorentz, et d'une grande complexité. Il a fallu de longues années de tâtonnements, la découverte empirique des règles de Runge et de Preston, puis de la célèbre formule de Lande, enfin le développement de la théorie du « spin » de l'électron, pour que les physiciens parviennent à y voir plus clair dans un problème longtemps considéré comme une énigme indéchiffrable. A l'époque où écrivait Cotton, on ne pouvait guère que constater les difficultés sans les résoudre. Néanmoins, après avoir rappelé que les apparences complexes de l'effet Zeeman dépendent de la famille spectrale à laquelle appartient la raie observée, il ajoutait avec sa pénétration habituelle: « On voit que l'étude de cette nouvelle action du magnétisme interviendra certainement à l'avenir dans la classification des raies. Elle servira sans doute beaucoup lorsqu'on cherchera à se reconnaître au milieu du chaos formé par les spectres à raies nombreuses ». Et ce pressentiment s'est trouvé entièrement vérifié par l'évolution ultérieure de la spectroscopie et de la Physique atomique.

Comme nous l'avons dit, la mesure exacte de la position des raies dédoublées dans l'effet Zeeman (ou même dans certains effets anomaux où les dédoublements sont simplement égaux à un multiple de dédoublements normaux) permet de déduire la valeur de l'importante constante électronique $\frac{e}{m}$. En collaboration avec Pierre Weiss et en utilisant le gros électro-aimant que celui-ci venait de faire construire au Polytechnicum de Zurich, Cotton mesura l'écart du triplet Zeeman fourni par trois raies bleues du zinc: dans ce triplet, les écartements sont doubles de ce qu'ils seraient dans un triplet

normal de sorte qu'en employant la formule de Lorentz, on peut aisément en déduire la valeur de $\frac{e}{m}$ en même temps que l'on peut vérifier, en faisant varier le champ magnétique, la proportionnalité des écarts à la valeur de ce champ. La valeur trouvée par Cotton et Weiss en 1907 fut: $\frac{e}{m} = 1,767.10^7$ dans le système électromagnétique c. g. s. Or les travaux concordants de Kaufmann, de Simon et de Seitz conduisaient à la valeur sensiblement supérieure $\frac{e}{m} = 1,878.10^7$. Mais il fut bientôt prouvé qu'une même cause d'erreurs avait vicié ces trois déterminations et que la valeur trouvée par Cotton et Weiss était meilleure. La valeur de $\frac{e}{m}$ aujourd'hui admise reste très voisine de celle qu'ils avaient déterminée.

*
* *

Tandis qu'Aimé Cotton se classait ainsi parmi les spécialistes les plus éminents de la magnéto-optique, il s'engageait à partir de 1903, en collaboration avec son ami Henri Mouton, dans une étude approfondie des colloïdes. Cotton qui survécut à Henri Mouton, avait gardé de lui un souvenir fervent: « Esprit universel, a-t-il écrit, Henri Mouton aurait pu être mathématicien ou physicien, aussi bien que naturaliste qu'il a été. Il a été pour moi le plus précieux des collaborateurs et nos deux noms ont été souvent associés dans la publication de travaux communs ».

Les colloïdes sont constitués par des granules en suspension dans un liquide. Leur étude est rendue difficile par le fait que ces granules sont si petits qu'ils échappent généralement à l'observation par le microscope ordinaire. Pour tourner cette difficulté, il fallait faire usage de dispositifs ultramicroscopiques analogues à celui qui avait été mis au point par Siedentopf et Zsigmondy. Pour cela, on éclaire la préparation à examiner au microscope par un faisceau de lumière arrivant par en dessous sous une incidence très oblique: ce faisceau

subissant la réflexion totale sur la surface supérieure du couvre-objet ne pénètre pas dans le microscope. Le champ du microscope reste donc obscur, sauf si la préparation contient de petites particules susceptibles de diffuser dans la direction du microscope une très très petite quantité de la lumière incidente. Les particules apparaissent alors dans le champ obscur du microscope comme de petites étoiles généralement en mouvement et de dimensions négligeables.

Cotton et Mouton ont mis au point un modèle perfectionné d'ultramicroscope en utilisant un certain nombre d'artifices très ingénieux et ils ont rédigé ensemble un ouvrage sur les dispositifs ultramicroscopiques. Ils ont tout de suite employé leur appareil pour résoudre un certain nombre de problèmes, tels que l'étude de certaines franges d'interférences ou de diffraction, la mise en évidence des ondes évanescentes dans la réflexion totale, la prospection des états de surfaces etc. . Mais c'est surtout pour l'étude des Colloïdes qu'ils s'en sont servi. Étudiant l'hydrosol d'argent, ils ont pu observer le mouvement Brownien des granules colloïdaux et suivre pas à pas dans tous les détails le mécanisme de la coagulation. Ils ont pu également suivre le transport de l'électricité par les granules colloïdaux ainsi que les phénomènes complexes qui se produisent souvent au voisinage des parois où l'on peut observer des mouvements en sens inverses du mouvement général. Ils ont ainsi apporté des contributions très importantes à notre connaissance de la structure des colloïdes : c'est eux qui eurent, les premiers, l'idée de désigner sous le nom de « micelle » l'ensemble électriquement neutre formé par un granule colloïdal portant une charge électrique d'un certain signe et par les charges électriques de signes contraire à porteur invisible qui l'entourent. On doit aussi citer ici l'idée ingénieuse qu'ils eurent de suivre les variations d'une tension électrique alternative appliquée à des électrodes en observant à l'ultramicroscope le mouvement de granules chargées placées entre ces électrodes.

Mais, en s'attachant ainsi à l'étude des colloïdes, Cotton ne perdait pas de vue la magnéto-optique, car il se souvenait que diverses solutions colloïdales présentent, sous l'influence du champ magnétique,

de la biréfringence ou du dichroïsme. C'est ainsi qu'il étudia les phénomènes de la biréfringence ou du dichroïsme présentés par la solution colloïdale qui est connue en pharmacie sous le nom de «*fer Bravais*». Il parvint à élucider complètement les particularités étranges que présente la biréfringence de ce corps et à écarter ainsi certaines interprétations erronées. Il détermina avec précision le pouvoir rotatoire négatif de ces solutions colloïdales d'oxyde de fer et leur dichroïsme circulaire magnétique: il put prouver que leur valeur dépend essentiellement de l'orientation des granules colloïdaux par le champ magnétique.

Au cours de ces recherches, Cotton put faire une intéressante réalisation: il ajoutait aux liqueurs étudiées une solution tiède de gélatine et la laissait se prendre en gelée par refroidissement dans le champ même de l'électro-aimant. La gelée ainsi obtenue restait aimantée: elle se comportait comme un aimant transparent qui conservait du reste dans le sens des lignes de force du champ un pouvoir rotatoire magnétique bien net. La propriété la plus remarquable de cet aimant transparent était de posséder une aimantation beaucoup plus stable que celle d'un aimant d'acier.

Notre confrère fit aussi diverses études sur des «*liqueurs mixtes*» où de petits cristaux sont en suspension dans un liquide. Il put observer et mesurer leur biréfringence et leur dichroïsme magnétiques et donner une interprétation théorique complète de ces constatations.

*

* *

C'est au cours de ses recherches avec Henri Mouton, en 1907, qu' Aimé Cotton observa la biréfringence magnétique des liquides purs parfaitement transparents. Il s'agissait là d'un phénomène nouveau tout à fait différent des précédents, puisque les liquides étudiés étaient homogènes et ne présentaient aucune absorption: ce phénomène était donc analogue à la biréfringence électrique de Kerr.

Le phénomène fut constaté sur le nitrobenzène qui présente aussi

une grande biréfringence électrique. Cotton put constater que la biréfringence magnétique du nitrobenzène est positive, le liquide placé dans le champ se comportant comme une lame mince de quartz taillée parallèlement à l'axe. Il put ensuite montrer, en utilisant des champs magnétiques plus intenses, que bien d'autres liquides purs présentent une biréfringence magnétique qui peut être positive ou négative.

La biréfringence magnétique des liquides purs provient d'une orientation des molécules dans le champ magnétique, orientation qui tendrait à devenir complète si l'agitation thermique ne venait pas la contrecarrer. La théorie du phénomène est donc tout à fait analogue à celle que Langevin développait, précisément à cette époque, pour l'explication du paramagnétisme et Cotton put en préciser certains points importants.

Les recherches de Cotton et de Mouton sur la biréfringence magnétique des liquides purs, qui durèrent six années, furent très étendues. Ils vérifièrent d'abord que le phénomène obéit à la même loi que la biréfringence de Kerr, c'est-à-dire que la différence de marche évaluée en longueurs d'onde est proportionnelle à l'épaisseur du liquide traversé et au carré du champ magnétique et ils parvinrent même, dans le cas du nitrobenzène, à mesurer la biréfringence magnétique en valeur absolue. Ils étudièrent la variation du phénomène en fonction de la longueur d'onde, sa dispersion, et trouvèrent que la célèbre formule de Havelock est encore ici vérifiée. Ils prouvèrent aussi que la biréfringence magnétique diminue nettement quand la température augmente et, dans cette étude de la variation thermique comme dans celle de la dispersion, ils purent constater une grande analogie entre l'allure de la biréfringence magnétique et celle de la biréfringence électrique. La plupart de ces résultats sont en très bon accord avec la théorie de ces deux sortes de biréfringence qui fut alors donnée par Paul Langevin.

Cotton et Mouton ont également examiné comment varie la biréfringence magnétique des liquides purs en fonction de leur constitution chimique. Ils ont étudié comment varie cette biréfringence

quand on opère sur des mélanges de liquides et constaté de grands écarts par rapport à la règle simple d'additivité. Sur toutes ces questions, ils ont obtenu des résultats très nombreux et intéressants dont le détail ne saurait trouver place ici.

Ses travaux sur la biréfringence des liquides purs amenèrent notre Confrère à réfléchir profondément sur les questions de symétrie moléculaire. Au cours de ses recherches antérieures, il avait déjà souvent médité sur les idées si pénétrantes de Pierre Curie sur les symétries, idées qui trouvent en particulier un vaste champ d'application dans toutes les questions touchant à la polarisation rotatoire. Il a publié sur les questions de symétrie d'intéressants mémoires où il a envisagé la possibilité de déterminer les éléments de symétrie des molécules d'un liquide par l'étude de la biréfringence qu'il possède dans diverses directions quand il est soumis à l'action simultanée d'un champ magnétique et d'un champ électrique. En appliquant cette méthode en collaboration avec Mouton et Drapier, il avait obtenu quelques résultats, d'ailleurs assez complexes.

*
* *

Cotton venait à peine de terminer ses travaux sur les colloïdes et sur la biréfringence des liquides purs quand éclata la guerre de 1914-18. Comme beaucoup d'autres physiciens, il fut alors amené à orienter ses recherches dans un sens utile à la Défense nationale. Nous résumerons rapidement ce chapitre important, mais assez spécial, de son œuvre.

En 1915, à la suite d'une suggestion contenue dans une lettre de M. Jolibois qui commandait alors une batterie sur le front, Cotton se met à étudier l'influence exercée sur les tirs par la température et la pression de l'air ainsi que par certaines circonstances atmosphériques telle que le vent. Il établit avec M. Vessiot des tableaux et des graphiques de correction et, en liaison avec la section technique de l'artillerie de Saint Thomas d'Aquin, il rédigea des instructions « pour les corrections de tir des pièces de 75 » qui rendirent des services aux artilleurs.

Il fut ainsi amené à s'occuper de l'importante question du repérage des batteries par le son. Ce repérage nécessitant, avant tout, la mesure de courts intervalles de temps. Cotton employa sa grande ingéniosité de physicien à perfectionner ce genre de mesure en se servant de l'instrument bien connu qu'est le fluxmètre de Grassot. Profitant des renseignements que lui envoyaient des armées nos Confrères MM. Danjon, Ribaud et Darmois, il perfectionna de diverses façons les types de fluxmètre utilisés et, au laboratoire de l'École normale, avec l'aide notamment de MM. Ollivier, Carimey et Dixsaut, il procéda à de longs et soigneux étalonnages. Au cours de ses recherches, il resta en rapports fréquents avec la Commission centrale de l'Artillerie, avec la célèbre Commission de Gavres et avec le service des tirs d'expérience du Camp de Mailly.

En ce qui concerne la question générale du repérage par le son, Cotton unit ses efforts pour la résoudre à ceux que poursuivirent MM. Esclangon, Nordmann, Borel, Hadamard, Bruhat, Fortrat etc., notamment dans le cadre du service de recherches scientifiques pour la Défense nationale qui fut créé en pleine guerre sous la direction de Paul Painlevé. On sait qu'une des grandes difficultés rencontrées à cette époque par le repérage par le son fut d'arriver à bien distinguer l'onde de choc de l'onde de bouche qui se produisent ensemble lors du départ d'un projectile de grande vitesse initiale. Il s'agissait d'obtenir, à l'aide de rupteurs appropriés, l'enregistrement de l'arrivée de l'une ou de l'autre de ces deux ondes. Ici encore notre Confrère apporta à la solution de problèmes délicats l'habileté et l'ingéniosité qu'il avait acquises par une longue pratique des instruments de mesure et de la technique des laboratoires. Il a ainsi rendu, pendant cette dramatique période, d'éminents services à la Défense nationale.

*
* *

Nous venons de rappeler une nouvelle preuve de la maîtrise que possédait Cotton en matière d'expérimentation et de mesure. Il a

consacré des travaux importants à la mise au point de dispositifs expérimentaux et d'appareils de mesure nouveaux et fort importants. Il a préparé lui-même un grand nombre de ces lames » quart d'ondes » ou « demi-ondes » en mica qui servent à introduire entre deux vibrations lumineuses une différence de phase connue, notamment pour obtenir des vibrations circulaires ou elliptiques d'un type donné. Il a eu besoin dans ces recherches de dispositifs permettant d'analyser avec précision une lumière elliptiquement polarisée et il a fait une étude approfondie de ces dispositifs et des divers perfectionnements qu'on peut leur apporter pour atteindre tel but déterminé. Il a étudié les interféromètres à pénombre et en a réalisé deux types nouveaux avec la collaboration de Dufour.

Suivant une suggestion de Cornu, il a été le premier à réaliser des réseaux optiques en photographiant des franges d'interférences. Il a étudié ces réseaux, leurs propriétés, leur mode de préparation et, en liaison avec ces recherches, il s'est occupé de l'enregistrement photographique des ondes stationnaires. Comme l'obtention de bons réseaux photographiques exige un examen optique précis des surfaces, il a consacré aussi un certain nombre de travaux à cet examen si important pour tant de problèmes optiques ou autres.

Mais c'est la mise au point de sa célèbre balance pour la mesure des champs magnétiques qui, de toutes ses inventions dans le domaine instrumental, est restée la plus célèbre. Pour les mesures précises de champs magnétiques, il employa toujours cet instrument resté connu sous le nom de « balance de Cotton » qui fut ensuite utilisée par un grand nombre d'autres physiciens et tout d'abord par MM. Pierre Weiss, Sève et Piccard. Dans ce dispositif, on mesure directement, en l'équilibrant à l'aide de poids, l'action exercée par le champ magnétique sur une portion de circuit rectiligne et mobile, solidaire du fléau de la balance. On peut aisément mesurer le champ au millième près si la balance est sensible au centigramme.

*

* *

Pendant toute sa carrière déjà longue de physicien, Cotton s'était constamment heurté à la difficulté d'obtenir avec les électro-aimants dont il pouvait disposer des champs magnétiques suffisamment intenses. En effet, dès que la valeur de ces champs augmente, le nombre des phénomènes que l'on peut observer se multiplie: des raies se dédoublent, des effets nouveaux apparaissent, une foule de détails importants se précisent. Cotton ne disposait à l'École normale que d'électro-aimants assez modestes et il avait dû parfois se rendre à Zurich pour pouvoir se servir de l'instrument plus puissant que son ami, Pierre Weiss, y avait fait construire. Aussi notre Confrère rêvait-il depuis longtemps de voir construire à Paris, ou à proximité de Paris, un électro-aimant d'une grande puissance qui permettrait aux chercheurs français d'accomplir, à l'aide d'un champ magnétique intense, des recherches jusqu'alors irréalisables. Il avait beaucoup réfléchi à ce sujet avec sa grande expérience du laboratoire. Il s'était convaincu qu'il ne suffit pas, pour permettre des recherches fructueuses, d'avoir un champ magnétique très fort et de valeur bien connue: il faut encore que ce champ règne dans une région de l'espace suffisamment étendue, non seulement pour pouvoir introduire et disposer commodément dans cette région les dispositifs qu'on veut soumettre au champ magnétique, mais aussi parce que la grandeur du phénomène observé dépend le plus souvent essentiellement du volume de l'entrefer. C'est ainsi, pour en donner un exemple simple, que la déviation subie par une particule électrisée dans un champ magnétique augmente avec la longueur du trajet qu'elle peut parcourir dans ce champ.

Notre Confrère ne cessait pas d'insister sur l'importance que présenterait la réalisation à Paris d'un grand électro-aimant. Dans de nombreuses notes, communications ou conférences, il était revenu avec une légitime obstination sur cette idée. En 1912, il parvint à décider la Faculté des Sciences et l'Université de Paris à mettre en réserve, en vue de cette construction, une somme de 50 000 francs

prélevée sur les fonds du legs Commercy. Notre Compagnie estima qu'elle ne pouvait se désintéresser d'une entreprise si utile pour la Science et son Président d'alors, Paul Appell, réunit une commission formée des membres les plus compétents de l'Académie « pour examiner les conditions dans lesquelles pourrait être réalisé un électro-aimant d'une puissance exceptionnelle ». Cette commission tint une série de séances en mars 1914 et eut à confronter les divers projets qui lui étaient soumis.

Certains physiciens, à la suite de Jean Perrin, avaient pensé que, pour éviter l'encombrement et le prix d'énormes noyaux de fer, le plus simple serait de produire le champ magnétique à l'aide de bobines sans fer: l'inconvénient était la nécessité de faire passer dans ces bobines de très gros courants, d'où des échauffements considérables par effet Joule. Sans pouvoir s'arrêter à l'idée d'annuler les résistances en amenant les conducteurs dans l'état supraconducteur, ce qui n'eut été à la rigueur réalisable que dans de grands laboratoires cryogènes comme celui de Leyde, on avait cependant envisagé de diminuer les résistances par refroidissement, Charles Fabry avait effectué des calculs au sujet de l'emploi de ces bobines sans fer éventuellement refroidies: ils montrèrent que la mise au point d'un tel dispositif se heurterait à de très grandes difficultés et l'idée fut rapidement abandonnée.

Deux projets furent effectivement discutés devant la commission de l'Académie. L'un émanait de Pierre Weiss qui, ayant pu faire réaliser à Zurich où il professait alors un électro-aimant assez puissant, avait de l'expérience en la matière. Travaillant en liaison avec Cotton et avec la collaboration d'Auguste Piccard, il proposait la construction d'un électro-aimant de grandes dimensions, mais du type classique avec noyaux de fer et culasse. Il prévoyait des pièces polaires ayant un diamètre de l'ordre du mètre et pouvant réaliser dans des entrefers de volume décroissant depuis 1 200 c. c. jusqu'à 6 c. c. des champs croissant de 17 000 à 60 000 gauss environ. Des bobines supplémentaires pourraient être introduites dans l'entrefer et permettre d'atteindre localement 80 000 gauss.

Un autre projet avait été étudié à l'Observatoire de Meudon par MM. Deslandres et Pérot. L'électro-aimant qu'ils avaient imaginé était d'un type nouveau : il comportait des bobines placées sur l'entrefer lui-même et un refroidissement avec machine frigorifique. On espérait avec lui atteindre des champs de 100 000 gauss. Il semble que ce projet avait été un peu trop rapidement étudié et qu'il comportait des inconvénients et des risques.

Dans la discussion fort intéressante qui eut lieu devant la Commission et dont nos archives conservent le procès-verbal, Cotton fit une intervention où, se prononçant pour le projet Weiss, il exposait l'ensemble de la question avec une grande hauteur de vue, insistant à son habitude sur la nécessité d'avoir des entrefers les plus grands possible.

A la suite de ce débat, la construction d'un appareil du type Weiss était à peu près décidée, et, grâce à une offre généreuse de notre Confrère le Prince Roland Bonaparte, il semblait facile de réunir les fonds nécessaires. Malheureusement, la guerre de 1914 éclata et l'entreprise dut être ajournée à des temps meilleurs.

Mais Cotton était persévérant et, la guerre terminée, il reprit sa croisade pour la construction du grand appareil. En 1924, l'Académie des Sciences où il venait d'entrer, reprit la question en main et nomma une nouvelle commission pour s'en occuper. La construction d'un grand électro-aimant du type Weiss étant toujours en principe décidée, il fallait trouver les crédits et les locaux nécessaires. Le Prince Bonaparte venait de mourir, mais l'organisation de la Journée Pasteur avait permis de constituer des fonds assez importants qui devaient être consacrés à aider la Recherche scientifique. La commission spéciale chargée de la distribution des fonds de la Journée Pasteur était présidée par Émile Picard, alors Secrétaire perpétuel de notre Académie. Elle décida de consacrer une partie de ses disponibilités à la réalisation du projet envisagé. Quant à la question des locaux, elle fut réglée par une heureuse initiative du Service des Recherches et Inventions alors dirigé par notre ancien Confrère

J.-L. Breton : ce service mit à la disposition de l'Académie des sciences pour la construction de l'électro-aimant une partie des vastes locaux dont il disposait à Bellevue. Il ne restait plus qu'à passer à la réalisation et Aimé Cotton qui, grâce à sa ténacité, parvenait ainsi à faire prendre corps à l'une de ses idées les plus chères, fut tout naturellement chargé de la direction des travaux : il se mit à l'œuvre avec la précieuse collaboration de M. Mabboux, ingénieur attaché à la section de Physique de l'Office national des Inventions.

Quelques données du problème de la production des champs magnétiques intenses s'étaient modifiées depuis 1914. M. Kapitza avait réalisé à Cambridge des champs magnétiques très élevés (plusieurs centaines de mille gauss!) par le passage instantané dans une bobine d'un très fort courant, mais seulement dans des espaces très restreints et durant une petite fraction de seconde. Ce n'était pas du tout ce que l'on désirait à Paris où Cotton voulait avoir des champs permanents dans une région étendue. Mais, si la réalisation de Kapitza n'apportait aucune contribution à la solution du problème posé, d'autres recherches, celles notamment de MM. Boas et Pederzoni et de M. Ollivier, avaient apporté des éléments d'information nouveaux en montrant notamment l'avantage des pièces polaires en forme de tronc de cône, forme qui avait été écartée dans le projet primitif de Weiss, et la presque inutilité de munir l'électro-aimant d'une culasse. MM. Cotton et Mabboux durent donc reprendre l'étude du problème avec quelques données nouvelles et, pour éviter les surprises, ils étudièrent avec soin les propriétés d'une maquette réduite au quart qui fut construite par les ateliers du service des Inventions. L'étude sur modèle réduit, puis la réalisation du grand électro-aimant lui-même représentèrent naturellement une somme considérable de travail et bien des difficultés durent être surmontées. L'un des obstacles qui arrêtaient quelque temps notre Confrère, fut la difficulté d'obtenir de l'industrie, en quantités suffisantes et à des prix abordables, le ferro-cobalt dont il voulait armer l'extrémité des pièces polaires tronconiques. Finalement le succès couronna

ses efforts et sa persévérance et il eut la joie d'annoncer à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 9 juillet 1928, l'achèvement de cette grande œuvre. Grâce à lui, grâce à sa clairvoyance et à sa ténacité, la France possédait enfin l'un des plus puissants appareils de physique du monde entier.

Cet électro-aimant a été souvent décrit, notamment par Cotton lui-même dans sa communication à l'Académie du 9 juillet 1928, dans un article écrit avec son collaborateur M. Mabboux et dans un important rapport lu au Conseil de Physique Solvay de 1930 et consacré aux champs magnétiques constants. Je me bornerai à dire que, dès la mise en service de l'appareil, on a trouvé très sensiblement les résultats prévus dans le rapport Weiss de 1914. L'électro-aimant, d'un poids total de 100 tonnes, dont les conducteurs ont une résistance totale de 0,6 ohm et sont formés de tubes parcourus par un courant d'eau de refroidissement, fonctionne normalement en utilisant 400 ampères sous 240 volts, soit en absorbant une puissance voisine de 100 kilowatts. Le nombre d'ampères-tours est environ de 500.000. Pour obtenir un très grand entrefer, on emploie des pièces polaires plates de 75 centimètres de diamètre: pour l'obtention de champs plus élevés dans des volumes d'entrefer plus petits, on introduit des pièces polaires coniques. Les champs obtenus ont bien été de l'ordre de grandeur attendu: grâce à l'emploi de bobines supplémentaires, ils peuvent atteindre et dépasser 70.000 gauss. Le bâti de l'électro-aimant avait dû être solidement construit car, au cours du fonctionnement, l'attraction que les deux pôles exercent l'un sur l'autre peut atteindre 130 tonnes-poids!

Aussitôt prêt à servir, le nouvel appareil a été utilisé pour de multiples recherches dont M. Cotton prit la direction avec l'autorité qui découlait de son expérience et de sa renommée scientifique. Tout de suite, comme il l'avait prévu, des résultats très importants purent être obtenus en raison de l'intensité des champs magnétiques disponibles et de la grandeur des volumes où ils régnaient. L'une des découvertes les plus sensationnelles ainsi réalisées fut celle,

par M. Salomon Rosenblum, de la structure fine des Rayons α émis par le Thorium C et par d'autres éléments radioactifs.

Cotton lui-même après avoir déterminé avec notre Confrère, M. Gaston Dupouy, la valeur exacte des champs fournis par le grand électro-aimant, l'emploie pour approfondir, soit seul, soit en collaboration avec M. Dupouy ou avec M. Schéerer, l'étude de la biréfringence magnétique, du pouvoir rotatoire magnétique de divers corps ou de leur dichroïsme circulaire. Autour de ce remarquable instrument, il suggère, dirige et commente les travaux de nombreux collaborateurs: MM. J. P. Mathieu, Lainé, Mohammed Haque, Salceanu, Ny-Tsi-Ze, M^{elle} Zadoc Kahn... Ainsi, il voyait se réaliser les espérances qu'il avait, depuis longtemps, placées dans la construction de ce puissant moyen de travail.

Nous n'avons ni la compétence, ni le temps nécessaires pour faire l'histoire du grand électro-aimant de Bellevue depuis 25 ans et de tous les travaux qui y ont été effectués par des chercheurs ou des équipes de chercheurs se relayant sans cesse et ne disposant à leur tour de l'instrument que pendant quelques semaines. Le grand électro-aimant, bientôt doublé d'un laboratoire de basses températures, a passé en même temps que l'Office des Inventions de Bellevue, sous la direction du Centre national de la Recherche scientifique. De nombreux travaux d'une haute importance scientifique y sont quotidiennement effectués et, grâce à notre Confrère Aimé Cotton, notre Compagnie peut rester légitimement fière de son électro-aimant.

Ajoutons que, pour compléter ce centre unique au monde, le C. N. R. S. a fait construire dans le même local un aimant permanent de 60 tonnes permettant de poursuivre des recherches sur les structures nucléaires à l'aide de l'observation des spectres de Rayons α .

*

* *

Depuis qu'il avait remplacé Gabriel Lippmann comme Professeur de Physique générale, Cotton avait eu à remplir de lourdes fonctions

universitaires à la Sorbonne: il avait assuré une partie de l'enseignement de la Physique générale et assumé la direction du Laboratoire de Recherches physiques de la Faculté des Sciences. Il avait dirigé la construction du grand électro-aimant de Bellevue, puis été à la tête de l'équipe de jeunes physiciens qui l'utilisèrent.

Professeur clair et précis dont l'enseignement était très vivement goûté des étudiants, Cotton fut aussi un animateur et un directeur de recherches tout à fait remarquable. A Toulouse, puis à l'École normale, enfin à la Sorbonne et à Bellevue, il ne cessa jamais d'inspirer des travaux et de guider les jeunes dans leurs recherches. Le nombre des thèses qui ont été préparées sous sa direction est considérable: beaucoup d'entre elles sont dues à de jeunes physiciens qui sont devenus des maîtres et dont plusieurs siègent aujourd'hui parmi nous.

Expérimentateur d'une prodigieuse habileté et d'une ingéniosité extrême, notre Confrère fut pour tous ses élèves un remarquable initiateur aux travaux de laboratoire. Tous ceux qui avaient eu le bonheur d'être formés par lui ont gardé un grand souvenir de son talent d'expérimentateur. «C'est vous, écrit M. Dupouy, qui nous avez inculqué le goût des belles expériences où le souci d'observer un phénomène dans toute sa splendeur exige les soins les plus poussés jusque dans les moindres études. Nous gardons le souvenir étonné de votre habileté expérimentale. Il faut vous avoir vu travailler pour savoir tout ce que l'on peut faire avec des lames de mica et le parti qu'on peut tirer d'un capuchon de stylographe pour le réglage des miroirs de Fresnel». Et M^{elle} Chenot, évoquant ses souvenirs de l'École de Sèvres, écrit aussi: «J'ai gardé le souvenir ébloui d'expériences de polarisation de la lumière qui suggéraient au spectateur une image de la perfection» et plus loin, elle ajoute ce détail piquant: «Les élèves se divertissaient parfois de vos gestes familiers: en particulier, les ressources des poches de votre pardessus les émerveillaient: au moment où une pièce essentielle paraissait manquer sur la table, vous en sortiez un prisme, un nicol,

une lame de polaroïd, ce qu'il fallait pour achever l'expérience que le maigre matériel du lieu n'eut pas permis de monter».

Puisque je viens d'être amené à prononcer le nom de l'École normale supérieure de Sèvres, je dois maintenant dire quelques mots de la place que ce célèbre établissement a tenue dans la vie d' Aimé Cotton. Bien des liens le rattachaient à cette école. Sa sœur Marie Cotton, qui fut professeur au lycée Fénelon, avait été Sèvrienne dans la promotion de 1886. Une autre élève de l'École M^{lle} Feytis était déjà une physicienne distinguée quand M. Cotton l'épousa: M^{me} Eugénie Cotton devait, plus tard, assurer brillamment la direction de l'École de Sèvres. M. Cotton lui-même enseigna longtemps à Sèvres: il y avait remplacé, dans son cours, Jean Perrin en voyage, puis mobilisé. Il y assura la préparation à l'agrégation pendant de longues années, et son souvenir est resté très vif dans la mémoire de toutes les Sèvriennes qui eurent le privilège d'être les élèves de ce grand savant. Les liens qui l'attachaient à Sèvres l'avaient amené à fixer son domicile dans cette belle localité de l'Ile de France. Il y demeura pendant des années et y termina sa vie, restant ainsi à proximité de Bellevue où se trouvait le grand électro-aimant qui lui était si cher.

Notre Confrère atteignit l'âge de la retraite au début de la triste période de l'occupation allemande. Il devait en subir cruellement les conséquences, car il fut arrêté par les allemands en octobre 1941 et incarcéré à Fresnes pendant un mois, puis de nouveau arrêté pendant quelques jours en 1943. Ces mesures odieuses soulevèrent l'indignation des milieux scientifiques qui éprouvaient unanimement la plus grande admiration pour son œuvre et la plus vive sympathie pour sa personne. Notre Confrère, M. Cabannes, qui avait succédé à Cotton dans sa chaire de la Sorbonne, a gardé le souvenir de l'émotion que l'arrestation de son Maître vénéré avait provoquée parmi les étudiants. Libéré, Cotton connut encore à plusieurs reprises durant la fin de l'occupation des périodes douloureuses où il éprouva les inquiétudes, hélas! les plus justifiées, pour lui-même et

pour sa famille. A la fin de 1944, la libération vint dissiper ce cauchemar et il put reprendre, dans le calme et la sécurité retrouvée, ses travaux et ses occupations. Il apportait à notre Compagnie, dans ses réunions hebdomadaires où il venait avec assiduité, une collaboration consciencieuse et fidèle. Il suivait avec attention tous les résultats dans le domaine de la Physique et on le vit notamment dans ses dernières années porter un grand intérêt aux travaux qui eurent pour objet de préciser un peu nos connaissances sur les phénomènes si complexes qu'on réunit sous les noms de photophorèse et d'électrophorèse.

En 1946, il succédait à Charles Fabry comme représentant de l'Académie des Sciences au Bureau des Longitudes et il remplit ses nouvelles fonctions avec la même scrupuleuse exactitude que toutes les autres, se chargeant notamment de contrôler la rédaction de la partie de l'Annuaire du Bureau qui est consacrée à la Physique.

L'âge venait qui, peu à peu, diminuait ses activités. Il s'est éteint doucement le 15 avril 1951.

Tous ceux qui ont connu Cotton savent que ses qualités de caractère étaient à la hauteur de son talent de physicien. Sa simplicité, sa bonté, sa bienveillante aménité ne pouvaient qu'inspirer la plus vive sympathie. Il apportait dans l'accomplissement de toutes ses tâches une scrupuleuse attention: nul ne fut plus que lui consciencieux, méticuleux et impartial. Il aimait les idées généreuses, les aspirations élevées: il souhaitait ardemment voir s'établir entre les hommes la concorde et la paix et c'est certainement ce désir profond de voir se réaliser une meilleure compréhension entre les hommes et, en particulier, entre les savants, qui l'amena à s'intéresser toute sa vie au progrès et à la diffusion de l'Esperanto.

Cette générosité de cœur se traduisait sur le plan privé par le souci qu'il eut toujours d'améliorer les conditions d'existence de ceux qui l'entouraient et qui lui paraissaient dignes d'intérêt. Comme l'a rappelé récemment un de ses élèves (M. Jacquinot), il n'épargna jamais ses efforts personnels « pour compenser des injustices ou soulager des insuffisances ».

Ses qualités morales, sa droiture naturelle lui firent suivre pendant sa vie une voie toute rectiligne, une existence toute consacrée au travail et à la solidarité humaine. Ainsi il nous a laissé non seulement une œuvre scientifique remarquable dont les prolongements seront durables, mais aussi le souvenir d'une belle et noble carrière de Grand serviteur de la Science.

