

H. F. u. s. 167 (10, 2.)  
**THÈSES**

DE

# PHYSIQUE ET DE CHIMIE

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS,

LE JUILLET 1850,

**Par M. l'ABBÉ DUTIROU,**

Licencié ès sciences mathématiques, Professeur de Physique au grand séminaire d'Auch.



PARIS,

IMPRIMERIE DE BACHELIER,

RUE DU JARDINET, 12.

1850



# ACADÉMIE DE PARIS.

## FACULTÉ DES SCIENCES.

MM. MILNE EDWARDS, Doyen,

THENARD,

BEUDANT,

PONCELET,

BIOT,

DE MIRBEL,

Professeurs  
honoraires.

DUMAS,

DUHAMEL,

CHASLES,

LEFÉBURE DE FOURCY,

STURM,

LE VERRIER,

CAUCHY,

POUILLET,

DESPRETZ,

BALARD,

DELAFOSSÉ,

DE JUSSIEU,

AUGUSTE DE SAINT-HILAIRE,

CONSTANT PRÉVOST,

Professeurs.

VIEILLE,

BERTRAND,

DUCHARTRE,

MASSON,

PELIGOT,

PAYER,

Agrégés.



A

Sa Grandeur Monseigneur de Lacroix,

Archevêque d'Auch.

Hommage de profond respect,

L'Abbé F. Dutirou.



# THÈSE DE PHYSIQUE.

---

## DES RAIES DU SPECTRE ET DE LEUR APPLICATION

A

### LA SOLUTION DE QUELQUES QUESTIONS D'OPTIQUE.

---

#### AVANT-PROPOS.

Les raies du spectre se présentent comme l'un des phénomènes les plus remarquables de l'optique, tant par l'importance théorique qui s'y rattache, que par l'utilité qu'on peut en retirer. Leur découverte n'a pas seulement permis d'apporter dans un grand nombre de mesures un degré de précision jusque-là inconnu, elle a de plus ouvert une vaste carrière à des recherches du plus haut intérêt; car, si d'un côté elle a fourni d'admirables points de repère pour la détermination des constantes qu'on emploie en optique, les indices de réfraction, les longueurs d'ondulation, etc., etc., d'un autre côté, elle a servi à établir des caractères distinctifs entre les diverses sources de lumière naturelle ou artificielle.

Dans le travail que j'ai l'honneur de soumettre à la Faculté, je considère les raies en elles-mêmes et dans leurs applications. Après avoir exposé les principaux faits qui s'y rattachent, et dont quelques-uns sont le résultat de mes expériences personnelles, j'indique le parti qu'on en a tiré pour l'étude de divers ordres de phénomènes. J'expose ensuite, avec détails, l'usage que j'en ai fait moi-même, pour la vérification de la loi de Descartes, sous les grandes incidences, et la détermination des indices de réfraction d'une série nombreuse de verres d'optique. Enfin, je fais connaître un appareil nouveau destiné à fournir des rayons de lumière artificielle, de même degré de réfrangibilité que les principales raies du spectre solaire, et que j'ai particulièrement approprié à la détermination des indices de réfraction de ces raies.

*Des raies du spectre en général.*

Quand on dirige, à travers une fente étroite, un faisceau de lumière solaire sur un prisme assez pur et placé à quelques mètres de distance, et que l'on observe le spectre à l'aide d'une lunette douée d'un pouvoir grossissant assez considérable, on le trouve sillonné, perpendiculairement à sa longueur, d'un très-grand nombre de raies sombres ou même absolument noires. Ces raies offrent une grande irrégularité dans leurs apparences et dans leurs positions, relativement aux limites des couleurs; mais leur nombre, leur forme et leur disposition ne dépendent ni de l'angle ni de la matière du prisme. Leurs distances relatives seules changent dans le dernier cas.

Ce phénomène remarquable, entrevu par Wollaston en 1802 (1), et découvert quelques années plus tard par Fraunhofer (2), fut, pour ce dernier, l'objet d'un examen approfondi. Physicien intelligent autant qu'opticien habile, Fraunhofer, qui ne cherchait d'abord que des points de repère pour la détermination des pouvoirs réfringents et dispersifs, comprit toute l'importance de ce phénomène pour l'étude de la nature des diverses sources lumineuses. Ayant substitué d'autres lumières aux rayons solaires, il constata que chacune d'elles donne naissance à un système particulier de raies qui la caractérise.

La lumière des planètes donne des raies analogues à celles du soleil, mais moins faciles à distinguer, surtout vers les extrémités du spectre. La lumière prismatique de quelques étoiles de première grandeur présente aussi des bandes, mais qui paraissent complètement différentes de celles du soleil. Celles de Sirius sont surtout remarquables et faciles à apercevoir.

La lumière des flammes ordinaires, de l'hydrogène, de l'alcool, etc., donne des raies brillantes au lieu de raies noires. La plus remarquable, par sa clarté et sa persistance dans le spectre des diverses flammes, correspond à la raie solaire D.

---

(1) *Transactions philosophiques.*

(2) *Mémoires de l'Académie de Munich*, tome V.

Enfin, Fraunhofer étudia le spectre fourni par la lumière électrique, qui offrit, comme celui des flammes ordinaires, des raies brillantes particulières. Le célèbre opticien de Munich ne poussa pas plus loin ces expériences; elles ont été reprises par d'autres physiciens.

M. Wheatstone (1) observa que l'étincelle électromagnétique, tirée sur du mercure, présente sept rayons colorés, séparés par des espaces obscurs. L'étincelle de la machine électrique, tirée également sur du mercure, donne un spectre entièrement différent.

Lorsque la nature des corps entre lesquels part l'étincelle électrique vient à changer, le spectre que cette étincelle produit change également; si les deux substances métalliques sont de nature différente, le spectre contient les raies que présentent les spectres fournis par chacune d'entre elles.

On peut étudier mieux encore l'action des divers métaux, au moyen de la combustion voltaïque qui, en donnant au phénomène des raies plus d'éclat et de persistance, permet de le soumettre à un examen plus rigoureux.

Lorsqu'on brûle des métaux entre les pôles d'une pile, comme l'a fait dans ces derniers temps M. Foucault (2), on retrouve les résultats obtenus par Wheatstone. Si l'on brûle du laiton, par exemple, on aperçoit dans le spectre les raies vertes qui caractérisent la combustion du cuivre, et les raies bleues-violettes que présente la combustion du zinc; le spectre produit par la combustion du maillechort laisse de même apercevoir les raies caractéristiques des trois métaux qui entrent dans sa composition. Les raies propres aux différents métaux apparaissent avec tant de constance et de netteté, qu'on pourrait, en quelque sorte, trouver dans ce phénomène lumineux un nouveau moyen d'analyse qualitative des alliages.

J'ai étendu ces expériences à quelques autres métaux. La disposition que j'ai employée, assez semblable à celle de M. Foucault, consiste à rendre les rayons parallèles et à observer le spectre à l'aide d'une lunette placée derrière le prisme. Seulement, au lieu d'obtenir, comme M. Foucault, le

(1) Mémoire sur la décomposition prismatique de la lumière électrique (*Philosophical Magazine*, tome VII, page 299).

(2) Note communiquée à la Société Philomathique. (Séance du 20 janvier 1849.)

parallélisme des rayons par réflexion, sur un miroir concave, avant leur passage à travers une fente étroite, ce qui diminue considérablement leur intensité, je l'obtiens à l'aide d'une lentille convergente, convenablement disposée entre le prisme et la fente. Afin que le parallélisme soit plus parfait encore, une seconde lentille est placée entre la fente et la source lumineuse, de telle sorte que le centre de la source est à son foyer principal (1). On peut, dès lors, diminuer considérablement le diamètre de la fente sans trop affaiblir la lumière. Le métal est, d'ailleurs, placé à l'ordinaire dans une petite cavité pratiquée à l'extrémité de l'un des charbons. La flamme pourpre du cadmium, observée de cette manière, a présenté, dans toutes les couleurs, une multitude de raies magnifiques : une très-belle dans le rouge, deux autres dans le rouge extrême, plus faibles, une dans l'orangé, trois dans le vert, dont une surtout extrêmement brillante, deux dans le bleu, semblables, pour leur éclat, à la précédente, trois très-distinctes dans le violet, deux très-noires dans la même couleur.

L'antimoine en a offert deux ou trois dans le violet, autant dans le vert, une très-belle dans le jaune ; le bismuth, une très-belle dans le bleu, une large dans le jaune, et quelques autres, par moments, dans le vert et le violet.

Le spectre produit par la combustion de la plupart des autres métaux n'offre rien de bien remarquable. On voit que les plus beaux résultats sont fournis par les métaux qui se volatilisent facilement, et dont la vapeur est colorée. Le cadmium, sous ce rapport, peut être placé au premier rang. La pile doit évidemment être d'autant plus énergique, que le métal est plus difficile à volatiliser. Quarante ou cinquante éléments de Bunsen suffisent parfaitement dans la plupart des cas (2).

Le spectre n'est pas seulement modifié par les corps soumis à une combustion électrique : la plupart des corps simples ou composés, en ignition dans

(1) M. Soleil a le premier employé cette seconde lentille.

(2) On sait que M. Soleil rend le phénomène des raies visible simultanément à plusieurs personnes en projetant, à l'aide d'une lentille convergente, sur un tableau convenablement disposé, l'image prismatique amplifiée de la fente.

une flamme quelconque, changent le spectre que cette flamme produit. M. W.-A. Miller (1) a opéré sur un grand nombre de substances.

Le spectre fourni par le chlorure de cuivre présente plusieurs intervalles absolument obscurs, interrompus par des lignes brillantes d'une grande intensité, surtout dans les espaces vert et bleu.

Le chlorure de barium donne trois raies brillantes, une dans l'orangé, une autre dans le jaune, une troisième dans l'indigo.

Le nitrate de strontiane donne des lignes noires dans le rouge, et une ligne très-brillante dans le bleu.

L'acide borique présente cinq bandes brillantes dans le jaune et le vert.

Dans un Mémoire remarquable présenté, il y a quelques jours, à l'Académie des Sciences, M. Brewster fait connaître une particularité très-digne d'attention qu'offre la combustion de quelques sels. Les lignes brillantes du spectre fourni par le nitrate de potasse, par exemple, coïncident avec les lignes A et B, ainsi qu'avec chacune des 8 lignes du groupe *a* de Fraunhofer.

Dans ses recherches, M. Miller étudiait la flamme produite par les dissolutions alcooliques des différentes substances salines. Un tube, muni d'une mèche, et contenant la dissolution, servait de lampe. Les rayons, après avoir traversé une fente étroite, tombaient sur un prisme placé à quelques mètres de distance, et le spectre était observé au moyen d'une lunette placée derrière le prisme à la manière ordinaire. Le prisme recevait ainsi de la lumière très-divergente, et se trouvait, par conséquent, peu éclairé, la fente devant d'ailleurs être très-étroite à cette distance.

Il m'a semblé que c'était là la cause des résultats négatifs que M. Miller a obtenus dans un grand nombre de cas, et j'ai cru qu'il y aurait quelque intérêt à refaire ces expériences, en se mettant dans de meilleures conditions. J'ai employé la méthode d'observation qui a été décrite précédemment. La flamme est produite à l'endroit des charbons, et les rayons sortis de la fente sont rendus sensiblement parallèles à l'aide d'une lentille.

La plupart des dissolutions salines que j'ai étudiées ont présenté, dans le spectre de leur flamme, des raies plus ou moins nombreuses et plus ou moins brillantes. J'ai expérimenté sur le nitrate de cadmium et sur les chlorures

---

(1) *Philosophical Magazine*, 1845.

de cuivre, de zinc, de manganèse, de cobalt, de nickel, de mercure, de fer et de magnésium.

Le spectre de toutes ces flammes présente une raie jaune à peu près à la place de la raie D du spectre solaire. C'est moins une raie qu'une accumulation du jaune dans un espace étroit, telle que la présente le spectre de l'alcool seul.

Le chlorure de zinc offre, en outre, deux espaces obscurs de chaque côté de cette raie, puis trois raies bleues brillantes et équidistantes dans l'espace blanc-bleuâtre qui forme la presque totalité du spectre.

Le rouge et le vert manquent dans le spectre du chlorure de manganèse. Deux raies assez nettes se dessinent dans l'espace bleuâtre qui forme la plus grande partie du spectre.

*Chlorure de cobalt.* — Le spectre blanc-bleuâtre paraît terminé du côté du violet par une raie brillante.

*Chlorure de nickel.* — Une bande blanc-bleuâtre, qui forme encore la plus grande partie du spectre, présente une accumulation de lumière au tiers de sa largeur à partir de D.

*Nitrate de cadmium.* — Une raie brille dans le rouge extrême; deux autres raies assez brillantes se présentent, l'une au quart et l'autre à l'extrémité de la bande bleuâtre obscure qui forme la majeure partie du spectre. On retrouve ici les principales raies qu'a présentées la combustion du cadmium, etc.

La flamme d'une bougie stéarique paraît entièrement continue.

Il est un autre ordre de faits que nous devons rappeler.

Les spectres des sources lumineuses artificielles, de même que le spectre solaire, sont encore profondément modifiés par un grand nombre de corps gazeux que les rayons émanés de ces sources viennent à traverser.

M. Brewster (1) a découvert le premier que le gaz nitreux produit plus d'un millier de lignes obscures, dans les spectres des flammes ordinaires, lorsqu'on force les rayons émanés de ces flammes à passer à travers le gaz.

---

(1) Observations sur les lignes du spectre solaire, sur celles produites par l'action de l'atmosphère, et sur celles produites par le gaz nitreux (*Transactions Philosophiques d'Édimbourg*, tome XII, page 519).

MM. Miller et Daniel (1) ont beaucoup étendu les premières recherches de M. Brewster. Ils ont vu, en particulier, que les vapeurs d'iode et de brome faisaient naître dans le spectre d'une flamme une série de raies équidistantes.

M. W.-A. Miller (2) a étudié, en 1844 et 1845, l'action de la plupart des substances gazeuses. Voici les résultats principaux auxquels il est arrivé :

1°. Des gaz incolores n'ont donné, dans aucun cas, des raies additionnelles ou différentes de celles de Fraunhofer.

2°. La simple présence de la couleur n'est pas un indice certain de l'existence des lignes adventices.

3°. Deux corps simples, qui, isolés, ne produisaient pas de raies, combinés en donnent souvent un nombre considérable.

4°. La température plus ou moins élevée change quelquefois l'espèce des raies.

5°. Les lignes croissent en nombre et en largeur à mesure qu'augmente la profondeur du milieu à travers lequel la lumière est transmise.

Dans les expériences de M. Miller, la source lumineuse était la lumière diffuse du jour. Il paraîtrait, d'après quelques expériences que j'ai faites, que les résultats demeurent les mêmes lorsqu'on emploie la lumière des charbons de la pile (3).

On comprend tout l'intérêt de ces sortes de recherches qui touchent de si près, comme le fait remarquer M. Pouillet (4), à l'origine de la lumière, et aux conditions dans lesquelles elle prend naissance. En étudiant ainsi avec la précision la plus délicate, ajoute M. Brewster (5), l'action des éléments sous toutes leurs variétés de combinaisons, l'on parviendra peut-être à découvrir des analogies curieuses entre les affinités chimiques et celles qui produisent les lignes fixes dans les spectres des astres.

(1) *Philosophical Magazine*, tome II, page 381.

(2) *Philosophical Magazine*, 1845.

(3) Les raies de l'iode présentent une analogie frappante, dans leur disposition et leur aspect, avec celles produites par réflexion sur une lame mince de mica; elles sont plutôt sombres que noires.

(4) *Physique expérimentale*, tome II.

(5) *Rapport sur la première et la deuxième réunion de la Société Britannique*, 1838.

Maintenant, si nous nous demandons quelle peut être la cause des raies du spectre solaire ; d'un côté, en considérant l'action des absorbants gazeux, nous serons, ce semble, portés à l'attribuer à une absorption produite par les milieux que traverse la lumière de l'astre ; d'un autre côté, en voyant la combustion de chaque corps donner naissance à un système particulier de raies, nous serons plus naturellement encore conduits à chercher la cause des raies de la lumière solaire dans le soleil même.

Les physiciens sont, du reste, très-partagés sur cette mystérieuse question.

M. Brewster (1) conçoit qu'un rayon puisse être éteint dans l'acte même de l'émanation, par suite d'un pouvoir absorbant intense, résidant dans les molécules du corps lumineux. D'autres physiciens ont attribué l'existence des rayons déficients à l'action du gaz engendré par la combustion, source première de la lumière émise.

Sir John Herschel (2) a émis le premier l'opinion que les raies du spectre solaire tiennent la place de rayons qui ont été absorbés par leur passage à travers les atmosphères du soleil, des étoiles et de la terre, ou, plus généralement, à travers les milieux qui les ont transmis.

Une observation, faite par M. Forbes en 1836 (3), paraîtrait prouver que les rayons déficients ne sont pas absorbés par l'atmosphère solaire. Cet observateur, profitant d'une éclipse totale de soleil, a reconnu que le spectre produit par les bords du disque solaire est parfaitement identique à celui qui résulte de l'ensemble de la lumière de l'astre. Cependant les rayons émanés des bords, ayant à traverser une plus grande épaisseur d'atmosphère, devraient présenter plus de raies que les rayons émanés du centre.

L'hypothèse de l'absorption par l'atmosphère terrestre serait fortifiée par un grand nombre d'observations.

---

(1) *Philosophical Magazine*, tome II, page 360.

(2) *Philosophical Magazine*, tome III, page 401.

(3) Lettre à M. Arago. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1836, tome II, page 576.)

M. Brewster (1) a compté, dans le spectre solaire, plus de deux mille raies très-distinctes, tandis que Fraunhofer n'en a compté au plus que six cents : l'habile observateur de Munich avait reconnu, il est vrai, que le nombre de ces lignes augmentait avec le grossissement de la lunette ; mais il est probable que la différence des nombres donnés par les deux physiciens tient surtout aux circonstances des observations.

Il paraît certain, en effet, d'après les recherches de M. Brewster (2), que le spectre ne reste pas identique à lui-même ; qu'il éprouve de petites altérations, suivant les saisons et la position du soleil au-dessus de l'horizon, selon que le rayon qui produit le spectre est pris dans telle ou telle région du ciel. M. Kühn (3) est également convaincu qu'il y a plus de raies, surtout dans les espaces rouge et orangé, pendant l'après-midi que le matin, par un temps nébuleux que par un temps clair et sec.

Quand il avait observé toute la journée sous un ciel serein, quelque temps avant le coucher du soleil, il voyait se détacher des raies nouvelles et singulières, qui gardaient la même position pendant plusieurs jours.

Dans le cours de mes expériences, j'ai fait moi-même cette observation qui n'avait pas non plus échappé à M. Brewster (4).

M. W.-A. Miller (5), qui signale aussi ce fait, a remarqué, de plus, que des commotions subites de l'atmosphère paraissent engendrer de nouvelles raies. Un jour qu'il observait le spectre produit par la lumière diffuse, le tonnerre gronda avec violence ; aussitôt il vit apparaître, dans la partie brillante du spectre, entre D et E, des raies qu'il ne voyait pas auparavant : quand la pluie commença à tomber, elles se ternirent et disparurent.

(1) Observations sur les lignes du spectre solaire, et sur celles produites par l'atmosphère.

(2) *Transactions philosophiques d'Édimbourg*, tome XII.

(3) Recherches sur les bandes longitudinales et les bandes fixes dans le spectre (*Annales de Poggendorff*, 1848, tome LXXV, page 455).

(4) Sir David Brewster est parvenu à apercevoir des raies très-remarquables au delà de la raie A, dans un espace égal à celui qui sépare A de B. Pour cela il a dû non-seulement écarter toute lumière étrangère qui aurait pu tomber sur le prisme, mais encore revêtir intérieurement la lunette de velours noir et exciter la rétine en l'exposant à une émanation ammoniacale. (*Comptes rendus de l'Académie*, mai 1850)

(5) *Philosophical Magazine*, 1845.

Ces faits ne nous paraissent pas entièrement concluants en faveur de l'hypothèse qui place dans l'atmosphère terrestre la cause des raies du spectre solaire. Nous croyons que la variation dans le nombre et l'aspect des raies tient moins à des circonstances atmosphériques qu'à un changement survenu, par une cause quelconque, dans l'intensité de l'éclairement du spectre.

L'hypothèse qui place dans le soleil même la cause des raies nous paraît de beaucoup la plus probable. Elle s'appuie sur l'ensemble des faits que nous avons rapportés et qui établissent l'existence d'un système particulier de raies, dans chaque source de lumière naturelle ou artificielle. Au point de vue du système des ondulations, il faut donc admettre qu'un très-grand nombre de rayons, de certaines longueurs d'onde, manquent absolument dans la lumière solaire.

Après cette énumération rapide des connaissances acquises sur les raies, il nous reste à dire quelques mots du parti que l'on en a tiré pour résoudre certaines difficultés, et étudier plus parfaitement certains ordres de phénomènes.

C'est surtout comme points de repère que les raies se prêtent aux études les plus variées et les plus importantes. Nous signalerons principalement l'application qu'en ont faite récemment MM. Fizeau et Foucault, comme très-remarquable au point de vue de la théorie. C'est ainsi qu'ils sont parvenus à constater l'interférence des rayons, dont la différence de marche est très-considérable.

M. Biot avait soulevé un nouveau doute contre la théorie des ondulations. « Comment concevoir, disait-il, une régularité persistante dans des milieux » agités, aussi disjoints que paraissent l'être les substances enflammées? Ce- » pendant l'exacte continuité de ces vibrations et celle des ondulations qui » en résultent, paraissent être une condition indispensable dans le système » des ondes. »

Le défaut de régularité des mouvements de l'éther paraissait d'ailleurs ressortir de quelques phénomènes connus, par exemple, de la non-interférence des rayons émanés de sources différentes. Ces phénomènes amenaient à considérer les corps lumineux comme soumis à des perturbations tellement fréquentes, que, si la différence de marche de deux rayons émanés d'un même point devenait assez considérable, ces rayons ne pourraient

plus interférer. Or les raies du spectre ont permis à MM. Fizeau et Foucault de résoudre complètement la question (1). En calculant le nombre de bandes d'interférence comprises entre les raies principales de Fraunhofer, ce qui leur permettait de déterminer la différence de marche des deux rayons, ils ont démontré que les interférences subsistaient encore pour des différences de marche équivalentes à plus de sept mille ondulations : preuve évidente de la parfaite régularité du mouvement ondulatoire de l'éther.

Comme point de repère, les raies ont encore permis d'apporter un degré de précision inespéré dans la mesure des longueurs d'ondulation et des indices de réfraction. De plus, elles ont servi à fixer exactement la longueur d'onde correspondante à telle ou telle nuance du spectre. Seulement, pour ces sortes de mesures, il est convenable d'opérer sur le spectre normal des réseaux, dans lequel la place de chaque raie est uniquement fixée par la longueur d'onde qui lui correspond (2), et non sur le spectre ordinaire que les diverses substances réfringentes déforment inégalement.

Je vais maintenant exposer, avec détail, les applications que j'ai faites moi-même des raies, considérées comme points de repère.

## § II.

### *Emploi des raies du spectre solaire pour la vérification de la loi de Descartes sous les grandes incidences.*

La loi de la réfraction simple est, sans contredit, l'une des plus importantes des lois de l'optique. Découverte par Descartes, ou peut-être déduite, par ce grand géomètre, des observations de Snel-Willebrod (3), elle a d'abord été vérifiée directement par des expériences assez grossières. On connaît l'appareil dont se servait Descartes : cet appareil, même avec les perfec-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*

(2) M. Babinet, *Mémoire lu à la Société Philomathique*, 1827. — Masotti, *Sulle proprietà degli Spettri di Fraunhofer formati dai reticoli*, etc. *Memoria. Pisa*, 1845.

(3) *Penny Encyclopedia.*

tionnements qu'il a reçus depuis cette époque, n'est pas susceptible de beaucoup de précision. La plupart de ceux qu'on a employés pour la vérification directe de la loi de Descartes ne le sont guère davantage. Cette loi, il est vrai, a été vérifiée indirectement par les divers procédés qui ont été mis en usage pour la détermination des indices de réfraction, et qui, en faisant ressortir la constance de ces indices dans un même corps, démontreraient par cela même la proportionnalité du sinus d'incidence au sinus de réfraction. Mais ces procédés eux-mêmes n'offraient pas toute l'exactitude désirable, lorsqu'on n'avait pour point de repère que des nuances de couleur toujours plus ou moins incertaines. Il était à souhaiter que les raies du spectre, qui permettent d'apporter dans ces recherches une précision astronomique, fussent appliquées à la vérification directe de la loi de Descartes sous toutes les incidences. « La constance du rapport de réfraction, disait M. Biot, dans une Dissertation insérée au *Journal des Savants*, année 1846, sous toutes les incidences, lorsqu'un rayon de lumière simple traverse la surface commune de deux milieux non cristallisés, n'a peut-être pas été constatée jusqu'ici expérimentalement avec toute la rigueur désirable, sous les incidences les plus obliques. »

L'inexactitude de la loi de Descartes, que M. Biot laissait entrevoir seulement comme possible, M. Cauchy la regardait comme absolument certaine. Cet illustre géomètre avait été conduit, dans sa *Théorie mathématique de la lumière*, à supposer que le rapport des longueurs d'ondulation qui, dans le système des ondes, représente celui des sinus d'incidence et de réfraction, n'est constant que dans le cas de deux milieux isophanes et parfaitement transparents ; mais que la constance de ce rapport n'existe plus, lorsque les deux milieux absorbent inégalement la lumière.

Enfin plusieurs physiciens avaient au moins élevé des doutes sur l'exactitude de cette loi dans le cas des grandes incidences. Ces doutes provenaient d'un désaccord entre les observations de Newton, sur les anneaux colorés, et la théorie mathématique d'Young. En observant, sous différentes incidences, les diamètres des anneaux formés entre deux lentilles de verre, Newton disait avoir reconnu (1) que les épaisseurs des lames minces d'air

---

(1) *Optique*, lib. II, pars 1.

qui correspondent successivement à un anneau de même ordre, varient proportionnellement à la sécante d'un angle, qui ne diffère pas sensiblement de celle de l'angle de réfraction, lorsque ce dernier angle ne dépasse pas 60 degrés; mais que, pour des valeurs supérieures à cette limite, au-dessus de 80 degrés, par exemple, la différence entre les deux sécantes devient très-considérable.

Or, d'après la théorie des ondulations, les épaisseurs de la lame d'air devraient être proportionnelles à la sécante de l'angle de réfraction, pour toutes les incidences. Ce désaccord constituait, aux yeux de certains physiciens, une grave objection à la théorie des ondes. Pour l'expliquer, on a été jusqu'à admettre, comme possible, l'inexactitude de la loi de Descartes dans le cas des incidences très-obliques (1). « Nous admettons, disait » M. Regnault, dans ses leçons au Collège de France, que la réfraction » s'opère d'après la loi de Descartes, quand le rayon fait un très-petit » angle avec la surface. Or cela n'a jamais été vérifié directement. »

Il est vrai que M. de la Provostaye et M. Paul Desains (2), reprenant les mesures de Newton, avec tous les secours que la science moderne met à la disposition des observateurs, ont démontré que, contrairement à l'assertion de Newton, la loi théorique s'accorde parfaitement avec les observations, jusqu'aux dernières limites où il leur a été possible d'apercevoir nettement les anneaux. Cette limite est  $86^{\circ} 14'$ . La loi de Descartes se trouvait, par conséquent, confirmée indirectement jusqu'à cette incidence.

Mais la vérification directe au moyen des raies, surtout au delà de  $86^{\circ} 14'$ , présentait encore de l'intérêt.

En résumé :

1°. La loi de Descartes n'avait jamais été vérifiée directement avec l'exactitude que son importance commande et que les raies du spectre permettent d'obtenir;

2°. Des doutes imposants s'étaient élevés contre cette loi dans le cas des

(1) Fresnel, *Supplément à la chimie de Thomson*, tome V.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, décembre 1849.

grandes incidences , et ces doutes n'avaient été levés que pour les incidences inférieures à  $86^{\circ} 15'$  ;

3°. D'après la théorie mathématique de la lumière de M. Cauchy , cette loi n'est rigoureusement vraie que pour les milieux isophanes et transparents.

J'ai essayé de combler cette lacune de la science , et je crois y avoir réussi.

Avant la découverte des raies du spectre , la vérification rigoureuse de la loi des sinus , pour les incidences les plus obliques , était complètement impossible. Le spectre est si peu lumineux , à partir de l'incidence de  $88$  degrés , que les points de repère , offerts par les nuances des couleurs , sont alors entièrement incertains.

La principale difficulté que présentait encore cette vérification , était la détermination exacte de l'angle d'incidence correspondant à un angle de déviation donné. Dans le procédé ordinaire , l'instrument destiné aux mesures doit être transporté d'un côté à l'autre du prisme , ce qui rend les manipulations difficiles et les résultats peu sûrs. L'appareil dont j'ai fait usage m'a permis de déterminer cet angle avec beaucoup de facilité et de précision.

Je le décrirai avec quelques détails , ainsi que la manière dont j'ai opéré.

Je me suis servi , pour la mesure des angles , d'un cercle répétiteur de  $0^m, 27$  de diamètre , donnant les  $15''$  , qui avait été approprié à ces sortes d'expériences par M. Brunner , avec l'habileté qu'on lui connaît ; la lunette supérieure  $AA'$  (*fig. 1*) est placée sur l'un des bras d'un levier  $BB'$  , de telle sorte qu'elle tourne avec l'alidade , et que le centre de l'objectif décrit une circonférence autour de l'axe de l'instrument. Elle repose directement sur un support qui , en se prêtant à deux mouvements de bascule , l'un dans un plan perpendiculaire et l'autre dans un plan parallèle au limbe , permet de diriger convenablement l'axe optique.

Le support destiné à recevoir le prisme est formé d'un système de plaques et de vis calantes qui servent à lui donner l'inclinaison voulue ; il peut tourner , d'un mouvement indépendant , autour de l'axe de l'instrument , ou bien se fixer sur le limbe.

J'opérais dans une chambre obscure et très-profonde , d'où je pouvais apercevoir des points de mire très-éloignés. Le cercle répétiteur était soli-

dement établi à une distance de 12 mètres d'une ouverture faite dans le volet et munie d'un diaphragme à fente étroite et verticale. Derrière le volet était disposé un héliostat qui renvoyait horizontalement, sur le prisme, un faisceau de rayons solaires.

On dispose le limbe horizontalement, et l'on rend l'axe optique de la lunette  $AA'$ , parallèle au limbe par la méthode du retournement et à l'aide de la vis buttante D. Le prisme étant ensuite fixé sur son support, on amène les faces de l'angle réfringent à être exactement verticales; la verticalité est parfaite lorsque l'image d'un point éloigné, réfléchi successivement sur les deux faces, coïncide avec le point de croisement des fils de la lunette (1). Enfin, il est convenable que l'axe de la lunette passe par l'axe de l'instrument, et que l'arête du prisme soit dirigée suivant cet axe (2). J'ai pu remplir rigoureusement cette double condition.

Après m'être assuré que l'axe du support du prisme coïncidait avec l'axe de l'instrument, j'ai amené l'arête du prisme dans cette direction commune, et fait passer ensuite par l'arête l'axe optique de la lunette, au moyen de la vis buttante F.

Le prisme étant fixé dans une position quelconque, soient (*fig. 2*) BAC la section principale que traverse le rayon, et dont nous pouvons ne considérer que la partie la plus voisine de l'arête;

(1) Ce moyen de rendre les faces du prisme verticales est le plus rigoureux et en même temps le plus facile à pratiquer. En effet, si l'on a d'abord eu soin de placer le prisme dans une position telle, que la bissectrice de l'angle réfringent passe sensiblement par l'une des trois vis, et si l'on a fait tourner les deux autres vis de manière à rendre une des deux faces verticale, il sera facile de rendre aussi la seconde face verticale, *sans déranger la première*; il suffira pour cela de faire parcourir à l'image réfléchi sur cette face, la première moitié de la distance qui la sépare du point de croisement des fils, en faisant tourner la vis qui coïncide avec la bissectrice, et la seconde moitié, en agissant sur l'une des deux autres vis. La méthode ordinaire, qui consiste à établir la coïncidence entre le fil vertical de la lunette et l'image d'un objet éloigné vertical et délié, m'a paru moins sensible que la précédente; elle offre en outre cet inconvénient, que l'une des faces étant rendue verticale, il est difficile de rendre aussi l'autre verticale sans déranger la première.

(2) Avec cette disposition, les corrections nécessitées par la faible distance entre le prisme et la fente, se réduisent à relever la normale abaissée, du milieu de la face du prisme, sur la droite qui passe par l'arête et par la fente. Je me suis assuré que je pouvais même, sans erreur notable, me dispenser de cette correction; l'angle à la fente, sous-tendu par cette normale, ne dépassant guère les erreurs d'observation.

SI le rayon incident, envoyé par la fente du volet, et IS' son prolongement ;

RI le rayon émergent ;

NI et N'I deux normales aux surfaces, et, par conséquent, SIN et RIN' le premier angle d'incidence  $i$  et le second angle de réfraction  $i'$  ;

FI la direction de l'image de la fente réfléchie sur la surface d'incidence CI ; enfin D la déviation RAS', et A l'angle réfringent.

On détermine d'abord l'angle d'incidence et l'angle de déviation. Pour cela, on vise directement la fente du volet, puis la raie dont on cherche l'indice, et dont la direction sera supposée RI : enfin, on reçoit suivant FI, l'image de la fente produite par réflexion sur la surface du prisme CA (1).

Appelons  $a, b, c$ , les angles compris entre le zéro du limbe et celui d'un des verniers de l'alidade, dans les trois positions précédentes de la lunette, et que je suppose croître de RI vers RS'F ; on aura, pour déterminer  $i$  et D, les deux relations  $a - b = D$ , et  $c - a = \varpi - 2i$ .

Il faut, pour apercevoir les raies sous toutes les incidences, *raccourcir* la lunette dans le cas des incidences supérieures à celle du minimum, et *l'allonger* dans le cas contraire.

On détermine ensuite l'angle réfringent en fixant le prisme soit sur le limbe, soit sur l'alidade, et en faisant tourner, dans les deux cas, la lunette jusqu'à ce que l'image d'un point éloigné, produite successivement par réflexion sur les deux faces, tombe au point de croisement des fils.

L'angle compris entre les deux positions de la lunette égale le double de l'angle réfringent. La *fig. 4* montre clairement qu'il en est ainsi dans le premier cas. On prouve, de la manière suivante, que la même relation se conserve dans le second.

Soient (*fig. 5*) BIC une première position, BIC' une seconde position du prisme, SI le rayon incident, IF le rayon réfléchi sur la face CI dans la première position, et IF' le rayon réfléchi sur la face B'I dans la seconde position du prisme ; on a  $BIB' = FIF'$ , puisque la lunette tourne avec le prisme. D'un autre côté,  $BIB' = A + CIB' = A + \frac{1}{2} FIF'$ . Donc  $A = \frac{1}{2} FIF'$ .

(1) La lunette inférieure  $aa'$  (*fig. 1*) doit, dans toutes ces mesures, être dirigée sur un objet éloigné, afin que les moindres mouvements du limbe puissent être reconnus.

La relation  $D = i + i' - A$  fera dès lors connaître  $i'$ .

Voyons maintenant comment la connaissance de  $i$ , de  $i'$ , de  $D$  et de  $A$  conduit à celle du rapport de réfraction  $n$ .

Soit BAC (*fig.* 3) la même section principale; considérons le rayon dans une partie de cette section un peu éloignée de l'arête du prisme, afin de mieux saisir sa marche. Si l'on conserve les notations précédentes, et qu'on appelle, de plus, O le point de rencontre des deux normales, on a les relations

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i'}{\sin r'} = n.$$

D'ailleurs, la considération du triangle BCO donne, d'après des principes connus,

$$CO : BO :: \sin r' : \sin r :: \sin i' : \sin i,$$

et

$$\sin r = \frac{BO \sin A}{\sqrt{CO^2 + BO^2 + 2 BO \cdot CO \cdot \cos A}},$$

$$= \frac{\sin i \sin A}{\sqrt{\sin^2 i + \sin^2 i' + 2 \sin i \sin i' \cos A}}.$$

On arrive ainsi à la formule connue

$$n = \frac{\sqrt{\sin^2 i + \sin^2 i' + 2 \sin i \sin i' \cos A}}{\sin A}.$$

J'ai opéré de cette manière sur deux prismes de verre, dont l'un parfaitement transparent, et l'autre fortement coloré. J'ai calculé dans chacun la valeur de  $n$  pour un très-grand nombre d'angles d'incidence, compris entre  $60^\circ$  et  $89^\circ, 35'$ .

Je suis arrivé aux résultats suivants :

1°. La différence maximum des valeurs de  $n$ , pour chaque prisme, n'a jamais dépassé 0,00017;

2°. Elle n'a pas été sensiblement plus grande pour le prisme coloré que pour le prisme transparent;

3°. Les valeurs de  $n$  n'ont pas plus différencié entre elles, à partir de l'incidence de  $86$  degrés, que pour des incidences moindres.

Je donnerai quelques nombres pris au hasard pour montrer qu'il n'y a d'ailleurs aucun rapport apparent entre la variation de  $n$  et celle de l'angle d'incidence.

*Flint incolore.*

Angle d'incidence	89° 30'	$n = 1,61674$
<i>id.</i>	85° 8' 15"	$n = 1,61669$
<i>id.</i>	81° 50' 20"	$n = 1,61678$
<i>id.</i>	70° 25'	$n = 1,61677$
<i>id.</i>	60° 5' 35"	$n = 1,61672$

*Crown de Dollond verdâtre.*

Angle d'incidence	89° 28'	$n = 1,52774$
<i>id.</i>	82° 35' 10"	$n = 1,52768$
<i>id.</i>	79° 23'	$n = 1,52769$
<i>id.</i>	65° 15' 20"	$n = 1,52780$
<i>id.</i>	62° 10' 30"	$n = 1,52764$

Je me suis assuré, d'ailleurs, que la plus grande différence des valeurs de  $n$  tombait entre les limites des erreurs d'observation. Si donc la loi de Descartes n'est pas mathématique, j'ai dû laisser à des observateurs plus habiles à déterminer les limites au delà desquelles elle cesse d'être vraie.

§ III.

*Emploi des raies du spectre solaire pour la détermination des indices de réfraction d'une série nombreuse de verres d'optique.*

Les indices de réfraction des corps intéressent au plus haut degré la théorie de la lumière et la construction des instruments d'optique. Ils fournissent de plus à la chimie et à la minéralogie des caractères spécifiques très-importants. Aussi, un grand nombre de physiciens se sont-ils occupés des moyens de les déterminer dans les différentes substances. Newton, Euler, le duc de Chaulnes, Fraunhofer, Dulong, Rudberg, MM. Brewster, Biot et Arago, se font remarquer, entre tous les autres, par les procédés de recherches qu'ils ont fait connaître ou par les mesures qu'ils ont prises.

De tous ces procédés, celui qui s'est le premier présenté à l'esprit des

physiciens, est encore celui que l'on emploie le plus communément aujourd'hui. Il consiste, comme on sait, à mettre sous la forme d'un prisme le corps que l'on veut étudier, et à déterminer la déviation que ce corps fait éprouver à la lumière. Ce procédé est le plus simple, le plus général et, en même temps, un des plus exacts.

Toutefois, quoiqu'il ait été dès les commencements de ces recherches complètement perfectionné dans sa théorie, et qu'il ait, à différentes époques, reçu des modifications importantes dans son application, il n'a pu fournir des résultats exactement comparables que lorsque la constitution du spectre a été mieux connue.

Fraunhofer, par la découverte des raies qu'il proposa, comme points de repère invariables, en 1823, permit d'apporter dans ces observations une précision astronomique.

Cet habile physicien détermina lui-même les indices des sept raies qui portent son nom, dans un grand nombre de verres de sa fabrique et dans quelques autres substances.

Quelques années plus tard, Rudberg (1), et après lui M. Baden Powell (2) ont mesuré les indices des mêmes raies, le premier dans quatre ou cinq cristaux naturels, le second dans un assez grand nombre de liquides.

Mais personne, à ma connaissance, depuis Fraunhofer, n'avait employé les raies du spectre solaire à la détermination des indices des verres destinés aux usages de l'optique. On paraissait avoir perdu de vue l'importante question de l'achromatisme, alors précisément que les raies du spectre pouvaient offrir, pour la résoudre expérimentalement, les données les plus exactes.

J'ai cru que la détermination des indices des raies de Fraunhofer, dans les verres de différentes fabriques, employés depuis longtemps en France pour les besoins de l'optique, ainsi qu'aux verres nouveaux à l'acide borique, présenterait quelque intérêt: elle pourra fournir aux opticiens des bases précises pour la construction des instruments; elle accroîtra du moins le nombre encore si limité d'indices des raies du spectre solaire.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>e</sup> série, tome XLVIII.

(2) *Annales de Poggendorff*, tome XLIX.

J'ai employé, dans cette recherche, le même appareil et la même disposition que pour la vérification de la loi de Descartes ; seulement, au lieu de fixer le prisme dans une position quelconque, j'ai le plus souvent déterminé, pour chaque raie, la déviation minimum (1), soit la déviation minimum simple, soit plutôt le double de cette déviation.

Dans le premier cas, on pointe directement vers la fente la lunette, dont une moitié de l'objectif seulement se trouve cachée par le prisme ; puis on vient recevoir la raie, dont on cherche l'indice dans la position du minimum de déviation : l'angle des deux positions de la lunette donne la déviation minimum de cette raie.

Dans le second cas, après avoir dirigé la lunette comme précédemment sur la raie, dans la position du minimum, on tourne le prisme et la lunette, de manière à recevoir encore la raie dans la position du minimum, les rayons incidents tombant sur l'autre face du prisme. L'angle compris entre les deux positions de la lunette donne le double de la déviation minimum, ainsi que le montre la *fig. 6*. Les erreurs d'observation se trouvent ainsi diminuées de moitié.

Quelquefois j'ai opéré différemment, à l'exemple de Rudberg. On fixe le prisme dans une position telle, qu'une raie, la raie H par exemple, soit au minimum de déviation. On pointe successivement la lunette sur cette raie et sur chacune des six autres, en notant chaque fois la division du limbe correspondante au zéro de l'alidade, puis on amène le prisme à recevoir les rayons sur l'autre face ; on le fixe de nouveau dans la position du minimum de la raie H, et l'on dirige comme précédemment la lunette sur cette raie et sur toutes les autres. On aura déterminé ainsi le double de la déviation minimum de la raie H, et le double des déviations correspondantes des autres raies.

Connaissant l'angle de déviation d'une raie et l'angle du prisme A, il est facile d'obtenir l'indice  $n$ .

Dans le cas où l'on connaît la déviation minimum D, on a, pour le cal-

(1) La longueur de la lunette doit varier pour les différentes raies. La largeur de la fente du volet doit varier également ; elle doit être plus grande pour les raies des couleurs sombres que pour celles des couleurs brillantes.

culer, la formule connue

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2} (D + A)}{\sin \frac{1}{2} A}.$$

Lorsqu'une raie seule est mise au minimum, la même formule sert encore pour cette raie; mais, pour trouver l'indice des autres, les calculs sont un peu plus longs. On emploie alors une formule que nous allons établir.

Soient encore  $i$  le premier angle d'incidence,  $r$  le premier angle de réfraction,  $r'$  le second angle d'incidence et  $i'$  le second angle de réfraction, pour un rayon traversant la section principale considérée.

On sait qu'on a les relations

$$(1) \quad \sin i = n \sin r,$$

$$(2) \quad r + r' = A \quad \text{ou} \quad r' = A - r,$$

$$(3) \quad D = i + i' - A \quad \text{ou} \quad i' = D + A - i;$$

et la suivante,

$$\sin i = n \sin r',$$

qui devient, d'après les équations (2) et (3),

$$(4) \quad \sin (D + A - i) = n \sin (A - r).$$

Si le prisme est au minimum de déviation pour une raie, on aura de plus, pour celle-ci, les relations

$$(5) \quad i = \frac{1}{2} (D + A),$$

et

$$(6) \quad r = \frac{A}{2}.$$

Pour une raie dont la déviation, dans la même situation du prisme, est  $D - \delta$ , et dont l'indice de réfraction est  $n'$ , on aura, en appelant  $r_1$  son premier angle de réfraction,

$$(7) \quad \sin \frac{1}{2} (D + A) = n' \sin r_1,$$

et

$$(8) \quad \sin \left[ \frac{1}{2} (D + A) - \delta \right] = n' \sin (A - r_1).$$

Maintenant, si l'on pose

$$(9) \quad r_1 = \frac{A}{2} + \zeta,$$

on aura

$$A - r_1 = \frac{A}{2} - \zeta,$$

d'après l'équation (9). On a aussi

$$(10) \quad \frac{1}{2}(D + A) - \delta = \frac{1}{2}(D + A - \delta) - \frac{1}{2}\delta.$$

De sorte que la formule (8) devient

$$(11) \quad \begin{aligned} & \sin \frac{1}{2}(D + A - \delta) \cos \frac{1}{2}\delta - \sin \frac{1}{2}\delta \cos \frac{1}{2}(D + A - \delta) \\ &= n' \sin \frac{A}{2} \cos \zeta - n' \sin \zeta \cos \frac{A}{2}. \end{aligned}$$

La formule (7) devient également, en retranchant et ajoutant  $\frac{1}{2}\delta$ ,

$$(12) \quad \begin{aligned} & \sin \frac{1}{2}(D + A - \delta) \cos \frac{1}{2}\delta + \sin \frac{1}{2}\delta \cos \frac{1}{2}(D + A - \delta) \\ &= n' \sin \frac{A}{2} \cos \zeta + n' \sin \zeta \cos \frac{A}{2}. \end{aligned}$$

Les formules (11) et (12) donnent ensuite les deux suivantes :

$$(13) \quad \sin \frac{1}{2}(D + A - \delta) \cos \frac{1}{2}\delta = n' \sin \frac{A}{2} \cos \zeta,$$

$$(14) \quad \cos \frac{1}{2}(D + A - \delta) \sin \frac{1}{2}\delta = n' \cos \frac{A}{2} \sin \zeta.$$

Enfin, des équations (13) et (14) combinées, on tire

$$(15) \quad \text{tang } \zeta = \text{tang } \frac{1}{2}\delta \text{ tang } \frac{1}{2}A \cot \frac{1}{2}(D + A - \delta).$$

$\zeta$  étant calculé par logarithmes à l'aide de l'équation (15), on obtient la valeur de  $n'$  par la formule

$$n' = \frac{\sin \frac{1}{2}(D + A)}{\sin (\frac{1}{2}A + \zeta)}.$$

J'ai déterminé de cette manière, dans dix-sept échantillons de verre d'optique, les indices de réfraction, par rapport à l'air, des sept raies de Fraun-

hofer, B, C, D, E, F, G, H; j'avais pu les reconnaître à l'aide du dessin du spectre solaire qui se trouve dans son Mémoire (1).

J'ai pris, en général, pour chaque angle du prisme ou de déviation, la moyenne d'un grand nombre d'observations donnant les angles doubles, dont les différences extrêmes, le plus souvent de 15 secondes, atteignaient quelquefois 30 secondes.

Afin d'évaluer le degré de précision des résultats, j'ai assez souvent déterminé les indices des diverses raies pour deux angles très-inégaux du même prisme. Les différences des indices correspondants étaient, en général, du cinquième ordre décimal, et n'ont jamais dépassé trois dix-millièmes. On aura une idée plus exacte de leur grandeur par celles qu'ont fournies les deux premiers échantillons étudiés n<sup>os</sup> 8 et 12, et que je donne ici :

N <sup>o</sup> 8.	N <sup>o</sup> 12.
$n_h = 0,00002$	$n_h = 0,0000$
$n_g = 0,00003$	$n_g = 0,00008$
$n_f = 0,00008$	$n_f = 0,0001$
$n_e = 0,00002$	$n_e = 0,00007$
$n_d = 0,00002$	$n_d = 0,00001$
$n_c = 0,0001$	$n_c = 0,00003$
$n_b = 0,00001$	$n_b = 0,00004$

(1) *Mémoires de l'Académie de Munich*, tome V.

Tableau des indices (rangés d'après leur ordre de grandeur).

N <sup>os</sup> .	DÉSIGNATION DES VERRES.	DENSITÉ	TEMPÉRA- TURE en degrés centigrades corres- pondant à la densité	TEMPÉRA- TURE en degrés centigrades corresp. aux mesures.	ANGLE réfringent.	$n_h$	$n_g$	$n_f$	$n_e$	$n_d$	$n_c$	$n_b$
1	Flint lourd, jaune de Guinand (1), à l'acide borique.....	3,417	10,00	19,00	35.15. 2''	1,76369	1,74859	1,73197	1,72339	1,71439	1,70700	1,70492
2	Flint de Fraunhofer.....	2,135	8,75	14,25	36.24.50	1,66788	1,65729	1,64536	1,63913	1,63238	1,62722	1,62560
3	Flint de Bontemps. ....	2,011	8,75	18,25	35. 5.22	1,65580	1,64573	1,63458	1,62847	1,62222	1,61720	1,61541
4	Flint ordinaire de Guinand... ..	3,610	10,00	16,00	39.50.30	1,65421	1,64432	1,63314	1,62730	1,62090	1,61605	1,61440
5	Flint de Guinand, à l'acide borique.	4,322	"	15,00	60. 5.50	1,65391	1,64389	1,63276	1,62696	1,62055	1,61580	1,61402
6	Autre flint, <i>idem</i> .....	3,559	10,00	16,00	39.57.37	1,64964	1,64008	1,62917	1,62349	1,61715	1,61242	1,61071
7	Flint ancien de Guinand (blanc).	2,622	10,00	18,5	60. 0.52	1,64906	1,63913	1,62800	1,62227	1,61598	1,61125	1,60950
8	Verre de Guinand, à l'acide borique	2,642	10,00	15,5	60.37.56	1,55690	1,55180	1,54584	1,54270	1,53910	1,53617	1,53519
9	<i>Idem</i> .....	2,613	10,00	14,0	60. 1.44	1,55389	1,54902	1,54324	1,54002	1,53635	1,53337	1,53264
10	Crown ordinaire de Guinand.....	2,184	8,5	17,5	39.55.40	1,54855	1,54387	1,53825	1,53500	1,53173	1,52904	1,52805
11	Verre de Venise.....	2,713	9,7	18,00	59.58.45	1,54805	1,54327	1,53754	1,53445	1,53089	1,52837	1,52727
12	Crown de Guinand, à l'acide borique	2,362	9,00	16,00	60. 0.53	1,54778	1,54304	1,53743	1,53455	1,53110	1,52849	1,52746
13	Crown de Dollond.....	2,484	10,00	11,5	59.57.32	1,54442	1,53927	1,53409	1,53113	1,52773	1,52469	1,52400
14	Verre à l'ac. borique avec une base nouvelle, de MM. Maës et Clé- mandot (de Clichy).....	2,835	9,5	16,00	35.29.50	1,54660	1,53251	1,52706	1,52401	1,52072	"	"
15	Crown de Bontemps.....	2,447	10,00	16,00	60. 7.30	1,53224	1,52754	1,52216	1,51921	1,51556	1,51338	1,51244
16	Verre de MM. Clémandot et Maës, à l'acide borique avec une base nouvelle.....	1,951	8,5	17,25	35.34.22	1,53137	1,52704	1,52192	1,51900	1,51582	1,51330	1,51220
17	Autre verre, <i>idem</i> .....	1,523	8,5	17,5	34.55.14	1,53107	1,52671	1,52142	1,51863	1,51565	1,51216	1,51133

(1) Désignation de la fabrique de M. Feil, petit-fils de Guinand.

Ces verres sont, comme on voit, les uns anciens, les autres nouveaux.

Les premiers, tous employés depuis longtemps dans la construction des instruments d'optique, se font remarquer par quelque qualité saillante qui m'avait été signalée par les opticiens.

Les verres nouveaux à l'acide borique sont tous, à l'exception de deux (1), complètement exempts de stries et de bulles (2). Ils m'ont semblé aussi peu hygrométriques et, par conséquent, aussi peu altérables à l'air que les verres ordinaires de Guinand.

Le n° 16 surtout, qui est un verre à base de soude et de zinc, et presque aussi dur que le cristal de roche, devrait être, par cela même, très-peu altérable à l'air; mais il est à craindre que la présence de la soude ne le rende sujet à la dévitrification.

Le n° 12, dont les dispersions partielles sont sensiblement égales à celles du crown de Dollond, paraît être très-bon pour les usages de l'optique. Il a, de plus, sur le verre de Dollond, l'avantage d'être exempt de stries et parfaitement transparent.

J'ai calculé les rapports des dispersions partielles des huit flints comparés à chacun des crowns; j'avais pour but de voir d'abord si certaines lois qu'on avait cru reconnaître dans les résultats fournis par les expériences de Fraunhofer se vérifiaient, et, en second lieu, si quelques-uns de ces verres ne remplissaient pas mieux les conditions de l'achromatisme que ceux que l'on combine aujourd'hui.

Or le tableau de ces rapports a donné lieu aux observations suivantes :

1°. Pour les flints qui réfractent le plus et les divers crowns, le rapport des dispersions partielles va assez souvent en diminuant des couleurs les plus réfrangibles aux couleurs les moins réfrangibles.

2°. Lorsque cette loi est altérée, le rapport  $\frac{n_c - n_d}{n'_c - n'_d}$  est fréquemment plus grand et quelquefois plus petit que celui qui le précède et que celui qui le suit. Il en est de même, quoique moins souvent, du rapport  $\frac{n_g - n_f}{n'_g - n'_f}$ .

(1) Les n°s 16 et 17, qui ont été pris parmi des rebuts de fonte et qui n'ont pas été brassés.

(2) On sait que c'est d'après les conseils de M. Dumas que de nouvelles bases, telles que la baryte, l'oxyde de zinc, etc., ont été employées, avec le plus grand succès, dans la fabrication de ces verres.

3°. Les rapports  $\frac{n_h - n_g}{n'_h - n'_g}$  et  $\frac{n_e - n_b}{n'_e - n'_b}$  sont presque constamment, l'un maximum et l'autre minimum.

Ces lois ne s'observent plus, comme on le voit par le tableau suivant, pour les différents crowns et le flint n° 9 qui réfracte moins que tous les autres.

Tableau des rapports des dispersions partielles de quelques-uns des verres désignés dans le tableau précédent.

	$\frac{n_h - n_g}{n'_h - n'_g}$ (*)	$\frac{n_g - n_f}{n'_g - n'_f}$	$\frac{n_f - n_e}{n'_f - n'_e}$	$\frac{n_c - n_d}{n'_c - n'_d}$	$\frac{n_d - n_e}{n'_d - n'_e}$	$\frac{n_e - n_b}{n'_e - n'_b}$	
N <sup>os</sup> 1 et 16.....	3,187	3,246	2,938	2,921	3,368	1,890	
1 et 12.....	3,185	2,92	2,979	2,721	2,831	2,019	
3 et 15.....	2,142	2,072	2,071	1,923	1,984	1,904	
4 et 11.....	2,616	1,951	1,889	1,797	1,924	1,409	
5 et 11.....	2,650	1,942	1,877	1,800	1,884	1,618	
6 et 10.....	2,061	1,943	1,747	1,938	1,758	1,727	
7 et 9.....	2,039	1,925	1,779	1,713	1,580	2,397	
6 et 12.....	2,035	1,946	1,972	1,837	1,812	1,660	
N <sup>os</sup> 9 et	16.....	1,129	1,128	1,102	1,154	1,182	0,663
	15.....	1,040	1,074	1,098	1,129	1,155	0,776
	13.....	0,949	1,115	1,087	1,079	0,980	1,057
	12.....	1,031	1,031	1,118	1,063	1,141	0,708
	11.....	0,293	1,008	1,042	1,030	1,182	0,663
N <sup>os</sup> 8 et 9.....	1,044	1,028	0,991	1,122	0,918	0,744	
	1,042	1,031	0,975	0,980	0,983	1,342	

(\*) n' représente l'indice du crown en général.

On remarquera, dans ce tableau, que pour quelques-uns de ces verres les différences entre les nombres d'une même ligne horizontale ne sont pas plus grandes, en général, que celles que fournissent le flint n° 13 et l'essence de térébenthine des expériences de Fraunhofer.

Les n<sup>os</sup> 9 et 13, 9 et 14, 9 et 12, 9 et 15, sembleraient devoir, pour cette raison, beaucoup mieux remplir les conditions de l'achromatisme, que le flint et le crown ordinaires de Guinand.

L'indice de réfraction variant avec la température et la densité, il était nécessaire de déterminer encore ces deux éléments.

Le thermomètre destiné à observer la température était suspendu tout près et en avant du prisme, sur le trajet des rayons incidents ou bien, à côté, à la distance de 1 mètre. Je me suis assuré que ces deux positions étaient à peu près indifférentes. Les rayons, en effet, se trouvaient très-affaiblis à cause de leur divergence et de la grande distance qui séparait le prisme du volet.

J'ai déterminé très-exactement les densités par la méthode du flacon et à l'aide d'une balance accusant le milligramme. Les morceaux des différents échantillons avaient été laissés, pendant plusieurs heures, dans l'enceinte où les pesées devaient être faites, afin qu'ils eussent le temps d'en prendre la température.

#### § IV.

*Description et usages d'un appareil nouveau qui permet de déterminer les indices de réfraction des raies du spectre solaire, au moyen d'une lumière artificielle.*

Les méthodes employées, jusqu'aujourd'hui, pour la détermination des indices des raies du spectre solaire exigent la présence du soleil et un local d'une assez grande dimension (1), deux circonstances qui rendent ces expériences souvent impossibles. Elles demandent, de plus, l'emploi d'appareils coûteux : un héliostat et un cercle répéteur.

---

(1) Le goniomètre de M. Babinet dispenserait d'un vaste local. Je me suis assuré, en effet, que les raies sont parfaitement visibles avec ce goniomètre, dès que la lunette grossit neuf à dix fois, que la lentille du collimateur a 0<sup>m</sup>, 04 de diamètre, et qu'enfin la fente est éclairée par la lumière solaire, au moyen d'un héliostat. Il faudra seulement disposer une lentille cylindrique en avant de la fente, afin d'amener facilement le faisceau lumineux sur le prisme, toujours dans la même direction. Ce procédé aura en outre, sur celui de Rudberg, tous les avantages provenant du parfait parallélisme des rayons incidents. Ce sera sans contredit de tous les procédés connus le plus commode et le plus exact. Je n'aurais pas négligé son emploi dans mes expériences, si j'en avais plus tôt reconnu la possibilité. Il est à remarquer que les raies sont dans ce cas incomparablement plus nettes que lorsque le prisme est à 12 mètres de la fente. Dans la méthode de Rudberg qui a été décrite plus haut, on pourrait également obtenir des rayons parallèles, en disposant une lentille convergente de telle sorte que la fente du volet se trouvât à sa distance focale.

La méthode que je vais faire connaître n'offre aucun de ces inconvénients.

Concevons que la lumière solaire tombe, *suivant une direction donnée*, sur un prisme fixe; que l'on reçoive le spectre qui en résulte, sur un écran fixe aussi, et placé à quelque distance; qu'enfin l'on pratique, sur cet écran, des ouvertures aux points où tombent les parties du spectre correspondantes à quelques-unes des raies. Si l'on fait tomber ensuite une *lumière quelconque* sur ce prisme, *suivant la même direction*, les rayons émergents qui passeront par l'une de ces ouvertures auront le *degré de réfrangibilité* de la raie solaire correspondante. Maintenant, si l'on dirige suivant l'un de ces rayons l'axe du collimateur du goniomètre Babinet, sur le plateau duquel on aura disposé un prisme, l'indice pris pour ce rayon sera celui de la raie du spectre solaire que ce rayon représente.

L'idée de cette méthode appartient à M. Babinet, qui a bien voulu me la communiquer, et m'engager à faire construire, d'après le principe précédent, un appareil destiné à la mettre en pratique.

Cet appareil, tel que je l'ai réalisé, se compose essentiellement :

1°. D'un collimateur ou tube  $AA'$  (*fig. 7*), dont l'extrémité  $A'$  est fermée par une lentille sphérique convergente  $L$ , et l'extrémité  $A$  par un diaphragme à fente étroite, placé à la distance focale principale de cette lentille;

2°. D'un prisme de flint de  $60^\circ$  (1), muni d'un diaphragme qui le cache en très-grande partie (2), et fixé, à quelque distance de l'extrémité  $A'$ , dans la position du minimum de déviation, pour des rayons qu'il recevrait suivant la direction de l'axe de la lentille;

3°. D'un écran  $CC'$  portant une fente de diamètre variable, et qu'une vis  $V$  permet de mouvoir perpendiculairement à l'axe du faisceau émergent.

Une lentille cylindrique  $K$ , de très-court foyer, est placée extérieurement,

(1) Il est représenté ponctué.

(2) En mettant à découvert seulement une très-petite portion du prisme, on a eu pour but d'éviter la superposition des spectres élémentaires qu'auraient fournis les différentes parties du prisme. De cette manière l'appareil donnera une lumière sensiblement homogène, qui pourra être utilisée dans un grand nombre de circonstances.

de telle sorte que la fente du collimateur se trouve à peu près à sa distance focale principale.

Enfin la plaque sur laquelle sont fixés le prisme et le collimateur est établie solidement, au moyen d'une colonne  $QQ'$ , sur un support en fonte et à vis calantes qui porte, en outre, un axe  $RR'$  destiné à recevoir une lunette ou le limbe d'un goniomètre. Cet axe est fixé à l'une des extrémités d'un levier qui tourne, à l'aide d'une vis de rappel  $N$ , autour de l'axe du prisme ou de la colonne  $QQ'$ , et que l'on peut aussi fixer sur le pied en fonte, au moyen d'une pince  $M$ .

Réduit au prisme et au collimateur, cet appareil peut être très-utilement employé pour l'observation des raies, soit au moyen d'une lunette, soit par projection.

Si, en effet, on éclaire la fente du collimateur par un faisceau intense de rayons solaires, ces rayons sortiront de la lentille  $L$ , parallèles entre eux; et tombant dans cet état sur le prisme, ils fourniront un spectre dans les conditions les plus favorables à l'apparition des raies. Ce procédé a, de plus, l'avantage de dispenser du vaste local que les autres dispositions exigent.

#### *Graduation.*

Voyons maintenant comment on peut obtenir avec cet appareil un rayon unique, correspondant pour le degré de réfrangibilité à l'une des raies, la fente du collimateur étant éclairée par une lumière quelconque.

Une graduation est, pour cela, nécessaire. D'après ce que nous avons dit en commençant, cette graduation exige :

1°. Que la ligne médiane de la fente de l'écran  $CC'$  soit amenée successivement en coïncidence avec chacune des raies que l'on aura choisies, et qu'un trait indique à chaque coïncidence, la position de la ligne moyenne;

2°. Que la direction du faisceau incident sur le prisme, ainsi que la position de ce dernier soient déterminées, au moment de la graduation, de telle sorte qu'on puisse aisément les rétablir lorsqu'on voudra se servir de l'appareil pour obtenir un rayon de réfrangibilité déterminée.

Or cette double condition peut être très-exactement remplie. La position du prisme d'abord est réglée au moyen d'un niveau à bulle d'air et des vis

calantes, placées sur le pied de l'instrument. Il suffit d'amener la plaque sur laquelle le prisme est fixé, à être parfaitement horizontale.

En second lieu, la lentille cylindrique K, qui est de très-court foyer, sert à donner une direction sensiblement constante (1) au faisceau incident. Il suffit de faire coïncider chaque fois le milieu de l'image étroite de la source lumineuse, avec la fente linéaire du collimateur. Les rayons, sortis de la lentille L, tomberont donc toujours sur le prisme sous la même incidence.

Il reste maintenant à amener le milieu de la fente de l'écran CC' exactement en face de chacune des raies de Fraunhofer B, C, D, E, F, G, H pour cette position du prisme et cette direction des rayons incidents.

Pour cela, on éclaire la lentille cylindrique au moyen d'un rayon solaire, réfléchi par un héliostat, on enlève l'écran CC', et l'on dispose sur l'axe que porte le pied de l'appareil, une lunette, de telle sorte qu'on puisse, à volonté, la faire tourner autour de cet axe (2) ou la rendre fixe.

On pointe le fil vertical de la lunette vers l'une des sept raies; on fixe la lunette dans cette position, on replace l'écran, et, à l'aide de la vis V dont la tête est divisée, on fait coïncider le milieu de la fente de l'écran CC' avec le fil de la lunette. Pour rendre d'ailleurs les bords de l'écran nettement visibles, on dispose, au devant de l'objectif de la lunette, un deuxième objectif de foyer très-court, qui la convertit en microscope. Enfin, on trace une ligne très-fine qui s'étend à la fois et sur la surface de l'écran mobile et sur celle de la plaque fixe; et l'on écrit, à ses deux extrémités, la lettre initiale de la raie sur laquelle on a d'abord opéré. En faisant tourner le support RR' de la lunette autour de l'axe QQ', on amènera le fil vertical sur une seconde raie, l'on tracera une seconde ligne, avec la lettre correspondante, et ainsi successivement pour toutes les raies.

On voit donc, par ce qui précède :

Qu'il sera possible de faire tomber sur le prisme le faisceau lumineux toujours sous la même incidence, et que la lumière réfractée qui passera par

(1) Elle sert encore à éclairer fortement la fente du collimateur.

(2) Il est plus simple d'installer sur cet axe le limbe du goniomètre, dont on se servira pour la mesure des indices, et de se servir ainsi, pour la graduation, de la lunette du goniomètre. Le limbe peut d'ailleurs se mouvoir autour du centre, au moyen d'une vis micrométrique, ou bien être fixé.

le milieu de la fente, lorsque deux traits marqués de la même lettre seront en coïncidence, aura le degré de réfrangibilité de la raie solaire correspondante.

Toutefois, ce mode de graduation suppose quelques conditions qu'il est assez difficile de remplir exactement, comme, par exemple, la parfaite coïncidence des axes des deux objectifs. On rend ces conditions inutiles en soumettant la graduation au contrôle suivant :

Supposons que l'on connaisse exactement la déviation minimum de l'une des sept raies du spectre solaire dans un prisme donné. On mettra l'écran CC' dans la position trouvée pour cette raie, et l'on déterminera, de la manière qui sera indiquée bientôt, la déviation minimum du rayon qui passe par la fente. L'écran sera bien placé relativement à cette raie, si la différence des deux déviations est nulle ou seulement de quelques secondes. Dans le cas contraire, on parviendra à le placer convenablement après quelques tâtonnements que la division de la tête de la vis, qui sert à le mouvoir, rendra très-faciles. Comme la différence entre la position de l'écran déterminée à priori et la position corrigée doit être la même pour toutes les raies, il suffira, pour trouver la position correspondante aux autres raies, de faire tourner la vis, à partir de chacune des positions primitives, d'un nombre de divisions égal à celui que l'on a compté entre la position trouvée par tâtonnement et la position correspondante. Ce même procédé doit servir à vérifier la graduation chaque fois que l'on a des raisons de croire que l'instrument a été dérangé. La division de la tête de la vis dispensera d'ailleurs de marquer d'autres traits que ceux que l'on a tracés d'abord.

Cet instrument doit, à cause de son objet, porter le nom d'*illuminateur*, que M. Babinet lui a donné. Il a été construit, avec une habileté rare, par M. Jules Duboscq, gendre de M. Soleil.

Voyons maintenant comment on doit se servir de cet instrument pour la mesure des indices des raies dans les différents corps.

On fait tomber sur la lentille cylindrique K un faisceau de lumière intense (1), et l'on tourne les vis calantes du pied, de telle sorte que la direc-

---

(1) Une lampe ordinaire à double courant suffit parfaitement.

tion du faisceau incident sur le prisme, et la position de ce dernier, soient ce qu'elles étaient au moment où l'instrument a été gradué. On amène en coïncidence deux traits marqués de la même lettre, on dispose le limbe du goniomètre de M. Babinet sur l'axe que porte le pied de l'illuminateur (1). Enfin on amène, à l'aide de la vis de rappel N, la fente du collimateur du goniomètre sur le passage du rayon qui sort à travers la fente de l'écran CC'. Enfin on fixe solidement le goniomètre au moyen de la pince M. Le collimateur du goniomètre est bien placé lorsque la bande colorée qu'il fait apercevoir présente le maximum de largeur et d'éclat. Si maintenant on place, à l'ordinaire, sur le plateau du goniomètre le prisme dont on veut étudier le pouvoir réfringent, on déterminera la déviation minimum de ce rayon qui sera *aussi celle de la raie du spectre solaire marquée sur l'écran CC'*. L'expérience n'offre d'ailleurs aucune difficulté; seulement il convient de trouver chaque fois, à l'œil nu et par approximation, la position du minimum que l'on achève ensuite de déterminer rigoureusement avec la lunette. Il faut aussi que le local dans lequel on opère soit très-peu éclairé, mais assez néanmoins pour laisser apercevoir les fils de la lunette. Dans tous les cas, on doit mettre le prisme et l'œil de l'observateur à l'abri du rayonnement direct de la lampe.

Le degré de précision que cette méthode permet d'obtenir n'a d'autres limites que celle qui résulte du goniomètre dont on fait usage. Avec un goniomètre donnant la minute, on peut aisément répondre des indices à deux ou trois dix-millièmes près de leur valeur. Or cette précision est beaucoup plus que suffisante dans presque tous les cas.

Ce procédé présenterait surtout un grand avantage, pour la détermination des indices des raies dans les liquides qu'on ne serait plus forcé d'exposer directement aux rayons solaires. Leur température éprouverait ainsi moins de variations et serait plus facilement observée. La mesure des indices de réfraction, qui varient si considérablement dans les liquides, avec la température, comme l'ont prouvé les expériences de Fraunhofer et de

---

(1) Dans le goniomètre Babinet tel que M. Soleil le construit, le limbe se visse sur le pied. Il peut aussi, comme nous l'avons déjà fait remarquer, se placer sur l'axe que porte l'illuminateur.

M. Baden-Powell (*Annales de Poggendorff*, tome LXIX), serait par conséquent beaucoup plus exacte.

L'illuminateur permettra encore de déterminer les indices des raies du spectre solaire dans les corps solides transparents qui ne peuvent point être taillés en prismes ; il faudra les tailler en lames minces, et, après les avoir placés sur le porte-lumière d'un microscope, on les éclairera avec une lumière définie de l'illuminateur ; l'indice de réfraction se déduira du déplacement de l'image, d'après la méthode du duc de Chaulnes ; ou bien, après les avoir polis avec soin, on déterminera l'angle de polarisation totale d'un rayon de l'illuminateur réfléchi à leur surface. L'indice se calculera ensuite d'après la loi de M. Brewster.

On peut également déterminer, par ce dernier procédé, l'indice des raies dans les corps complètement opaques. Il faudra, dans ce cas, déterminer l'angle de polarisation maximum.

Le goniomètre, disposé sur l'illuminateur, se prête, au surplus, avec la plus grande facilité à la mesure de l'angle de polarisation.

*Vu et approuvé,*

Le Juin 1850.

Le DOYEN,  
MILNE EDWARDS.

*Permis d'imprimer,*  
L'INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'UNIVERSITÉ,  
*Vice-Recteur de l'Académie de Paris,*  
ROUSSELLE.

# PROGRAMME D'UNE THÈSE DE CHIMIE.

## DU CYANOGENÈ ET DE SES PRINCIPAUX COMPOSÉS.

*Historique de la découverte du cyanogène. — Sa préparation. — Ses propriétés. — Ses divers modes d'analyse. — Le cyanogène se combine avec la plupart des corps, surtout indirectement.*

### COMBINAISONS INORGANIQUES.

*Acide prussique ou cyanhydrique. — Ses divers modes de préparation et d'analyse.*

*Cyanures simples. — Leurs propriétés. — Leur préparation.*

*Cyanures doubles. — Ils présentent la constitution et les propriétés des sels doubles ordinaires de la chimie. Ils sont formés par l'union d'un cyanide avec un cyanure (cyanure double d'argent et de potassium, de zinc et de potassium, etc.).*

*Prussiates. — Ils ne présentent ni la constitution ni les propriétés des sels doubles. Le cyanogène y est combiné, d'une manière particulière et intime, avec un métal (fer, cobalt, chrome, platine) qu'il entraîne, en quelque sorte, dans toutes les combinaisons.*

*Discussion des différentes hypothèses imaginées pour expliquer leur constitution.*

*Ferrocyanures et acide ferrocyanhydrique.*

*Ferricyanures et acide ferricyanhydrique.*

*Bleu de Prusse. — Différentes espèces.*

*Acide cyanique. — Cyanates. — Urée.*

*Acide cyanurique et cyanurates. — Cyamélide.*

*Acide fulminique et fulminates. — Hypothèse sur leur constitution. — Comparaisons des acides précédents avec l'acide phosphorique sous le rapport de la basicité.*

*Chlorures de cyanogène.*

*Sulfure de cyanogène.*

*Sulfocyanure de potassium. — Diverses manières d'envisager sa constitution.*

#### COMBINAISONS ORGANIQUES.

L'azote est contenu dans certaines combinaisons organiques sous la forme de cyanogène.

*Cyanéline. — Nitriles ou éthers cyanhydriques.*

*Éthers cyaniques et cyanuriques.*

*Action de la potasse sur les éthers cyaniques et cyanuriques, et sur les urées : nouvelles bases de M. A. Wurtz.*

#### CONCLUSION.

La composition et le mode de formation de la plupart des combinaisons cyaniques ont conduit M. Gay-Lussac, et après lui tous les chimistes, à regarder le cyanogène comme un radical composé qui viendrait se placer à la suite de l'iode, du brome et du chlore. Ce point de vue est surtout justifié par la comparaison d'un grand nombre de composés chlorés et cyaniques (chlorures et cyanures, acides chlorhydrique et cyanhydrique, acides cyanique et hypochloreux, etc.).

*Vu et approuvé,*

Le Juin 1850.

Le DOYEN,  
MILNE EDWARDS.

*Permis d'imprimer,*

L'INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'UNIVERSITÉ,

*Vice-Recteur de l'Académie de Paris,*

ROUSSELLE.



*Mémoire sur la détermination des indices de réfraction des raies du Spectre solaire; par M. Dutirou.*

