

20 (46) H.P.u.f. 167 (1, 19).
RECHERCHES

SUR LES PROPRIÉTÉS

DES RAYONS CHIMIQUES

DE LA LUMIÈRE SOLAIRE.

THÈSE DE CHIMIE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

PAR J.-B. ABRIA,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE NORMALE.



Paris.

**IMPRIMERIE DE BÉTHUNE ET PLON,
RUE DE VAUGIRARD, 36.**

—
1838.



RECHERCHES

SUR LES PROPRIÉTÉS

DES RAYONS CHIMIQUES

DE LA LUMIÈRE SOLAIRE.



On sait depuis long-temps qu'un grand nombre de réactions chimiques ne peuvent s'opérer, à la température ordinaire, que sous l'influence de la lumière solaire, soit directe, soit diffuse. Mais les divers rayons dont la réunion compose la lumière blanche ne les déterminent pas avec une égale énergie. Schéele reconnut le premier que le chlorure d'argent s'altère plus rapidement dans la partie violette du spectre solaire : Ritter et Wollaston reconnurent ensuite que l'intensité de l'action chimique est à son maximum près de la limite visible du violet, décroît de part et d'autre de cette limite, et se trouve nulle dans la partie la moins réfrangible. M. Bérard arriva plus tard aux mêmes conclusions (1). Ces expériences ne permettent pas de décider si la lumière proprement dite est la cause de ces phénomènes, mais elles prouvent suffisamment que les divers rayons n'y contribuent pas également. On convint donc d'appeler rayons chimiques ceux d'entre eux qui déterminent les réactions opérées sous l'influence de la lumière; c'est aussi le nom que je leur donnerai dans ce travail.

il s'agit de U. V.

D'après les belles recherches publiées récemment par M. Mel-

(1) Mémoire de la Société d'Arcueil, troisième volume.



loni (1), les rayons calorifiques se polarisent par la réflexion et la réfraction sous des angles convenables, et se partagent, en traversant les lames cristallisées, en deux faisceaux polarisés dans des plans rectangulaires et absorbés inégalement par les diverses substances diathermanes. On n'a pu encore vérifier si ces mêmes rayons sont susceptibles d'interférer et d'acquérir la polarisation circulaire : il est permis néanmoins de présumer qu'on parviendra aussi à le reconnaître, et il y aura alors analogie complète entre les propriétés de la chaleur et les propriétés optiques de la lumière.

Quelques expériences, faites à différentes époques par plusieurs physiciens, indiquaient que les rayons chimiques peuvent éprouver les mêmes modifications que les rayons lumineux concomitants. Young démontra qu'ils interfèrent comme la lumière : il fit tomber, à l'aide d'un réflecteur, sur deux lentilles superposées, les rayons situés de part et d'autre de la limite violette d'un spectre. Du chlorure d'argent, placé derrière les deux lentilles, présenta après quelque temps des zones circulaires concentriques alternativement noires et blanches.

M. Arago, en 1821, vérifia la même propriété par une expérience plus directe (2). Il interposa, sur le trajet des rayons émanés d'un point lumineux et réfléchis par deux miroirs très légèrement inclinés l'un sur l'autre, du chlorure d'argent fraîchement préparé ; celui-ci présenta bientôt des lignes noires également espacées, séparées par des intervalles blancs, mais ne correspondant pas aux franges lumineuses les plus brillantes.

Dans le travail cité plus haut, M. Bérard reconnut que les rayons chimiques, après deux réflexions successives sur le verre sous l'angle de 35° , agissaient encore sur le chlorure d'argent, lorsque les plans de réflexion étaient parallèles, et n'exerçaient aucune action, lors-

(1) Ann. de Chimie et de Physique, t. LXI, p. 375, et t. LXV, p. 5.

(2) Supplément à la traduction française de la cinquième édition du *Système de Chimie* de Thompson, 1821, p. 333.

qu'ils étaient rectangulaires, ce qui démontre que les rayons se polarisent par la réflexion sur le verre sous le même angle que la lumière.

Je ne connais pas d'autres recherches sur ce point important, ultérieures à celles que je viens d'indiquer : il était intéressant de vérifier si les propriétés chimiques de la lumière éprouvent, en toutes circonstances, les mêmes modifications que ses propriétés optiques : c'est l'objet de ce travail.

Je n'ai opéré, en général, qu'avec le chlorure d'argent ; cette substance est très altérable à la lumière et se prête facilement à ce genre de recherches. Il suffit, après en avoir préparé à la manière ordinaire à la lumière d'une lampe, d'enlever presque toute l'eau adhérente, et de l'étaler, à l'aide d'un pinceau, sur des bandes de papier un peu fort. Le chlorure ainsi préparé et gardé dans un lieu obscur se conserve très bien : ce sont ces bandes qui sont ensuite exposées à la lumière.

Je n'ai employé que la lumière blanche, et il serait important d'étudier les mêmes propriétés sur les rayons chimiques isolés. Je suis donc loin de présenter ce travail comme complet : mais il suffira, je pense, pour établir les conséquences générales que j'en ai tirées, conséquences qui pouvaient être admises par analogie, mais qui ne devaient pas moins être vérifiées directement.

Les rayons chimiques se partagent à la surface de séparation de deux milieux différents, de même que les rayons lumineux et calorifiques, en deux faisceaux, l'un réfléchi, l'autre réfracté, dont les directions sont liées par les mêmes relations avec celles des rayons incidents. On peut le reconnaître par des expériences directes, mais un grand nombre de faits bien connus le démontrent. Les réactions qui s'opèrent sous l'influence de la lumière directe, telles que la décom-

position des sels d'argent, la combinaison du chlore et de l'hydrogène, etc., s'opèrent, quoique plus lentement, à la lumière diffuse, qui n'est que de la lumière réfléchiée par les diverses parties de l'atmosphère. J'ai eu l'occasion de faire un assez grand nombre d'expériences sur la lumière réfléchiée par des surfaces métalliques ou vitreuses, et il y a eu toujours action avec les rayons réfléchis comme avec les directs; seulement elle est plus lente. La lumière concentrée au foyer des lentilles, exerce une action très prompte; il en est de même de celle qui a été déviée par son passage à travers un prisme. De plus, ces rayons chimiques sont comme les rayons lumineux qu'ils accompagnent, formés de l'ensemble de plusieurs rayons inégalement réfrangibles, et l'étendue du spectre chimique est au moins égale à celle du spectre lumineux. Ce fait avait déjà été reconnu par Schéele, Ritter, Wollaston et M. Bérard; je l'ai également vérifié dans plusieurs expériences faites avec des prismes de diverses substances.

Ces rayons chimiques éprouvent la double réfraction dans les mêmes circonstances que la lumière. Il suffit, pour s'en assurer, d'interposer sur le chemin d'un rayon introduit par une ouverture étroite dans une chambre obscure, un prisme de spath d'Islande et de placer à distance du papier couvert de chlorure d'argent: celui-ci se colore très rapidement aux endroits où tombent les deux faisceaux réfractés. En superposant deux prismes de spath, de manière à avoir quatre images, le chlorure se colore dans les parties correspondantes. Si les sections principales sont parallèles ou perpendiculaires, on sait que les quatre faisceaux lumineux se réduisent à deux, et il en est de même des rayons chimiques. En prolongeant même l'expérience, on n'obtient jamais action qu'en deux endroits; et si les sections principales font un angle assez petit, de 15° ou 20° , par exemple, on obtient quatre taches noires sur le chlorure d'argent; mais celles qui correspondent aux faisceaux lumineux de plus grande intensité, sont d'une teinte notablement plus foncée que les deux autres, ce qui indique une altération plus grande du chlorure dans les parties correspondantes. Ces rayons se polarisent

donc par la double réfraction, l'un dans le plan de section principale, l'autre dans le plan perpendiculaire.

Ils acquièrent la même propriété par la réflexion sur le verre, l'angle et le plan de polarisation sont les mêmes que pour la lumière : je crois inutile d'indiquer les expériences très simples de vérification. Les rayons réfractés correspondant aux rayons réfléchis sous l'angle de polarisation complète sont aussi polarisés dans un plan perpendiculaire au plan de réfraction. Je ne l'ai point vérifié directement, mais par des expériences analogues à celles qui permettent de reconnaître la même propriété pour la lumière, et qui reposent sur d'autres propriétés des rayons chimiques que je vais développer.

Malus, à qui l'on doit la découverte de la polarisation par réflexion et par réfraction, a découvert aussi que l'intensité d'un faisceau polarisé, réfléchi ou réfracté à la surface des corps transparents sous l'angle de polarisation, est variable avec l'angle des plans de polarisation et d'incidence : elle est à son maximum pour le rayon réfléchi quand cet angle est nul, et à son minimum lorsqu'il est droit. C'est l'inverse pour le rayon réfracté. M. Bérard a reconnu la même propriété dans les rayons chimiques polarisés et réfléchis par le verre. J'ai vérifié aussi qu'après deux réflexions successives sur le verre sous l'angle de polarisation, il y a action au bout de quelques minutes quand les plans de réflexion sont parallèles : n'ayant point d'héliostat à ma disposition, je n'ai pas essayé de répéter la deuxième expérience de M. Bérard.

En recevant le faisceau réfléchi par une lame de verre noir sur une pile de douze lames de verre, à faces bien parallèles, sous l'angle de 35° , le chlorure, exposé pendant cinq minutes au faisceau réfracté, a été décomposé quand le plan de réfraction était perpendiculaire au plan de réflexion, mais l'action a été à peine sensible dans le cas du parallélisme. En le laissant exposé dix minutes à chacun des faisceaux, il a été altéré dans les deux cas, mais moins dans le second que dans le premier.

Les substances cristallisées dans un système différent du système cubique partagent la lumière qui les traverse en deux faisceaux polarisés en sens contraire, mais qui restent en général confondus, de sorte que la lumière paraît neutre à sa sortie. Certains cristaux, tels que les tourmalines dont l'épaisseur n'est pas trop petite, jouissent en outre de la propriété d'éteindre un des faisceaux : la lumière émergente est alors polarisée. Toutes les tourmalines paraissent se comporter à peu près de même sur la lumière, mais non sur la chaleur. Les unes absorbent des fractions égales de chaque faisceau calorifique ; d'autres en absorbent des fractions inégales, et la chaleur émergente paraît polarisée en proportion plus ou moins considérable, suivant la tourmaline qu'elle a traversée.

Il était assez probable que les lames cristallisées agissent sur les rayons chimiques, comme sur la lumière et la chaleur ; mais on ne pouvait affirmer que les tourmalines se comportent avec eux comme avec la lumière. Les expériences suivantes établissent qu'il en est ainsi, du moins pour les tourmalines que j'ai employées. J'en ai eu quatre à ma disposition, et j'ai varié avec elles les expériences de toutes les manières possibles ; plusieurs d'entre elles ont été répétées avec deux autres tourmalines. Tous les résultats s'accordent avec le fait annoncé.

J'ai d'abord vérifié directement, à l'aide d'un spath, que les rayons chimiques émergents de chacune de ces tourmalines sont polarisés dans un plan perpendiculaire à la section principale. J'ai ensuite interposé chacune d'elles sur le chemin d'un rayon polarisé, en plaçant la section principale successivement parallèle et perpendiculaire au plan de polarisation. Du chlorure placé derrière a toujours été altéré dans le second cas et jamais dans le premier, en prolongeant même l'expérience beaucoup plus long-temps.

On peut juger du degré d'altération par la teinte plus ou moins foncée du chlorure à l'endroit où il est coloré, et il est facile de reconnaître ainsi que l'intensité de l'action chimique est variable avec l'état de pureté du ciel, et aussi avec la diaphanéité de la tourmaline em-

ployée. Il est nécessaire, à cause de cette circonstance, d'indiquer la manière dont les expériences ont été faites, afin qu'on puisse en apprécier l'exactitude.

Je me suis servi de l'appareil ordinaire pour la polarisation par réflexion, appareil qui se compose, comme on sait, d'un tube en cuivre portant à l'une de ses extrémités une glace noire inclinée sur son axe de 35° . Il peut prendre telle inclinaison qu'on le désire, ce qui permet de réfléchir suivant l'axe un rayon de lumière solaire. La tourmaline est fixée sur un tambour placé à l'autre extrémité, et qui peut y tourner à frottement doux; enfin un disque de liège, au centre duquel est une ouverture circulaire, et qu'on adapte au tambour, porte la bande couverte de chlorure.

Quand la section principale de la tourmaline est perpendiculaire au plan de polarisation du rayon, la partie du chlorure sur laquelle tombe la lumière paraît éclairée par derrière, si le papier n'est pas très épais; et en donnant un léger mouvement au tube à mesure que le soleil se déplace, on peut faire en sorte qu'il en soit de même pendant toute la durée de l'expérience. Dans le cas d'une lumière vive, l'action a lieu au bout de quelques minutes, d'autres fois il faut un quart d'heure ou vingt minutes pour qu'elle soit bien distincte.

Lorsque la section principale du cristal est parallèle au plan de polarisation, le papier ne paraît plus éclairé, et pour s'assurer que les rayons chimiques, s'il en passe, tombent bien sur le chlorure, on perce la bande avec une épingle, et on dispose le tube jusqu'à ce que l'on aperçoive au travers de l'ouverture l'image réfléchie du disque solaire, et on a soin que cette condition soit constamment satisfaite. En général, je plaçais d'abord la tourmaline dans la première position, et lorsque j'avais mesuré le temps nécessaire pour que l'action fût sensible, je la mettais dans la seconde, et l'y laissais un temps beaucoup plus considérable, en prenant la précaution indiquée plus haut. La durée de cette deuxième expérience a toujours été au moins égale à cinq fois celle de la première: pour m'assurer que la nullité de l'action ne provenait pas

de ce que, par quelque circonstance, le chlorure n'était pas altérable, j'ai remis plusieurs fois la tourmaline dans la première position, en laissant la même bande exposée à la lumière.

De quelque manière que j'aie opéré, j'ai toujours obtenu altération du chlorure dans la première position de la tourmaline; et il est resté parfaitement intact dans la seconde.

J'ai aussi exposé à la lumière directe du chlorure d'argent, placé derrière deux tourmalines dont les sections principales étaient d'abord perpendiculaires, et ensuite parallèles. Je n'ai jamais obtenu action dans le premier cas, en m'assurant, par un moyen analogue à celui que j'ai indiqué plus haut, que les rayons chimiques, s'il en passait, tombaient bien sur le chlorure; et dans le deuxième cas, celui-ci a toujours été altéré.

Toutes ces expériences sur les tourmalines peuvent évidemment s'expliquer en admettant que les rayons chimiques se partagent en les traversant en deux faisceaux polarisés, l'un dans le plan de section principale, l'autre dans le plan perpendiculaire, et dont le premier est absorbé dans celles sur lesquelles j'ai opéré.

En plaçant entre deux tourmalines perpendiculaires une mince lame de mica, dont la section principale était parallèle à celle de l'une des tourmalines, j'ai reconnu par des expériences analogues que les rayons chimiques, au sortir de la lame mince, sont arrêtés par la deuxième tourmaline; mais qu'ils la traversent lorsque la section de la lame mince de mica partage à peu près en deux parties égales l'angle des sections des tourmalines: j'ai obtenu les mêmes résultats avec les rayons polarisés par réflexion. Il en résulte que les rayons chimiques polarisés se partagent, comme la lumière, dans les lames cristallisées, en deux faisceaux polarisés à angle droit: chacun d'eux fournit ensuite un rayon extraordinaire dans son passage à travers la seconde tourmaline, et le faisceau émergent résulte de leur réunion.

On sait de plus, d'après la théorie de Fresnel, que les deux rayons lumineux interfèrent au sortir de la deuxième tourmaline, de sorte

que dans le cas d'une lumière homogène, l'intensité du faisceau émergent dépend de la différence des chemins parcourus par chacun d'eux dans la lame cristallisée. J'ai vérifié qu'il en est de même des rayons chimiques, à l'aide de phénomènes que je vais d'abord rappeler en peu de mots.

Concevons qu'entre deux tourmalines on interpose un spath perpendiculaire à l'axe, et que ce système soit traversé par un faisceau conique de lumière homogène, dont l'axe coïncide avec celui du cristal. La lumière émergente, reçue sur un écran, y présentera une série d'anneaux concentriques, d'intensité périodiquement variable, traversés par une croix lumineuse ou obscure, suivant l'angle des tourmalines. L'existence des anneaux est une conséquence nécessaire de l'interférence des faisceaux émergents de la deuxième tourmaline. Si le cristal interposé, au lieu d'être un spath perpendiculaire, est différent, on obtiendra, dans le cas d'une lumière convergente, des anneaux ou des lignes de forme variable avec la nature et le mode de section du cristal interposé ; mais ces lignes, alternativement brillantes et obscures, sont toujours dues à l'interférence des faisceaux qui sortent de la deuxième tourmaline.

Les rayons chimiques les plus énergiques correspondant aux rayons violets, il en résultait que, s'ils éprouvent des modifications analogues, on devait, en employant la lumière blanche, obtenir, sur une bande de chlorure d'argent, des lignes alternativement noires et blanches, correspondantes à celles formées par la lumière violette.

J'ai employé pour le vérifier l'appareil qui sert actuellement dans les cours de physique pour la démonstration de ces phénomènes, et qui consiste en une lentille, au foyer de laquelle on place le système des tourmalines et de la plaque cristallisée. Ayant reconnu que l'action chimique ne s'exerçait que très lentement, en éclairant la lentille à l'aide d'un faisceau de lumière solaire renvoyé par un miroir, à cause de la perte que les rayons efficaces éprouvent dans la réflexion et dans leur passage à travers les milieux qu'ils sont obligés de par-

courir, j'ai réussi après quelques essais d'une manière plus commode et plus prompte en l'exposant à la lumière directe, et abritant avec soin le chlorure de toute lumière étrangère, à l'aide d'écrans convenablement placés; seulement, comme la chaleur est concentrée au foyer en même temps que la lumière, il est bon d'être prévenu que les tourmalines pourraient être brisées par la brusque élévation de température à laquelle elles sont soumises. On diminue les chances d'accident en approchant ou éloignant les lames du foyer jusqu'à ce que la plus grande étendue possible de la surface de la première tourmaline soit couverte par la lumière. Elle s'échauffe alors simultanément dans toute son étendue. Du reste, cet inconvénient n'est pas arrivé dans les expériences assez nombreuses que j'ai faites avec cet appareil.

Comme on est obligé de laisser le chlorure exposé à la lumière pendant un intervalle de temps assez long, il faut avoir soin de marquer par derrière sur le papier des points de repère, afin que, malgré le mouvement du soleil, on puisse faire tomber constamment les mêmes lignes lumineuses sur les mêmes points du chlorure d'argent. Mais les lignes correspondantes aux rayons chimiques sont moins espacées que les franges lumineuses les plus brillantes, et on conçoit facilement qu'à cause du déplacement qu'il faut faire éprouver à l'appareil, si les lignes sont un peu serrées, le chlorure paraîtra altéré uniformément. Il faut donc éloigner la bande du foyer jusqu'à ce que les franges soient notablement espacées; mais cet éloignement ne peut toujours être aussi grand qu'il le faudrait, parce que l'intensité des rayons chimiques est considérablement affaiblie par leur passage à travers les deux tourmalines, et dans mon appareil l'action est extrêmement faible, même après un temps considérable, lorsque le papier est à vingt centimètres environ des tourmalines. Cette circonstance m'a empêché de vérifier le phénomène d'une manière complète avec le spath. En plaçant le chlorure à une petite distance du foyer, j'ai pu obtenir une croix, dont les parties blanches correspondaient aux

parties obscures de la croix lumineuse ; mais la distance à laquelle il fallait mettre le chlorure pour obtenir des anneaux bien séparés , était trop grande pour que l'action fût sensible , même après une demi-heure d'exposition. Heureusement en remplaçant le spath d'Islande par un quartz perpendiculaire à l'axe, d'un centimètre environ d'épaisseur , j'ai pu obtenir sur le chlorure des anneaux bien distincts ; et en interposant un système de deux plaques de quartz croisées de manière à donner des franges hyperboliques , le chlorure a présenté aussi de semblables lignes. Cette dernière expérience a été souvent répétée , et toujours avec succès. La bande était à 12 centimètres environ des lames ; les franges lumineuses avaient une largeur d'environ trois millimètres. Après cinq minutes d'exposition , les franges étaient distinctes , et en continuant l'expérience pendant un quart d'heure ou vingt minutes , elles devenaient assez nettes pour qu'il ne me restât aucun doute sur l'exactitude du fait qu'il s'agissait de vérifier. Les rayons chimiques polarisés interfèrent donc lorsqu'ils sont ramenés à un plan commun de polarisation , et on peut leur étendre les lois d'interférence des rayons polarisés découvertes par Fresnel et M. Arago.

Pour terminer cette étude comparative des modifications dont sont susceptibles les propriétés optiques et chimiques de la lumière solaire, il restait à reconnaître si les substances qui dévient le plan de polarisation de la lumière exercent la même action sur les rayons chimiques polarisés. J'ai d'abord interposé sur le chemin d'un rayon solaire polarisé par réflexion , une plaque de spath perpendiculaire à l'axe , et au-delà une tourmaline. Du chlorure , placé derrière celle-ci , a été altéré lorsque la section principale de la tourmaline faisait avec le plan de polarisation un angle droit ; mais il ne l'a pas été , ou du moins ne l'a été que très faiblement , lorsque cet angle était nul. Cette dernière circonstance n'a lieu , conformément à la théorie , que si la lumière traverse le cristal suivant l'axe. On satisfait aisément à cette condition , en disposant le tambour qui supporte les lames de manière qu'avec la lumière des nuées , on aperçoive au travers de l'orifice prati-

qué dans la bande de chlorure, le centre de la croix blanche ou noire qui traverse les anneaux.

Cela posé, en remplaçant le spath par une plaque de cristal de roche bien perpendiculaire à l'axe, et la disposant de manière qu'elle fût traversée par le rayon dans la direction de celui-ci, j'ai obtenu constamment action, quel que fût l'angle formé par la section principale de la tourmaline avec le plan primitif de polarisation. Le chlorure était altéré au bout de deux ou trois minutes; l'altération m'a paru plus forte, ainsi que cela résultait de la théorie, lorsque la tourmaline donnait une image lumineuse violette, que dans la position perpendiculaire.

Les expériences rapportées dans ce travail, et celles qui étaient déjà connues, démontrent que les rayons chimiques éprouvent, dans les mêmes circonstances, des modifications analogues à celles des rayons lumineux. On ne sait pas si l'agent chimique qui accompagne la lumière solaire en est distinct; mais, quoi qu'il en soit, les mêmes raisons qui font attribuer les phénomènes optiques de la lumière aux vibrations d'un fluide, conduisent nécessairement à l'existence d'une cause analogue pour les phénomènes produits par l'agent chimique. Son action sur les corps doit consister, ainsi que Fresnel l'avait déjà conclu de la belle expérience de M. Arago sur l'interférence des rayons chimiques, dans une action mécanique que les molécules de l'éther exercent sur les particules pondérables, et qui oblige celles-ci à prendre de nouveaux arrangements, de nouveaux états d'équilibre dépendants de l'espèce et de l'énergie des vibrations auxquelles elles sont exposées.

Vu et approuvé par le doyen de la Faculté des Sciences, le
21 août 1838.

Pour M. le Doyen absent,

Par autorisation,

J.-L. BEUDANT, PROFESSEUR.

Permis d'imprimer.

L'inspect.-gén. des études, chargé de l'administrat. de l'Académie de Paris,

ROUSSELLE.