

H. F. 115167. (t. II, 3)

DES EFFETS

CHIMIQUES ET ÉLECTRIQUES

PRODUITS SOUS L'INFLUENCE

DE LA

LUMIÈRE SOLAIRE.

THÈSE DE PHYSIQUE

Présentée et soutenue à la Faculté des Sciences de Paris, le août 1840,

PAR

EDMOND BECQUEREL,

Aide au Muséum d'histoire naturelle.



PARIS,

TYPOGRAPHIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES,
IMPRIMEURS DE L'INSTITUT, RUE JACOB, 56.

1840.



PROFESSEURS.

MM. BIOT (*doyen*).
THÉNARD.
LACROIX.
FRANCOEUR.
DE MIRBEL.
GEOFFROY SAINT-HILAIRE..
POUILLET.
PONCELET.
DE BLAINVILLE.
CONSTANT PRÉVOST.
DUMAS.
AUGUSTE SAINT-HILAIRE.
LIBRI.
DESPRETZ.

BEUDANT.

SUPPLÉANTS.

MM. LEFÉBURE.
I. GEOFFROY SAINT-HILAIRE.
STURM.
AD. DE JUSSIEU.
PELIGOT.
MASSON.
DUHAMEL.
LAURENT.
DELAFOSSÉ.
ADOLPHE BRONGNIARD..

A mon Père,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'INSTITUT DE FRANCE,

PROFESSEUR ADMINISTRATEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE, ETC., ETC.

TÉMOIGNAGE DE RESPECT ET DE RECONNAISSANCE.



C'est, inspiré par les belles découvertes et les pensées philosophiques qui ont dirigé les travaux de toute ta vie, que j'ai composé cette thèse. En te priant d'en agréer la dédicace, je dois craindre qu'elle ne soit pas digne de mon modèle.

Edmond Becquerel.

DES EFFETS CHIMIQUES
ET ÉLECTRIQUES
PRODUITS SOUS L'INFLUENCE
DE LA LUMIÈRE SOLAIRE.

LA lumière solaire n'est pas composée seulement de rayons lumineux perceptibles par l'organe de la vision, mais encore de rayons de différents ordres doués de propriétés particulières : les uns, auxquels on a donné le nom de rayons calorifiques, produisent sur nous la sensation de chaleur, et peuvent être observés au moyen des thermomètres et des piles thermo-électriques; d'autres opèrent des réactions chimiques entre les éléments de substances diverses, et décolorent certaines couleurs végétales; d'autres, enfin (peut-être sont-ils du même ordre que les précédents), excitent la phosphorescence dans les corps. Cette dernière propriété que certaines substances acquièrent, soit par l'action de la lumière, soit par celle de la chaleur, doit plutôt se ranger dans une autre classe de phénomènes physiques, c'est-à-dire, parmi les phénomènes électriques, car, d'après la théorie que mon père en a donnée, la lueur émise par les corps phosphorescents ne

serait qu'une série d'étincelles s'excitant à travers les espaces intermoléculaires des corps, et provenant de la réunion des électricités qui auraient été désunies sous l'influence de la lumière ou de la chaleur.

Parmi les actions chimiques opérées sous l'influence de la lumière, on remarque les changements produits sur la plupart des matières colorantes employées en teinture. L'étude de ces phénomènes a été faite d'une manière remarquable par M. Chevreul.

On a également reconnu que les effets chimiques de la lumière ont une très-grande influence sur les fonctions essentielles de la vie végétale ou animale; parmi les travaux faits sur ce sujet, on doit citer ceux d'Ingenhoutz. Ce physicien montra, le premier, que les plantes décomposaient à la lumière l'acide carbonique répandu dans l'air, en s'appropriant le carbone, et qu'elles émettaient de l'acide carbonique à l'obscurité. Sans passer en revue dans ce travail les nombreux phénomènes produits par les rayons de différents ordres contenus dans la lumière solaire, je me bornerai à considérer l'étude que l'on a faite du genre d'action des différents rayons qui opèrent des réactions chimiques dans les corps de nature inorganique. Ces rayons ont reçu, de quelques physiciens, le nom de *rayons chimiques*, nom que j'adopterai dans ce mémoire. En disant que les rayons chimiques influent sur certains corps, on ne prétend pas que ce soient les mêmes rayons qui agissent sur ces corps, car l'on a constaté l'inégale aptitude des différentes parties du rayonnement lumineux pour déterminer des modifications chimiques, selon l'espèce des substances impressionnables, et selon la nature du milieu qui les environne. Mais, dans chaque cas, on appelle *rayons*

chimiques, l'ensemble des rayons qui influencent la substance sur laquelle on expérimente.

Certaines combinaisons de chlore, de brôme et d'iode, divers oxydes métalliques, des combinaisons de cyanogène, et des sels de métaux facilement réductibles, comme l'or, l'argent et le mercure, sont les préparations chimiques dans lesquelles les modifications, sous l'influence de la lumière, sont les plus marquées et surtout les plus rapides. Les effets observés consistent, soit dans la décomposition totale ou partielle de ces combinaisons, sous l'influence des rayons chimiques, soit dans la formation d'un nouveau composé, formation qui s'opérerait moins vite, et même nullement, dans l'obscurité.

On peut citer comme exemples des plus frappants : le chlorure d'argent, qui d'abord blanc dans l'obscurité, se colore ensuite en violet, puis noircit à la fin quand il est exposé même à la lumière diffuse ; le bromure d'argent, jaune dans l'obscurité, passe au vert quand il est exposé à la lumière, puis ensuite devient noir. Dans ces expériences, le chlorure et le bromure d'argent dégagent du chlore et du brôme, et passent l'un à l'état de sous-chlorure, l'autre à celui de sous-bromure.

Le bleu de Prusse, d'après une expérience de M. Chevreul, perd du cyanogène au soleil, dans le vide, et blanchit ; puis reprend de l'oxygène dans l'obscurité, et redevient bleu.

Un mélange de chlore et d'hydrogène, à volumes égaux, qui restent désunis à l'obscurité, détone violemment à la lumière solaire, par suite de la combinaison de ces deux gaz ; à la lumière diffuse, cette combinaison s'effectue lentement, et le produit qui en résulte est de l'acide chlorhydrique.

Un mélange de chlore et de gaz oléfiant (hydrogène bicar-

boné) étant exposé à l'action de la lumière, les deux gaz se combinent de manière à former une substance d'apparence huileuse et qui a reçu le nom de *liqueur des Hollandais*. En général, le chlore, le brôme, et quelquefois l'iode, exercent sous l'influence des rayons solaires, une action sur un très-grand nombre de corps hydrogénés.

On pourrait encore rapporter d'autres faits; mais, pour les exposer d'une manière convenable, le meilleur moyen est de les classer d'après l'ordre de leur découverte. Je ferai donc connaître, dans la première partie de ce travail, 1° quelques-unes des diverses substances impressionnables à la lumière solaire; 2° leur emploi pour étudier l'action chimique des diverses parties du spectre, 3° l'ordre des écrans par rapport au rayonnement chimique.

Dans la seconde partie, j'exposerai le résultat de mes recherches à ce sujet.

CHAPITRE PREMIER.

HISTORIQUE.

§ I. *Des différentes substances impressionnables à la lumière solaire.*

Pour avoir des indices certains de l'action chimique de la lumière solaire, il faut remonter jusqu'au milieu du seizième siècle, vers 1556. On découvrit à cette époque qu'une mine

d'argent fournissait une poussière grise qui brunissait à la lumière : c'était de l'argent corné (chlorure d'argent), qui, sous l'influence des rayons chimiques, passait à l'état de sous-chlorure violet. Les faits plus précis ne datent que du moment où Schèele voulut employer le chlorure et les sels d'argent pour fixer les images de la chambre obscure, inventée par Porta. Mais l'expérience ne répondit pas à son attente; car, outre que les images étaient inverses de celles de la nature, c'est-à-dire, que les clairs étaient représentés par des ombres, et *vice versa*, ces mêmes images n'étaient pas nettes, et, par son exposition à la lumière du jour, tout le papier noircissait. Cette question de la fixation des images de la chambre obscure a occupé beaucoup de personnes; plusieurs d'entre elles paraissent avoir atteint le but qu'elles se proposaient.

On a étudié l'influence de la lumière sur un très-grand nombre de substances; je vais indiquer succinctement les résultats les plus importants.

Des expériences de M. Petit, faites en 1722, avaient montré que des dissolutions de salpêtre et de sel ammoniac, exposées au soleil, donnaient, en s'évaporant, des végétations plus belles qu'à l'ombre. M. Chaptal montra plus tard (1) que des rayons lumineux isolés et dirigés sur des capsules, décidaient la cristallisation sur les parties des vases où ils étaient dirigés. M. Dorthes (2) fit des expériences analogues avec des flacons contenant du camphre en dissolution; il vit que ces flacons présentaient des cristallisations du côté où ils étaient exposés à la lumière. Pour expliquer

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, tom. III.

(2) *Annales de chimie*, tome II, pag. 91.

ces phénomènes, il avait admis une force attractive de la part de la lumière, et une des raisons sur lesquelles il s'appuyait, était que les plantes qui sont renfermées dans une enceinte obscure, où il ne pénètre qu'un seul rayon lumineux, s'inclinent vers ce rayon.

Je passe maintenant à l'action des rayons solaires sur le phosphore. C'est Beckman qui a vu le premier que, lors de l'exposition du phosphore à la lumière solaire, dans de l'azote et d'autres gaz, il se déposait sur les parois des vases une poudre qui n'avait pas la même couleur dans les divers milieux, tandis qu'à l'ombre il ne se passait rien de semblable. Ce chimiste supposait que le phosphore, dissous dans ces différents gaz, se déposait, par le refroidissement sur les parois des vases, dans un grand état de division. Vogel (1), qui a répété ces expériences, a montré qu'il s'opérait une réaction sur le phosphore sous l'influence de la lumière dans différents milieux, et même dans le vide barométrique; dans ce dernier cas, le phosphore se recouvre d'un enduit rougeâtre. Ce changement de couleur du phosphore, qui n'est pas suffisamment expliqué aujourd'hui, ne tient donc pas à une oxydation, puisqu'il a également lieu dans le vide barométrique comme dans l'eau, mais peut-être à un état particulier des molécules du phosphore.

M. Boullay (2) a montré que la lumière exerçait une influence sur le chlorure de mercure, et qu'une action prolongée tendait à rendre au mercure l'état métallique. On savait depuis longtemps qu'une dissolution aqueuse de chlore et l'acide

(1) *Annales de chimie*, tom. LXXXIII. (2) *Idem*, tom. XLIV.

nitrique se décomposent sous l'influence solaire : dans le premier cas, il y a décomposition de l'eau ; le chlore forme de l'acide chlorhydrique avec tout l'hydrogène de l'eau décomposée ; une partie de l'oxygène, provenant de cette décomposition, se combine avec du chlore, en donnant naissance à de l'acide chlorique ; l'autre partie se dégage : dans le second cas, l'acide nitrique se transforme en oxygène et en acide nitreux.

MM. Gay-Lussac et Thénard ont montré l'action bien remarquable du chlore sur l'hydrogène, action dont j'ai déjà parlé ; ces deux gaz restent désunis à l'obscurité, mais se combinent lentement à la lumière diffuse, et instantanément à la lumière solaire.

Avant cette dernière expérience, Rumfort (1) avait contesté la propriété chimique de la lumière solaire, en montrant que la chaleur pouvait produire les mêmes résultats. Il avait fait voir, entre autres effets, que des dissolutions de nitrate d'argent et de nitro-muriate d'or (chlorure d'or), en contact avec du charbon, se réduisaient à la lumière, tout aussi bien qu'à l'obscurité, sous l'influence de la chaleur. Mais Rumfort avait tiré de ses expériences une conclusion trop hasardée ; car, si la chaleur peut donner lieu à certains effets que les rayons chimiques de la lumière solaire font naître, elle ne peut pas les produire tous. L'acide nitrique, par exemple, ne peut pas se transformer en acide nitreux et en oxygène sous l'influence de la chaleur, tandis que ce changement s'opère à la lumière. Il en est de même de la décomposition de l'eau chlorurée, etc. Du reste, le fait observé par Ritter et Vollaſton et dont nous

(1) *Annales de chimie*, tom. XXXIII.

allons parler, savoir : que le chlorure d'argent noircit quand il est exposé au delà du violet du spectre, établit bien la propriété chimique de la lumière, car, au delà du violet, il n'y a plus de rayons calorifiques.

La décomposition de l'alcool par différents corps, sous l'influence solaire, s'effectue aussi avec beaucoup de facilité. Vogel a opéré cette décomposition avec le chlore; elle s'opère aussi par les chlorures : ainsi, une dissolution de perchlorure de fer dans l'alcool se décolore au soleil et laisse précipiter de l'oxyde de fer ; le chlorure passe à l'état de proto-chlorure, et il y a formation d'éther. L'acide chromique décompose l'alcool sous l'influence de la lumière. Si l'on dissout de l'acide chromique dans de l'alcool, puis qu'on expose le mélange aux rayons solaires, il se précipite au bout de quelque temps une matière brunâtre, qui est de l'hydrate de chrome, et qui se change en oxyde vert de chrome par l'action d'une température élevée. En général, l'acide chromique agit sur un très-grand nombre de matières organiques, sous l'influence des rayons solaires comme sous celle de la chaleur. Outre l'alcool, on peut citer le sucre, la gomme, l'amidon, etc. Nous reviendrons sur l'emploi de cette dernière réaction pour former des dessins photogéniques.

Non-seulement le chlorure d'argent et le bromure d'argent se décomposent à la lumière, mais encore la plupart des sels d'argent; on a préparé, au moyen de ces sels, des papiers sensibles à la lumière : parmi ceux-ci, nous citerons les papiers qui s'obtiennent en plongeant successivement du papier non collé dans de l'eau qui contient un chlorure ou un bromure, et dans une solution de nitrate d'argent ; ensuite, celui que l'on obtient en imprégnant successivement le papier d'éther

chlorhydrique acide et de nitrate d'argent. Dans ces papiers, c'est toujours ou le chlorure ou le bromure d'argent qui se colore sous l'influence solaire. Divers oxydes métalliques, tels que le peroxyde de plomb, le protoxyde de mercure, etc., s'impressionnent aussi au rayonnement chimique.

Seebeck a observé un fait singulier qui a lieu lors de la réduction du chlorure d'or sous l'influence de la lumière. Si on enduit un papier de chlorure d'or, et qu'on le place dans une chambre obscure, il ne changera pas de couleur, et l'or ne sera pas réduit; mais si, après une exposition très-courte à la lumière solaire, on vient à le rapporter dans l'obscurité avant qu'il ait été coloré par l'action des rayons chimiques, la réduction de l'or a lieu dans la chambre obscure, et le papier passe par toutes les phases de coloration qu'il aurait prises en restant exposé au soleil.

La résine de gaïac est une des substances dont les modifications, sous l'influence de la lumière, sont les plus remarquables, en raison du changement des teintes qu'elle présente. Si on imbibe un papier d'une dissolution alcoolique de cette résine, il paraît jaunâtre à l'obscurité, mais il change de couleur à la lumière, devient successivement vert, vert bleuâtre, puis à la fin bleu.

M. Biot a montré dernièrement (1) à quoi tenaient ces différentes teintes que prend un papier enduit de gaïac, lors de son exposition à la lumière. Ces effets ne proviennent que d'une illusion d'optique, parce que la matière impressionnable se compose de deux substances bien différentes; l'une rouge

(1) *Compte rendu de l'Académie des sciences de l'Institut de France*, 22 avril 1839.

jaunâtre, soluble dans l'eau et dans l'alcool, et qui n'est pas altérée par la lumière; l'autre, qui est soluble dans l'alcool et insoluble dans l'eau, est presque incolore, mais passe rapidement au bleu, sous l'influence des rayons chimiques. C'est ce mélange de bleu, dont l'intensité croît jusqu'à une certaine limite, et de jaune, dont l'intensité reste constante, qui présente ces teintes verdâtres intermédiaires. Cette coloration de la résine de gaïac, sous l'influence de la lumière, provient probablement d'une oxygénation, car les corps oxygénants lui donnent cette couleur.

L'année dernière, a été publiée la découverte de MM. Niepce et Daguerre sur la manière de fixer les images de la chambre obscure sur des plaques d'argent ou de plaqué. Je ne parlerai pas de ce procédé que tout le monde connaît; seulement on verra plus loin que, dans la théorie de ce phénomène, il faut avoir égard à la transformation de l'iodure d'argent en sous-iodure, par l'action solaire. Je parlerai toutefois des différents papiers impressionnables, qui représentent les ombres par les ombres et les clairs par les clairs. La préparation d'un de ces papiers consiste à couvrir d'une couche d'iodure de sodium ou de potassium un papier préparé à la manière de M. Talbot, c'est-à-dire, enduit de chlorure d'argent, après qu'il a été exposé pendant quelque temps à la lumière. Alors, sous l'influence des rayons chimiques et de l'iodure alcalin, le sous-chlorure violet se décompose, et passe à l'état d'iodure jaunâtre. On peut ainsi avoir sur du papier la représentation fidèle d'une gravure ou d'une image de la chambre obscure. Pour que le papier ne soit plus impressionnable par la suite, il suffit de le laver avec l'hyposulfite de soude.

Il y a plusieurs mois, M. Ponton fit connaître un papier sensible. Sa préparation consiste à plonger une feuille de papier dans une solution de bichromate de potasse, de faire sécher le papier et de l'exposer ainsi à la lumière; alors l'action de l'acide chromique sur le papier est telle, que les parties exposées au rayonnement se colorent peu à peu, en prenant successivement les couleurs jaune foncé, puis bois foncé; si ensuite l'on plonge le papier dans l'eau, tout le bichromate qui n'a pas été exposé à l'action solaire est dissous, et on n'a d'imprimées sur le papier que les parties qui ont été exposées à la lumière. A l'aide de ce papier, M. Ponton a copié des gravures avec avantage. On obtient ainsi une représentation faible des objets, les ombres étant représentées par des clairs, et *vice versa*, comme avec des papiers de chlorure ou de bromure d'argent. En étudiant l'action de l'acide chromique sur les matières organiques sous l'influence de la lumière, j'ai été conduit à continuer le procédé de M. Ponton, et je suis parvenu à produire un nouveau papier, de manière à représenter dans le dessin produit par l'action du rayonnement solaire, les ombres par les ombres et les clairs par les clairs, et à donner, non-seulement une autre teinte au dessin, mais encore plus de vigueur. Il suffit de plonger un papier préparé à la manière de M. Ponton, et sur lequel il existe une représentation faible d'un dessin, dans une dissolution alcoolique d'iode, de laver ce papier dans l'eau, puis de le faire sécher; alors les parties qui étaient blanches deviennent bleues, et celles qui étaient jaunes restent plus ou moins claires. J'ai reconnu plus tard qu'en lavant le papier de bichromate, après qu'il a été impressionné à la lumière, dans une faible solution de potasse ou de soude,

les parties jaunâtres deviennent plus claires, de telle sorte que, dans le dessin passé à l'iode, les clairs sont presque blancs, ou du moins bleuâtres.

Voici le détail et l'explication de ce procédé : ayant employé différentes sortes de papiers enduits de bichromate, je reconnus qu'ils n'étaient pas tous aptes à produire rapidement les dessins, que le mode de collage influait sur leur coloration à la lumière, et qu'avec du papier non collé, cette coloration ne s'effectuait qu'à la longue; dès lors je m'aperçus que la principale réaction était celle de l'acide chromique, contenu dans le bichromate, sur l'amidon qui entrait dans la colle du papier; alors, comme l'amidon a la propriété de former avec l'iode une combinaison d'un très-beau bleu, je pensai que sur les parties du papier qui n'avaient pas été exposées à l'action des rayons solaires, l'amidon ne s'étant pas combiné avec l'acide chromique, l'iode devait former l'iodeure bleu, et représenter ainsi les ombres par des ombres.

Quand on veut, à l'aide de ce procédé, copier une gravure, voici la marche à suivre : on s'assure d'abord que le papier est bien collé, et que l'amidon est répandu uniformément à sa surface; pour cela, on le trempe dans une légère dissolution alcoolique d'iode, puis on le lave à grande eau : par cette seconde immersion, il doit prendre une belle teinte bleue que la première immersion ne lui donnait pas. Si cette teinte est uniforme, on juge le papier convenable à l'expérience; dans le cas contraire, on pourrait le coller soi-même à l'amidon.

On le trempe ensuite, comme l'a indiqué M. Ponton, dans une solution concentrée de bichromate de potasse, puis, pour que le papier soit teint d'une manière uniforme, après

quelques instants d'immersion, on le comprime fortement entre des feuilles de papier brouillard; puis on le fait sécher, soit en le laissant dans du papier brouillard à l'obscurité, soit en l'approchant du feu. Ce papier, pour être bien impressionnable, doit être très-sec. Quand il est ainsi enduit de bichromate, on le place sur une planche, puis on le couvre de la gravure que l'on veut copier, en ayant soin que le côté du dessin soit appliqué sur le papier sensible, et, avec une plaque de verre, munie de vis de pression, l'on presse ces deux papiers l'un contre l'autre, et on les expose ainsi aux rayons solaires. Après un temps qui varie de trente secondes à quinze minutes, suivant l'épaisseur du papier de la gravure, le dessin est assez marqué (à la lumière diffuse ce temps serait plus long), on enlève la gravure, on lave le papier, puis on le fait sécher. Quand il est sec, on le trempe dans une légère dissolution alcoolique d'iode, et ensuite, lorsqu'il y a séjourné quelque temps, on le lave dans l'eau, et on le fait sécher avec soin dans du papier brouillard, mais pas au feu, car à un peu avant 100° l'iodure d'amidon se décolore. Si on juge que le dessin n'est pas assez marqué, on répète plusieurs fois cette immersion; on peut, par ce moyen, obtenir l'intensité de ton que l'on veut donner au dessin, intensité que l'on ne pourrait pas changer à volonté en employant une dissolution d'iode plus concentrée.

Quand le papier est humide, les ombres sont d'un très-beau bleu; mais quand il est sec, la couleur devient violet foncé. J'ai reconnu que lorsqu'il est encore humide, si on le recouvre d'une couche de gomme arabique, la couleur du dessin se conserve en grande partie, et est plus belle quand il est sec. Quand un papier est ainsi préparé, dans les pre-

miers instants il perd un peu de son ton, mais ensuite il conserve sa teinte violacée.

Au moyen de ce procédé, on copie avec fidélité des gravures et des dessins, et cela à un très-bas prix, car la préparation est très-peu dispendieuse et d'une facile exécution. Toutefois, la vigueur du dessin produit n'est pas aussi grande que celle de la gravure, mais il n'en a pas la sécheresse. Les demi-teintes sont fidèlement reproduites, et cette copie se rapproche d'un dessin à l'estompe.

Le nombre des réactions opérées sous l'influence des rayons chimiques de la lumière, est considérable : je n'ai décrit que les plus importantes. M. Landgrebe, dans un ouvrage intitulé *Ueber das Licht*, en a noté un très-grand nombre.

Nous allons maintenant examiner comment on s'est servi des changements de couleur de quelques-unes de ces substances, pour étudier l'action des rayons chimiques.

§ II. *Action chimique des différentes parties du spectre solaire.*

C'est Schèele qui, le premier, a étudié l'action des différentes parties du spectre sur un papier enduit de chlorure d'argent ; il vit que ce papier était plus fortement noirci dans les rayons violets que dans les autres. Plus tard, Vollaſton et Ritter montrèrent que la noircissure s'étendait non-seulement à travers l'espace occupé par le violet, mais encore à un degré égal et environ à pareille distance au delà du spectre visible, et qu'en diminuant le filet de lumière reçu sur le prisme, on pouvait faire tomber entièrement la coloration du chlorure

au-delà du violet et de tout espace visible. D'après ces expériences, répétées du reste par Beekman et M. Bérard, Vollaſton avança que ces effets, ainsi que d'autres, attribués ordinairement à la lumière, ne sont réellement dus à aucun des rayons perceptibles par l'organe de la vision, mais à d'autres, invisibles, qui les accompagnent, et qui sont moins réfrangibles qu'eux. D'après leur action sur les sels d'argent et sur d'autres composés, on avait nommé ces rayons *rayons désoxydants*. On voit combien ce nom est impropre, puisqu'il n'a pas toute sa généralité; car ces rayons produisent des réactions chimiques autres que des désoxydations.

En parlant des modifications que le chlorure d'argent éprouve dans le spectre solaire, il est bon de mentionner ce fait, observé par Seebeck, que dans les rayons rouges, le chlorure prend une teinte rosée. M. Herschell (1) a fait dernièrement une expérience analogue; il a montré que, dans les rayons rouges, le papier sensible de M. Talbot, impressionné et non impressionné par la lumière, prenait une teinte rouge.

Vollaſton a aussi étudié l'action du spectre solaire sur un papier enduit de résine de gaïac; il a montré que les rayons les plus réfrangibles étaient les plus aptes à lui donner une teinte verte, tandis que les moins réfrangibles étaient au contraire les plus aptes à lui restituer sa couleur primitive. Vollaſton montra ensuite que ce second effet était également produit par l'action de la chaleur: peut-être, dans sa première expérience, comme dans celle de Seebeck, les rayons calorifiques agissaient-ils seuls pour rendre la teinte jaune à la résine de gaïac et colorer en rose le chlorure d'argent.

(1) *Bibliothèque universelle de Genève (nouvelle série)*, tom. XXIII.

On peut citer, du reste, un autre fait remarquable, qui montre que la chaleur et la lumière peuvent produire des effets opposés ; car, sous l'influence de la chaleur, le perchlorure de carbone perd de son chlore, et se change en chlorure de carbone moins chloruré, et, sous l'influence de la lumière, ce dernier chlorure absorbe du chlore et se transforme en perchlorure.

En étudiant l'action des rayons diversement colorés sur le phosphore, Vogel a vu que ce corps devenait plus promptement rouge dans les rayons violets que dans tous autres, et que, dans les rayons rouges, il ne se colorait aucunement.

Plusieurs physiciens ont étudié l'action des rayons diversement réfringibles sur le mélange de chlore et d'hydrogène à volumes égaux. M. Bérard (1) a opéré sur un spectre fixe, formé par un rayon réfléchi sur un héliostat. En plaçant plusieurs flacons remplis de ce mélange fait à l'obscurité, un hors de la limite du violet du spectre, un dans le bleu, un dans le jaune, un dans le rouge, et un hors de la limite du rouge, il vit que dans ces flacons la combinaison s'était effectuée sans détonation. Au bout de trois quarts d'heure, la combinaison était complètement faite dans les deux premiers flacons, elle l'était à moitié dans le troisième, et nullement opérée dans le quatrième et le cinquième. Ces flacons plongeaient par leur orifice dans de l'eau saturée de chlore. M. Bérard a reconnu ainsi que la combinaison s'effectuait plus rapidement à la limite que hors du violet.

Seebeck ayant fait les mêmes expériences avec des verres

(1) *Mémoires de la société d'Arcueil*, tom. III.

colorés, on a vu que sous le verre bleu la combinaison s'effectuait plus vite que sous le verre rouge.

Davy a dit, dans sa *Philosophie chimique*, que la combinaison s'effectuait plus rapidement dans les rayons les moins réfrangibles que dans les rayons les plus réfrangibles.

M. Suckou d'Iéna (1), qui a repris ces expériences il y a quelques années, a vu que le mélange à parties égales de chlore et d'hydrogène se combinait plus vite dans les rayons les plus réfrangibles de la lumière solaire, comme l'avait montré M. Bérard.

Il a de plus trouvé qu'en mélangeant ces deux gaz dans les proportions de trois volumes de chlore et de deux volumes d'hydrogène, ou de deux de chlore et un d'hydrogène, il y avait explosion, quelle que fût la couleur de la lumière à laquelle on exposât le mélange, et même à la lumière diffuse.

On a expérimenté aussi sur différents oxydes métalliques. Ainsi Davy a trouvé que le peroxyde de plomb et le protoxyde de mercure éprouvaient une altération dans les rayons les moins réfrangibles, et aucune dans les rayons les plus réfrangibles. Le premier, étant humide, prend, dans les rayons rouges, une teinte rouge, et à la fin devient noir; le second devient rouge dans les rayons les moins réfrangibles.

M. Suckou d'Iéna a fait un grand nombre d'expériences sur l'action des rayons diversement colorés pour produire des effets chimiques; il a montré, entre autres, que l'oxyde rouge de mercure est réduit par les rayons blancs, violets, ou bleus, et nullement par les rayons rouges. L'acide chloreux (cl. o³) est

(1) *Annales des mines*, 3^e série, tom. VII.

décomposé plus rapidement par la lumière oblique du matin que par celle du milieu de la journée, et c'est l'inverse pour le protoxyde de chlore (cl. o).

L'action de l'acide chromique sur le papier a lieu dans les rayons violets, et non dans les rayons les plus réfrangibles.

Je vais maintenant passer en revue les travaux qui ont été faits touchant l'action des écrans sur les matières impressionnables à la lumière solaire.

§ III. *Action des écrans.*

Les différents physiciens qui ont analysé l'action des rayons chimiques transmis à travers des écrans de diverse nature, ont tous employé à cet effet la coloration du chlorure d'argent.

Madame de Sommerville (1) a étudié la première l'action des écrans sur les rayons chimiques de la lumière solaire qui agissent sur le chlorure d'argent. Voici le résultat de ses expériences :

Un morceau de verre, vert pâle, ainsi que des lames de mica de même couleur, sont complètement imperméables aux rayons chimiques qui agissent sur le chlorure d'argent. Cependant, quand les lames de mica sont très-minces, et que l'action est prolongée, elles n'arrêtent pas complètement les effets chimiques de la lumière; les lames de mica incolore se laissent traverser très-facilement par les rayons chimiques; il en est de même d'une plaque d'émeraude verte. Ainsi la matière qui colore en vert l'émeraude n'agit pas sur les rayons chimiques, tandis que celle qui donne la même cou-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tom. III.

leur au verre et au mica, exerce sur ces rayons une action très-marquée.

Le sel gemme possède à un très-haut degré la faculté de transmettre les effets chimiques de la lumière solaire, de même que le verre violet et le verre bleu. Il y a des corps qui ont cette propriété à des degrés intermédiaires qui peuvent varier de l'un à l'autre, quoique la couleur soit la même : ainsi le verre rouge foncé ne laisse passer que très-peu de rayons chimiques, tandis que le grenat les laisse passer en totalité. La topaze blanche, ainsi que le bleu, le béril bleu pâle, la cyanite, le spath pesant, l'améthyste, et diverses autres substances, sont très-perméables aux rayons chimiques ; mais il n'en est pas de même du béril jaune et des tourmalines brunes ou vertes.

M. Biot (1) a étudié avec soin l'action du rayonnement chimique sur du papier enduit de nitrate d'argent et d'éther chlorhydrique ; il a reconnu que la transmission des rayons chimiques, à travers des écrans de nature différente, ne suivait pas la même loi que la transmission des rayons calorifiques à travers les mêmes écrans. Il a aussi trouvé que deux plaques de cristal de roche, taillées perpendiculairement à l'axe, étaient également perméables aux rayons chimiques ; la chaux sulfatée s'est montrée aussi efficace que le cristal de roche ; le sel gemme n'a pas offert assez de différence marquée avec ces corps.

Les travaux de madame de Sommerville et de M. Biot ayant montré que certaines substances solides arrêtaient les rayons chimiques, tandis que d'autres les laissaient passer

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, du 23 février 1839.

avec facilité, M. Malaguti a cherché à démontrer d'une manière précise le pouvoir qu'ont certains liquides de retarder les effets chimiques de la lumière diffusée. Il a employé, à cet effet, pour papier sensible, un papier enduit de chlorure d'argent, et, pour juger de l'intensité des nuances, un papier peint avec un mélange de carbonate de plomb, d'encre de Chine, de laque de garance : en variant les proportions de ces trois substances, il a pu obtenir une série des nuances et des tons que prend le chlorure d'argent, lors de son exposition à la lumière. Pour opérer, il place à côté l'un de l'autre un papier sensible et un papier peint ; puis il prend un second système semblable. Il recouvre l'un de ces systèmes d'un écran liquide, et l'autre reste à l'air libre ; puis il note le temps précis où l'observation commence, et les temps différents où les deux papiers sensibles sont parvenus à la teinte des deux papiers peints : alors les rapports des nombres qui expriment les temps observés représentent ceux des pouvoirs retardateurs du liquide et de l'air pour transmettre les rayons chimiques. Il a ainsi déterminé le pouvoir retardateur d'un grand nombre de liquides. Parmi les substances qu'il a examinées, il en a trouvé une qui, loin d'être douée d'un pouvoir retardateur relativement à l'air, possède, au contraire, un pouvoir accélérateur : cette substance est l'eau distillée.

D'après l'analyse des expériences faites par les physiciens qui se sont occupés de cette question, le seul procédé servant à reconnaître la présence des rayons chimiques est la coloration des substances impressionnables. Il faut excepter cependant celui qui consiste à employer le mélange, à parties égales, de chlore et d'hydrogène ; la combinaison de ces

deux gaz se fait avec explosion aux rayons solaires, et lentement à la lumière diffuse.

J'ai imaginé un autre procédé que je décrirai dans le second chapitre, et qui est fondé sur les effets électriques. Une remarque à faire, c'est que les trois expérimentateurs qui ont analysé l'action chimique du spectre, à l'aide de ce mélange de chlore et d'hydrogène, ne sont pas arrivés au même résultat.

Ainsi M. Bérard a trouvé que les rayons violets étaient les plus efficaces pour produire la combinaison des deux gaz ; Davy a dit, au contraire, que c'étaient les rayons rouges, et M. Suckou d'Iéna a trouvé de l'efficacité à ces deux sortes de rayons. Il faut croire que la matière du prisme et la nature du rayonnement auront influé sur les effets produits.

Les résultats rapportés dans cette première partie donnent une idée succincte des travaux faits, jusque dans ces derniers temps, sur les effets chimiques de la lumière solaire. Dans la seconde partie, je vais exposer les effets électriques qui ont lieu sous l'influence du rayonnement solaire.



CHAPITRE DEUXIÈME.

§ 1. *Courants électriques produits par l'action de la lumière sur des lames de métaux inoxydables.*

Les corps dont j'ai étudié les altérations à la lumière se trouvant placés sur des lames de platine ou d'or, comme on

le verra plus loin, ces lames éprouvent elles-mêmes les effets du rayonnement solaire; il doit en résulter des phénomènes complexes. On est donc porté à examiner d'abord l'action de la lumière sur les lames métalliques (1).

Mon père a montré que, lorsque l'on plonge dans un liquide conducteur deux lames de platine non attaquables par ce liquide et en relation avec un multiplicateur, il n'y a pas d'effets électriques produits quand leur surface est très-propre. Mais pour peu que l'une d'elles ait une température plus élevée que l'autre, on obtient aussitôt un courant dont la direction et l'intensité dépendent de la nature du liquide et de celle des lames; or, le même phénomène ayant lieu quand on expose inégalement aux rayons solaires deux lames de platine ou d'or plongeant dans une solution acide neutre ou alcaline, il est important de reconnaître jusqu'à quel point la radiation calorifique intervient dans la production de ce phénomène; nous allons voir qu'il y a quelque chose de plus.

On sait, d'un autre côté, qu'une lame chaude est négative par rapport à une lame froide, lorsqu'on plonge l'une et l'autre dans de l'eau ou une solution alcaline, tandis que le contraire a lieu avec une solution acide. Comme les effets sont les mêmes en mettant en contact de l'eau froide avec de l'eau chaude, ou une solution alcaline ou acide froide avec une solution alcaline ou acide chaude, on peut en conclure que l'immersion d'une lame chaude de métal dans un liquide échauffé la couche liquide qui l'entoure, d'où résulte ensuite

(1) Ce paragraphe, le suivant et le quatrième font l'objet d'un mémoire présenté à l'Académie des sciences, en novembre 1839.

un courant électrique provenant de la réaction de la couche chaude sur le liquide environnant.

Pour observer les effets de la radiation solaire, on prend une boîte de bois, noircie intérieurement et divisée, au moyen d'une membrane très-mince, en deux compartiments que l'on remplit de la solution d'essai. Dans chacun de ces compartiments, on plonge une lame de platine ou d'or, après l'avoir préalablement chauffée au rouge. Ces lames, placées horizontalement dans l'appareil, sont mises en relation avec un excellent multiplicateur à fil long. Enfin, on recouvre chaque compartiment avec une planchette, afin d'intercepter l'action de la lumière solaire; quand on veut opérer, on enlève successivement chacune d'elles.

En opérant avec une solution alcaline, on trouve que la lame exposée aux rayons solaires prend au liquide l'électricité négative; avec une solution acide, elle prend au contraire l'électricité positive. Dans le premier cas, la déviation a été de 2 à 3°, et dans le second, de 6 à 7°.

On est porté naturellement à admettre d'abord que ces effets sont dus uniquement au rayonnement calorifique qui chauffe une des lames, tandis que l'autre reste à la température ordinaire; mais il n'en est pas ainsi d'après les expériences dont je vais donner les résultats.

J'ai d'abord commencé par déterminer l'influence des écrans de verre coloré sur la production du phénomène. Les verres employés sont :

un verre blanc	(a)
— rouge	(A)
— jaune	(B)
— vert	(C)
— bleu	(D)
— violet	(E)

Voici le résultat d'une des expériences qui ont été faites ; les nombres qui sont dans la troisième colonne du tableau expriment les rapports des effets opérés par les rayons solaires sur les lames métalliques, en représentant par 100 l'action produite sans l'interposition d'aucun écran.

Écrans.	Intensité du courant par première impulsion.	Rapports des effets produits.
Sans écran.....	4 ^o ,5	100
Verre violet.....	1 ^o ,5	33
— bleu.....	1 ^o	22
— vert..)	0	0
— bleu..)		
— jaune.)		

Pour bien connaître la véritable cause du phénomène, on a cherché l'ordre des mêmes écrans relativement aux effets produits sur une pile thermo-électrique par le rayonnement calorifique solaire.

La pile employée était formée de douze couples fer-cuivre : on a trouvé ainsi

Écrans.	Intensité du courant par première impulsion.	Nombres des rayons calorifiques transmis.
Sans écran.....	13 ^o ,16	100
Verre blanc (A).....	12 ^o	90
— jaune (B).....	11 ^o	83
— violet (E).....	8 ^o ,5	64
— rouge (A).....	7 ^o	53
— bleu (D).....	4 ^o	30
— vert (C).....	0	0

M. Melloni avait trouvé avec d'autres verres colorés, en

prenant pour source calorifique une lampe d'Argent :

Écrans.	Nombre de rayons transmis.
Sans écran.....	100
Verre violet foncé.....	53
— rouge vif.....	47
— jaune brillant.....	34
— bleu foncé.....	33
— vert pomme.....	21

Cet ordre est à peu près le même que le précédent; mais il est complètement différent de l'ordre des écrans qui transmettent l'action de la lumière sur les lames de platine ou d'or.

M. Melloni a montré que les rayons calorifiques, de réfrangibilité différente, étaient inégalement absorbés par un écran d'eau d'un millimètre d'épaisseur, et que la perte était en raison inverse de la réfrangibilité; mais comme, dans les expériences précédentes, les rayons solaires, avant de frapper les lames métalliques, traversaient une couche liquide, j'ai voulu mettre la pile thermo-électrique dans la même position relative que les lames de platine; j'ai donc cherché l'ordre des écrans interposés entre une couche liquide et la pile thermo-électrique. Voici les résultats obtenus avec une couche d'eau de 2 lignes d'épaisseur :

Écrans.	Déviation par première impulsion.	Rayons transmis.
Sans verre.....	10°	100
Verre jaune.....	7°	70
— violet.....	5°	50
— rouge.....	2°	20

Cet ordre n'étant pas le même que celui que l'on a obtenu

avec des lames de platine, on doit en conclure que ce dernier effet n'est pas dû au rayonnement calorifique.

J'ai appliqué verticalement une des lames de platine chauffée préalablement au rouge sur une des faces d'une boîte de verre qui avait été noircie, à l'exception de la partie qui se trouvait vis-à-vis de la lame; puis, ayant projeté successivement sur cette lame les rayons colorés du spectre solaire formé en réfractant les rayons directs du soleil, j'eus les résultats suivants :

Les extrémités du galvanomètre communiquaient, l'une avec cette lame, et l'autre avec une seconde lame plongeant aussi dans de l'eau acidulée qui remplissait la boîte et qui était complètement cachée à la lumière.

Aucune action dans les rayons . . .	} <ul style="list-style-type: none"> rouges. orangés. jaunes. verts.
Faible action dans les rayons	
Action marquée dans les rayons violets.	

Toutes les fois que les lames sont très-propres, qu'elles ont séjourné dans l'acide nitrique concentré, puis qu'elles ont été rougies, les différentes parties du spectre sont absolument sans effet pour déterminer la production des courants électriques dont nous recherchons la cause. Cette expérience tend à montrer que les rayons qui agissent sur des lames de platine ou d'or plongées dans des dissolutions, sont plus réfrangibles que les rayons calorifiques. On peut se demander maintenant quel est le mode d'action de ces rayons dans la circonstance actuelle; c'est une question à laquelle il est dif-

ficile de répondre. Cependant, comme les effets sont presque nuls quand la surface des lames est très-nette et parfaitement décapée, il pourrait se faire que les effets produits quand elles ne sont pas dans cet état, fussent dus à l'action des rayons chimiques sur des corpuscules d'une ténuité extrême qui adhèrent aux surfaces.

La nature de ces corpuscules étant inconnue, on est conduit naturellement à rechercher d'abord l'influence que peut exercer sur le phénomène la présence de corps inaltérables à la lumière, tels que le charbon et divers oxydes placés sur les lames en couche très-mince. Dans ce cas, bien loin d'avoir une augmentation d'effet lorsque l'on expose les lames ainsi recouvertes à la radiation solaire, on a plutôt une diminution, ce qui est l'inverse de ce qui devrait se passer si le phénomène était purement calorifique, car les corps mis sur les lames de platine avaient un pouvoir absorbant plus fort que celui-ci.

On peut se demander encore si les rayons actifs produisent une altération du platine sous l'influence des corps étrangers, ou bien s'ils déterminent un trouble dans l'état d'équilibre des particules de la surface du métal : c'est une question qui est encore sans réponse. On doit ajouter que lorsqu'une lame de platine reste plongée dans l'eau pendant plusieurs jours, le courant produit sous l'influence des rayons solaires est moins intense que lorsque l'on vient à la faire rougir, et qu'auparavant elle était restée longtemps exposée à l'air.

Comme il est probable que le courant produit provient en partie de l'action exercée par la lumière sur les corps étrangers adhérents à la surface, j'ai opéré avec des lames de

métaux oxydables, pour examiner si les mêmes phénomènes auraient encore lieu. Les résultats des expériences faites à ce sujet sont consignés dans le paragraphe suivant.

§ II. *Courants électriques produits par l'action des rayons solaires sur les lames de métaux oxydables. Action du brome et de l'iode sur l'argent, sous l'influence de la lumière.*

1° Les lames employées d'abord étaient des lames de laiton. Après avoir été décapées, elles ont été mises dans l'appareil à compartiment (décrit pages 13 et 44) qui renfermait de l'eau aiguisée de quelques gouttes d'acide nitrique. On a obtenu un courant de 4 à 5°, en exposant successivement chaque lame à la lumière solaire; le sens du courant était tel que la lame exposée au rayonnement prenait au liquide l'électricité positive. Une de ces lames cependant a présenté un effet singulier dont nous verrons plus loin la cause. Dans le premier moment d'exposition à la lumière solaire, la lame a pris au liquide l'électricité négative, et immédiatement après, le courant a changé de sens. Cette inversion a cessé après l'immersion de la lame dans l'acide nitrique; elle était due à la couche d'oxyde adhérente à sa surface.

Dans une autre expérience, la déviation étant de 3 à 4° sous l'influence solaire, on a pris une pile de 30 éléments, et l'on s'est servi des lames de laiton comme d'électrodes (1); la

(1) On appelle électrodes, les lames métalliques qui, plongeant dans un liquide, servent à transmettre le courant électrique dans ce liquide ici on a opéré sur l'eau.

lame positive s'est oxydée, tandis que l'autre est restée brillante : alors on les a exposées successivement aux rayons solaires. La lame brillante s'est comportée comme auparavant, c'est-à-dire, que l'électricité positive fut prise par elle, mais de façon à dévier l'aiguille de 3 à 4°, tandis que la lame oxydée est devenue fortement négative, et à un degré tel, que l'aiguille du galvanomètre a été violemment chassée à 90°. Cette action énergique n'est produite que lorsque la lame est fortement couverte d'oxyde.

Ayant interverti l'ordre des lames quand elles servaient d'électrodes, les résultats ont encore été les mêmes. Il est bien entendu que ces lames étant polarisées, ne sont mises en rapport avec le galvanomètre qu'après avoir perdu une grande partie de leur polarité, c'est-à-dire, de la propriété de donner un courant en sens inverse de celui qui a traversé les lames et le liquide.

Dans une expérience où l'on a employé comme écrans les différents verres colorés ci-dessus mentionnés, on a obtenu les résultats suivants, en exposant la lame oxydée aux rayons solaires :

Écrans.	Intensité du courant.	Rapport des effets produits, 100 représentant l'action exercée sans l'interposition d'aucun écran.
Sans écran.....	33,5	100
Verre violet.....	9	27
— bleu.....	10,5	31
— vert.....	1	2,5
— jaune.....	6,5	10,5
— rouge:.....	1	2,5

La même lame ayant été exposée aux diverses parties du spectre solaire, on a eu :

Spectre.	Intensité du courant.
Dans les rayons rouges.....	1
— — orangés.....	»
— — jaunes.....	2
— — verts.....	4
— — bleus.....	2
— — indigo.....	»
— — violets.....	0

Si l'on opère avec la lame de laiton décapée et les écrans colorés, on obtient, comme je l'ai déjà dit, un courant en sens inverse du précédent, dont l'intensité varie comme on le voit dans le tableau suivant :

Écrans.	Intensité.	Rapport des effets produits.
Sans écran.....	4° ,5	100
Verre violet.....(C).....	2°	44,5
— bleu.....(D).....	1° ,5	27
— jaune.....(B).....	0	0

On voit qu'il y a deux effets inverses bien distincts produits lors de l'action des rayons solaires sur des lames de laiton ; d'abord, celui qui s'opère lorsque la lame est brillante et nette, et ensuite le second qui a lieu lorsqu'elle est oxydée : on voit, de plus, que les écrans se comportent différemment par rapport aux rayons qui opèrent ces actions.

2° J'ai aussi employé des lames d'argent. Deux de ces lames, de 3 centimètres de longueur et de 5 millimètres de largeur, parfaitement décapées, ont été mises dans l'appareil à compartiment, rempli d'eau acidulée par l'acide sulfurique. Exposées successivement aux rayons solaires, elles ont donné un courant de 1 à 2 degrés, dirigé dans un sens tel, que la

lame exposée était négative. En opérant avec les mêmes lames qui avaient servi d'électrodes, et exposant à la lumière la lame positive ou oxydée, le courant n'a pas été plus intense. Cette faible action pouvant être négligée, j'ai déposé sur les lames d'argent des vapeurs d'iode et de brôme, pour connaître jusqu'à quel point l'on pouvait voir les effets électriques provenant de la réaction de ces deux corps sur l'argent, sous l'influence de la lumière.

En déposant sur une de ces lames une mince couche d'iode, ce qui s'opère en la plaçant au-dessus de l'iode à la température ordinaire, puis exposant cette lame à la lumière, au moyen de l'appareil à compartiment, on voit qu'elle prend au liquide l'électricité positive, ce qui indique que la couche d'iodure d'argent passe à un état d'ioduration moindre.

Avec une couche épaisse d'iode à la surface de l'argent, on a, au contraire, un courant électrique, mais qui est en sens inverse du précédent, c'est-à-dire, que la lame exposée à la lumière prend l'électricité négative : le résultat montre que, dans ce cas, l'iode agit sur l'argent sous l'influence de la lumière.

Dans ces diverses expériences, le courant était à peu près de 45 à 50° sous l'influence des rayons solaires, et de 10 à 15° à la lumière diffuse.

Avec une couche épaisse d'iode, et les divers écrans de verre coloré, on a eu :

Écrans.	Intensité du courant produit.	Rapport des effets produits.
Sans écran.....	55°	100
Verre violet.....	22	40
— bleu.....	14	25,5
— jaune.....	7	12,7
— rouge.....	1	1,8
		5.

Avec la vapeur de brôme, la lame d'argent exposée aux rayons solaires est devenue également négative par rapport au liquide; à la lumière diffuse, les effets étaient tellement marqués, que la déviation fut de 50°; la lame étant restée exposée à la lumière diffuse pendant 10', puis mise à l'abri du rayonnement, et exposée de nouveau à son action, la déviation n'a plus été que de 3 ou 4°; la réaction était alors presque terminée.

Une couche de chlore substituée à l'iode et au brôme n'a produit qu'un effet presque nul à l'action de la lumière diffuse.

On voit qu'en déposant des corps à la surface des lames métalliques, on peut observer les altérations de ces corps sous l'influence de la lumière. Dans le paragraphe IV, nous verrons d'autres applications de ce principe.

§ III. *Des effets électriques produits dans le contact de deux lames de platine et de deux dissolutions différentes superposées l'une sur l'autre, sous l'influence de la lumière.*

Les faits exposés dans les deux sections précédentes indiquent combien il y a de précautions à prendre si l'on veut observer les effets électriques produits dans la réaction de deux dissolutions l'une sur l'autre, à l'aide de deux lames de platine ou d'or plongeant dans ces dissolutions.

Pour arriver à la solution de cette question, j'ai fait une série d'expériences avec l'appareil suivant: cet appareil se compose d'un vase cylindrique en verre, de dix centimètres de diamètre et de cinq centimètres de hauteur, dont la surface extérieure est noircie pour empêcher la lumière de pénétrer

dans l'intérieur. Deux lames de platine, placées horizontalement dans ce vase, l'une au fond, l'autre à quatre centimètres de la base, sont soudées à des fils de platine passant dans des tubes en verre hermétiquement fermés, et qui viennent s'adapter aux deux extrémités du fil d'un multiplicateur à fil long.

Pour superposer les deux liquides sans les mélanger, on verse d'abord dans l'appareil le liquide le moins dense, jusqu'à ce qu'il remplisse environ la moitié du vase; alors, au moyen d'un entonnoir très-effilé, on fait arriver peu à peu, au fond du vase, le liquide le plus dense, jusqu'à ce que la couche de séparation soit placée entre les deux lames de platine. Au moyen de cette disposition, les lames plongent chacune dans l'un des deux liquides.

On place sur l'appareil une planche percée d'une ouverture circulaire, sur laquelle on peut mettre des écrans de diverse nature. Cette ouverture étant la seule par laquelle puisse pénétrer la lumière, il en résulte que le rayonnement de la lumière du jour, qui exerce une influence sur la surface de séparation des deux liquides et sur les lames de platine, pénètre par cette seule ouverture. Quand on veut intercepter toute action du rayonnement dans l'intérieur du vase, on place une seconde planche sur la première.

J'ai pris pour liquides l'alcool ou l'éther et le perchlore de fer ; voici pourquoi :

On sait que l'éther, dans lequel on a dissous du perchlore de fer, se décolore à la lumière ; mais si on laisse continuer l'action pendant quelque temps, il se dépose des cristaux jaunâtres qui n'ont pas encore été examinés. Une dissolution de perchlore de fer dans l'alcool, sous l'influence de la

lumière, se décolore également au bout de quelques jours, et laisse précipiter de l'oxyde de fer. Si on examine ensuite le liquide, on trouve que le perchlorure est passé à l'état de protochlorure : une portion du chlore de ce chlorure a donc réagi sur l'hydrogène de l'alcool, sous l'influence des rayons chimiques.

Je me suis d'abord assuré qu'en mettant successivement dans l'appareil chacun des deux liquides, les effets électriques étaient beaucoup moins forts que lorsque ces mêmes liquides étaient exposés l'un sur l'autre; il faut donc en conclure que leur réaction doit exercer une influence sur la production du courant.

Voici le résultat d'expériences faites avec le chlorure de fer et l'alcool.

Les déviations de l'aiguille aimantée ont été prises par première impulsion, et comme elles ne dépassent pas 20° , on peut regarder les intensités comme proportionnelles aux déviations : le courant a une direction telle, que le perchlorure prend l'électricité positive.

J'ai voulu d'abord chercher l'influence de l'épaisseur des écrans de même nature, par rapport au rayonnement qui agit ici.

En employant deux plaques de mica, tirées de la même feuille, l'une (m) et l'autre (n), ayant des épaisseurs différentes dont je donnerai plus loin la valeur, les résultats suivants ont été obtenus, en prenant pour liquide du perchlore de fer dissous dans de l'eau et de l'alcool :

ÉCRANS.	DÉVIATION DE L'AIGUILLE AIMANTÉE, l'appareil étant		INTENSITÉ DU COURANT dû à la réaction CHIMIQUE PRODUITE.
	à l'obscurité.	à la lumière.	
Sans écran.....	1° ,5	8° 6° ,6
	1° ,5	8°	
	1°	7° ,5	
Lame de mica (m).....	1°	8° 5°
	2°	7°	
Lame de mica (n).....	2°	4° 2°
	2°	4°	
Lame de mica (m).....	1° ,5	6° ,5 5°
	1° ,5	6° ,5	
Lame de mica (n).....	2°	4° 2°

On voit que, par l'interposition de la plaque (m), le courant est plus de deux fois plus intense que celui produit par l'interposition de la plaque (n).

On a employé ensuite, comme écrans, quelques plaques en verre.

La plaque en verre n° 1	avait pour épaisseur	1,1
—	n° 2	1,2
—	n° 3	2,9
Enfin, une plaque de verre d'une épaisseur de 20,8.		

Voici le résultat d'une expérience faite sur ces plaques :

	ÉCRANS.	DÉVIATION DE L'AIGUILLE AIMANTÉE, l'appareil étant		INTENSITÉ du COURANT.
		à l'obscurité.	à la lumière.	
Ciel serein.	Sans écran.....	2°	6°,5	4°,5
		2°	6°,5	
	Verre blanc, n° 1.....	2°	8°	3°
		2°	8°	
	— n° 2.....	2°	5°	3°
		2°	5°	
	— n° 3.....	2°	5°	3°
		2°	5°	
	Sans écran.....	2°	6°,5	4°,5
		2°	6°,5	

Ces trois verres laissent donc passer également le rayonnement qui produit le courant électrique.

En employant la lame dont l'épaisseur est de 20^{mill.}, 5, on a trouvé qu'elle n'arrêtait pas plus les rayons chimiques actifs que les autres écrans en verre.

Ces résultats montrent que le rayonnement qui agit en cette circonstance comme le rayonnement calorifique, après avoir traversé un écran d'une certaine épaisseur, différente probablement pour chaque substance, n'éprouve plus d'altération, quelle que soit, après, l'épaisseur de l'écran.

M. Biot avait trouvé la même loi pour la coloration du chlorure d'argent à la lumière.

J'ai voulu aussi reconnaître l'action des écrans de verre coloré et de ceux de différente nature sur les rayons actifs. Les tableaux suivants donnent les rapports des effets chimi-

ques produits. Les nombres sont les moyennes de plusieurs expériences.

Dans la troisième colonne du premier tableau, se trouve l'analyse, au moyen du prisme, des verres colorés que j'ai déjà employés, c'est-à-dire, les divers rayons colorés qui traversent ces écrans.

1^{er}

Ecrans.	Nombres représentant la résultante des effets chimiques produits.	Rayons colorés qui traversent les écrans.
Sans écran.....	100	
Verre blanc...(a).....	60,5	
— violet...(E).....	41,4	rouge, violet; faibles bandes.....
— bleu...(D).....	25,8	rouge, vert, bleu; faibles bandes.....
— vert...(C).....	invisible	vert; faibles bandes.....
— jaune..(B).....	0	rouge, orangé, jaune, vert.
— rouge..(A).....	0	rouge pur.

2^e

Ecrans.	Épaisseur des écrans.	Résultat des effets chimiq. produits.
Verre blanc.....	1,1	58,6
Cristal de roche enfumé.....	6	79,4
Plaque de chaux sulfatée translucide.....	9	58,5
Mica (m) } incolores }	0,07	Épais. mesurée avec le sphéromètre. 76,9
Mica (n) }	0,52	
Papier mince de gélatine.....		42,5

Ces résultats, rapprochés de ceux rapportés dans les deux paragraphes précédents, montrent que les effets électriques

produits dans la réaction de deux dissolutions l'une sur l'autre, se compliquent d'autres effets également électro-chimiques, résultant de l'action de la lumière sur les lames de platine; cette réaction, qui ne paraît pas être de nature calorifique, ne nous est pas connue.

Dans le paragraphe suivant, je vais indiquer la production de courants électriques sous l'influence de la lumière, dans des réactions chimiques plus connues, et dont les résultats peuvent avoir une assez grande intensité.

§ IV. *Effets électriques produits dans l'altération des chlorure, bromure et iodure d'argent, sous l'influence de la lumière.*

Lorsque le chlorure d'argent est exposé à la lumière, il perd de son chlore et se change en sous-chlorure; d'un autre côté, ce composé n'étant pas conducteur de l'électricité quand il est en masse, et le devenant quand il est en couche très-mince, il s'ensuit que l'on peut observer les effets électriques produits sur ce corps, quand il subit des réactions chimiques sous l'influence de la lumière. A cet effet, on l'étend, quand il est nouvellement préparé, sur une lame de platine plongée dans l'eau; dès l'instant qu'elle est exposée aux rayons solaires, le chlorure noircit, et l'aiguille du galvanomètre est chassée de plusieurs degrés, dans un sens qui annonce que la lame est positive. Ce résultat est facile à expliquer. Le chlorure d'argent, en se décomposant, prend l'électricité positive qu'il transmet à la lame de platine avec laquelle il est en contact, tandis que le liquide prend l'électricité négative. Dans ce cas, on ne peut opérer avec une lame d'argent,

attendu que la réaction du chlore, qui provient de la décomposition du chlorure, produit un courant en sens inverse de celui que l'on étudie. Ces effets ne peuvent être attribués à l'action du rayonnement solaire sur le platine, vu que la lame de platine très-propre, exposée seule aux rayons solaires, outre qu'elle est négative, ne produit qu'un courant électrique qui ne peut surpasser 1 ou 2°.

Des lames d'or avec le chlorure d'argent se comportent comme les lames de platine. Si l'on veut avoir un courant produit par la décomposition seule du chlorure d'argent, il faut opérer, comme je l'ai fait, avec de l'eau pure. On prend une lame de platine qui a séjourné quelque temps dans l'eau, et on la couvre d'une petite feuille de papier non collé; puis on place dessus du chlorure d'argent nouvellement préparé : le courant produit par la décomposition du chlorure est alors de 3 à 4° sous l'influence de la lumière.

Cette faible action est due à ce que le chlorure n'étant pas immédiatement en contact avec ce métal, une grande partie du courant électrique est perdue.

Le meilleur procédé pour appliquer le chlorure d'argent sur la lame, est de le déposer dessus, et de faire chauffer doucement la lame dans l'obscurité. L'adhérence du chlorure sur la lame de platine est assez grande pour qu'il ne s'en détache point, quelle que soit la position que l'on donne à cette lame dans le liquide.

Il faut faire attention à ce que la couche de chlorure sur la lame de platine soit très-mince, car alors le courant, produit sous l'influence de la lumière, est plus intense.

Examinons maintenant quelle est l'influence du temps sur la décomposition du chlorure.

Ce composé, nouvellement préparé, ayant été placé sur une lame de platine, puis exposé aux rayons solaires, on a obtenu un courant initial par première impulsion, de $7^{\circ},5$.

Néanmoins, à plusieurs reprises, l'expérience a donné le même résultat, malgré la coloration du chlorure. Celui-ci étant resté longtemps exposé au soleil, on a eu les résultats suivants :

Déviation par première impulsion.

Le chlorure d'argent étant blanc, exposé à la lumière, a donné un courant de	$7^{\circ},5$
Au bout $\frac{1}{4}$ d'heure d'exposition au soleil, le chlorure étant devenu violet foncé.	$5^{\circ},5$
Encore après $\frac{1}{4}$ d'heure, le chlorure étant presque noir grisâtre. . .	$4^{\circ},5$
<i>id.</i>	4°
<i>id.</i>	3°
Une heure ensuite	2°

Dans cette expérience, le chlorure n'étant pas adhérent à la lame de platine, le courant n'a pas dû être très-marqué; on en avait agi ainsi, afin de pouvoir l'agiter ensuite, et présenter de nouvelles portions à l'action de la lumière; la déviation alors a été de 5° .

Après deux heures d'exposition au soleil, l'action des rayons chimiques se fait donc encore sentir.

Le courant électrique étant constant pendant assez longtemps, on peut donc se servir de son action pour étudier l'influence des verres colorés sur la décomposition du chlorure d'argent; en suivant la marche indiquée précédemment, on trouve les résultats suivants :

Écrans.	Intensité du courant produit	Effets produits.
Sans écran.....	15.....	100
Verre blanc..... (a).....	10.....	66
— violet..... (E).....	8.....	53
— bleu..... (D).....	6.....	40
— vert..... (C).....	}.....	0.....
— jaune..... (B).....		
— rouge..... (A).....		
Sans écran.....		

Avec des verres colorés autres que les précédents, on a eu :

Écrans.	Intensité du courant électrique produit.	Effets produits.
Sans écran.....	23,5.....	100
Verre blanc (très-blanc).....	18,5.....	78
Autre verre blanc (un peu verdâtre).....	17.....	72
Verre bleu clair.....	17,5.....	74
Autre verre bleu de la même teinte.....	12,5.....	53
Verre vert tendre.....	10,5.....	44
Verre lie-de-vin.....	11,5.....	48
— jaune d'or.....	0,5.....	2
Sans écran.....	23,5.....	100

Le premier tableau nous montre encore que l'ordre des verres colorés, par rapport au rayonnement qui agit sur le chlorure d'argent, est sensiblement le même que l'ordre de ces mêmes écrans, par rapport au rayonnement qui agit sur les lames de platine, de manière à produire un courant électrique.

On a placé également la lame recouverte de chlorure d'argent dans les divers rayons colorés du spectre solaire. Au moyen de l'appareil décrit ci-dessus, page 30, en faisant réfléchir les rayons solaires avant de les réfracter dans un

prisme, on a vu qu'avec de l'eau faiblement acidulée, les rayons colorés étaient absolument sans effet, quand ils tombaient sur la lame seule de platine; mais dès l'instant que celle-ci était couverte de chlorure adhérent à la lame, on a eu les résultats suivants :

Spectre.	Intensité du courant produit.
Rouge.....	} 0°
Orangé.....	
Jaune.....	
Vert.....	traces
Bleu.....	0°,75
Indigo.....	1°
Violet.....	3°
Rayons au delà du violet.....	3°

On voit que dans le spectre solaire, même au delà des rayons violets, il y a courant électrique produit. Avec la lumière diffuse, on a aussi un courant très-marqué; enfin, il y a courant toutes les fois que le chlorure noircit.

Le bromure d'argent, qui se décompose plus vite à la lumière que le chlorure, donne aussi un courant plus intense.

Pour comparer les effets électriques produits par le rayonnement sur ces deux composés, on a recouvert les deux lames de platine de l'appareil à compartiment, avant de les plonger dans l'eau acidulée, l'une de bromure et l'autre de chlorure d'argent. A la lumière diffuse, on a eu successivement, avec le chlorure, 15° de dérivation, et 26° avec le bromure; ce dernier, dans les premiers instants, a donné un courant capable de faire dévier l'aiguille de 55°, quand on a fait tomber sur lui les rayons solaires.

Dans une autre expérience, l'aiguille du galvanomètre a

été chassée à 75° , lors de la décomposition du bromure. Dans chaque expérience, l'intensité du courant est variable, et dépend de l'épaisseur de la couche de bromure ou de chlorure étendue sur la lame de platine ou d'or.

On a vu précédemment, qu'en opérant avec le chlorure d'argent, la déviation par première impulsion était constante pendant un certain temps, lorsque les rayons solaires frappent ce composé; mais il n'en est pas de même avec le bromure : l'action, dans les premiers instants, a été plus intense; mais au bout de peu de temps, tout courant a cessé. Cet effet est dû à la prompte décomposition du bromure, et ce n'est qu'à la lumière diffuse que la déviation par première impulsion reste constante quelque temps; encore est-il bien difficile de faire des expériences comparatives bien exactes sur l'ordre des écrans.

Les deux substances dont j'ai fait usage se transforment à la lumière en sous-chlorure et sous-bromure; et, comme ces composés changent de couleur, on reconnaît très-vite leur altération. Si, au contraire, on emploie l'iodure d'argent qui ne change pas sensiblement de couleur à la lumière, on reconnaît néanmoins qu'à la lumière il y a séparation d'une partie des éléments et formation de sous-iodure; car si l'on étend de l'iodure d'argent fraîchement préparé sur une lame de platine plongeant dans l'appareil à compartiment, et qu'on l'expose à la lumière, cette lame est fortement positive. Le courant électrique produit est néanmoins, dans les mêmes circonstances, presque aussi intense que celui du chlorure d'argent; cependant il n'est pas constant pendant aussi longtemps. Il est très-probable que, dans l'explication des phénomènes relatifs à la production des dessins photogéniques

faits sur l'argent, il faut avoir égard à cette transformation.

On voit donc, d'après les résultats des expériences indiquées dans la seconde partie de ce travail :

1° Que dans un faisceau de rayons solaires, certains rayons, différents des rayons lumineux et calorifiques, réagissent sur des lames métalliques plongées dans un liquide conducteur, de manière à donner naissance à un courant électrique dont l'intensité peut être mesurée à l'aide d'un galvanomètre.

2° Que les bromure, chlorure et iodure d'argent, substances très-impressionnables à la lumière solaire, lors de leur exposition à ce rayonnement, donnent naissance à un courant électrique dont l'intensité sert à comparer les effets chimiques produits.

D'après le but que je m'étais proposé en faisant ce mémoire, je n'ai pas dû exposer les lois physiques des rayons chimiques, mais bien leurs différents modes d'action sur les substances impressionnables. Je rappellerai cependant que ces rayons sont soumis aux mêmes lois physiques que les rayons lumineux. Ainsi leur interférence a été mise hors de doute par les expériences de MM. Young et Arago, et MM. Bérard et Abria ont trouvé que ces rayons étaient soumis aux mêmes lois de la double réfraction et de la polarisation que les rayons lumineux.

Vu et approuvé par le doyen de la Faculté des sciences,
le 22 juillet 1840,

BIOT.

Permis d'imprimer :

*L'inspecteur général des études,
chargé de l'administration de l'Académie de Paris,*

ROUSSELLES.