La chimie enseignée par la biographie de ses fondateurs : R. Boyle, Lavoisier, Priestley, Scheele, Davy, etc.

Contributors

Hoefer, M. 1811-1878.
Harvey Cushing/John Hay Whitney Medical Library

Publication/Creation

Paris : L. Hachette et cie, 1865.

Persistent URL

https://wellcomecollection.org/works/afahpnx5

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by the Harvey Cushing/John Hay Whitney Medical Library at Yale University, through the Medical Heritage Library. The original may be consulted at the Harvey Cushing/John Hay Whitney Medical Library at Yale University. where the originals may be consulted.
This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.

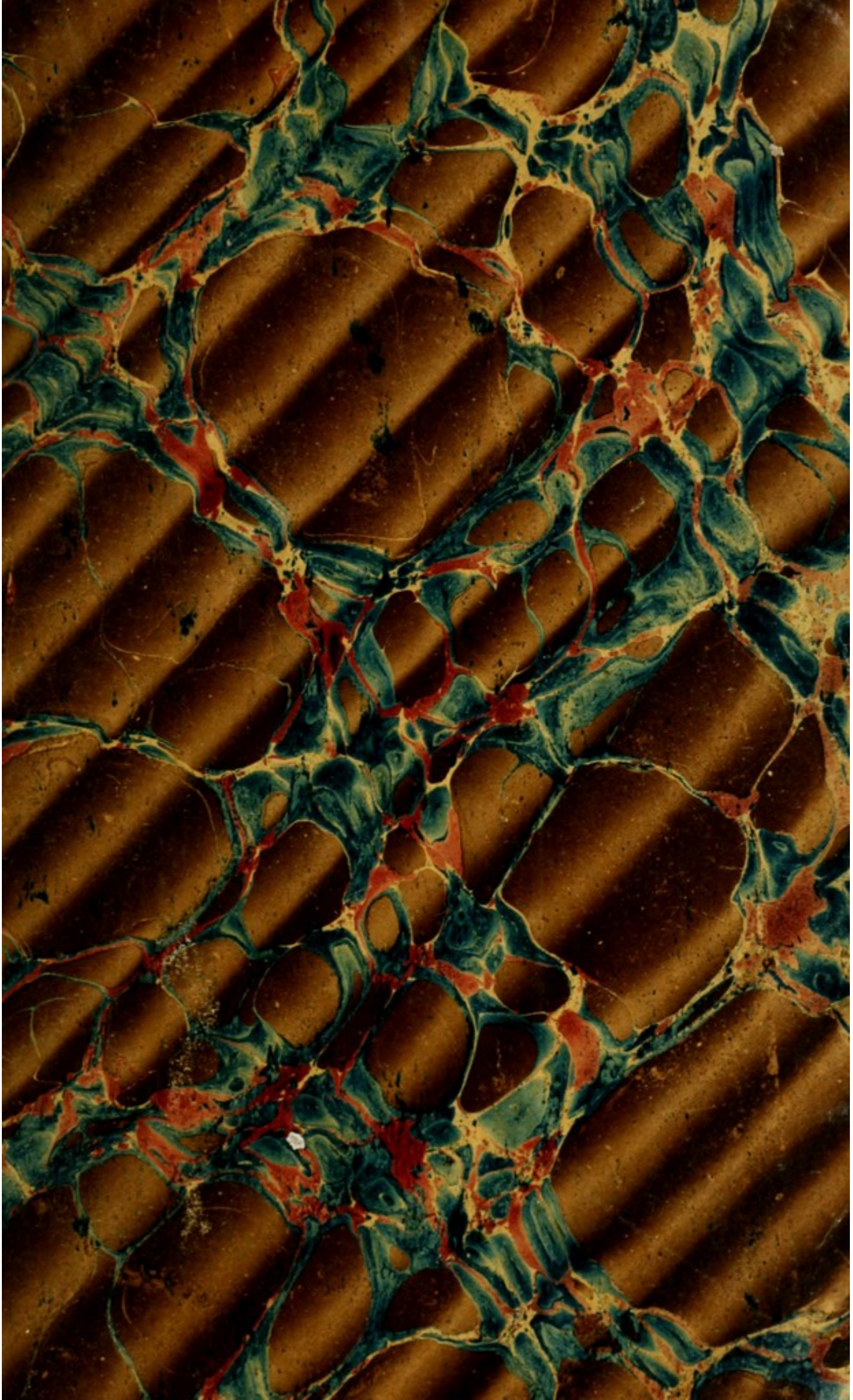
Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
https://wellcomecollection.org

YALE
MEDICAL LIBRARY



HISTORICAL
LIBRARY

EX LIBRIS
HARVEY CUSHING

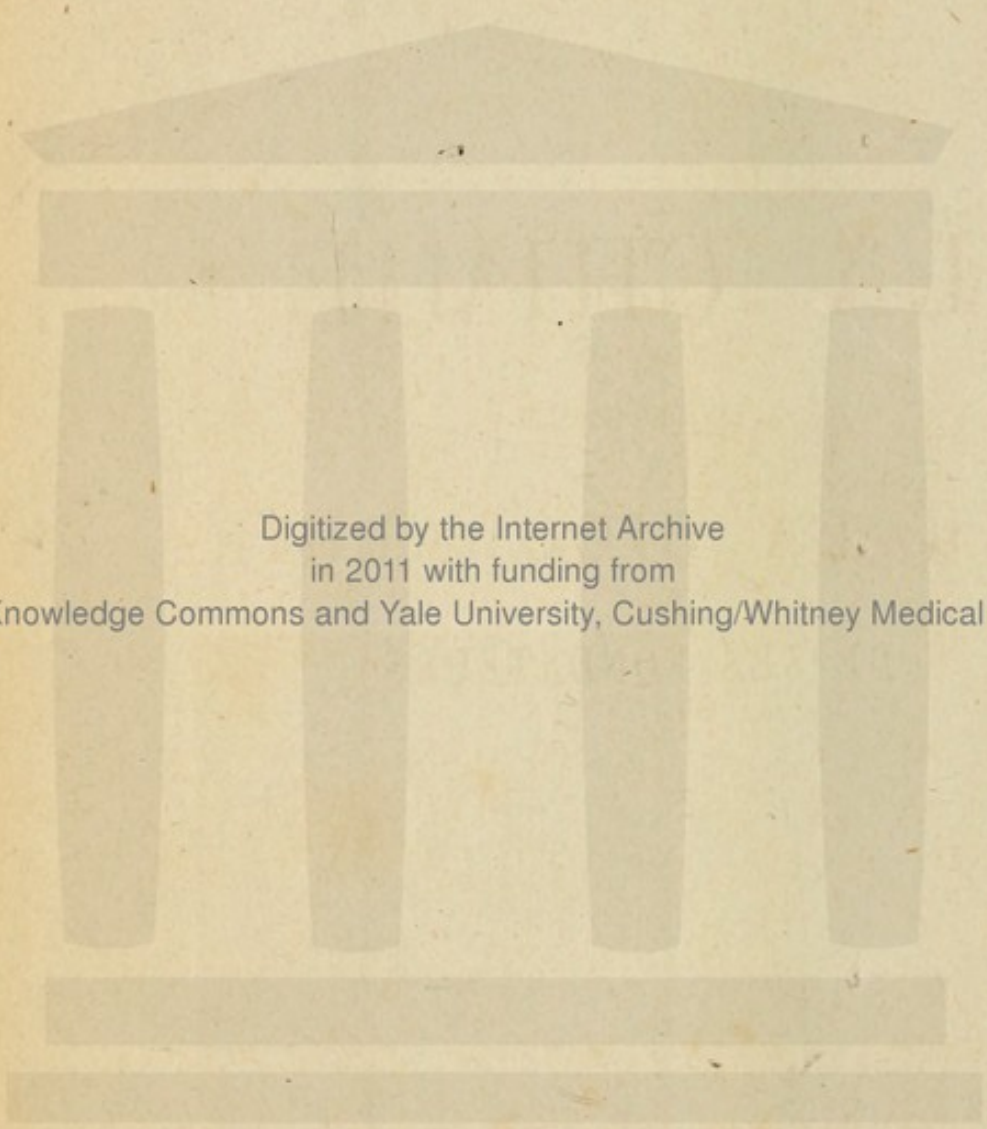


A9

8/6

1er janvier 1868

3 A



Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
Open Knowledge Commons and Yale University, Cushing/Whitney Medical Library

http://www.archive.org/details/lachimieenseigne00unse

LA CHIMIE

ENSEIGNÉE

PAR LA BIOGRAPHIE

DE SES FONDATEURS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE DE CH. LAHURE
Rue de Fleurus, 9, à Paris

FERDINAND HOEFER

LA CHIMIE

ENSEIGNÉE

PAR LA BIOGRAPHIE

DE SES FONDATEURS

R. BOYLE, LAVOISIER, PRIESTLEY
SCHEELE, DAVY, ETC.

PARIS
LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET Cie
BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N° 77

1865

QD14
865h

AVANT-PROPOS

AVANT-PROPOS.

Instruire, plaire et donner à penser, tel est le problème que nous nous sommes proposé de résoudre en écrivant ce volume. Le public jugera si nous avons réussi.

Le plan, que nous avons adopté, est entièrement nouveau. L'innovation était nécessaire. Pour faire aimer une science, il faut d'abord lui donner de l'attrait. Mais, pour cela, il ne suffit point de la revêtir d'une forme polie, tout en lui conservant la rudesse du fond; il faut faire assister le lecteur au spectacle, aussi instructif que saisissant, de l'in-

I

ETAT PRIMITIF DE LA SCIENCE.

LA NAISSANCE DE LA CHIMIE.

Nous ne dirons pas que « l'origine de la chimie se perd dans la nuit des temps, » — phrase sonore qui n'apprend rien à personne, — mais nous commencerons par constater que les données initiales, les premiers matériaux de la chimie, longtemps avant que celle-ci eût un nom, se rencontraient dans les ateliers du forgeron, de l'émailleur, du peintre, dans la boutique du pharmacopole ou du droguiste, enfin dans la pratique de tous les arts utiles, y compris l'art culinaire. Cela démontre que la science est née des besoins de la vie.

Le nom de *chimie* ne date que du quatrième ou

cinquième siècle de notre ère; il signifie, à proprement parler, *art de fondre* ou *de dissoudre*[1].

Il en est de la science comme de la vie d'un être. Les éléments matériels existent avant que l'une ou l'autre soit formée; mais l'être vivant ne reçoit un nom, il n'est décrit et classé, qu'après avoir acquis la forme qui le caractérise. La science aussi ne peut être définie que lorsqu'elle est assez développée pour offrir, par la réunion de ses éléments, un véritable corps de doctrine.

La pratique précède la théorie. Voyez ces objets de l'industrie humaine, retirés du sein de la terre ou des fouilles d'antiques monuments; ils attestent la civilisation de ces peuples de l'Orient, qui ont depuis longtemps disparu de la scène du monde. Ces émaux, ces matières tinctoriales, ces verres colorés, ces instruments d'alliages métalliques, tous ces produits artificiels, conservés dans nos cabinets ou musées, se fabriquaient à une époque où l'occident de l'Europe était encore plongé dans les ténèbres de la barbarie. La civilisation se déplace : elle suit le mouvement apparent du soleil.

L'histoire perpétue la mémoire de ceux qui ont versé le plus de sang humain. Elle ne nous a point conservé le nom du mortel qui a inventé le *pain*.

1. Voyez sur l'étymologie de ce nom notre *Histoire de la chimie*, t. I, p. 218, 219.

Cette invention cependant est loin d'être aussi simple qu'on pourrait être tenté de le croire, car il fallait d'abord découvrir les végétaux, les graminées qui donnent des grains alimentaires; et certes ce ne devait pas être chose facile, puisque les indigènes du nouveau-monde, d'où nous vient la pomme de terre, ne connaissent le blé que depuis l'arrivée des Européens. Puis, il fallait moudre le grain, séparer le son de la farine, et faire avec la farine une pâte. Enfin, comment est-on parvenu à découvrir qu'un peu de pâte aigrie, d'un goût détestable, fait gonfler une masse de pâte récente, et que la pâte ainsi préparée, donne par la cuisson un pain léger, savoureux et sain?

Les Grecs, dont l'imagination savait tout embellir, attribuaient à une déesse l'invention du blé, et à un dieu celle du vin. Pour l'antiquité gréco-romaine, Cérès et Bacchus étaient synonymes de *pain* et *de vin : sine Baccho et Cerere Venus friget* (sans le vin et le pain, Vénus a froid,) a dit un poëte ancien. Ce qu'il y a de certain, c'est que l'origine du pain et du vin remonte aux temps où les hommes, au dire des mythographes, entretenaient des relations avec les dieux.

Exprimer une grappe de raisin pour en boire le jus, c'est une idée fort simple; aussi pouvait-elle venir à l'esprit du premier venu. Mais le jus conservé ou fermenté de la grappe a une saveur bien

différente de celle du jus fraîchement exprimé. Il fallait certainement du courage pour goûter à une liqueur gâtée, *corrompue;* car toute fermentation était une *corruption*. Qui eut le premier ce courage? Ici encore l'histoire garde un silence absolu.

Faire adopter comme boisson le jus fermenté, corrompu, du fruit de la vigne, cela nous paraît sans doute bien insignifiant, un détail indigne du nom de découverte, aujourd'hui que le palais de l'homme est habitué au goût du vin, — et il l'est depuis tant de siècles!

C'est pourtant un détail du même genre, qui nous fait aujourd'hui bénir la mémoire de Parmentier. La pomme de terre était connue en Europe, plus de cent ans avant que ce bienfaiteur vînt au monde; mais elle n'était cultivée que dans un petit nombre de jardins; on l'y montrait aux curieux comme une rareté horticole. Quelques amateurs avaient, il est vrai, essayé de l'introduire parmi les plantes alimentaires; mais personne n'en voulait: on lui trouvait le goût d'un détestable navet. Pour triompher de ce goût exclusif, tyrannique, il fallut y habituer le palais, il fallut toute une éducation *palatine*. Ne vous en étonnez pas, cher lecteur : nos yeux, nos oreilles, pour devenir sensibles à des nouveautés, n'ont-ils pas besoin d'un travail initiateur, d'une véritable éducation? Que

d'objets devant lesquels la foule passe indifférente, et qui se changent en merveilles sous l'œil pénétrant, cultivé, de l'observateur! Ainsi, pour faire adopter le tubercule exotique, devenu aussi nécessaire que le vin, il ne fallut rien moins que la persévérance de Parmentier et la volonté d'un roi, de Louis XVI qui, dans une fête de cour, porta la fleur de la pomme de terre à la boutonnière de son habit.

Citoyen ou prince, celui qui parvint le premier à faire adopter comme boisson le jus fermenté de la grappe eut des difficultés non moins grandes à vaincre. Qu'on ne parle donc plus seulement de la lenteur du progrès dans l'ordre moral! cette lenteur se retrouve aussi, comme nous venons de le voir, dans l'ordre matériel.

A juger par l'histoire de l'eau-de-vie, on n'arriva que lentement à l'usage domestique de cette liqueur. L'eau-de-vie se nommait d'abord *eau ardente;* elle entrait, avec l'essence de térébenthine, dans la composition du feu grégeois. On lui attribuait ensuite la vertu de prolonger la vie et de guérir les maladies; aussi reçut-elle alors le nom d'*eau-de-vie*. Les Espagnols, en la nommant *agua ardiente*, n'ont fait que traduire dans leur langue le mot arabe d'*alcool* (le brûlant). Au quinzième siècle, l'eau-de-vie se vendait encore dans l'officine de l'apothicaire Mais vivre longtemps est un désir aussi naturel

aux hommes que celui d'amasser de l'or. Nous ne parlons, bien entendu, que des hommes qui ne voient rien au delà du présent, et ceux-là forment malheureusement l'immense majorité.

Par l'abus qu'on en fait, l'eau-de-vie devrait aujourd'hui s'appeler d'un tout autre nom. A combien d'hommes l'eau-de-vie n'a-t-elle pas donné la mort!

Tout a sa raison d'être. L'abus et l'erreur mêmes ont plus d'une fois tourné au profit du progrès de la science. Cette remarque s'applique particulièrement à l'alcool, qu'on appelle aussi *esprit de vin*, parce qu'il s'obtient par la distillation du jus fermenté de la grappe. L'abus de l'esprit de vin stimula l'esprit de recherches : les uns combinèrent l'eau-de-vie avec des essences aromatiques, les autres perfectionnèrent la distillation, d'autres enfin entreprirent d'extraire l'esprit de vin d'autres substances que le jus fermenté du raisin. Ainsi, avec le vin de Malvoisie, dans lequel on avait laissé macérer de la cannelle, des noix de muscade, des clous de girofle, du cubèbe, de la racine de galanga, de zédoaire, des fleurs de lavande, de sauge, de mélisse, de rose, etc., on faisait l'*hypocras*, et, avec cette boisson distillée, on préparait l'*eau-de-vie de Frédéric II* (empereur du treizième siècle). C'est avec cette *eau impériale*, aussi complexe que la thériaque, que les galants chevaliers se fortifiaient

leurs estomacs, — quels estomacs! — avant de se rendre à la guerre ou au tournoi.

La *distillation* devait être connue bien avant le moyen âge. Aristote, le maître d'Alexandre le Grand, y fait déjà allusion, près de trois siècles avant l'ère chrétienne. « L'eau de mer, dit-il, est rendue potable par l'évaporation ; le vin et tous les liquides peuvent être soumis au même procédé : après avoir été réduits en vapeurs, ils redeviennent liquides[1]. »

L'observation attentive de ce qui se passe dans la nature a dû faire naître l'idée de la distillation. Qu'est-ce que la pluie? de l'eau qui tombe des nuages. Qu'est-ce qu'un nuage ? de la vapeur d'eau qui, à cause de son état vésiculaire particulier, peut se tenir suspendue à des hauteurs variables de l'atmosphère. D'où viennent les nuages? De l'évaporation de vastes nappes d'eau, notamment de l'évaporation des eaux de l'Océan, opérée par la chaleur du soleil. Voilà donc tous les éléments d'un véritable appareil distillatoire. L'Océan est la cornue, le réservoir du liquide à distiller ; l'atmosphère est le tuyau qui s'adapte au réservoir et où passent les vapeurs produites par le fourneau céleste ; la terre est le récipient où les vapeurs aqueuses viennent se condenser.

1. Aristote, *Météorologiques*, II, 2.

Aristote s'est-il le premier rendu compte de ce mécanisme merveilleux ? On l'ignore. Cependant il explique déjà la rosée par la condensation des vapeurs d'eau suspendues dans l'air et qui vont se précipiter sur la terre par l'action du froid. Il ajoute, avec raison, que la neige n'est que de l'eau congelée par un froid plus intense et nécessaire pour amener la vapeur à l'état liquide. Le même philosophe remarque que si les eaux de la mer peuvent porter de plus grands navires que les eaux douces, c'est moins à cause de leur plus grande profondeur que parce que les eaux de mer tiennent des sels en dissolution. A l'appui de cette opinion il cite une expérience, depuis lors bien connue, d'après laquelle un œuf plein, placé dans une cuvette d'eau commune, tombe au fond, tandis qu'il y surnage lorsque l'eau a été préalablement salée.

On connaissait donc, dans l'antiquité, le fait général mentionné par Aristote, à savoir que les liquides s'évaporent par la chaleur et que leurs vapeurs se condensent par le froid. Mais nous ne voyons dans aucun ouvrage ancien qu'on ait réalisé l'utilisation de ce fait par un appareil approprié.

Pline, qui vivait trois siècles après Aristote, décrit un procédé qui aurait dû conduire immédiatement à l'invention de l'appareil distillatoire. « On allume, dit-il, du feu sous le pot qui contient de la

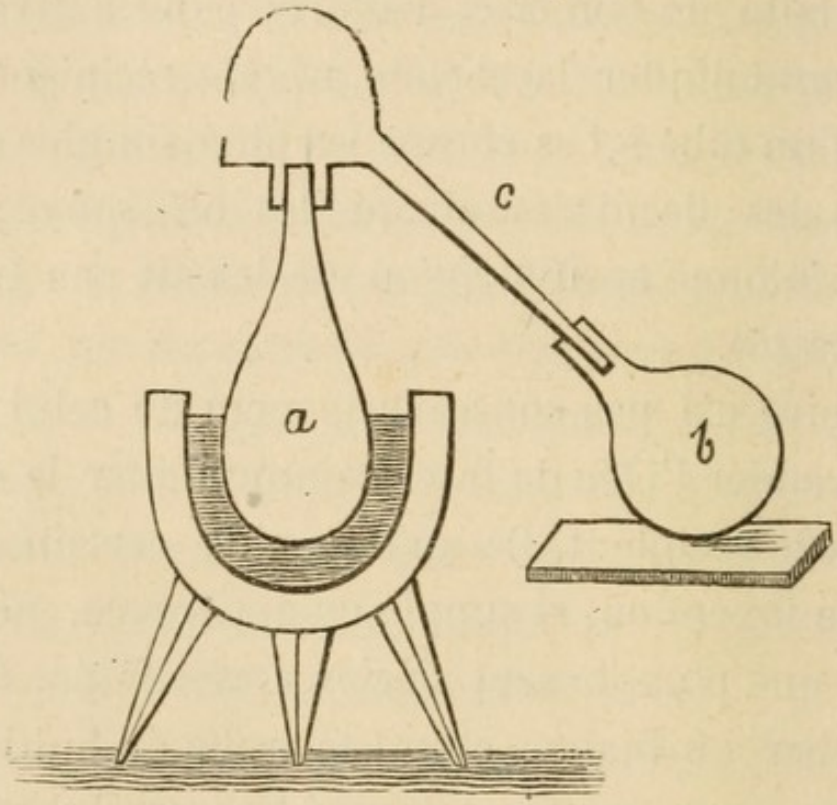
résine. La vapeur s'élève et se condense dans de la laine qu'on étend sur l'ouverture du pot où l'on fait cuire la résine. L'opération terminée, on exprime la laine imprégnée d'huile[1]. »

Dans ce procédé de Pline, un pot servait de cornue, et un bouchon de laine de récipient. Combien n'a-t-il pas fallu de temps et d'efforts pour arriver à faire communiquer la cornue avec le récipient au moyen d'un tube? Les choses les plus simples sont toujours les dernières auxquelles on songe; et chacun s'étonne ensuite qu'on ne les ait pas trouvées plus tôt.

L'histoire n'a pas conservé le nom de celui qui eut le premier l'idée de faire communiquer la cornue avec le récipient. Ce qu'il y a de certain c'est que cette invention, si simple en apparence, ne fut réalisée que plus de sept siècles après Pline. C'est dans Geber ou Djaber, chimiste arabe du huitième siècle, que nous en avons trouvé la première mention. En marge d'un des manuscrits de cet auteur (conservés à la Bibliothèque impériale de Paris), on trouve la figure d'un véritable vase distillatoire. En voici (sur le *verso* de la page) le dessin : *a* est la cornue, *b* le récipient, *c* le tube de communication adapté à un chapiteau.

1. L'huile ainsi obtenue, par voie de distillation, s'appelait *pisséléon*. Pline, *Histoire naturelle*, XV, 7.

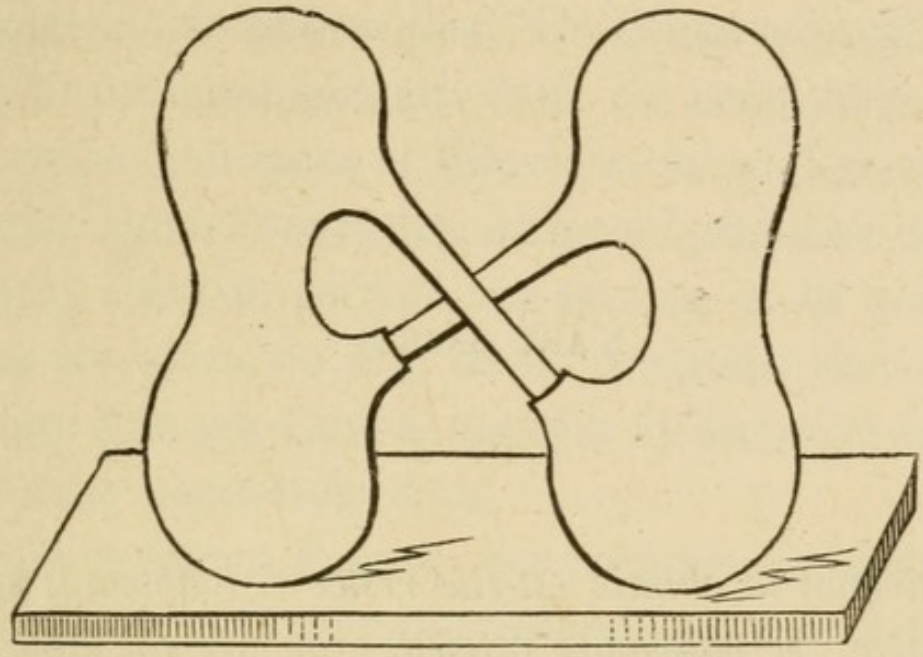
L'invention de l'appareil distillatoire contribua singulièrement au progrès de la chimie. L'élan une fois donné, chacun voulut perfectionner un instrument si utile. Parmi ces perfectionnements, la plupart sans importance, il y en eut de vraiment fantastiques.



L'eau-de-vie de grains était connue, dans les pays du nord, dès le seizième siècle ; mais sa fabrication fut interdite par des motifs religieux : les grains de blé ne devaient être employés qu'à faire le pain quotidien.

Un patrice de Nuremberg, Philippe d'Ulstadt, imagina, vers la fin du quinzième siècle, un appareil, nommé les *deux frères*, dont voici le dessin. Cet appareil était destiné à produire la *distillation*

circulatoire ou *bi-fraternelle*. Pour le faire marcher on appliquait la chaleur alternativement à la cor-



nue (pélican) et au récipient qui, par sa forme, ne se distinguait en rien de la cornue, comme le montre la figure ci-dessus.

L'ART SACRÉ.

Pourquoi la chimie est-elle restée si longtemps stationnaire, et pourquoi fait-elle, depuis un siècle à peine, des progrès si rapides?

Pour répondre à cette question, qui s'applique presque à toutes les sciences, il faut se placer à un point de vue éleve.

Tout révèle la double nature de l'homme. Le corps et l'esprit ont également besoin de s'alimenter; mais si pour le premier ce besoin est nécessaire, il n'est que facultatif pour le second. C'est à cette différence radicale qu'il faut faire remonter les deux façons opposées, avec lesquelles on a de tout temps traité le travail manuel et le travail intellectuel.

Dans la société gréco-romaine, tous les arts tributaires de la chimie, étaient exercés par des esclaves, par des êtres qui, aux yeux des citoyens d'Athènes

et de Rome, ne faisaient pas même partie du genre humain. Quiconque manipulait la matière pour la façonner ou la transformer, était réputé indigne du commerce des philosophes. Un abîme séparait le penseur du manipulateur. Dans ces conditions, un rapprochement entre la théorie et la pratique était difficile, sinon impossible. Au grand préjudice de la science, l'artiste gardait ses secrets, et le philosophe ses idées, au lieu de se compléter et de se corriger l'un par l'autre, comme ils auraient dû le faire dans l'intérêt de tous.

Voilà comment s'opéra, dès l'origine, le divorce de l'expérience et du raisonnement, du fait et de la théorie, de ces deux éléments naturels et nécessaires de tout progrès.

La chimie fut ainsi condamnée à rester longtemps stationnaire. Il fallut ensuite des siècles d'efforts pour la mettre dans la voie du progrès. Le pain et le vin, au lieu de servir à des études sérieuses sur la fermentation, devinrent des objets de culte. A l'esprit d'observation on vit se substituer des spéculations religieuses et métaphysiques; enfin, le livre de la nature n'était consulté que pour y chercher la confirmation de vaines hypothèses ou de dogmes préconçus. L'histoire va nous en fournir la preuve.

Aux premiers siècles de l'ère chrétienne, la chimie s'appelait *art sacré*. Les prêtres de l'Égypte en

étaient les premiers maîtres[1]. C'est dans les temples de Thèbes et de Memphis que les initiés pratiquaient la *science divine*, nom qu'ils donnaient aussi à l'art sacré. Comment l'entendaient-ils? Nous l'ignorons. Mais ce qui paraît certain, c'est qu'ils partaient de quelques données expérimentales, fort simples, pour arriver à des interprétations, à des doctrines qui laissaient en partie entrevoir leurs croyances dogmatiques.

Citons quelques exemples. On chauffait de l'eau dans un vase; l'eau se réduisait en vapeur, devenait impalpable comme l'air, et laissait pour résidu une poussière, une terre blanche. Voilà le fait. Ce fait d'expérience était vrai alors, comme il l'est aujourd'hui, et comme il le sera en tout temps. Mais qu'en conclurent les prêtres? que l'eau se change en terre et en air, enfin, que la matière se transforme. De la transformation à la métempsycose il n'y avait qu'un pas. Cette conclusion était parfaitement légitime à une époque où l'on ignorait la composition de l'air et de l'eau.

Autre exemple. On brûlait, on calcinait du plomb ou de l'étain au contact de l'air. Le métal se changeait en une sorte de chaux[2]; c'était la *mort* du métal. Or, en reprenant cette cendre et la chauffant

1. Voy. sur l'*Art sacré* notre *Histoire de la chimie*, t. I, p. 220.

2. La chaux s'appelle, en latin, *calx;* de là le nom de *calciner*, substitué à celui de *brûler*.

avec des grains de blé, l'opérateur voyait le métal reprendre sa forme avec toutes ses propriétés primitives. Qu'induire de ce fait? qu'avec le concours du feu purificateur, les grains de blé possèdent la vertu de ressusciter, de *révivifier* le métal incinéré. N'était-ce pas là opérer le miracle de la résurrection ? On devait le croire et on le crut, en effet, pendant des siècles. Les vestiges de cette croyance se retrouvent encore aujourd'hui dans les noms de *révivifier*, *révivification*, employés comme synonymes de *désoxyder*, *désoxydation*. Les grains de blé étaient le symbole de la résurrection ou de l'immortalité, comme semblent l'attester les sachets de froment, qu'on a trouvés dans des momies égyptiennes.

Ces faits démontrent combien le symbolisme religieux a nui au progrès de la science. Si l'on eût cherché à les interpréter au moyen de l'expérience combinée avec le raisonnement, on n'aurait peut-être pas tardé à reconnaître que l'action des grains de blé, révivifiant les métaux rouillés (oxydés), est uniquement due au carbone qu'ils renferment, et que la terre blanche, que l'eau laisse après son évaporation, est un résidu de sels naturellement contenus dans l'eau.

Mais l'homme doit passer par l'erreur avant d'atteindre la vérité. Le règne de l'imagination précède celui de la raison. La voie erronée de l'art sacré fut suivie par l'alchimie.

L'ALCHIMIE.

Rien ne périt, tout se transforme dans la nature.

Tel est l'énoncé d'un fait général, que la science des anciens avait entrevu, et que démontre la science moderne. Les alchimistes l'admettaient aussi; ils avaient même fondé là-dessus presque toutes leurs doctrines. Mais, à l'exemple des adeptes de l'art sacré, dont les alchimistes n'étaient que les continuateurs, ils tirèrent de quelques expériences vraies des inductions erronées.

Ainsi, par exemple, le plomb disparaît quand on le calcine dans des coupelles faites avec des cendres ou des os pulvérisés; il ne reste qu'un bouton d'argent pur. Les opérateurs ne pouvaient guère faire autrement que de conclure de ce fait que le plomb s'était changé, *transmuté* en argent; car ils ignoraient que l'oxyde ou chaux de plomb qui se forme pendant la calcination est absorbé par la

substance de la coupelle, et que la petite quantité d'argent, qui reste, provient du plomb naturellement argentifère.

Les alchimistes savaient aussi que l'eau-forte (acide nitrique) dissout le cuivre, et que, lorsqu'on plonge dans une pareille dissolution une lame de fer, le cuivre renaît pendant que le fer disparaît. Mettez-vous, cher lecteur, à la place des alchimistes, en présence de ce fait, en apparence si singulier, n'auriez-vous pas dit, comme eux, que *le fer se change en cuivre?*

La fameuse théorie de la *transmutation des métaux* repose donc sur des faits positifs, incontestables; mais ces faits étaient alors compris et interprétés autrement qu'ils le sont aujourd'hui. Ces différentes manières de voir attestent la prééminencee de la pensée, à la fois généralisatrice et rectificatrice, sur l'observation non raisonnée, sur le simple emploi des sens.

Ne soyons donc pas dédaigneux envers nos prédécesseurs. Si nous nous étions trouvés à leur place, nous nous serions trompés comme eux en prenant pour une transmutation un simple phénomène d'échange. Peut-être n'y attachaient-ils pas non plus, — qui sait? — le sens absolu, doctrinal, que nous leur prêtons. Pour être juste envers ceux qui ont vécu avant nous, il faut nous identifier en quelque sorte avec leur pensée, et ne pas les juger

à travers le prisme de la science actuelle, somme de connaissances lentement acquises.

Ce qui pouvait faire croire à la transmutation des métaux, c'est que, en absence de toute analyse, on n'avait d'autre moyen d'en apprécier la nature que leur aspect, leur couleur, en un mot, l'ensemble de leurs caractères extérieurs. Les alchimistes n'employaient guère la balance, et ils ne connaissaient qu'un petit nombre de dissolvants ou de réactifs. Qu'y a-t-il donc d'étonnant qu'ils aient pris, de la meilleure foi du monde, le chrysocale pour de l'or?

Au moyen âge, la science, comme la littérature, aimait beaucoup les rapprochements, les allégories. Les alchimistes, à l'exemple des minnesingers, leurs contemporains, s'en tenaient au brillant de la surface, ils allaient rarement au fond des choses.

L'or avait pour symbole le soleil. Toutes les plantes à fleurs et à suc jaune passaient pour contenir de l'or. Aussi le bouton d'or, la primevère, le millepertuis, le suc de la rhubarbe, de la chélidoine, etc., jouaient-ils un grand rôle dans les opérations des *chrysopoètes* ou *faiseurs d'or :* c'est le nom que les alchimistes portent dans les traités de *l'art sacré*.

Le règne animal fournissait aussi des représentants du roi des métaux, *rex metallorum*. La salamandre est figurée, dans quelques livres alchimiques, avec une couronne d'or sur la tête et au mi-

lieu d'un feu flamboyant. Elle devait cette distinction aux taches jaunes dont son corps est parsemé.

Le soufre passait pour un élément merveilleux, moins à cause de sa couleur que parce qu'il noircit presque tous les métaux en se combinant avec eux. Lorsqu'on fait tomber du mercure sous forme de pluie fine (en le passant à travers un linge) sur du soufre fondu, on obtient une substance noire. Cette substance, chauffée dans des vaisseaux clos, se volatilise sans s'altérer, et se trouve transformée en une belle matière rouge. On aurait peine à croire que ces deux corps sont identiques, si l'on ne savait pas qu'ils sont composés, l'un et l'autre, de la même quantité de soufre et de la même quantité de mercure. Cette faculté d'un même corps d'affecter deux états moléculaires différents a reçu le nom d'*isomérie :* c'est une abréviation heureuse d'une périphrase, mais ce n'est pas une explication.

Combien ce changement inattendu d'un composé noir en un composé rouge ne dut-il pas frapper l'imagination des alchimistes? Leur verve allégorique n'en tarissait pas : le sulfure de mercure noir qui passe, par voie de sublimation, à l'état de sulfure rouge (cinabre), c'était l'*aigle noir* qui se métamorphose en *lion rouge.* Le noir et le rouge étaient les symboles des ténèbres et de la lumière, du mauvais et du bon principe.

Les vapeurs d'arsenic blanchissent le cuivre. Ce

fait, depuis longtemps connu, donna naissance à une foule d'énigmes mystiques sur le moyen de changer le cuivre en argent. L'une de ces énigmes était attribuée à la Sibylle. D'ailleurs le mot arsenic s'adaptait merveilleusement aux fictions de l'alchimie. Ce mot, *arsenicon* en grec, signifie littéralement *mâle*. Or, le cuivre, consacré à Vénus, représentait le principe *femelle*. Le cuivre blanc, l'*argent* des alchimistes, était donc le produit de l'union du principe mâle avec le principe femelle.

La nature est aujourd'hui ce qu'elle était autrefois. Les anciens avaient les mêmes yeux que nous pour la voir, mais ils n'avaient pas la même manière de la comprendre : la pensée humaine, voilà ce qui varie. Dans leur manière de concevoir la composition ou le mouvement moléculaire des corps, les alchimistes ont varié comme les astronomes dans leur manière d'interpréter la composition du ciel ou le mouvement des astres. Chimie ou astronomie, il s'agit toujours au fond du mystérieux monde des atomes. La grandeur n'y fait rien : l'astre radieux et l'invisible atome du cristal s'évanouissent l'un et l'autre comparativement à l'infini.

Les *éléments*, dans le sens que les anciens y attachaient, n'avaient rien de commun avec les nôtres. La *terre*, l'*eau*, l'*air* et le *feu* n'avaient primitivement qu'une valeur dogmatique. *Quatre* était un nombre

sacré. Pythagore avait emprunté son quaternaire, la tétrade, aux religions de l'Orient.

Une fois engagé dans cette voie, on devait s'éloigner de plus en plus de la méthode expérimentale. Aux quatre éléments des anciens philosophes vinrent, plus tard, se joindre le *soufre* et le *mercure :* c'étaient, aux yeux des alchimistes, les éléments particuliers des métaux. L'univers était symbolisé par un œuf dont la coque figurait la voûte céleste, le blanc et le jaune représentaient les éléments des métaux et la masse minérale terrestre. Cet œuf des philosophes, *ovum philosophicum*, était entouré d'un cercle d'or, figurant le zodiaque. Sur quelques monuments druidiques on voit l'œuf, comme hiéroglyphe du monde, façonné par deux serpents.

Mais ce n'était pas seulement pour créer ou confirmer des dogmes religieux, qu'on interrogeait la nature ; on lui demandait aussi la richesse et la santé. Ce fut là le double but de la pierre philosophale.

Qu'était-ce que la pierre philosophale ?

Les alchimistes ne s'entendaient guère là-dessus. La pierre philosophale était tantôt le cinabre, tantôt le soufre. Pour les uns c'était l'arsenic qui blan-

chit le cuivre ; pour les autres, c'était la cadmie (minerai de zinc) qui le jaunit ; pour d'autres, c'était quelque chose d'impalpable qui ne pouvait être saisi, touché, que dans certaines conditions, enveloppées de mystère. Pour la plupart enfin la pierre philosophale était une matière propre à transmuter les métaux, à changer les vils en *nobles*. On appelait ainsi l'or et l'argent, par une image empruntée à l'état social : les métaux nobles s'allient, se combinent difficilement avec les matières communes qui altèrent les autres métaux. Tout le monde sait que l'or et l'argent ne se rouillent point dans les circonstances ordinaires de l'atmosphère.

Mais à quoi sert la richesse, quand on n'a pas en même temps la santé ? La pierre philosophale qui devait donner l'or, n'était donc que l'auxiliaire de l'œuvre qui devait fournir le double secret de guérir toutes les maladies et de prolonger la vie au-delà de son terme ordinaire. Cet œuvre s'appelait l'*élixir philosophal* ou la *panacée universelle*. Les uns croyaient l'avoir trouvé dans une teinture mercurielle, les autres dans l'or potable.

Les tribulations des alchimistes, les déceptions des chercheurs de la pierre philosophale ou des souffleurs du grand œuvre offriraient le sujet d'un immense drame. On pourrait ici prendre pour type *Denis Zecaire*, qui vivait au commencement

du seizième siècle. Il raconte lui-même très-naïvement sa vie dans son *Opuscule de la vraye philosophie naturelle des métaux*.

Né en Guyenne, en 1510, Zecaire perdit de bonne heure ses parents, et son éducation fut confiée aux soins d'un tuteur. Au collége de Bordeaux, il employait ses heures de recréation à s'initier aux pratiques de l'alchimie. A Toulouse, où il devait faire son droit, il continua « à souffler et à boire chaud, si bien, dit-il, qu'à la fin de l'année mes deux cents escus s'en allèrent en fumée. » Devenu majeur, il engagea son patrimoine et en mit une certaine partie entre les mains d'un Italien qui se vantait de posséder le secret de faire de l'or. Ce secret consistait à traiter, pendant deux mois, de l'argent par l'eau-forte pour obtenir la fameuse poudre de projection qui devait transformer le mercure en cent fois son poids d'or. Zecaire perdit, bien entendu, son temps et son argent. L'Italien, qui travaillait avec lui, lui soutira encore quelque argent sous le prétexte d'aller à Milan, afin de s'aboucher avec l'auteur même du procédé qui n'avait pas réussi. Vainement Zecaire attendit-il, à Toulouse, le retour de l'Italien : « J'y serais encore, si j'eusse voulu attendre, car je ne le vis plus. »

Zecaire quitta Toulouse pour s'en aller à Cahors. Il y demeura six mois, pour continuer son œuvre, en compagnie d'un philosophe, d'un « bon vieil

homme, » qui lui fit perdre près de trois cents écus. Ce nouveau mécompte ne le corrigea point : l'amour du grand œuvre était devenu une passion. « Pour mieux le continuer, je m'accoustay, dit-il, avec un abbé, près de Toulouse, qui disoit avoir le double d'une recette pour faire nostre grand œuvre, qu'un sien ami qui suivoit le cardinal d'Armagnac lui avoit envoyé de Rome. Et commençâmes à dresser de nouveaux fourneaux, tous de diverses façons, pour y travailler. » — Cette fois il s'agissait de chauffer, pendant un an, de la limaille d'or avec de l'eau-de-vie purifiée. « Et achetasmes pour trente escus de charbon tout à ung coup, pour entretenir le feu en dessoubs desdites cornues un an entier. »

Au bout d'un an, le pauvre Zecaire s'aperçut que l'eau-de-vie n'était pas le vrai dissolvant de l'or. « Nous trouvasmes, dit-il, tout l'or en poudre comme l'y avions mis, fors qu'elle étoit un peu plus déliée, de laquelle nous fismes projection sur de l'argent vif (mercure) chauffé, en suivant la recepte ; mais ce fust en vain. Si nous fusmes marris, je vous le laisse à penser, mesmement M. l'abbé, qui avait desia publié à tous les moines qu'il ne restait qu'à faire fondre une belle fontaine de plomb qu'ils avoient en leur cloistre, pour la convertir en or incontinent que nostre besogne seroit achevée. Mais ce fust pour une autre fois qu'il la fist fondre. »

Zecaire, emportant avec lui huit cents écus, vint demeurer à Paris, résolu à tout risquer pour trouver la pierre philosophale. C'était vers 1535. A cette époque Paris était, comme il nous l'apprend lui-même, « la ville la plus plus fréquentée de divers opérateurs en ceste science, que autre que soit en Europe. » — « J'y fus, ajoute-t-il, un mois durant presque incogneu de tous. Mais, après que j'eus commencé à fréquenter les artisans comme orfebvres, fondeurs, vitriers, faiseurs de fourneaulx et divers autres, il ne fust pas un moys passé que je n'eusse la cognoissance à plus de cent opérateurs.»

Sous le règne de François Ier, Paris fourmillait donc d'alchimistes. Zecaire nous en fait le portrait suivant. « Les uns travaillaient aux teintures des métaulx par projection, les autres par cimentation, les autres par dissolution, les autres par conjonction de l'essence, les autres par longues décoctions, les autres travaillaient à l'extraction du mercure des métaulx, les autres à la fixation d'iceulx. De sorte qu'il ne se passoit jour, mesmement les festes et les dimanches, que nous ne nous assemblissions ou au logis de quelqu'un, et fort souvent au mien, ou à Nostre-Dame la Grande, qui est l'église la plus fréquentée de Paris, pour parlementer des besoignes qui s'estoient passées aux jours précédents. Les uns disoient, si nous avions le moyen pour y recom-

mencer, nous ferions quelque chose de bon; les autres, si nostre vaisseau eust tenu, nous étions dedans; les autres, si nous eussions eu notre vaisseau de cuivre, bien rond et bien fermé, nous aurions fixé le mercure avec la lune (argent). Tellement qu'il n'y en avoit pas un qui fist rien de bon et qui ne fust accompaigné d'excuse, combien que pour cela je ne me hastasse guère à leur présenter argent, sachant desia et cognoissant très-bien les grandes despenses que j'avois faict auparavant à crédit et sur l'assurance d'aultry. »

Cependant notre alchimiste ne tarda pas à se lier avec un Grec qui passait pour un habile homme, possesseur du secret de changer des clous de cinabre en argent. « Et pour ce qu'il avoit besoin d'argent fin en limaille, nous en acheptasmes trois marcs, et les fismes limer; duquel il en faisoit de petits clous avec une paste artificielle, et les mesloit avec le cinabre pulvérisé, puis les faisoit decuyre dans un vaisseau de terre bien couvert. Et quand ils estoient bien secs, il les faisoit fondre et les passoit par la coupelle; tellement que nous trouvions trois marcs d'argent fin, qu'il disoit estre sorti du cinabre, et que ceux nous avions mis d'argent fin s'en étoient volez en fumée. » — C'est tout le contraire qui devait être arrivé : le cinabre, étant volatil, « s'en était volé en fumée », et la même quantité d'argent qu'on y avait mis, se retrouvait au fond

de la cornue. Aussi le pauvre adepte s'écria-t-il tout désappointé : « Si c'estoit proufit, Dieu le sçait, et par moi aussi qui despendis des escus plus de trente. »

Malgré ses insuccès, l'alchimiste grec poursuivait son œuvre. « Toutefois il assuroit touiours qu'il y avoit du gain; de sorte que avant la Noël suivant cela fust tout cogneu en Paris, qu'il n'estoit fils de bonne mère s'entremêlant de travailler en la science, qui ne savoit ou avoit entendu parler des clous de cinabre, comme un autre temps après fut parlé des pommes de cuivre, pour fixer là dedans le mercure avec la lune. »

Après avoir passé ainsi trois ans à Paris et perdu ses huit cents écus et d'autres sommes encore que son ami l'abbé lui avait envoyées, Zecaire retourna dans son pays. Arrivé chez lui, il trouva une lettre du roi de Navarre, père d'Henri IV, qui l'invitait à se rendre à Pau. Ce roi voulait apprendre les secrets de l'alchimie; il lui offrait, en récompense, un traitement de quatre mille écus. « Ce mot de quatre mille escus, ajoute l'adepte, chatouilla tellement les oreilles de l'abbé, que se faisant croire qu'il les avoit desia en sa bourse, il n'eust jamais cesse que je ne fusse parti pour aller à Pau, où j'arrivai au mois de mai, sans travailler environ six semaines, pource qu'il fallut recouvrer les simples ailleurs. Mais quand j'eu achevé, j'eu récompense que je

m'attendois. Car encore que le roi eut bon vouloir de faire du bien, il me renvoya avec un grand merci, et que j'advisasse s'il n'y avoit rien en ses terres qui fust en sa puissance de me donner, comme confiscations et aultres choses semblables ; qu'il me le donneroit volontiers. Cette response fut tant ennuyeuse que, sans m'attendre à ses belles promesses (pour en avoir esté autrefois nourri à mes despences), je m'en retournois vers l'abbé. »

Enfin un docteur théologien conseilla au malheureux alchimiste de laisser là ses cornues et de s'intruire dans les livres qui traitent de la matière. Sur ce conseil, Zecaire prit ce qui lui restait d'argent et se rendit de nouveau dans la capitale. « Par quoy je m'en allai à Paris, où j'arrivai le lendemain de la Toussaint, en l'année 1546, et là j'achetai pour dix écus de livres en la philosophie, tant des anciens que des modernes ; une partie desquels étoient imprimés, et les autres escrits de main, comme la *Tourbe des philosophes*, le *Bon Trévisan*, la *Complainte de la Nature*, et autres divers traités qui n'avoient jamais été imprimés. Et m'ayant loué une petite chambre au faubourg Saint-Marceau, fus là un an durant, avec un petit garçon qui me servoit, sans fréquenter personne, estudiant jour et nuit en ces auteurs. »

Après des obstacles de toute sorte, notre philosophe hermétique parvint enfin à faire de l'or, ainsi

qu'il le raconte lui-même : « Il ne se passoit jour que je ne regardasse d'une fort grande diligence l'apparition des trois couleurs que les philosophes ont écrit devoir apparaître avant la perfection de nostre divin œuvre, lesquelles (grâces au Seigneur Dieu), je vis l'une après l'autre; si bien que, le propre jour de Pâques après, j'en vis la vraie et parfaite expérience sur de l'argent vif échauffé dedans un crisol, lequel je convertis en fin or devant mes yeux, à moins d'une heure, par le moyen d'un peu de cette divine poudre. Si j'en fusse aise, Dieu le sait. Aussi ne m'en vantois-je pas pour cela; mais après avoir rendu grâces à nostre bon Dieu, et l'avoir prié qu'il m'illuminast par son Saint-Esprit pour en pouvoir user à son honneur et louange, je m'en allai le lendemain pour trouver l'abbé. »

Zecaire ne communiqua son secret à personne. Il quitta la France, « afin de mener, dit-il, un fort petit train à l'étranger »; aveu qui ne plaide guère en faveur de la transmutation du mercure en or Son séjour à l'étranger ne fut pas long, et il eu une triste fin. Notre chercheur d'or fut, dit-on, assassiné à Cologne par son compagnon de voyage[1].

Ce qui caractérisait surtout les alchimiste

1. Voyez notre *Histoire de la chimie*, t. II, p. 115-120.

c'était une patience à toute épreuve. Ils ne se laissaient, comme le montre l'exemple de Denis Zecaire, rebuter par aucun insuccès. Quelquefois l'opérateur, que la mort enlevait à ses travaux, laissait une expérience commencée en héritage à son fils, et il n'était pas rare de voir celui-ci léguer à un autre le secret de l'expérience inachevée dont le testateur avait hérité de son père. Les opérations alchimiques étaient ainsi transmises de père en fils comme des biens inaliénables.

Cette ténacité a un sens profond. Le temps est un grand maître. Qu'est-ce, en effet, que la vie d'un homme comparativement à la durée indéfinie de la nature? moins qu'une seconde. Des produits, qu'aucun opérateur ne saurait jamais obtenir, sont engendrés avec profusion dans l'immense laboratoire de la nature, à la faveur de ses agents ordinaires, dont l'action se prolonge pendant des siècles.

AVÉNEMENT DE LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE.

Nous venons de montrer comment, dès le principe, on avait fait fausse route. La théorie et la pratique étaient représentées par des hommes entre lesquels la société avait creusé un abîme. Les chefs d'école et de secte estimaient au-dessous de leur dignité de manier un outil : ils auraient cru déroger en se mêlant à la tourbe des manipulateurs. Le philosophe et le prêtre, qui réunissaient autrefois tout le savoir théorique, n'interrogeaient l'expérience que pour lui demander la confirmation de leurs doctrines; ils la récusaient dès qu'elle contrariait leurs idées; et, ne l'oublions pas, c'est par la caste sacerdotale ou lettrée, peu sympathique aux parias du travail, que nous connaissons l'état de la science dans l'antiquité.

Il y eut un moment où la recherche de la pierre philosophale semblait devoir rapprocher le mani-

pulateur du théoricien. Mais la soif de l'or suivit bientôt les mêmes errements. Les alchimistes succédèrent, comme nous l'avons vu, aux adeptes de l'art sacré.

L'avénement de la méthode expérimentale avait été cependant préparé de longue date. Trois cents ans avant le chancelier Bacon, qui passe à tort pour le promoteur de cette méthode, son homonyme, le moine *Roger Bacon*, insistait sur la nécessité d'interroger la nature expérimentalement; et, plus de quinze siècles avant Roger Bacon, Aristote avait émis la même pensée dans divers passages de ses œuvres.

Enfin, au seizième siècle, *Paracelse* fit une guerre à outrance « aux docteurs en gants blancs qui craignent de se salir les doigts dans un laboratoire de chimie. » Il se posa hardiment en réformateur; son langage était acéré comme celui de Luther, son contemporain. « Que faites-vous donc, physiciens et docteurs? demandait-il aux faiseurs de systèmes. Vous ne voyez donc pas clair? Avez-vous des escarboucles à la place des yeux?... Parlez-moi plutôt des chimistes qui manipulent; ceux-là du moins ne sont pas paresseux comme vous autres; ils ne sont pas habillés en beau velours, en soie, ni en taffetas; ils ne portent pas de bagues d'or aux doigts, ni de gants blancs. Les opérateurs attendent avec patience, jour et nuit, le résultat de leurs travaux. Ils ne fréquen-

tent pas les lieux publics; ils passent leur temps au laboratoire; ils portent des culottes de peau avec un tablier de cuir pour s'essuyer les mains; ils mettent leurs doigts dans les charbons et dans les ordures; ils sont noirs et enfumés comme des forgerons et des charbonniers; ils parlent peu, sachant bien que c'est à l'œuvre que l'on reconnaît l'ouvrier. » — Ce langage incisif, un peu rustique peut-être, montre que les manipulateurs et les théoriciens étaient encore loin de s'unir pour l'œuvre commune de la science.

Paracelse mourut, en 1541, à l'âge de quarante-huit ans, dans l'hôpital de Salzbourg. Il avait dépensé sa santé et sa fortune à inaugurer la méthode expérimentale.

Son contemporain, *Bernard Palissy* (né en 1499, mort en 1589), suivit la même voie. Le chancelier Bacon (né en 1560, mort en 1626) était encore enfant, quand l'inventeur des *rustiques figulines* enseignait déjà publiquement que, pour atteindre la vérité, il faut consulter l'expérience. « Je n'ai point, dit-il, d'autre livre que le ciel et la terre, lequel est connu de tous, et est donné à tous de connoistre et lire ce beau livre. »

Dans un dialogue, aussi instructif que spirituel, Palissy met, sous la forme de deux antagonistes, la *Pratique* en présence de la *Théorie*. Celle-ci, après avoir écouté attentivement la Pratique, s'écrie :

« Pourquoi me cherches-tu si longue chanson ? C'est plutost pour me détourner de mon intention que pour m'en rapprocher ; tu m'as bien fait de beaux discours, touchant les fautes qui surviennent en l'art de terre, mais cela ne me sert pas d'espouvantement ; car des esmaux tu ne m'en as encore rien dit. » — La *Pratique* répond : « Les esmaux de quoi je fais ma besogne sont faits d'estain, de plomb, de fer, d'acier, d'antimoine, de saphre de cuivre (cendres vertes), d'arène (sable), de salicort (soude), de cendre gravelée (potasse), de litharge. Voilà les propres matières desquelles je fais mes esmaux. » — Après cette courte réponse, la *Pratique* engage la *Théorie* à ne pas faire la paresseuse, à se remuer un peu, et à chercher elle-même les proportions les plus convenables de ces matières pour réussir dans la fabrication des émaux.

Cet interminable procès de la théorie et de la pratique fut plus tard personnifié par le *professeur* et le *démonstrateur*, chargés d'enseigner, sous Louis XIV et Louis XV, la chimie au Jardin du roi. Le professeur, planant dans la région des principes abstraits, estimait au-dessous de sa dignité de descendre dans les détails du laboratoire et de salir ses doigts avec la poussière de charbon. C'était la *Théorie;* le premier médecin du roi en remplissait le rôle. Après que le docteur avait cessé de parler, arrivait le démonstrateur qui devait appuyer les

vues spéculatives du professeur sur des données expérimentales : c'était la *Pratique*.

Ce fut *Rouelle* (né en 1703, mort en 1770) qui, sous Louis XV, remplissait les fonctions de démonstrateur au Jardin du roi; Bourdelain y occupait la chaire de chimie. Le professeur, froidement accueilli, terminait invariablement sa leçon par ces mots : « Tels sont, messieurs, les principes et la théorie de cette opération, ainsi que M. le démonstrateur va vous le prouver par ses expériences. » Aussitôt apparaissait Rouelle au milieu des applaudissements de l'auditoire; mais, presque toujours, M. le démonstrateur renversait par ses expériences les théories de M. le professeur.

Rouelle était un personnage fort original; il y avait en lui du Paracelse et du Bernard Palissy. Il arrivait dans l'amphithéâtre en grande tenue : habit de velours, perruque poudrée et petit chapeau sous le bras. Assez calme au début de sa leçon, il s'animait par degré. Si sa pensée venait à s'obscurcir, il s'impatientait, il posait son chapeau sur une cornue, il ôtait sa perruque, il dénouait sa cravate; puis, tout en continuant de parler, il déboutonnait son habit et sa veste, et les quittait l'un après l'autre. Ces distractions lui étaient habituelles, d'après ce que nous raconte Grimm, son contemporain.

Rouelle était assisté dans ses expériences, par

un de ses neveux ; mais comme cet aide ne se trouvait pas toujours auprès de lui, il l'appelait en criant à tue-tête : Neveu, éternel neveu ! et l'éternel neveu ne venant pas, il s'en allait lui-même dans les arrière-pièces de son laboratoire chercher les objets dont il avait besoin. Dans l'intervalle, il continuait la leçon comme s'il était en présence de ses auditeurs. A son retour, il avait ordinairement achevé la démonstration commencée, et rentrait en disant : « Oui, messieurs, voilà ce que j'avais à vous dire. » Alors on le priait de recommencer, ce qu'il faisait toujours de la meilleure grâce du monde, dans la conviction d'avoir été seulement mal compris.

Rouelle fut le maître de Lavoisier.

LA CHIMIE PNEUMATIQUE.

(CHIMIE DES GAZ.)

Le règne des spéculations philosophiques et alchimiques allait finir; mais la scission entre ceux qui *perçoivent* et ceux qui *conçoivent*, entre les praticiens et les théoriciens, devait continuer. La voie nouvelle, indiquée par le raisonnement uni à l'expérience, était encombrée d'obstacles, d'erreurs séculaires, qu'il fallait, avant tout, songer à faire disparaître.

L'homme ne croit guère que ce qu'il voit ou touche. De tout temps ceux qui manipulent la matière avaient bien remarqué que, en dehors de ce qui tombe sous les sens, il existe aussi quelque chose d'invisible et d'impalpable. Mais comme ce *quelque chose* ne se prêtait pas à leurs expériences, ils l'avaient relégué dans le domaine des *esprits*. On devine que nous voulons parler des *gaz*.

Le nom de gaz est d'origine germanique : dans plusieurs dialectes allemands, *gaast* signifie *esprit*.

Les anciens soupçonnaient, quoique vaguement, l'existence des fluides aériformes. C'est ce qu'indiquent les expressions latines, telles que *spiritus*, *halitus*, *flatus*, *aura*, *emanatio*. La combustion des charbons, l'air des celliers où fermente le jus de la grappe, certaines grottes naturelles où périssent les chiens et les animaux de petite taille, tous ces phénomènes auraient bientôt conduit à la découverte du gaz acide carbonique, si les observateurs avaient eu recours à la méthode expérimentale.

Galien semblait pressentir la découverte des gaz incandescents, tels que l'hydrogène, l'hydrogène bicarbonné, l'oxyde de carbone, quand il dit que la flamme est un *air enflammé*, et que le roseau brûle, non parce qu'il est sec, mais parce qu'il contient beaucoup d'air susceptible de s'enflammer.

Pline mentionne des localités où l'air s'allume à l'approche d'une flamme. La campagne de Babylone, qui abondait en bitume, offrait souvent le spectacle d'incendies spontanés.

Clément d'Alexandrie, qui vivait au troisième siècle de notre ère, parle « d'un *esprit matériel*, qui est la nourriture du feu et la base de la combustion. » A ce caractère, qui ne reconnaîtrait pas l'oxygène ?

Les ouvriers mineurs savaient depuis longtemps

que dans beaucoup de galeries souterraines les lampes s'éteignent et que l'on risque d'y perdre la vie sans cause apparente. Ces accidents furent avec raison attribués par les Romains à des airs irrespirables. Mais, au moyen âge ces airs étaient changés, par les croyances dominantes, en démons ou en esprits malins. C'est ainsi que la science rétrograde après avoir fait quelques pas en avant. Le progrès est une ligne brisée.

Il faut toute une révolution pour faire entrer dans la science un principe nouveau. On savait que beaucoup de corps se réduisent en vapeur par l'action de la chaleur. On savait aussi que ces corps reviennent à leur état, solide ou liquide, quand ils cessent d'être chauffés. Mais comment faire comprendre que, indépendamment des corps *solides* et *liquides*, il existe des vapeurs à l'état *permanent*, c'est-à-dire des vapeurs qui dans les conditions primordiales de notre globe, n'affectent ni l'état solide, ni l'état liquide?

Si, au lieu de poursuivre des chimères, on avait observé attentivement ce qui se passe dans l'atmosphère ou ce qui s'effectue sans cesse avec le concours de l'air, si l'on avait cherché à étudier les phénomènes de la fermentation, de la putréfaction, de la respiration, phénomènes dont nous sommes tous témoins à chaque instant de la vie; si, en un mot, on avait été, dès l'origine, bien pénétré de

l'idée, entrevue par quelques philosophes, que les hommes vivent dans un océan gazeux comme les crustacés dans l'eau, on se serait depuis longtemps aperçu que l'air est de la matière au même titre que l'eau.

Voyons comment on est parvenu à découvrir que les *esprits de la chimie* sont des corps matériels, dont chacun a ses propriétés distinctes.

Gaz acide carbonique. — Dès l'origine confondu avec l'air proprement dit, le gaz acide carbonique fut pour la première fois reconnu comme un air distinct par *Van Helmont*. Grâce à cette indépendance de l'esprit qui n'accepte pas sans examen ce que les livres enseignent, Van Helmont (né à Bruxelles en 1577, mort en 1644), parvint à saisir ce qui avait échappé à tant d'observateurs. Ce riche seigneur belge, de la famille des comtes de Mérode, consacra sa fortune et ses loisirs à l'avancement de la science. A l'exemple de Paracelse et de Bernard Palissy, il mit lui-même la main à l'œuvre, et l'un des premiers il interrogea la nature au moyen de la balance[1]. Aussi obtint-il par sa méthode, alors nouvelle, les résultats les plus inattendus.

1. On voit la balance déjà représentée sur des monuments égyptiens dont l'origine remonte à plus de 5000 ans. Mais, chose curieuse, elle n'y figure que pour peser l'âme dans le fameux Jugement des morts. Servait-elle aussi à peser la matière?

La différence qui existe entre le volume du charbon et celui de la cendre que le charbon laisse après sa combustion, est un fait connu de tout le monde. Mais Van Helmont voulut l'approfondir, il voulut connaître la différence qui existe entre le charbon et la cendre pesés; il constata ainsi que 62 livres de charbon de chêne sec donnent une livre de cendre. Ce résultat lui fit faire un pas de plus, en se demandant ce que sont devenues les soixante-une livres qui manquent. L'expérience lui répondit qu'elles ont servi à former un fluide, un *esprit aérien*. Ce fut à cet esprit que Van Helmont donna le nom de *gaz* par excellence. Voici ses propres paroles : « Cet esprit, inconnu jusqu'ici, qui ne peut être contenu dans des vaisseaux, ni être réduit en un corps visible, je l'appelle d'un nom nouveau, *gaz*. »

Ce mot est donc de Van Helmont, et il l'appliqua le premier à l'acide carbonique, qui reçut d'abord le nom de *gaz sylvestre* ou *esprit de bois*. Le premier aussi il annonça que ce gaz, produit de la combustion du charbon, est le même que celui qui se dégage pendant la fermentation du moût; et la fermentation, il l'appelle « la mère de la transmutation, divisant les corps en atomes imperceptibles. »

Que de petits faits qui passent inaperçus, et qui, pour être fécondés, n'attendent que le souffle du génie!

Voici comment Van Helmont est parvenu à découvrir que c'est ce même gaz, le gaz acide carbonique, qui rend les vins mousseux. « Une grappe de raisin, non endommagée, se conserve, dit-il, et se dessèche. Mais une fois que l'épiderme est déchiré, le raisin subit bientôt l'action du ferment: c'est le commencement de sa transmutation. » — Puis, généralisant ce fait, il ajoute : « Ainsi, le jus des raisins, le suc des pommes, des baies, et même des fleurs et des branches contuses, éprouvent, sous l'influence du ferment, une effervescence, due au dégagement du gaz.... Ce gaz, étant comprimé avec beaucoup de force dans les tonneaux, rend les vins petillants et mousseux [1]. »

Van Helmont nous montre encore son *gaz* se dégageant « au moment où le vinaigre dissout des pierres d'écrevisses. »

Qui n'a vu ce mouvement d'ébullition qui se produit lorsqu'on répand du vinaigre fort sur de la craie ! Eh bien, il s'agit ici du même gaz; car les pierres d'écrevisses ne sont, au fond, que du carbonate de chaux ou de la craie.

Il nous le monire aussi dans les mines, dans les celliers, dans les eaux minérales et dans certaines cavernes naturelles, et il en signale l'action délétère. « Rien n'agit, dit-il, plus promptement sur

1. *Ortus medicinæ*, p. 66.

nous que le *gaz*, comme le démontrent la grotte des Chiens (près de Naples) et les asphyxies par les charbons. Très-souvent il tue instantanément ceux qui travaillent dans les mines. On peut être asphyxié sur-le-champ dans les celliers où une liqueur fermentée laisse échapper son gaz. » — « Les eaux de Spa dégagent du gaz sylvestre : il est contenu dans les bulles qui s'attachent aux parois des vases. »

Une expérience bien facile à répéter et qui fit beaucoup réfléchir Van Helmont, est celle-ci : « Placez, dit-il, une bougie au milieu d'une cuvette; versez dans cette cuvette de l'eau de deux à trois doigts de haut; recouvrez la bougie, dont un bout soit hors de l'eau, d'une cloche de verre renversée. Vous verrez bientôt l'eau, comme par une espèce de succion, s'élever dans la cloche et prendre la place de l'air diminué, et la flamme s'éteindre. »

Que se passe-t-il dans cette expérience?

L'œil nous fait sans doute voir que le volume de l'air est diminué, que l'eau en est venue prendre la place, et que la flamme est éteinte. Mais ce ne sont là que des effets. Quelle en est la cause? Van Helmont l'ignorait. Ce grand observateur hasarde bien quelques hypothèses sur la nature de la flamme, qu'il appelle un *gaz incandescent*, et sur la formation du vide qui est aussitôt rempli par un autre corps ; mais il lui manquait la connaissance d'un fait capital, nécessaire à la liaison de tous les détails du

phénomène. Ce fait, que Bergmann et Black ignoraient encore de leur temps, Lavoisier nous le fera connaître. Bergmann et Black connaissaient pourtant le gaz de Van Helmont : ils l'appelaient *acide aérien* et *gaz crayeux* [1].

Moyen de recueillir les gaz. — Pour approfondir l'étude des gaz et de leurs combinaisons, il fallait d'abord une chose bien simple, il fallait savoir les recueillir. L'avénement de la *Chimie pneumatique*, de la chimie moderne, n'était possible qu'à cette condition.

Quel est celui qui le premier enseigna méthodiquement le moyen de recueillir les gaz?

En 1718, sous la régence, demeurait, à Paris, dans une mansarde de la rue Saint-Hyacinthe, un pauvre et modeste physicien. Il s'appelait *Moitrel d'Élément*. Nous sommes heureux d'avoir tiré son nom de l'oubli [2].

1. Le gaz acide carbonique, que Van Helmont signala à l'attention des chimistes bien qu'il n'eût pas le moyen de le recueillir, est aussi le premier gaz qu'on soit parvenu à rendre liquide et à solidifier. Thillorier, en 1836, réussit, à l'aide d'une forte pression et d'un froid de — 20°, à obtenir ce gaz à l'état liquide et à l'état solide. Dans ce dernier état, il est blanc comme la neige, détermine sur la peau la sensation d'une brûlure, tant le froid qu'il engendre est excessif, et il reprend immédiatement l'état gazeux, sans passer par l'état liquide intermédiaire. Le froid qu'il produit est capable de congeler le mercure.

2. Voyez notre *Histoire de la chimie*, t. II, p. 342-345.

Pour gagner sa vie, Moitrel faisait des cours de manipulation, ainsi annoncés par voie d'affiches :

La manière de rendre l'air visible et assez sensible pour le mesurer par pintes, ou par telle autre mesure que l'on voudra; pour faire des jets d'air, qui sont aussi visibles que des jets d'eau.

Malgré la nouveauté du sujet, ce cours n'eut aucun succès, et, pour comble de malheur, Moitrel fut traité de visionnaire, d'halluciné, de fou, par les princes de la science, par les académiciens auxquels il s'était adressé pour obtenir l'approbation de sa méthode. Il résolut alors de mettre ses idées par écrit, et de les publier sous forme de brochure. Cette brochure, *dédiée aux dames*, fut imprimée en 1719; elle se vendait « trois sous, chez Thiboust, imprimeur-libraire, au Palais-de-Justice. »

Voici quelques passages de cette mémorable brochure, de l'apparition de laquelle on devrait dater la chimie moderne.

« Air plongé au fond de l'eau pour faire voir que tout est plein d'air et que nous en sommes environnés de toutes parts, comme les poissons sont environnés d'eau au fond des mers.

Expérience. « On plonge au fond de l'eau un grand verre à boire renversé, et l'on voit que l'eau

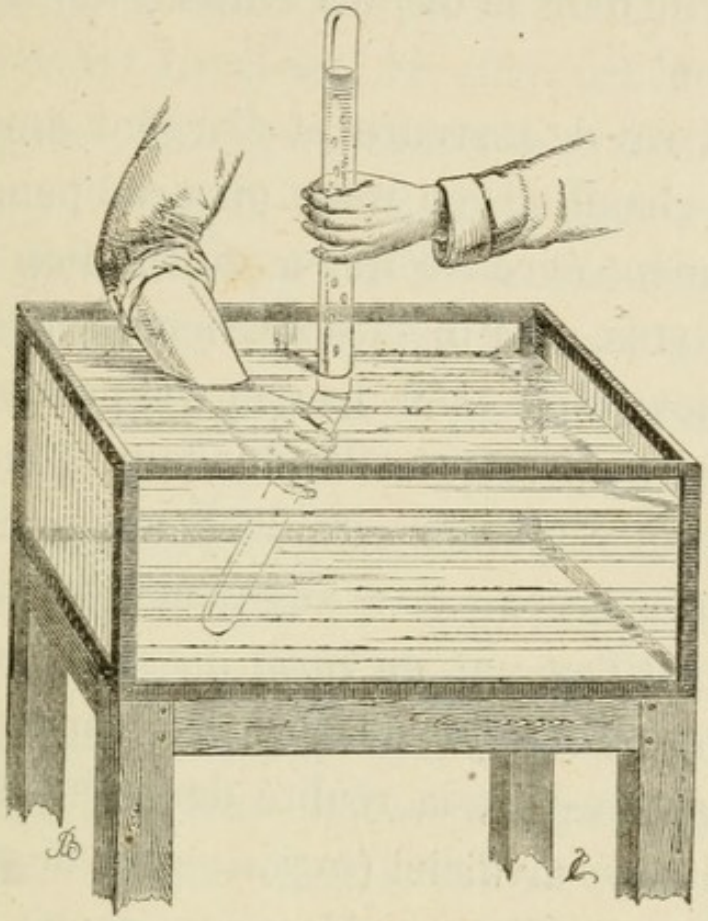
n'entre point dans le verre, quoiqu'il soit renversé et ouvert. — *Explication.* « Un verre qui serait plein d'eau, le serait toujours, quoique renversé dans l'eau; il en est de même à l'égard de l'air. C'est pourquoi, lorsqu'on le plonge dans l'eau, l'eau n'y peut pas entrer, parce que l'air, qui est un corps, occupe la capacité du verre et résiste à l'eau. Si l'on veut voir cet air, il n'y a qu'à pencher le verre : on l'en voit sortir et l'eau y entrer en sa place.

« Mesurer l'air par pintes, ou par telle autre mesure que l'on voudra, pour faire voir que l'air est une liqueur qu'on peut mesurer comme les autres liqueurs.

Expérience. « On plonge dans l'eau une mesure (éprouvette) renversée, et on tient au-dessus de la mesure, le vase où l'on veut mettre l'air mesuré. Ce vase doit être renversé et plein d'eau. Lorsque l'on penche la mesure, on en voit sortir l'air qui coule au travers de l'eau, pour s'aller rendre dans le vase disposé à ce sujet, duquel il descend autant d'eau qu'il y monte d'air, parce que l'air est moins pesant que l'eau. » (Voy. la figure ci-contre.)

Les deux expériences que nous venons de citer, expériences conçues et décrites par Moitrel, ouvraient la voie à la *chimie pneumatique*. Recueillir les gaz, les rendre visibles et manipulables, tel fut le problème résolu par le physicien que l'Académie avait envoyé aux Petites-Maisons.

Moitrel doit donc être considéré comme l'un des précurseurs de la chimie moderne. Méconnu dans



sa patrie, il mourut à l'étranger. Une personne charitable l'avait emmené avec elle en Amérique.

L'oxygène clairement entrevu. — Si au moyen âge les alchimistes avaient connu l'invention de Moitrel, l'oxygène aurait été découvert plusieurs siècles avant Lavoisier. En voulez-vous la preuve? Voyez Eck de Sulzbach; c'est un alchimiste qui parcourait l'Allemagne à la fin du quinzième siècle. On ne sait rien de sa vie; mais il a laissé de son passage une trace lumineuse: il démontra le premier,

expérimentalement, que *les métaux augmentent de poids quand on les calcine*. Cette expérience se trouve ainsi décrite dans la *Clef des Philosophes*, traité latin alchimique[1] :

« Six livres de mercure et d'argent amalgamés, ayant été chauffées (en vases ouverts) pendant huit jours, avaient éprouvé une augmentation de poids de trois livres. » La même expérience fut répétée au mois de novembre 1489. La date est précise.

Mais notre opérateur alla plus loin. A la question d'où pouvait venir une semblable augmentation de poids, il répondit : « cette augmentation vient de ce qu'*un esprit s'est uni au corps du métal*. » Pour le démontrer, il essaya d'isoler cet *esprit*. « Ce qui prouve, ajoute-t-il, la réalité de cette union c'est que le cinabre artificiel (oxyde rouge de mercure), soumis à la distillation, dégage un esprit. »

Cet *esprit*, c'était l'*oxygène*, dont la découverte devait inaugurer la chimie moderne.

Nous reviendrons sur cette expérience importante, qui resta, pendant près de trois siècles, ensevelie dans l'oubli. Pourquoi cet oubli? Parce qu'on ne connaissait pas le moyen de recueillir et de mesurer un *esprit*, ce *quelque chose* d'invisible, d'impalpable comme l'air.

Quant à l'augmentation du poids des métaux par

1. Reproduit dans le *Theatrum chimicum*, t. IV, p. 1139 et suiv.

la calcination, il suffisait d'employer la balance pour s'en assurer. C'était là un moyen trop commun, pour qu'on ne dût pas plus d'une fois en avoir fait usage avant Lavoisier. En effet, dès le seizième siècle, Cardan, Scaliger, Césalpin avaient signalé cette augmentation de poids, mais sans y insister. Ce ne fut que dans la première moitié du dix-septième siècle que ce fait devint l'objet d'une étude plus attentive de la part d'un chimiste français.

Jehan Rey, natif de Bugues, dans le Périgord, consacrait à la chimie le peu de loisir que lui laissait l'exercice de la médecine. Un pharmacien de Bergerac, nommé Brun, le consulta un jour sur un phénomène qui lui paraissait extraordinaire. Ce pharmacien, voulant calciner deux livres six onces d'étain, fut surpris d'en trouver, après l'opération, deux livres treize onces; impossible à lui d'expliquer d'où étaient venues les sept onces en plus. Rey chercha donc à en découvrir la cause, et il consigna le résultat de ses recherches dans un opuscule, aujourd'hui très-rare, intitulé : *Essays sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine* [1].

L'auteur conclut, d'une série d'expériences, que l'augmentation de poids vient de la fixation de l'air.

1. Bazas, 1630; brochure in-8, de 142 pages.

« A cette demande doncque, dit-il, pourquoi l'estain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine, je responds et soustiens glorieusement que ce surcroît de poids vient de l'air, qui dans le vase a été espessi, appesanti et rendu aucunement adhésif par la véhémente et longuement continue chaleur du fourneau. »

En suivant la méthode expérimentale on serait rapidement arrivé à la connaissance de cet *air* qui se fixe sur les métaux pendant leur calcination. Mais une théorie fameuse, la théorie du *phlogistique* détourna les esprits de la bonne voie.

George-Ernest Stahl, mort en 1734, médecin du roi de Prusse, attribuait au feu le rôle que Jean Rey faisait jouer à l'air.

La théorie du phlogistique repose sur une distinction purement imaginaire, sur la distinction du feu libre et du feu fixe ou combiné. Partant de là, voici comment raisonnait Stahl. Tous les corps combustibles renferment en eux-mêmes un principe de combustibilité ; c'est leur combinaison avec le feu qui les rend combustibles. Le feu ainsi fixé, c'est là ce que Stahl appelait *phlogistique* ou principe combustible. Ce principe, insaisissable à l'état de combinaison, ne devient appréciable à nos sens qu'au moment où il se dégage : il reprend alors toutes les propriétés ordinaires du feu, accompagné de cha-

leur et de lumière. Plus un corps est combustible ou inflammable, plus il est riche en phlogistique. Le charbon, les huiles, les corps gras, le soufre, le phosphore, etc., sont particulièrement riches en phlogistique, et ils le communiquent facilement à ceux qui en manquent. Telle est, en abrégé, la théorie de Stahl qui, pendant plus d'un siècle, domina la science [1].

En voici maintenant l'application. Qu'est-ce qu'un métal? C'est, répond Stahl, un corps composé. Quels sont ses éléments? Le phlogistique et une matière terreuse particulière, appelée *chaux*, qu'il ne faut pas confondre avec la chaux commune. Le phlogistique est partout le même, tandis que la matière terreuse ou la *chaux* varie suivant la nature du métal. Pendant la *calcination*, c'est-à-dire pendant que, à l'aide de la chaleur, le métal se convertit en chaux (*calx*), le phlogistique se dégage, et la chaux reste. Voulez-vous rendre à cette chaux toutes les propriétés qui caractérisent le métal? Rendez-lui son phlogistique. En reprenant son phlogistique, la rouille (chaux ou oxyde de fer) redeviendra fer, le pompholix (chaux ou oxyde de zinc) redeviendra zinc, etc. Comment ferez-vous reprendre à ces substances leur phlogis-

1. Stahl a exposé sa théorie dans un livre allemand extrêmement rare, intitulé *Zufællige Gedanken*, etc. (Simples pensées, Halle, 1718.)

tique? En les chauffant avec du charbon, avec des graisses, en un mot, avec des matières riches en phlogistique et qui l'abandonnent facilement.

Stahl connaissait le fait de l'augmentation du poids des métaux pendant leur calcination. Vous croyez peut-être que ce fait devait l'embarrasser? Détrompez-vous : « Je sais fort bien, dit-il, que les métaux augmentent de poids quand on les calcine. Mais ce fait, loin d'infirmer ma théorie, vient au contraire la confirmer. Car le phlogistique, étant plus léger que l'air, tend à soulever le corps avec lequel il est combiné et à lui faire perdre une partie de son poids; ce corps pèse donc davantage après avoir perdu son phlogistique. »

Ainsi, d'après l'idée de Stahl, le phlogistique aurait la propriété de rendre un corps pesant plus léger : il ferait l'office d'un ballon rempli d'hydrogène. Ce n'est point là une pure image; car après la découverte de l'hydrogène, gaz plus léger que l'air, les disciples de Stahl prirent, en effet, ce gaz pour le phlogistique même.

L'explication de Stahl repose sur une erreur manifeste. Sans doute, un métal auquel, avant de le mettre sur le plateau d'une balance, on aurait attaché un ballon rempli de gaz hydrogène, pèsera moins que le même métal sans le ballon qui le soulèverait; mais un gaz, à l'état de combinaison, occupera un espace beaucoup plus petit qu'à l'état de liberté,

par conséquent il déplacera un volume d'air moindre, et, quoiqu'il soit plus léger que l'air, il pesera toujours au moins quelque chose; combiné avec le métal il en augmentera donc le poids.

Rien de plus simple en apparence que la théorie du phlogistique. Cette simplicité a même de quoi nous épouvanter, car elle montre combien l'erreur peut prendre aisément le masque de la vérité, et trouver les plus ardents défenseurs.

Ce qui fait, en général, le succès des théories erronées c'est que les principes qui doivent les renverser, sont lents à se faire jour. A l'époque de Stahl, on n'avait encore aucune connaissance exacte des gaz. Mais après la découverte de l'azote, de l'oxygène, de l'hydrogène, la théorie stahlienne devint de plus en plus difficile à soutenir. Chaque nouvelle découverte y ajoutait un nouvel embarras, et il advint ici ce qui arriva au système de Ptolémée. Le progrès, dans sa marche irrésistible, finit par renverser tous les vains échafaudages.

Partout et en toute chose, l'homme a débuté par l'erreur. C'est pourquoi la science avance bien moins en affirmant des principes qu'en détruisant des erreurs.

FONDATION DE LA CHIMIE MODERNE

II

FONDATION DE LA CHIMIE MODERNE

ROBERT BOYLE.

Peu d'hommes ont autant de titres au respect et à la reconnaissance de la postérité que Robert Boyle. Fuyant toutes les vanités du monde, il n'eut qu'une seule ambition, celle de faire avancer la science et de secourir les malheureux. Aussi consacra-t-il à ce noble but son temps, sa fortune, sa vie tout entière. Il importe donc de faire plus ample connaissance avec un savant d'une aussi rare espèce.

R. Boyle appartenait à l'aristocratie de la Grande-Bretagne. Fils de Richard, comte de Cork et d'Orrery, il naquit en Irlande le 25 janvier 1626, l'année même de la mort du chancelier Bacon. Sa santé

délicate le fit renoncer à la carrière ecclésiastique, et décida ses parents à le faire voyager sur le continent. Il traversa la France, s'arrêta quelque temps à Genève, visita la Suisse et l'Italie. A la mort de son père, il se trouva à la tête d'une fortune considérable.

Boyle avait vingt ans, quand il vit sa patrie menacée de toutes les horreurs de la guerre civile. Pour fuir le théâtre de la politique, il se retira dans sa terre de Stalbridge et s'y voua entièrement à l'étude des sciences physiques. Pendant les dissensions du Parlement avec la royauté, prélude d'un drame sanglant, Boyle réunissait autour de lui quelques hommes d'élite pour débattre des questions scientifiques. Dès 1646, ces conférences se tenaient, sous le nom de *collége philosophique*, tantôt à Londres, tantôt à Oxford. Ce fut là le noyau de la Société royale de Londres, l'émule de l'Académie des sciences de Paris.

La modestie de Boyle augmentait avec sa célébrité. Il refusa la dignité de la pairie, à laquelle il avait droit; il refusa même la présidence de la Société royale, qui était son œuvre. Honoré successivement de l'estime particulière de Charles II, de Jacques II et de Guillaume I, il n'employa son crédit qu'à solliciter des encouragements pour le progrès des sciences. Sa maison était ouverte à tous ceux qui voulaient s'instruire comme à tous ceux

qui souffraient. Sa fortune était employée à faire construire des laboratoires, à fonder des bibliothèques et à soulager les pauvres. Il était lui-même d'une sobriété exemplaire; simple dans sa mise, il était ennemi de toute emphase, il parlait lentement, discutait peu, et énonçait plus souvent des doutes que des affirmations. Il s'éteignit à l'âge de soixante-cinq ans, et fut enterré à l'abbaye de Westminster.

Quel beau modèle que Robert Boyle! Et pourtant sa mémoire est aujourd'hui à peu près oubliée. Les chimistes eux-mêmes ne connaissent guère son nom que par celui de la *liqueur fumante de Boyle* [1]. La gloire de revivre dans la postérité n'est-ce pas une illusion?

Après avoir montré l'homme, faisons connaître ses travaux.

Convaincu de la nécessité d'une réforme radicale, Boyle conçut la chimie sur un plan nouveau. Il en avait si bien la conscience, qu'il s'en expliqua lui-même très-clairement. « Les chimistes, dit-il, se sont laissés jusqu'ici guider par des principes étroits et sans aucune portée. La préparation des médicaments, l'extraction ou la transmutation des métaux, tel est le cercle de leurs études. Quant à

1. C'est le sulfhydrate d'ammoniaque, obtenu en soumettant à la distillation un mélange intime de soufre, de chaux vive et de sel ammoniac.

moi, j'ai voulu partir d'un tout autre point de vue : j'ai considéré la chimie en philosophe, et non en médecin et en alchimiste. Partant de là, j'ai tracé le plan d'une philosophie chimique, que je serais heureux de voir complétée par l'expérience. »

Voilà comment Boyle, pour préparer l'avenir de la science, rompit en visière avec les vaines spéculations du passé. Faisant un appel à la méthode expérimentale, il ajoute : « Si les hommes avaient plus à cœur le progrès de la vraie science que leur propre réputation, il serait facile de leur faire comprendre que le plus grand service à rendre au monde, ce serait de mettre tous leurs soins à faire des expériences, à recueillir des faits ou des observations, et à s'abstenir de l'établissement d'une théorie avant d'avoir expliqué tous les phénomènes qui doivent y entrer [1]. »

Son vœu le plus ardent était de répandre et de populariser la méthode expérimentale.

C'est par l'usage de cette méthode que Boyle fut amené à douter de la nature élémentaire de la terre, de l'air, de l'eau et du feu. Il conseillait de ne pas s'astreindre au nombre de trois, de quatre ou de cinq éléments, et il semblait entrevoir le moment où l'on en découvrirait un nombre bien plus considérable. « Il est, dit-il, très-possible que tel corps

1. *Preliminary Discourse*, vol. I, p. XI et suiv.

composé renferme seulement deux éléments particuliers, que tel autre en renferme trois, tel autre encore, quatre, etc., de manière que des substances différentes se composeraient chacune d'un nombre variable d'éléments. Bien plus, tel composé pourrait être formé d'éléments de nature toute différente de ceux qui formeraient tel autre composé, comme il y a des mots qui ne renferment pas les mêmes lettres que d'autres mots. »

On sait comment ces paroles se sont accomplies : le perfectionnement de l'analyse continue de multiplier le nombre des corps élémentaires.

Non content de s'attaquer à la doctrine des philosophes anciens, Boyle sapa par la base la théorie des alchimistes qui considéraient le soufre, le mercure et le sel comme les éléments par excellence. « Je voudrais bien, s'écrie-t-il, savoir comment on pourrait parvenir à décomposer les métaux en soufre, en mercure et en sel; je m'engagerais à payer tous les frais de cette opération. J'avoue, pour mon compte, que je n'ai jamais pu y réussir [1]. »

Origine de l'analyse chimique. — Boyle reprochait particulièrement aux chimistes anciens d'avoir confondu des composés avec des corps simples, et cette confusion, il l'attribuait en grande partie,

1. *The sceptical chymist*, vol. III, p. 295.

à ce qu'ils n'avaient pas distingué la combustion de la distillation, l'action du feu à l'air libre de l'action du feu en vaisseau clos.

Cette distinction avait toute l'importance d'une découverte : c'est de là que date l'analyse chimique. Cependant Boyle en reconnaissait lui-même toutes les difficultés. « Il n'est pas, dit-il, aussi aisé qu'on le pense, d'apprécier exactement tous les effets de la chaleur. Ainsi, le bois qui brûle à feu nu, au contact de l'air, se réduit en cendres et en noir de fumée, tandis que, soumis à la distillation ou chauffé en vases fermés, il se décompose en huile de goudron, en esprit de bois (alcool), en vinaigre, en eau et en charbon. » Cela est parfaitement exact.

Si la sagacité consiste à saisir dans les faits, en apparence fort insignifiants, les conséquences qui en découlent, Boyle aura été un des hommes les plus sagaces que mentionne l'histoire des sciences. Citons quelques exemples à l'appui. « Vous composez, dit-il, du savon avec de la graisse et de l'alcali, et pourtant ce savon, chauffé dans une corne donnera des produits nouveaux, qui ne ressemblent ni à la graisse, ni à l'alcali employés; il s'y trouve surtout une huile très-acide, fétide, et tout à fait impropre à faire du savon[1]. — Autre exemple : vous mêlez

1. Cette huile contenait les acides oléique, margarique, stéarique, qui ne furent découverts que près de cent cinquante ans après la mort de Boyle.

du sel ammoniac, en proportion convenable, avec la chaux vive. Eh bien, en chauffant ce mélange, vous obtiendrez un esprit très-volatil, d'une odeur pénétrante[1], et tout à fait différent de l'ammoniaque : la partie fixe, ne ressemble en rien à la chaux ; elle a de l'analogie avec le sel marin[2]. »

De ces expériences diverses, Boyle conclut légitimement que les matières soumises à l'action du feu se décomposent dans un ordre tout différent de celui dans lequel elles avaient été composées.

L'air atmosphérique. — Boyle définit l'air un fluide ténu, transparent, compressible, dilatable, enveloppant la surface de la terre jusqu'à une hauteur considérable et se distinguant de l'éther en ce qu'il réfracte les rayons du soleil.

Il démontra, par une série d'expériences, que l'air renferme un fluide élastique particulier, qui joue un grand rôle dans les opérations chimiques, et notamment dans les phénomènes de la combustion. « Je remarque, dit-il, avec étonnement, qu'il existe dans l'air une substance qui est seule propre à entretenir la flamme, et qu'une fois cette matière consommée la

1. Cet esprit était le gaz ammoniac, dont la nature et la composition ne furent découvertes qu'à l'époque de Lavoisier et de Berthollet.

2. C'était le chlorure de calcium, composé analogue au chlorure de sodium (sel marin).

flamme s'éteint aussitôt, et pourtant l'air qui reste a fort peu perdu de son élasticité. » Cette matière qu'il nommait *substance vitale*, Lavoisier l'appela *oxygène*.

Ces expériences, ingénieusement variées, paraissent avoir surtout fixé l'attention de Lavoisier et de Priestley.

Nous en dirons autant des expériences de Boyle sur la respiration et la fermentation. Cet expérimentateur sagace parvint le premier à démontrer que les poissons eux-mêmes ont besoin d'air pour respirer, et qu'ils consomment l'air naturellement contenu dans l'eau, enfin que la fermentation, pas plus que la respiration, ne peut s'effectuer dans le vide.

L'air peut-il être engendré artificiellement?

A cette question Boyle répondit par une expérience extrêmement intéressante. Il remplit un petit matras de parties égales d'huile de vitriol (acide sulfurique) et d'eau commune. En y ajoutant quelques clous de fer, il vit aussitôt se dégager une multitude de bulles aériformes. Il eut l'idée de faire passer ces bulles, au moyen d'un tube recourbé, dans un vase de verre renversé et plein d'eau. Celle-ci fut bientôt tout entière remplacée par un corps qui avait tout à fait l'aspect de l'air.

Ce corps aériforme, c'était l'hydrogène. Malheureusement Boyle ne comprit pas grand'chose à cette découverte prématurée, et il ne songea point à généraliser sa méthode de recueillir les gaz. D'autres

observateurs devaient y revenir après de nombreuses années.

En attendant, le procédé qui sert encore aujourd'hui à préparer l'hydrogène, ne servit à Boyle qu'à faire une hypothèse, assez ingénieuse d'ailleurs pour mériter d'être reproduite. D'après cette hypothèse, la différence des composés serait due à l'inégalité de forme, de grandeur, de texture et de mouvement des molécules élémentaires; un ou deux éléments primitifs suffiraient pour produire toute la variété des corps de la nature. « Et pourquoi, demande l'auteur, les molécules de l'eau ou de toute autre substance ne pourraient-elles pas, dans certaines conditions, être groupées et mues de manière à mériter le nom d'air? » — C'est là, comme on voit, l'hypothèse de l'unité de matière ou de substance, hypothèse qui compte aujourd'hui plus d'un partisan.

La rouille ou chaux des métaux. — L'origine des chaux (oxydes et sous-carbonates) métalliques fut pendant longtemps une des questions les plus controversées par les chimistes. Boyle était convaincu que l'étude de ces produits conduirait directement à la connaissance de la composition de l'air, après avoir montré que le vert-de-gris et la rouille de fer sont engendrés « par des effluves corrosifs de l'air. » Cette conviction ne devait se changer en

certitude que trois générations après la mort de Boyle.

Dans son *Traité du feu et de la flamme, pesés dans une balance*, le célèbre expérimentateur revient sur ces effluves ou éléments invisibles « qui s'échappent inaperçus à travers les jointures des vaisseaux distillatoires. » Il donne les détails d'expériences nombreuses sur l'augmentation du poids des métaux (cuivre, plomb, étain) par la calcination. Ayant obtenu à peu près les mêmes résultats en calcinant les métaux, soit dans des creusets ouverts, soit dans des creusets fermés, il était arrivé à conclure que « cette augmentation de poids est due à la fixation des molécules du feu qui passent à travers les pores du creuset. »

Cette conclusion, en apparence si naturelle, fut adoptée par tous les savants d'alors comme l'expression de la vérité. C'était cependant une erreur, comme parvint plus tard, non sans beaucoup de peine, à le démontrer Lavoisier.

Parmi les nombreux disciples de Boyle nous citerons Jean Mayow (né en 1645, mort en 1679).

Le nitre ou salpêtre se forme, comme on sait, naturellement sur les vieux plâtras et les murs humides. Le voisinage des étables paraît en favoriser la formation. Pour expliquer ce phénomène, qui avait déjà occupé l'esprit de bien des observa-

teurs, Mayow admit dans l'air l'existence d'un gaz particulier, qu'il appela *esprit nitro-aérien*. « Pour faire du nitre, disait-il, il faut de la terre et de l'air. La terre en fournit la partie fixe et l'air la partie volatile. » Cette explication était parfaitement justifiée; car Mayow entendait par « la partie fixe » l'alcali (potasse), la base du nitre, et par « la partie volatile, » l'acide (acide nitrique) de ce sel.

Mayow reconnut aussi l'identité de l'esprit nitro-aérien avec le gaz qui corrode le fer pour le changer en rouille, et il en montra l'intervention nécessaire dans les phénomènes de la combustion et de la respiration. « On m'accordera, dit-il, qu'il existe quelque chose d'aérien, nécessaire à l'alimentation de la flamme. Car l'expérience démontre qu'une flamme exactement emprisonnée sous une cloche ne tarde pas à s'éteindre, non pas, comme on le croit communément, par l'action de la suie qui se produit, mais par privation d'un élément aérien. Dans un verre, où l'on a fait le vide, il est impossible de faire brûler, à l'aide d'une lentille, les substances mêmes les plus combustibles, telles que le soufre et le charbon[1]. »

Pour démontrer que, pendant la respiration, les animaux enlèvent à l'air ses *particules vitales*,

1. *Tractatus quinque medico-physici;* Oxford, 1674, in-8.

Mayow faisait respirer des animaux emprisonnés sous des cloches de verre renversées sur des cuves pleines d'eau. Il voyait alors l'eau monter dans l'intérieur des cloches, comme dans l'expérience de la combustion.

Les particules nitro-aériennes, absorbées pendant la respiration, sont, suivant cet habile observateur, « destinés à changer le sang noir ou veineux en sang rouge ou artériel. » C'est exactement le rôle qu'on attribue aujourd'hui au gaz oxygène.

Mayow fait aussi dériver la chaleur animale de la respiration, et il attribue à l'absorption de ces mêmes particules nitro-aériennes la formation du moût, de la bière, etc. Que de découvertes faites longtemps avant ceux qui en réclament aujourd'hui l'honneur!

LAVOISIER.

Lavoisier acheva l'œuvre commencée par R. Boyle. En renversant la théorie du phlogistique il mit fin à la chimie ancienne, et inaugura, pour la science, une ère nouvelle.

Lavoisier (Antoine-Laurent) naquit à Paris, le 26 août 1743. Son père, riche commerçant, lui donna une éducation soignée. Le jeune Lavoisier comptait parmi les meilleurs élèves du collége Mazarin; plus tard, entraîné par son goût pour les sciences, il travaillait dans le laboratoire de Rouelle au Jardin des Plantes, suivait les cours d'astronomie de la Caille à l'Observatoire, accompagnait Bernard de Jussieu dans ses herborisations, et assistait Guettard dans ses excursions géologiques. Il ne vivait pour ainsi dire qu'avec ses maîtres. Aussi à vingt-un ans fut-il à même de concourir pour un prix académique. En 1764, l'Académie des sciences avait proposé pour prix extraordinaire,

de *trouver la meilleure manière d'éclairer les rues d'une grande ville, en combinant ensemble la clarté, la facilité du service et l'économie.* On raconte que, pour rendre ses yeux plus sensibles aux différentes intensités de la lumière des lampes, le jeune concurrent fit teindre sa chambre en noir et s'y enferma pendant six semaines sans voir le jour. Son mémoire, récompensé d'une médaille d'or, fut imprimé par ordre de l'Académie.

Dans un voyage, entrepris en 1765 avec Guettard, Lavoisier recueillit les matériaux d'un mémoire également imprimé par ordre de l'Académie, *Sur les couches des montagnes.* Ce mémoire fut bientôt suivi d'un autre *Sur l'analyse des gypses des environs de Paris*, ainsi que de plusieurs articles de physique *Sur le passage de l'eau à l'état de glace, Sur le tonnerre, Sur l'aurore boréale*, etc., articles insérés dans les recueils scientifiques d'alors.

Ces travaux divers lui ouvrirent, à vingt-cinq ans, les portes de l'Académie, où il succédait au chimiste Baron. Lavoisier avait eu pour concurrent le minéralogiste Jars, dont la candidature était vivement appuyée par Buffon, et patronné par un puissant ministre, le duc de Choiseul. Ces détails nous ont été transmis par l'un de ses collègues et juges : « Je contribuai, dit Lalande, à l'élection de Lavoisier, quoique plus jeune et moins connu, par cette considération qu'un jeune homme qui avait du savoir,

de l'esprit, de l'activité et que sa fortune dispensait d'avoir une autre profession, serait naturellement très-utile aux sciences. »

Le titre d'académicien fut, en effet, pour Lavoisier, un encouragement plutôt qu'une récompense. Aussi continua-t-il à suivre avec plus d'ardeur que jamais la voie où il s'était engagé librement. La chimie devint bientôt son étude favorite, et il n'épargna ni temps ni fortune pour l'avancement de cette science. Ce fut principalement pour subvenir à des expériences coûteuses qu'il sollicita et obtint, en 1769, une place de fermier-général.

Lavoisier réunissait, chez lui, régulièrement une fois par semaine, des savants français et étrangers pour leur soumettre les résultats de ses travaux de laboratoire et provoquer des objections ou l'émission d'idées nouvelles. Ces conférences formaient une académie militante, qui battait en brèche la chimie alors enseignée, la chimie des écoles.

Trois problèmes avaient particulièrement fixé l'attention de Lavoisier : *La nature de l'air*, *L'augmentation du poids des métaux par la calcination* et *L'insuffisance de la théorie du phlogistique*. Ces trois problèmes étaient connexes : résoudre l'un c'était donner indirectement la solution des deux autres. Dès 1770 son opinion était probablement déjà arrêtée ; il avait quelque raison de croire que l'air n'est pas un corps simple, que les métaux

absorbent pendant leur calcination, sinon la totalité, au moins une partie de l'air, enfin que la théorie du phlogistique est une erreur. Cette triple croyance, qui exigeait des preuves, alimentait le feu sacré du génie, et formait en quelque sorte le centre de ses recherches. Mais, tant qu'il lui manquait la sanction de l'expérience, il n'avait pas même osé l'émettre sous forme d'hypothèse.

De la nature de l'air. — De tout temps les philosophes et les physiciens avaient discuté sur la nature de l'air, et au milieu du dix-huitième siècle ils n'étaient guère plus avancés qu'à l'époque de Thalès qui vivait plus de six cents ans avant notre ère. Anaximène (qui vivait au sixième siècle avant J.-C.) faisait de l'air le principe de toute chose. Suivant Anaxagore (mort en 426 avant J. C.) l'air est un mélange qui renferme les éléments de tous les êtres, et Héraclite y voyait l'aliment du feu.

Mais ces données de l'antiquité, reproduites au moyen âge, sont bien vagues. Il faut arriver jusqu'à Boyle et Jean Mayow, pour les voir en partie confirmées expérimentalement[1].

Lavoisier connaissait les expériences de Van Helmont, de Rey, de Boyle, de Mayow, de Hales, de Bonnet, etc. Il citait avec soin, quand l'occasion s'en

1. Voyez pages 65 et 68.

présentait, les travaux de ses prédécesseurs; mais aucun n'avait posé la question de la composition de l'air aussi nettement que lui. Ainsi, après avoir mentionné les belles expériences de Bonnet sur la fonction des feuilles dans les plantes, Lavoisier ajoute : « On dira peut-être que, si l'air est la source où les végétaux puisent les différents principes que l'analyse y découvre, ces mêmes principes doivent exister et se retrouver dans l'atmosphère. Je répondrai que, quoique nous n'ayons point encore d'expériences démonstratives en ce genre, on ne saurait douter cependant que la partie basse de l'atmosphère, celle dans laquelle croissent les végétaux, ne soit extrêmement composée. *Premièrement*, il est probable que l'air qui en fait la base n'est point un être simple, un élément, comme l'ont pensé les premiers physiciens; *secondement*, ce fluide est le dissolvant de l'eau et de tous les corps volatils qui existent dans la nature. »

C'est ainsi que Lavoisier posait le problème dont la solution devait porter le coup de grâce à l'antique théorie des éléments. — Les paroles que nous venons de citer se trouvent incidemment dans le mémoire intitulé : *Sur la nature de l'eau et sur les expériences par lesquelles on a prétendu prouver la possibilité de son changement en terre*[1]. Dans ce mémoire,

1. Dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1770,

Lavoisier démontra que le changement de l'eau en terre[1] est une illusion, que la nature de l'eau n'est pas altérée par la distillation, et que la terre peut, en partie, se dissoudre dans l'eau.

Après avoir posé le problème de la composition de l'air, voici comment il en aborde la solution. Sachant qu'il est impossible de calciner des métaux dans des vaisseaux exactement clos et privés d'air, et que la calcination est d'autant plus prompte que le métal offre à l'air des surfaces plus multipliées, Lavoisier *commençait à soupçonner*, — ce sont là ses propres expressions,— « qu'un fluide élastique quelconque, contenu dans l'air, était susceptible, dans un grand nombre de circonstances, de se fixer, de se combiner avec les métaux, et que c'était à l'addition de cette substance qu'était dû le phénomène de la calcination, l'augmentation de poids des métaux convertis en chaux. »

Eh bien, ce que cet homme de génie *commençait à soupçonner* c'était la vérité même. Malheureusement les expériences sur lesquelles il croyait s'appuyer l'induisirent en erreur. Ces expériences consistaient à brûler soigneusement, à l'aide d'un miroir ardent, un mélange pesé de minium (chaux de plomb) et de charbon dans une quantité d'air mesurée d'a-

et au commencement du t. II des *OEuvres de Lavoisier* (Paris, Imprimerie impériale, 1862).

1. Voyez plus haut, page 16.

vance. Nous savons *aujourd'hui* quel résultat ces expériences devaient donner : le fluide élastique (nommé plus tard *oxygène*), qui par sa combinaison avec le plomb formait la chaux (oxyde de plomb), ce fluide, au lieu de se dégager librement, se portait, en abandonnant le plomb, redevenu métal, sur le charbon pour se combiner avec lui et produire ainsi un autre fluide, identique avec celui que dégage la craie traitée par un acide, et qui reçut plus tard le nom de gaz *acide carbonique*. Or, ce fut ce gaz-là que Lavoisier prit d'abord pour l'oxygène, c'est-à-dire pour le fluide élastique qui se fixe sur le métal pendant la calcination. Évidemment il se trompait ; et son erreur était presque inévitable ; car, par une étrange fatalité, il avait précisément affaire à un gaz qui, en se combinant avec le charbon, ne change pas de volume. Personne ne savait *alors* (en 1772) que le même volume d'oxygène donne, par sa combinaison avec le carbone, exactement un égal volume d'acide carbonique. Ce fait important, Lavoisier ne devait l'apprendre que quatre ans plus tard ; et ce fut lui-même qui le découvrit en brûlant du diamant (à l'aide d'un miroir ardent) dans de l'oxygène pur.

Ainsi donc, ce grand expérimentateur se trompait de la meilleure foi du monde, et il ne pouvait pas ne pas se tromper : il lui manquait un terme dans la progression — du progrès. Dans toute l'histoire il n'y a pas, à notre avis, de spectacle plus grandiose

que celui de l'homme aux prises avec l'erreur, et qui parvient, à force de patience et d'efforts, à saisir enfin le terrible Protée.

Lavoisier croyait si bien tenir la vérité (en prenant le gaz acide carbonique, produit pendant la réduction de l'oxyde de plomb, pour l'oxygène de l'air), qu'il déposa le 1er novembre 1772, le résultat de son expérience, sous pli cacheté, au secrétariat de l'Académie. Dans un document, publié après sa mort, il explique lui-même le motif de cette précaution. « J'étais, dit-il, jeune ; j'étais nouvellement entré dans la carrière des sciences; j'étais avide de gloire, et je crus devoir prendre quelques précautions pour m'assurer la propriété de ma découverte. Il y avait à cette époque une correspondance habituelle entre les savants de France et ceux d'Angleterre; il régnait entre les deux nations une sorte de rivalité, qui donnait de l'importance aux expériences nouvelles, et qui portait quelquefois les écrivains de l'une et de l'autre nation à les contester à leur véritable auteur. » — Ces dernières paroles semblent particulièrement faire allusion à Black, professeur de chimie à Édimbourg, que Lavoisier se plaisait à appeler son maître.

Mais revenons à la lutte du génie aux prises avec l'erreur. Poussé pour ainsi dire par l'instinct du vrai, Lavoisier recommença ses expériences, et cette fois il réussit à démontrer « que ce n'est point

le charbon seul, ni le minium (oxyde de plomb) seul, qui produit le dégagement de fluide élastique ainsi obtenu, mais que celui-ci résulte de l'union du charbon avec une partie du minium. »

Cette fois, il tenait la vérité ; mais il la lâcha presque aussitôt pour sacrifier à la théorie du phlogistique, dont il subissait, malgré lui, l'empire. Afin de mettre les faits d'accord avec cette théorie, Lavoisier inclinait à penser « que tout fluide élastique résulte de la combinaison d'un corps quelconque avec un principe inflammable ou peut-être même avec la matière du feu pur, et que c'est de cette combinaison que dépend l'état d'élasticité. » — « J'ajouterai (c'est Lavoisier qui parle) que la substance fixée dans les chaux métalliques et qui en augmente le poids ne serait pas, à proprement parler, dans cette hypothèse, un fluide élastique, mais la partie fixe d'un fluide élastique, qui a été dépouillée de son principe inflammable. Le charbon alors, ainsi que toutes les substances charbonneuses employées dans les réductions, aurait pour objet principal de rendre au fluide élastique fixé, le phlogistique, la matière du feu, et de lui restituer en même temps l'élasticité qui en dépend[1]. »

Que d'efforts pour faire cadrer les faits avec une théorie fausse ! Cependant il n'était guère possible

1. *Opuscules chimiques* de Lavoisier, p. 288.

de mieux raisonner dans l'état de la science d'alors. Faites vivre nos plus habiles chimistes à la même époque et dans les mêmes circonstances que Lavoisier; ne se seraient-ils pas tous trompés comme lui? Peut-être n'y auraient-ils pas mis autant de réserve lorsque, comme correctif de l'hypothèse qu'il venait d'émettre, il se hâta d'ajouter : « Au surplus, ce n'est qu'avec la plus grande circonspection qu'on peut hasarder un sentiment sur cette matière si délicate et si difficile, et qui tient de près à une plus obscure encore, je veux dire de la nature des éléments mêmes, ou au moins de ce que nous regardons comme éléments. »

Bientôt d'autres expériences portèrent Lavoisier à établir « que l'air dans lequel on a calciné des métaux n'est point dans le même état que celui dégagé des effervescences et des réductions. » Il reconnut en même temps que si les deux fluides élastiques éteignent la flamme, ce sont cependant des corps très-distincts, puisque l'un trouble l'eau de chaux, tandis que l'autre est sans effet sur cette dissolution. Ce sont les mêmes gaz qui, dans la nomenclature, créée plus tard par Lavoisier et Guyton de Morveau, reçurent les noms d'*acide carbonique* et d'*azote*.

A côté de ces expériences, irréprochables, il y en avait d'autres qui ne l'étaient guère; telle était l'expérience d'après laquelle un oiseau pourrait vivre sans souffrir dans le *résidu de l'air*, où l'on

avait fait brûler du phosphore. Nous savons aujourd'hui que l'azote[1], — c'est le gaz dont il s'agit ici, — est aussi irrespirable que le gaz acide carbonique. Mais ce qu'il y a de singulier, c'est que l'erreur commise par Lavoisier, au sujet des animaux pouvant vivre dans l'azote, fut partagée par d'autres chimistes; bien plus, elle fut solennellement sanctionnée dans le rapport fait, au nom de l'Académie des sciences, par Marquer, Le Roy, Cadet et Trudaine, chargés d'examiner le travail de leur illustre collègue. Voici en quels termes l'Académie ratifie cette erreur : « Enfin, l'air dans lequel le phosphore avait cessé de brûler sous cloche, faute de renouvellement de l'air, éprouvé sur les animaux, ne les a pas fait périr, comme celui des effervescences et des réductions métalliques, quoiqu'il éteignît la bougie dans le moment même où il en touchait la flamme[2]. »

Quand donc les hommes comprendront-ils que la réunion de tous leurs efforts n'est pas de trop dans la recherche de la vérité!

Le point central de toutes ces expériences c'est que « la calcination des métaux dans des vaisseaux exactement fermés cesse dès que la partie fixable

1. Le nom d'*azote* lui vient précisément de ce qu'il est impropre à l'entretien de la vie.

2. Ce rapport, publié le 7 décembre 1773, a été reproduit à la fin des *Opuscules physiques et chimiques* de Lavoisier, p. 369-387.

de l'air qui y est contenu a disparu; que l'air se trouve diminué, d'environ un vingtième, par l'effet de la calcination, et que le poids du métal se trouve augmenté d'autant. » C'est de là que vont désormais rayonner les principaux travaux de Lavoisier. Dès 1774, le grand chimiste lut à l'Académie, dans la séance publique de la Saint-Martin, son beau mémoire intitulé : *Sur la calcination de l'étain dans les vaisseaux fermés et sur la cause de l'augmentation de poids qu'acquiert ce métal pendant cette opération.*

La vérité, comme la fortune, allait sourire à Lavoisier, lorsque l'autorité d'un homme célèbre vint se jeter à la traverse. La plupart des chimistes et des physiciens, contemporains de Lavoisier, ne juraient que par l'autorité de Robert Boyle. Nous avons vu comment ce grand expérimentateur était parvenu à croire que la *matière de la flamme et du feu* pénétrait à travers la substance du verre, qu'elle se combinait avec les métaux, et que c'était à cette union qu'était due la conversion des métaux en chaux et l'augmentation de poids qu'ils acquéraient.

Cette opinion semblait devoir venir à l'appui de la théorie du phlogistique.

Lavoisier entreprit donc de contrôler les expériences de Boyle, et, pour procéder avec méthode, il fit le raisonnement suivant : « Si, se disait-il, l'augmentation de poids des métaux calcinés dans les vaisseaux fermés est due, comme le pensait

Boyle, à l'addition de la matière du feu qui pénètre à travers les pores du verre et se combine avec le métal, il s'ensuit que si, après avoir introduit une quantité connue de métal dans un vaisseau de verre et l'avoir scellé hermétiquement, on en détermine exactement le poids, qu'on procède ensuite à la calcination par le feu des charbons, comme l'a fait Boyle, enfin qu'on repèse le même vaisseau après la calcination, avant de l'ouvrir, son poids devra se trouver augmenté de toute la quantité de matière du feu qui s'est introduite pendant la calcination. Si, au contraire, l'augmentation du poids de la chaux métallique n'est point due à la combinaison de la matière du feu ni d'aucune matière extérieure, mais à la fixation d'une portion de l'air contenu dans la capacité du vaisseau, le vaisseau ne devra point être plus pesant après la calcination qu'auparavant, il devra seulement se trouver en partie vide d'air, et ce n'est que du moment où la portion d'air manquante sera rentrée que l'augmentation du poids du vaisseau devra avoir lieu. »

Fort de ce raisonnement irréprochable, Lavoisier répéta les expériences de Boyle, en les variant ingénieusement. Il en conclut qu'on ne peut calciner qu'une quantité déterminée d'étain dans une quantité d'air donnée, et « que les cornues scellées hermétiquement, pesées avant et après la calcination de la portion d'étain qu'elles contiennent,

ne présentent aucune différence de pesanteur, ce qui prouve évidemment que l'augmentation de poids qu'acquiert le métal ne provient ni de la matière du feu, ni d'aucune matière extérieure à la cornue. »

Lavoisier remarque aussi en passant « que la portion de l'air qui se combine avec les métaux est un peu plus lourde que celle de l'atmosphère, et que celle qui reste après la calcination est, au contraire, un peu plus légère; de sorte que dans cette supposition l'air atmosphérique fournirait, relativement à sa pesanteur spécifique, un résultat moyen entre ces deux airs ». — « Mais, ajoute-il aussitôt, il faut des preuves plus directes que je n'en ai pour pouvoir prononcer sur cet objet.... C'est le sort de tous ceux qui s'occupent de recherches physiques et chimiques d'apercevoir un nouveau pas à faire sitôt qu'ils en ont fait un premier, et ils ne donneraient jamais rien au public s'ils attendaient qu'ils eussent atteint le but de la carrière qui se présente successivement à eux, et qui paraît s'étendre à mesure qu'ils avancent. »

Quelle sagesse dans ce peu de paroles! Ce que Lavoisier ne se permettait d'énoncer que sous forme d'hypothèse, était cependant la vérité, comme il allait lui-même le démontrer par la suite. C'est ainsi que, une fois engagé dans la bonne voie, on marche de découverte en découverte. Enfin l'illustre savant termine son mémoire par cette con-

clusion fondamentale « qu'une portion de l'air est susceptible de se combiner avec les substances métalliques pour former des chaux, tandis qu'une autre portion de ce même air se refuse constamment à cette combinaison. » — « Cette circonstance, ajoute-t-il, m'a fait soupçonner que l'air de l'atmosphère n'est point un être simple, qu'il est composé de deux substances très-différentes.... Enfin, je crois pouvoir annoncer ici que la totalité de l'air de l'atmosphère n'est pas dans un état respirable, que c'est la portion salubre qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et que ce qui reste après la calcination est une espèce de mofette, incapable d'entretenir la respiration des animaux, ni l'inflammation des corps[1]. »

Découverte de la composition de l'air. Oxygène et Azote. — « L'air n'est point un corps simple : il se compose d'une portion salubre et d'une espèce de mofette. » De cette déclaration de Lavoisier date le 89 de la chimie. Rompant en visière avec toutes les doctrines du passé, elle fut le signal d'une véritable révolution.

Le hardi novateur devint dès lors le point de mire d'innombrables attaques de la part des savants

1. Extraits de son *Journal d'expériences*, à la date du 14 février 1774.

attachés aux anciennes théories. Presque tous traitaient la *portion salubre de l'air* et la *mofette irrespirable*, de corps imaginaires. Il fallait donc montrer ces corps aux incrédules. Mais comment? Ce qui nous paraît aujourd'hui si simple était alors, ne l'oublions pas, d'une difficulté presque insurmontable; et nous verrons tout à l'heure que, sans ce dieu qu'on appelle le *hasard*, Lavoisier n'aurait jamais pu arriver à la démonstration de ce qu'il avait avancé.

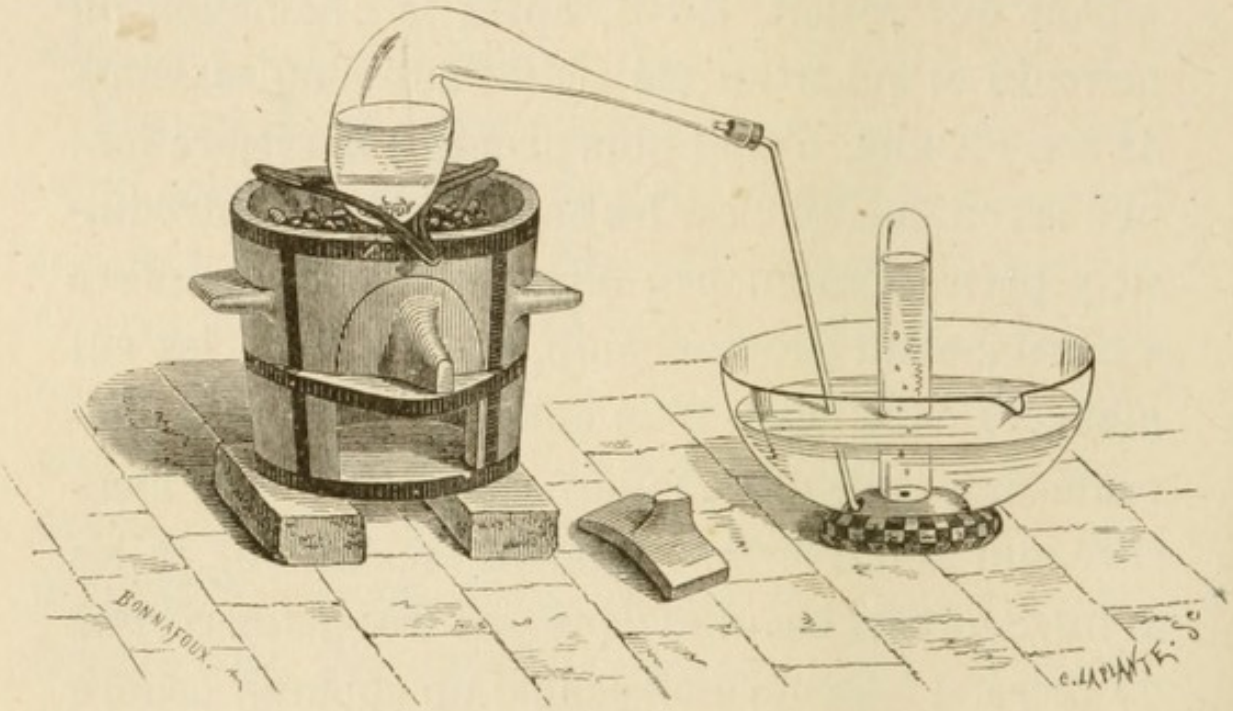
Voyons plutôt. Les métaux dont on s'était toujours servi pour l'expérience de l'augmentation de poids pendant la calcination, étaient le plomb et l'étain. Or, ces métaux absorbent bien, pendant leur calcination, l'*élément salubre* de l'air, mais quand il est une fois absorbé, ils ne le rendent plus par la même opération. Et si on l'enlève avec du charbon, on obtiendra, comme nous l'avons vu, un air aussi irrespirable, quoique tout autre que celui qui reste après la calcination du plomb ou de l'étain dans l'air.

Heureusement il existe un métal, bien connu des alchimistes, un métal liquide, singulier, qui remplit ici à merveille toutes les conditions nécessaires. Le mercure, comme le savait déjà Eck de Sulzbach, a l'étrange propriété d'abandonner, dans la seconde période de la chaleur, la portion d'air qu'il avait absorbée pendant la première. En absorbant cet air, le mercure se transforme en une chaux rouge, le précipité *per se* des alchimistes. Rien de plus facile

ensuite que de recueillir cet air dans des vases, comme l'avait enseigné, cinquante-cinq ans auparavant, le pauvre Moitrel d'Élément.

Mais laissons ici parler Lavoisier lui-même. Après avoir constaté que le fer offrait les mêmes inconvénients que le plomb et l'étain, le grand chimiste eut enfin recours au mercure ou vif-argent. « L'air qui restait, dit-il, après la calcination du mercure et qui avait été réduit aux cinq sixièmes de son volume, n'était plus propre à la respiration, ni à la combustion ; car les animaux qu'on introduisit y périssaient en peu d'instants, et les lumières s'y éteignaient sur-le-champ, comme si on les eût plongées dans l'eau. D'un autre côté, j'ai pris quarante-cinq grains de matière rouge (chaux de mercure, qui s'était formée pendant l'opération), je les ai introduits et chauffés dans une très-petite cornue de verre, à laquelle était adapté un appareil propre à recevoir les produits liquides et aériformes qui pourraient se séparer. Lorsque la cornue a approché de l'incandescence, la matière rouge a commencé à perdre peu à peu de son volume et, en quelques minutes, elle a entièrement disparu. En même temps il s'est condensé, dans le petit récipient, 41 grains et demi de mercure coulant, et il a passé sous la cloche 7 à 8 pouces cubes d'un fluide élastique, beaucoup plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir la combustion et la respira-

tion des animaux (Voy. la figure ci-dessous). Ayant fait passer une portion de cet air dans un tube de verre d'un pouce de diamètre, et y ayant plongé une bougie, elle y répandit un éclat éblouissant; le charbon, au lieu de s'y consommer paisiblement comme dans l'air ordinaire, y brûlait avec



une flamme et une sorte de décrépitation, à la manière du phosphore, et avec une vivacité de lumière que les yeux avaient peine à supporter. »

Voilà donc la *portion salubre* et la *mofette* de l'air isolées. La portion salubre seule, propre à entretenir la respiration et la combustion, et qui donnait tant d'éclat à la flamme, reçut le nom d'*oxygène*, du grec *oxys* acide, et *gennao*, j'engendre. Ce nom

signifie donc *générateur de l'acide*. Quant à la mofette ou portion non respirable de l'air, elle s'appellera *azote* (de l'*a* privatif des Grecs et *zoé* vie). C'est Guyton de Morveau qui lui donna ce nom, «afin de distinguer, disait-il, cet air non vital et existant naturellement dans l'atmosphère, » des autres gaz, également non respirables, mais qui ne font partie de l'atmosphère qu'accidentellement.

La découverte de l'oxygène mit à néant la théorie du phlogistique, et devint le point de départ de travaux aussi importants que nombreux. Entraîné par son esprit généralisateur, Lavoisier fit entrer l'oxygène dans la composition de tous les acides et de toutes les bases, en même temps qu'il en fit le fondement d'une nomenclature nouvelle.

Nomenclature. — L'ancienne nomenclature, remplie de termes bizarres, inventés la plupart par les alchimistes, avait besoin d'être réformée. C'est ce qu'avaient déjà compris Black et Bergmann. Ce dernier avait fait un appel à tous les alchimistes de l'Europe, en les invitant à substituer aux noms anciens une nomenclature nouvelle. « Ne faites grâce, leur disait-il, à aucune dénomination impropre. Ceux qui savent déjà entendront toujours; ceux qui ne savent pas encore entendront plus tôt. » — Bergmann (né en 1735 à Catherineberg, en Suède, mort en 1784) fut le maître de Scheele.

A la fois chimiste et minéralogiste, il s'était livré à des recherches approfondies sur le gaz acide carbonique qu'il appelait *acide aérien*.

Guyton de Morveau, qui avait traduit les œuvres de Bergmann, répondit un des premiers à cet appel du maître de Scheele. Bientôt Lavoisier se l'associa pour travailler à la *Réforme et au perfectionnement de la nomenclature de la chimie*. C'est là le titre du mémoire que l'illustre collègue de Berthollet et de Fourcroy, communiqua à l'Académie le 18 avril 1787.

Cette grande réforme porte principalement sur les corps composés. Ces corps furent divisés en *acides*, en *bases* et en *sels*. La nomenclature nouvelle repose donc sur une véritable classification des matières dont s'occupe la chimie.

Lavoisier avait établi en règle que « toute dénomination d'un composé doit en même temps indiquer les noms des éléments de ce composé. » En appliquant cette règle aux acides, il les terminait en *ique*. De là les noms d'*acide sulfurique*, remplaçant l'ancien nom d'*huile de vitriol;* d'*acide carbonique*, substitué aux noms d'*acide aérien*, de *gaz sylvestre*, d'*esprit crayeux*, etc.

Si Lavoisier n'eût pas fait jouer à l'oxygène un rôle trop exclusif, sa nomenclature aurait été presque parfaite dès son origine. Mais, d'après sa théorie « les acides sont composés de deux substances de

l'ordre de celles que nous regardons comme simples (nous citons textuellement) : l'un qui constitue l'acidité; c'est de cette substance que doit être emprunté le nom du genre; l'autre qui est propre à chaque acide, qui les différencie les uns des autres, et c'est de cette substance que doit être emprunté le nom spécifique. »

Comme l'oxygène, en sa qualité de principe acidifiant ou de *générateur des acides*, était supposé exister dans tous ces composés, son nom pouvait être omis sans inconvénient : il indiquait le genre, représenté par la terminaison *ique*, tandis que le nom de l'élément, auquel il se combinait, désignait l'espèce. C'est pourquoi, au lieu d'acides *oxysulfurique*, *oxycarbonique*, *oxyphosphorique*, etc., on dira simplement acides *sulfurique*, *carbonique*, *phosphorique*, etc.

Mais Lavoisier ne tarda pas à s'apercevoir que les deux principes constitutifs, le principe acidifiant et le principe acidifié, peuvent se combiner entre eux dans deux proportions différentes; il fallait donc élargir le cadre. C'est ce qu'il fit en variant la terminaison du nom spécifique : *ique* devait indiquer l'acide qui renfermait le plus d'oxygène; *eux*, l'acide qui en contenait le moins. C'est ainsi que, par une simple modification de désinence, le seul énoncé des noms, tels que acide *sulfurique* et acide *sulfureux*, acide *arsenique* et acide *arsénieux*, suffit

pour nous indiquer une différence de composition. Mais la chimie marcha vite, et bientôt les faits ne cadraient plus avec la théorie.

Qu'il nous soit permis d'anticiper ici un peu sur l'avenir des contemporains de Lavoisier, avenir qui est déjà pour nous le passé. Quelques années après la mort du grand chimiste, on reconnut que c'est non plus en deux, mais en trois et même en quatre proportions différentes que l'oxygène peut se combiner avec d'autres substances pour former des acides. Afin de ne pas changer les terminaisons anciennes, on imagina de faire précéder le nom de l'acide (contenant une proportion d'oxygène moindre que l'acide terminé en *eux*) de la préposition grecque *hypo* (ὑπὸ, au-dessous). A son tour, l'acide moins oxygéné que celui-là dut recevoir la préposition *hypo*, en conservant la terminaison *eux*. Cette première modification fut apportée à la nomenclature à l'époque où Gay-Lussac découvrit deux nouveaux acides du soufre, moins oxygénés que l'acide sulfureux. C'est ainsi que l'on dit depuis lors :

Acide *sulfurique*.....	Acides anciens.
Acide *sulfureux*.....	
Acide *hyposulfurique*.....	Acides nouveaux.
Acide *hyposulfureux*.....	

On découvrit, presque en même temps, que le phosphore, l'azote, le chlore, etc., peuvent, comme

le soufre, donner naissance à des acides moins oxygénés que l'acide terminé en *eux*. Mais l'expérience montra bientôt que l'oxygène n'est pas le seul générateur des acides.

Nous avons vu que les anciens chimistes appelaient *chaux* le produit de la calcination d'un métal dans l'air. Après avoir démontré que ce produit est dû à la fixation de l'oxygène par le métal, Lavoisier remplaça le nom de *chaux métallique* par celui d'*oxyde*. Les *chaux* d'étains, de plomb, de mercure, etc., s'appelleront désormais *oxydes* d'étain, de plomb, de mercure, etc. Mais ici encore l'expérience montra que l'oxygène peut s'unir à un même métal en plusieurs proportions différentes. Afin de distinguer entre eux des oxydes plus ou moins oxygénés, on convint d'appeler *protoxyde* (du grec *protos*, premier) le composé qui contient la moindre (première) proportion d'oxygène, et *deutoxyde* ou *bioxyde*, celui qui en contient le double ; on nomma *sesquioxyde*, les composés où l'oxygène entre pour un et demi ; *tritoxyde*, *quadroxyde*, etc., des composés où l'oxygène est le triple, le quadruple, etc., de celui du protoxyde, et *sous-oxyde* tout composé où la quantité d'oxygène est inférieure à celle du protoxyde.

La plupart des oxydes sont des *bases*, c'est-à-dire qu'ils ont la propriété de se combiner avec les acides pour former des *sels*. Il y a aussi des oxydes *indifférents*, c'est-à-dire qui ne sont susceptibles de

se combiner, ni avec les acides, ni avec les bases. C'est le cas de beaucoup d'oxydes non métalliques, tels que le protoxyde et le deutoxyde d'azote.

Les auteurs de la nomenclature chimique avaient reconnu que « plus la propriété d'oxygène augmente dans un oxyde basique, plus celui-ci perd sa propriété de base et tend à devenir acide, de telle façon que les composés les plus oxygénés sont généralement acides, tandis que les moins oxygénés sont basiques. »

Ce *fait général*, qu'on appelle improprement une *loi*, s'applique encore à d'autres éléments que l'oxygène ; mais Lavoisier et ses collaborateurs en ignoraient alors l'existence.

Un des caractères du génie consiste à ne jamais confondre ce qui est distinct, et à toujours distinguer l'accessoire d'avec le principal. Il importait beaucoup aux fondateurs de la chimie moderne de faire bien ressortir la différence qui existe entre une *combinaison* et un *mélange*. La combinaison suppose l'union intime, moléculaire de deux ou de plusieurs corps élémentaires, union d'où résulte un corps composé. Cette union est telle, qu'il est impossible de reconnaître *organoleptiquement*, c'est-à-dire à l'aide de nos sens, la nature des éléments qui forment le composé. Les éléments perdent donc par leur combinaison, toutes les propriétés caractéristiques ordinaires. Ainsi, le composé d'oxygène

et d'azote, qu'on appelle acide azotique ou nitrique (l'*eau forte* des anciens[1]), n'a aucune des propriétés de l'oxygène et de l'azote, pris isolément. Il n'en est plus de même de ce qu'on appelle un *mélange*. On reconnaît aïsément les éléments qui y entrent; il suffit souvent d'une opération purement mécanique pour en effectuer la séparation. Lorsque plusieurs corps se mêlent ensemble, il ne se passe aucun phénomène physique sensible : il n'y a production ni de chaleur, ni de lumière. La somme des éléments mêlés représente le volume du mélange : il n'y a point de condensation, comme cela arrive généralement pour la combinaison.

Composés salins ou sels. — Il y a des sels *neutres*, *acides* et *basiques*. Le sel neutre est la combinaison d'un acide avec une base, combinaison dans laquelle les propriétés de l'un et de l'autre composants ont complétement disparu ou se sont *neutralisées*. C'est ce que la nomenclature indique en chan-

1. L'acide nitrique était appelé *eau forte*, parce qu'il dissout presque tous les métaux. Sa découverte remonte au moins au huitième siècle. On le préparait alors en chauffant un mélange de vitriol de Chypre (sulfate de cuivre), de nitre et d'alun. Ortholain, qui vivait à Paris en 1350, connaissait parfaitement l'acide nitrique. Il savait que cet acide ne dissout pas l'or, mais qu'on lui donne cette propriété par une addition de sel ammoniac. Par cette addition, l'acide nitrique se change, en effet, partiellement en eau régale, propre à dissoudre l'or.

geant en *ate* la terminaison *ique*, et en *ite* la terminaison *eux* des acides. L'oxygène étant supposé faire partie de toutes les bases, on retranche le mot *oxyde*, comme un facteur commun, et on dit simplement *acétate de plomb*, *sulfate d'argent*, etc., au lieu d'acétate d'oxyde de plomb, de sulfate d'oxyde d'argent, etc. Cependant lorsque deux ou plusieurs oxydes d'un même métal peuvent se combiner avec un acide et produire deux espèces de sels différents, il est indispensable de faire précéder le nom du métal de celui de son degré d'oxydation. C'est ainsi qu'on dit : sulfate de *protoxyde* de fer, sulfate de *sesquioxyde* ou de *peroxyde* de fer. On dit aussi dans ce cas : sels au *minimum* et sels au *maximum* (d'oxydation).

Les chimistes anciens connaissaient déjà l'action que les composés acides et alcalins ou basiques exercent sur certaines couleurs végétales. De là un moyen bien simple pour distinguer ces composés entre eux. La couleur le plus souvent employée à cet effet est la teinture de tournesol. Elle est sans action sur le sel parfaitement neutre. Mais elle rougit au contact d'un sel *acide*, comme au contact d'un acide libre, tandis que le sel *basique* ramène au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide.

La nomenclature sert à indiquer ces différences de réaction. Ainsi, les sels acides sont appelés *sur-sels ;* on les désigne par les noms de *sesqui-*, *bi-*, *quadri-sels*, s'ils contiennent une fois et

demie, deux fois, quatre fois autant d'acide que le sel *neutre*, pris pour terme de comparaison. Exemples : *sesquicarbonate* d'ammoniaque, *bisulfate* de soude, *quadroxalate* de potasse. — Les sels, au contraire, dans lesquels la base domine, sont appelés *sous-sels* ou *sels basiques*. On dit : sel *bi-basique*, *tri-basique*, *sex-basique*, etc., lorsque la quantité de base est le double, le triple, le sextuple de la quantité de base qui entre dans la composition du sel neutre. Exemple : acétate de plomb *bibasique*, *tribasique*, *sexbasique*.

Tels sont les principes de nomenclature établis par Lavoisier, Guyton de Morveau, Berthollet et Fourcroy. Ils s'appliquent presque exclusivement aux *oxacides*, aux *oxy-bases* et aux *oxy-sels*. Voilà ce qu'il ne faut point perdre de vue, lorsqu'on veut apprécier sainement l'œuvre de ces illustres savants.

Différents états des corps. Leur simplicité et leur composition. — Une idée sur laquelle Lavoisier revient souvent et qui fait de lui le véritable promoteur de la *chimie pneumatique*, c'est que presque tous les corps de la nature peuvent exister dans trois états différents, savoir : l'état solide, l'état liquide et l'état gazeux ou de fluide aériforme. « Les mots *airs*, *vapeurs*, *fluides aériformes* n'expriment, dit-il, qu'un mode de la matière; ils

désignent une classe de corps infiniment étendue[1]. »

Ainsi énoncé, c'était là un principe vraiment nouveau. Aussi qu'arriva-t-il? Lavoisier ne fut pas compris. Et c'est lui-même qui nous l'apprend. « Ce principe, dit-il, que je n'ai cessé de répéter depuis plusieurs années, *sans jamais avoir eu la satisfaction d'être entendu*, va vous donner la clef de presque tous les phénomènes relatifs aux différentes espèces d'air et à la vaporisation. » — Puis il part de là pour établir que si la chaleur change les corps en vapeur, la pression de l'atmosphère apporte à ce changement une résistance d'une valeur déterminable, enfin que « la tendance des corps volatils à se vaporiser est en raison directe du degré de chaleur auquel ils sont exposés, et en raison inverse du poids ou de la pression qui s'oppose à la vaporisation. »

Ce fut par une sorte d'intuition que Lavoisier prévit, au sujet de certains corps composés, ce qui ne devait se réaliser qu'après sa mort. Après avoir défini la chimie, « la science qui a pour objet de décomposer les différents corps de la nature, » il

1. *Sur quelques substances qui sont constamment dans l'état de fluides aériformes, au degré de chaleur et de pression habituels de l'atmosphère.* Mémoire déposé à l'Académie des sciences le 5 septembre 1777, et publié dans le t. I, p. 348-384 des *Mémoires de physique et de chimie* de Lavoisier.

complète ainsi sa définition : « Nous ne pouvons donc pas assurer que ce que nous regardons comme simple aujourd'hui le soit en effet; tout ce que nous pouvons dire, c'est que telle substance est le terme actuel auquel arrive l'analyse chimique, et qu'elle ne peut plus se subdiviser au delà, dans l'état actuel de nos connaissances. Il est à présumer que les terres (la chaux, la magnésie, l'alumine, etc.) cesseront bientôt d'être comptées au nombre des substances simples : elles sont les seules de cette classe qui n'aient point de tendance à s'unir à l'oxygène, et je suis bien porté à croire que cette indifférence pour l'oxygène tient à ce qu'elles en sont déjà saturées. Les terres, dans cette manière de voir, seraient peut-être des *oxydes métalliques*.... Ce n'est, au surplus, qu'une simple conjecture que je présente ici[1]. »

Lavoisier était ici guidé par l'analogie. Voyant que les terres et les alcalis se combinent directement avec les acides, tandis que les métaux, pour se combiner avec ces mêmes acides, ont besoin de se saturer préalablement d'oxygène, il en conclut que les terres et les alcalis sont des métaux déjà oxydés. Cette conclusion atteste le génie. Mais en voici le revers. L'oxygène étant admis comme le *générateur des acides*, l'acide muriatique (l'esprit de

1. Lavoisier, *Traité de chimie*, t. II, p. 194 (3e édit.).

sel des anciens), obtenu par la réaction de l'acide sulfurique sur le sel marin, devait aussi avoir l'oxygène pour élément. Or, c'était là une erreur, et cette erreur provenait de l'exagération d'une théorie préconçue. Voici le raisonnement du grand chimiste à l'appui de son système; nous le livrons comme un enseignement à la postérité : « Quoiqu'on ne soit pas encore parvenu, dit Lavoisier, ni à composer ni à décomposer l'acide qu'on retire du sel marin, on *ne peut douter* cependant qu'il ne soit formé, *comme tous les autres*, de la réunion d'une base acidifiable avec l'oxygène. Nous avons nommé cette base inconnue *base muriatique*, *radical muriatique*, en empruntant ce nom du latin *murias*, donné anciennement au sel marin. Ainsi, sans pouvoir déterminer quelle est exactement la composition de l'acide muriatique, nous désignerons sous cette dénomination un acide volatil, dans lequel le radical acidifiable *tient si fortement à l'oxygène, qu'on ne connaît jusqu'à présent aucun moyen de les séparer*. »

Dans ces lignes, Lavoisier faisait, en quelque sorte, un appel à tous les chimistes de son temps. Vains efforts ! on cherchait dans l'acide muriatique ce qui ne s'y trouvait pas, l'oxygène.

Une fois engagé dans une fausse voie, on ne rencontre plus que des singularités. C'est ce qui arriva au sujet de l'acide muriatique. Mais, ici encore, lais-

sons d'abord parler le maître : « Cet acide présente, au surplus, une particularité très-remarquable; il est, comme l'acide du soufre, susceptible de plusieurs degrés d'oxygénation; mais, contrairement à ce qui a lieu pour l'acide sulfureux et l'acide sulfurique, l'addition d'oxygène rend l'acide muriatique plus volatil, d'une odeur plus pénétrante, moins soluble dans l'eau, et *diminue ses qualités d'acide.* » — Ce dernier caractère aurait dû être pour Lavoisier un trait de lumière. Mais continuons à le citer. — « Nous avions d'abord été tentés d'exprimer ces deux degrés de saturation, comme nous avions fait pour l'acide du soufre, en faisant varier les terminaisons : nous aurions nommé l'acide le moins saturé d'oxygène *acide muriateux*, et le plus saturé, *acide muriatique*. Mais nous avons cru que cet acide, qui présente des résultats particuliers et dont on ne connaît aucun autre exemple en chimie, demandait une *exception*, et nous nous sommes contentés de les nommer *acide muriatique oxygéné*. »

Défions-nous du recours aux exceptions! c'est un des signes de l'erreur. Cet *acide muriatique oxygéné* exceptionnel était précisément le radical que Lavoisier cherchait : c'était le *chlore*, qui fut plus tard découvert, comme corps simple, par Davy, et qui se combine, nous le savons aujourd'hui, non pas avec l'oxygène, mais avec l'hydrogène, l'un des éléments de l'eau, pour former l'acide muriatique,

appelé maintenant *acide chlorhydrique*. Mais n'anticipons pas.

Le mystérieux radical de l'acide muriatique était devenu pour Lavoisier l'objet de toutes ses préoccupations : il y revenait souvent, et chaque fois avec une certaine hésitation, comme s'il sentait le danger : « Nous n'avons, dit-il, nulle idée de la nature du radical de l'acide muriatique; ce n'est que par *analogie*, plutôt par suite d'une théorie préconçue, que nous concluions qu'il contient le principe acidifiant ou oxygène. M. Berthollet avait soupçonné que ce radical pouvait être de nature métallique; mais comme il paraît que l'acide muriatique se forme journellement dans les lieux habités, il faudrait supposer qu'il existe un gaz métallique dans l'atmosphère, ce qui n'est pas sans doute impossible, mais on ne peut l'admettre au moins que d'après des preuves. »

Ce qu'il y a surtout d'étrange, c'est que Lavoisier était en quelque sorte entretenu dans son erreur par un fait expérimental, mais non compris ou mal interprété. En effet, ce qu'il appelait *acide muriatique oxygéné* s'obtenait en distillant de l'acide muriatique sur des oxydes métalliques (oxydes de manganèse, de plomb, etc.). Comme dans cette opération les métaux perdent leur oxygène, Lavoisier pensait, et tous les chimistes d'alors le croyaient avec lui, que ce même oxygène se portait sur l'a-

cide muriatique ; de là l'acide muriatique *oxygéné*. Et, comme il voyait cet acide se combiner avec les bases, à l'exemple des autres acides dans la composition desquels entre l'oxygène, il ne pouvait guère faire autrement que de persister dans ce qu'il croyait être la vérité, et qui n'était que l'erreur [1].

Hydrogène. — Ce gaz était connu longtemps avant Lavoisier. Mais c'est de lui et de Guyton de Morveau qu'il a reçu le nom qu'il porte.— Paracelse avait parlé de l'effervescence qui se manifeste lorsqu'on met de l'huile de vitriol (acide sulfurique) en contact avec le fer ou le zinc. Il savait que, pendant cette réaction, il se dégageait « un air comme un souffle, » et que cet air provenait de l'eau dont il était un élément. Eh bien, cet air était le gaz hydrogène, et il entre, en effet, dans la composition de l'eau. Mais ce n'était là qu'une vérité d'intuition, car Paracelse ne connaissait aucun moyen pour recueillir les gaz et en étudier les propriétés.

Robert Boyle compléta l'expérience de Paracelse de la manière suivante : « Nous remplissons, dit-il, d'environ parties égales d'huile de vitriol et d'eau commune un petit matras de pierre, pourvu d'un long col cylindrique. Puis, après y avoir jeté six petits clous de fer, nous fermons

1. Voyez pages 193 et suiv.

aussitôt l'ouverture du vase, parfaitement plein, et nous introduisons le col dans un autre vase renversé, d'une plus grande capacité et contenant de l'eau. Aussitôt nous voyons s'élever, dans le vase supérieur, des bulles aériformes qui, en se rassemblant, dépriment l'eau dont elles prement la place. Bientôt toute l'eau du vase supérieur (renversé) est expulsée et remplacée par un corps qui a tout l'aspect de l'air [1]. »

Mais d'où provenait ce corps aériforme? Ici Boyle n'était pas aussi bien inspiré que Paracelse : au lieu de prendre ce corps pour un élément de l'eau, il le considérait comme le résultat d'une transformation artificielle de l'air. Et cette manière de voir provenait elle-même d'une théorie qu'il est bon de faire connaître, parce qu'elle compte encore aujourd'hui des partisans. D'après cette théorie, la diversité des corps serait due à des inégalités de forme, de grandeur, de structure, de mouvement des molécules élémentaires; un ou deux éléments primitifs suffiraient pour expliquer toute la variété des corps de la nature. « Pourquoi donc, s'écria Boyle, les molécules de l'une ou de toute autre substance ne pourraient-elles pas, dans de certaines conditions, être groupées et agitées de façon à mériter

1. R. Boyle, *Physico-mechanic. Experiments*, vol. II, p. 432 de l'édit. anglaise.

le nom d'air? » D'après la théorie de Boyle, l'air (hydrogène) ainsi obtenu, serait de l'air *allotropique*, c'est-à-dire de l'air dans un état particulier, différent de l'air commun de l'atmosphère.

Lemery (né à Rouen en 1645, mort en 1715) fut le premier à observer l'inflammabilité de l'hydrogène. Il le préparait en mêlant ensemble de la limaille de fer, de l'acide sulfurique et de l'eau dans un matras à col étroit : il l'allumait en approchant une bougie de l'orifice du col. L'expérience fut depuis lors répétée par d'autres, et le gaz reçut le nom d'*air inflammable*.

Mayow, qui avait obtenu ce gaz par le même procédé, doutait de son identité avec l'air commun.

Ce ne fut donc pas Cavendish qui découvrit l'hydrogène ; mais il en décrivit le premier les propriétés caractéristiques.

Lavoisier enfin essaya de démontrer que ce gaz entre dans la composition de l'eau. Après avoir enlevé l'air du rang des corps simples, il devait naturellement songer à en faire autant de l'eau, qui avait été aussi regardée comme un élément. En brûlant une livre d'esprit-de-vin dans un appareil propre à recueillir toute l'eau qui se dégage pendant la combustion, il en obtint 17 à 18 onces; d'où il conclut que l'esprit-de-vin contient un des principes de l'eau, et que c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'autre, l'oxygène : « Nouvelle preuve,

ajoute-t-il, que l'eau est une substance composée. » — La démonstration fut complétée plus tard.

Ce gaz, qui brûle en absorbant l'oxygène de l'air pour former de l'eau, reçut ainsi le nom d'*hydrogène* ou *générateur de l'eau* (du grec *hydor*, eau, et *gennao*, j'engendre). Pour éviter les dangers d'une théorie préconçue, il aurait été peut-être plus sage de donner la préférence à des noms moins significatifs.

Théorie de la respiration. — Lavoisier montra expérimentalement que l'air qui a servi quelque temps à la respiration a, par sa qualité délétère, beaucoup d'analogie avec celui dans lequel un métal a été calciné, mais que ces deux airs diffèrent chimiquement l'un de l'autre en ce que le premier précipite l'eau de chaux, tandis que le dernier la trouble à peine; que l'un est de l'acide carbonique, et l'autre de l'azote; enfin que, pour ramener à l'état d'air commun ou respirable l'air qui a été vicié par la respiration, il faut 1° enlever à cet air, au moyen d'un alcali caustique, la portion d'acide carbonique qui s'y trouve; 2° lui rendre une quantité d'oxygène égale à celle qu'il a perdue. Or, voici les conséquences qu'il tire de ces données expérimentales : « De deux choses l'une : ou la portion d'oxygène contenue dans l'air est convertie en acide carbonique en passant par le poumon, ou bien il se fait

un échange dans ce viscère : d'une part, l'oxygène est absorbé, et de l'autre le poumon rend une portion d'acide carbonique presque égale en volume. »

Ces deux manières de voir ne s'excluent point; la dernière a même été adoptée par beaucoup de physiologistes. Cependant Lavoisier inclinait plutôt vers la première manière de voir. Dès 1777, il avait soutenu que « la respiration est une combustion lente d'une portion de carbone contenue dans le sang et que la chaleur animale est entretenue par la portion de calorique qui se dégage au moment de la conversion de l'oxygène en gaz acide carbonique, comme il arrive dans toute combustion de charbon. » Enfin, en 1785, il annonça, dans un mémoire inséré dans le Recueil de la Société de médecine, que « très-probablement la respiration ne se borne pas à une combustion de carbone, mais qu'elle occasionne encore la combustion d'une partie de l'hydrogène contenue dans le sang; de là une formation à la fois d'eau et d'acide carbonique pendant l'acte de la respiration. » — Cette dernière théorie physiologique compte aussi de nombreux partisans.

Mouvement moléculaire.—La question du calorique avait également beaucoup occupé Lavoisier. C'est un fait général et depuis longtemps connu que les corps se dilatent par la chaleur et se condensent par le froid. Pour expliquer ce fait, Lavoisier sup-

posait que les molécules des corps ne se touchent pas, qu'elles sont au contraire placées à une certaine distance les unes des autres. « Mais, se demandait-il, si le calorique tend continuellement, par une cause quelconque, à s'introduire entre les molécules des corps et à les écarter, comment ne cèdent-elles pas à cet effort? Comment ne se désunissent-elles pas? Et comment concevoir alors qu'il existe des corps solides? Il faut donc admettre une force dont les effets soient en opposition avec la précédente, qui retienne et lie entre elles les molécules des corps, et cette force, quelle qu'en soit la cause, est *la gravitation universelle.* »

Lavoisier considère donc les molécules élémentaires comme obéissant à deux forces antagonistes, au calorique, qui tend à les écarter, et à l'attraction, qui les rapproche. Lorsque ces deux forces sont à l'état d'équilibre, le corps est liquide; il devient aériforme lorsque la force répulsive, le calorique, l'emporte. L'intervalle qui existe, pour chaque corps, entre le degré de chaleur nécessaire pour en opérer la liquéfaction, et celui qui en opère la vaporisation, Lavoisier l'attribue à la pression de l'atmosphère[1].

Quant à l'espace que les molécules laissent entre

1. La connaissance de la pression de l'atmosphère est un fait acquis à la science depuis l'époque de Galilée et de Pascal, qui vivaient près d'un siècle et demi avant Lavoisier.

elles, il diffère aussi, selon la même théorie, pour chaque substance. « Ce qui doit surtout faire varier les dimensions de cet espace, c'est, ajoute l'auteur, la figure des molécules primitives des corps, puisqu'il est impossible que des sphères, des tétraèdres, des hexaèdres, des octaèdres, laissent entre eux des vides d'une même capacité. C'est pourquoi il faut une quantité de calorique suffisante pour élever la température de différents corps d'un même nombre de degrés du thermomètre, ou, ce qui revient au même, différents corps qui se refroidissent d'un même nombre de degrés abandonnent une quantité différente de calorique. » — Pour vérifier ce fait capital, Lavoisier entreprit avec Laplace une série d'expériences, consignées dans un mémoire intitulé : *Sur le principe de la chaleur et les moyens d'en mesurer les effets*[1]. Ces expériences sont fondées sur ce que « la quantité de glace que les corps fondent en se refroidissant, mesure exactement la même quantité de calorique qu'ils abandonnent. »

La chaleur est-elle un fluide ou une force? Cette question fondamentale de la physique fut, pour la première fois, nettement posée par Lavoisier. Ainsi énoncée, elle implique deux hypothèses : l'hypo-

1. Dans les *Mémoires de physique et de chimie* de Lavoisier, t. I.

thèse du calorique-fluide et celle du calorique-mouvement. Voyons comment l'immortel savant a abordé l'une et l'autre.

Pour justifier le mot *fluide*, appliqué au calorique, Lavoisier le compare à l'eau qui s'introduit dans les pores de différentes espèces de bois, les gonfle et en augmente la pesanteur. Chaque espèce admettra une quantité d'eau différente, suivant sa qualité; les plus légers et les plus poreux en logeront davantage; les bois compactes n'en laisseront pénétrer que très-peu; la porportion d'eau qu'ils absorbent dépendra encore de la nature du bois, etc. Ces différences de capacité des bois pour l'eau se présentent aussi pour le calorique. Dans cette comparaison, Lavoisier ne considérait que l'eau qui mouille intérieurement le bois. Mais l'eau entre aussi dans la constitution même du bois. Et comme il existe une eau *libre*, une eau *adhérente* et une eau *combinée*, il fut conduit, par analogie, à établir trois états différents de calorique. « 1° Le calorique *libre*, dit-il, c'est celui qui n'est engagé dans aucune combinaison et qui ne touche à aucun corps; 2° le calorique *adhérent*, c'est celui qui pénètre les corps, qui en écarte les molécules; ce calorique est encore dans un état d'aggrégation, mais cette forme aggrégative est modifiée par l'adhérence qu'il contracte avec les corps avec lesquels il est en contact; 3° le calorique *combiné*, c'est celui dont l'aggrégation est rompue et qui

est combiné molécule à molécule avec les parties élémentaires et constituantes des corps. »

D'après cette hypothèse, le calorique est répandu dans tous les corps de la nature et il fait partie de toutes les combinaisons. Le calorique *spécifique* est la quantité de fluide absorbé et variable pour chaque corps, ou, plus exactement, « c'est la quantité totale de calorique qui se dégagerait des corps, si, les prenant tous à un même degré de température, on les réduisait au zéro absolu, c'est-à-dire à une privation complète de calorique. » — « Nous connaissons bien, ajoute Lavoisier, les augmentations ou les diminutions dont le calorique spécifique des corps est susceptible, suivant qu'on lui fait éprouver certains changements de température; mais la quantité totale nous est encore inconnue. » — Le thermomètre n'indique que le fluide calorique libre. « Il en reçoit lui-même sa part en raison de sa capacité; il n'indique donc tout au plus que la portion qu'il a reçue; mais il ne constate pas la quantité totale qui a été dégagée, déplacée ou absorbée. » Ce calorique doit être distingué de celui que le thermomètre n'indique pas et qui ne se manifeste que dans les combinaisons ou actions chimiques.

L'hypothèse du calorique-mouvement, qui paraît aujourd'hui prévaloir, eut pour point de départ la sensation de la chaleur. « Ce n'est, dit Lavoisier, que

par un mouvement quelconque imprimé à la matière que nous éprouvons des sensations, si bien qu'on pourrait poser comme axiome : *point de mouvement, point de sensation.* » Ces paroles, rigoureusement exactes, devaient confirmer la nouvelle manière de concevoir les choses. En effet, d'après la théorie du calorique-mouvement, les molécules insécables, les *atomes* de la matière, sont doués d'une oscillation permanente, quoique insensible. Ce mouvement suppose que les atomes ne se touchent pas et qu'ils sont séparés par des espaces intersticiels dont le volume peut surpasser considérablement celui de la matière contenue dans les atomes. « Ces espaces, ajoute Lavoisier en résumant sa théorie, ces espaces vides laissent à leurs parties insécables (atomes) la liberté d'osciller dans tous les sens, et il est naturel de penser que ces parties sont dans une agitation continuelle qui, si elle augmente jusqu'à un certain point, peut les désunir et décomposer les corps; c'est ce mouvement intestin qui constitue la chaleur. » — A l'appui de cette remarque, Lavoisier rappelle le principe de la conservation des forces. Ce principe, qui n'est que l'expression d'un fait général, consiste « en ce que, dans un système de corps qui agissent les uns sur les autres d'une manière quelconque, la force vive, c'est-à-dire la somme des produits de chaque masse par le carré de sa vitesse, est constante.... Dans l'hypothèse que

nous examinons, la chaleur est la force vive qui résulte des mouvements insensibles des molécules d'un corps; elle est la somme des produits de la masse de chaque molécule par le carré de sa vitesse. »

La seconde hypothèse explique mieux que la première certains phénomènes, tels que celui de la chaleur produite par le frottement de deux corps, par le marteau frappant sur l'enclume, etc. Elle explique aussi pourquoi les rayons du soleil tombant directement sur les pics neigeux des plus hautes montagnes, échauffent, malgré leur puissance calorifique, beaucoup moins le milieu environnant, que les rayons réfléchis dans les vallées.

Sans se prononcer positivement ni pour l'une ni pour l'autre hypothèse, Lavoisier se contente d'établir en principe général : « Que toutes les variations de chaleur, soit réelles, soit apparentes, qu'éprouve un système de corps, en changeant d'état, se reproduisent dans un sens inverse, lorsque le système repasse à son premier état. » Par exemple, les changements de la glace en eau et de l'eau en vapeur, font disparaître ou consomment une quantité considérable de chaleur. Cette chaleur ainsi dépensée et que le thermomètre n'accuse plus, a reçu le nom de *chaleur latente*.

Lavoisier avait au plus haut degré l'amour de la science. Les théories cependant semblaient l'oc-

cuper bien moins que les applications utiles. Appelé en 1776, par le ministre Turgot, à la direction générale des poudres et salpêtres, il fit à Essone des expériences qui l'amenèrent à perfectionner la poudre à canon au point de donner plus de deux cents mètres de portée dans les circonstances où avant lui la meilleure poudre ne portait qu'à 180 mètres. Il fit aussi supprimer les recherches que l'on faisait alors dans les maisons pour se procurer du salpêtre, et il parvint à en quintupler la production, en délivrant la France du tribut qu'elle payait à l'Angleterre pour le nitre des Indes.

La chimie appliquée à l'agriculture occupait aussi ses loisirs. Pour encourager la culture du sol, proposa de diminuer l'intérêt de l'argent et d'autoriser des baux de vingt-sept ans. Pour essayer des procédés nouveaux et combattre la routine, il faisait valoir par lui-même deux cent quarante arpents de terre dans le Vendomois : « Il récoltait ainsi, rapporte son ami et biographe (Lalande), trois setiers là où les procédés ordinaires n'en donnaient que deux ; au bout de neuf ans il avait doublé la production. »

Au commencement de la Révolution, Lavoisier fut élu député suppléant à l'Assemblée nationale, et présenta, dans la séance du 21 novembre 1789, le compte rendu de la Caisse d'escompte. Nommé, en 1791, commissaire de la Trésorerie, il proposa, pour

simplifier la perception des impôts, un nouveau plan qu'il devait développer dans un ouvrage spécial intitulé : *De la richesse territoriale du royaume de France*. Cet ouvrage, dont il ne parut qu'un extrait sous forme de brochure, fit connaître Lavoisier comme un des meilleurs économistes de son époque. On y lit, entre autres, le passage suivant : « Les ci-devants nobles, en y comprenant les anoblis, formaient un trois-centième de la population du royaume; leur nombre, hommes, femmes et enfants compris, n'était que de 83 000, dont 18 323 seulement étaient en état de porter les armes. Les autres classes de la société, celles qu'on avait coutume de comprendre sous la dénomination de *tiers état*, peuvent fournir un rassemblement de 5 500 000 hommes en état de porter les armes. » — Ces données ne fournissaient-elles pas le meilleur argument à Sieyès quand il posait cette redoutable question : Qu'est-ce que le tiers état? Rien. Que doit-il être? Tout.

La Convention nationale avait nommé une commission pour créer un nouveau système des poids et mesures. Lavoisier prit une part très-active aux travaux de cette commission. Il avait fait construire, dans le jardin de l'Arsenal, un appareil où des règles métalliques, plongées dans l'eau et soumises à différents degrés de température, faisaient mouvoir une lunette qui marquait, sur un objet éloigné,

les plus faibles dilatations ; et lorsqu'en 1793 il s'agissait de mesurer une base pour la nouvelle méridienne, c'est Lavoisier qui fournit les thermomètres de métal qu'on employa pour la triangulation opérée entre Lieusaint et Melun.

Comme trésorier de l'Académie, Lavoisier mit de l'ordre dans les comptes et les inventaires. « Il fit, rapporte Lalande, tourner au profit des sciences les fonds morts que l'Académie avait sans le savoir. On le trouvait partout ; il suffisait à tout par sa facilité et son zèle qui étaient également admirables. »

Ses derniers travaux avaient pour objet la *respiration* et la *transpiration des animaux*. Lavoisier distinguait fort bien la transpiration cutanée de la transpiration pulmonaire. Pour séparer les produits de cette double fonction, si essentielle à la vie, il employait, dans ses expériences, « un habillement de taffetas enduit de gomme élastique, qui ne laissait pénétrer ni l'air ni l'humidité. » — On voit, pour le dire en passant, que l'invention des étoffes imperméables ne date pas précisément de nos jours. — L'habile expérimentateur nous apprend lui-même comment il entrait dans cette espèce de vêtement qui se fermait par-dessus la tête au moyen d'une forte ligature ; un tuyau qui s'adaptait à la bouche et qui se mastiquait sur la peau, de manière à ne laisser échapper aucune portion d'air, lui donnait la liberté de respirer. « Tout ce qui appartenait

à la respiration, se passait, ajoute-t-il, en dehors de l'appareil; tout ce qui appartenait à la transpiration, se passait en dedans. En se pesant avant d'entrer dans l'appareil, et, après en être sorti, la différence donnait la perte de poids due aux effets réunis de la respiration et de la transpiration. En se pesant quelques instants avant d'en sortir, on avait la perte du poids due seulement aux effets de la respiration. »

En prenant la moyenne des effets réunis de la respiration, de la transpiration cutanée et de la transpiration pulmonaire, Lavoisier parvint ainsi à constater qu'un homme, dans les conditions ordinaires d'âge, de travail et de santé, éprouve une perte de poids total de 18 grains par minute, ou de 2 livres 13 onces en vingt-quatre heures ; que les deux extrêmes autour desquels oscille cette moyenne sont de 11 et de 32 grains par minute, ou de 1 livre, 11 onces, 4 gros, et de 5 livres par vingt-quatre heures[1] ; enfin que le même individu, après avoir augmenté de poids de toute la nourriture qu'il a prise, revient tous les jours, après la révolution de vingt-quatre heures, au même poids que la veille, et que si cet effet n'a pas lieu, l'individu est dans un état de souffrance ou de maladie. »

1. 10 grains valaient 0gr,53; le gros était de 3gr,82 et l'once de 30gr,59.

Ces importantes recherches physiologiques se trouvent, en partie, consignées dans le tome II des *Mémoires de physique et de chimie*[1] de Lavoisier. Elles n'étaient pas encore terminées quand la hache révolutionnaire vint, le 8 mai 1794, trancher l'existence de ce grand citoyen, à l'âge de 51 ans et trois mois.

Lavoisier était le quatrième des vingt-huit fermiers généraux qui périrent le même jour. Son beau-père, M. Paulze, dont il avait épousé la fille en 1771, fut guillotiné le troisième. Cette exécution sommaire des fermiers généraux avait été provoquée par le rapport d'un nommé Dupuis, membre de la Convention nationale (*Moniteur*, 1794, n° 227); les considérants de ce rapport portent :

« Convaincus d'être auteurs ou complices d'un complot tendant à favoriser le succès des ennemis de la France (considérant appliqué presque indistinctement à toutes les victimes du tribunal révolutionnaire), notamment

1. Ce recueil devait former environ huit volumes. Après la mort de Lavoisier, on a retrouvé dans ses papiers presque tout le premier volume, le deuxième en entier, et quelques feuilles du quatrième. En tête du premier volume on lit ces mots : « La plupart des épreuves ont été revues dans les derniers moments de l'auteur; et, tandis qu'il n'ignorait pas qu'on préméditait son assassinat, M. Lavoisier, calme et courageux, s'occupant d'un travail qu'il croyait utile aux sciences, donnait un grand exemple de la sérénité que la lumière et la vertu peuvent conserver au milieu des plus affreux malheurs. »

en exerçant toutes espèces d'exactions et de concussions sur le peuple français, en mêlant au tabac de l'eau et des ingrédients nuisibles à la santé des citoyens qui en faisaient usage, en prenant six et dix pour cent tant pour l'intérêt de leur cautionnement que pour la mise des fonds nécessaires à leur exploitation, tandis que la loi ne leur accordait que quatre, en tenant dans leurs mains des fonds provenant des bénéfices qui devaient être versés dans le trésor public, en pillant le peuple et le trésor national pour enlever à la nation des sommes immenses et nécessaires à la guerre entre les despotes coalisés et les fournir à ces derniers, ont été condamnés à la peine de mort, etc. » (*Moniteur*, 19 floréal, an II.)

Un mot sur la mort de Lavoisier. On l'a signalée comme l'une des plus grandes taches de la Révolution française. Les historiens ont répété, sur tous les tons, ces paroles de Lalande : « Un homme aussi rare, aussi extraordinaire que Lavoisier aurait dû être respecté par les hommes les moins instruits et les plus méchants; il fallait que le pouvoir fût tombé entre les mains d'une bête féroce. »

Mais, pour rendre les hommes moins méchants il faut d'abord commencer par les rendre plus instruits; voilà ce qu'auraient dû se dire les amis et collègues de Lavoisier. Il fallait montrer « à cette bête féroce qu'elle commettrait un crime de lèse-humanité en immolant l'homme qui, par ses travaux et ses découvertes, avait reculé les bornes de la science; il fallait exposer aux regards de tous Lavoisier quintuplant la production du salpêtre et dé-

livrant la France d'un tribut qu'elle payait à l'étranger, Lavoisier améliorant et encourageant l'agriculture, Lavoisier consacrant son temps, sa fortune, les revenus de sa charge, à produire dans l'ordre intellectuel une révolution aussi grande que celle qui se produisait alors dans l'ordre politique et social ; il fallait montrer que ces deux révolutions étaient sœurs, et que ce serait déshonorer la patrie que de traîner sur l'échafaud l'un de ses plus glorieux enfants. L'Académie des sciences se serait honorée aux yeux de la nation, si elle était venue, en corps, au pied du tribunal révolutionnaire, réclamer un de ses membres, si, par un suprême effort, elle avait tenté d'arracher à l'ignorance et aux passions populaires une aussi illustre victime.

Où étaient donc alors, nous le demandons, les amis, les collaborateurs, les confrères de Lavoisier? Que faisaient-ils? — Signalons quelques-uns de ceux qui auraient pu faire mieux que de témoigner des regrets inutiles, posthumes.

Fourcroy (né à Paris, le 15 janvier 1755) siégeait à la Convention nationale quand Lavoisier porta sa tête sur l'échafaud. Né et élevé dans la même ville que Lavoisier, il était fils d'un apothicaire, et fut reçu médecin en 1780. Mais la chimie eut pour lui plus d'attrait que l'art de guérir. En 1784, il obtint, par la protection de Buffon et à l'exclusion de

Berthollet, son concurrent, la chaire de chimie que la mort de Macquer avait laissée vacante au Jardin du Roi. L'année suivante, il entra à l'Académie des sciences. Dès 1782 Fourcroy avait été admis aux réunions des savants que Lavoisier recevait chez lui et parmi lesquels on remarquait Condorcet, Monge, Berthollet, Vicq d'Azyr, Baumé, Van der Monde, etc. En 1789, on le voit figurer au nombre des créateurs de la nouvelle nomenclature chimique. La révolution de 1789 agrandit sa sphère d'activité. Fourcroy devint homme politique. Faisant partie du Comité des électeurs de Paris, il fut élu, en juillet 1793, membre de la Convention nationale, et entra immédiatement dans le Comité d'instruction publique, où il rendit de grands services. Au 9 thermidor, Fourcroy fut appelé au Comité de salut public, et devint plus tard membre du Conseil des Anciens, où il siégea pendant deux ans. Après le 18 brumaire il fut nommé directeur général de l'instruction publique. Lors de la proclamation de l'empire, il espérait devenir grand maître de l'Université, quand il apprit que Fontanes lui avait été préferé. Cette nouvelle le désola, et il disait aux amis qui cherchaient à le consoler : « Une griffe de fer me déchire le cœur ! » Enfin, le 16 décembre 1809, le jour même où Napoléon Ier, pour lui faire oublier une préférence pénible, signait les lettres patentes qui le nommaient comte de l'em-

pire avec une dotation sénatoriale de 20 000 francs de rente, il s'écria tout à coup : « Je suis mort ! » Ce furent ses dernières paroles : il expira au milieu d'une fête de famille. Auteur du *Système des connaissances chimiques*, ouvrage aujourd'hui oublié, il n'a laissé son nom attaché à aucune grande découverte scientifique.

Fourcroy, membre de la Convention nationale, qu'a-t-il fait pour sauver Lavoisier? Rien. — Sans doute Fourcroy ne fut pas l'auteur de la mort de son illustre confrère : c'eût été un de ces crimes pour lesquels les anciens n'avaient pas édicté de peine. Il devait donc traiter la calomnie avec le dédain qu'elle méritait. « On m'accuse, dit-il, de la mort de Lavoisier : moi, son ami, le compagnon de ses travaux, son collaborateur dans la chimie moderne, son admirateur constant, comme on peut le voir dans tous mes ouvrages écrits avant ou depuis la Révolution ; moi, naturellement doux, non envieux, sans ambition. Elle est trop absurde, cette calomnie, pour avoir fait quelque impression sur ceux qui me connaissent de près ou de loin ; mais elle laisse des doutes dans quelques esprits peu accoutumés à réfléchir ; elle fait plaisir à des hommes qui se repaissent de méchancetés, à quelques hommes jaloux de nos succès et de la portion de gloire que j'ai acquise dans la carrière des sciences. »

C'est là fort bien dit. Mais n'êtes-vous pas bien coupables lorsque, assis sur le rivage, vous ne tendez point la main à l'homme qui se débat dans les flots et périt faute de secours? N'est-ce pas déplacer la question, vouloir donner le change à l'opinion publique, que de venir dire comme excuse que ce n'est pas vous qui l'avez tué? — La Terreur, c'était l'ignorance et la passion déchaînées. Eh bien, Fourcroy, réuni à quelques autres, aurait dû tout tenter pour éclairer le peuple sur la valeur d'un homme tel que Lavoisier. S'ils n'eussent pas réussi, l'histoire, la postérité, au nom de la science et du progrès, leur auraient tenu compte de la générosité de leurs efforts. Le Bureau des consultations essaya, il est vrai, par l'organe de Hallé, d'intervenir en faveur de l'illustre victime; mais, sans le concours effectif des confrères et collaborateurs de Lavoisier, siégeant à la Convention nationale, Hallé devait être d'avance condamné à l'impuissance.

Guyton de Morveau (né à Dijon, le 4 janvier 1737) siégeait à la Convention nationale, sur les bancs de la Montagne, quand la tête de Lavoisier roula sur l'échafaud. — Destiné par son père, professeur en droit, à la magistrature, Guyton remplit fort jeune la charge d'avocat général au Parlement de Dijon, et sut assez bien tourner le vers, comme le témoigne son *Rat iconoclaste* ou *le Jésuite croqué*,

poëme héroïco-comique, paru en 1763. Mais les sciences occupaient bientôt tous ses loisirs. Devenu chancelier de l'Académie de Dijon, il obtint, en 1775, des états de Bourgogne, la fondation de cours publics de chimie, de minéralogie et de matière médicale, et ouvrit lui-même, le 28 avril de l'année suivante, le cours de chimie. Ce cours donna naissance au premier ouvrage publié d'après les principes de la chimie nouvelle ; il a pour titre : *Éléments de Chymie théorique et pratique*, rédigés dans un nouvel ordre, d'après les découvertes modernes, etc., trois tomes in-18, Dijon, 1777. On y voit, entre autres, que l'auteur enseignait l'unité de matière : « C'est donc, dit-il, la modification de la matière homogène qui constitue tous les différents corps, même les éléments; et cette modification est la densité, la porosité, la figure. »

Guyton reconnut le premier la propriété désinfectante de l'acide muriatique oxygéné (chlore) ; il en appliqua les fumigations à l'assainissement d'un caveau de la cathédrale de Dijon et aux prisons de cette ville. S'étant démis, en 1782, de sa charge d'avocat général, il partagea son temps entre Paris et Dijon, rédigea en grande partie l'article *Chimie* pour l'*Encyclopédie méthodique*, et s'associa à Lavoisier pour fonder la nouvelle nomenclature chimique.

Guyton adopta avec chaleur tous les principes de la révolution de 1789. Dès l'année suivante il

fut élu procureur syndic de son département, et en 1791 il entra à l'Assemblée législative dont il devint président. Membre de la Convention nationale, il vota avec les membres les plus avancés du parti de la Montagne. Dans le procès de Louis XVI, il s'opposa au renvoi du jugement aux Assemblées primaires, et entra, en 1793, dans les Comités de défense générale et de salut public. S'étant, dès l'origine, directement intéressé à l'invention de l'aérostat, il fit, sur son rapport, décréter la formation d'un corps d'*aérostatiers militaires*. Envoyé, en 1794, avec le titre de commissaire à l'armée du nord, il utilisa les ballons dans les reconnaissances militaires à la bataille de Fleurus. Après le 9 thermidor, Guyton fut réélu membre du Comité de salut public et fit plusieurs rapports sur des objets relatifs à l'industrie, aux sciences et aux arts. Membre du Conseil des Cinq-Cents, il prit une part active à la création de l'École polytechnique, dont il devint professeur et directeur. Administrateur des monnaies de 1800 à 1814, il fut nommé baron de l'empire. Membre de l'Institut depuis 1796, il a fourni de nombreux mémoires et articles au *Journal des savants*, aux *Annales de la Chimie*, au *Journal de l'École polytechnique*, etc.

Guyton profita, dit-on, de son crédit pour sauver les jours de quelques savants. Fit-il, au moins, quelques efforts pour sauver les jours de son ami et

collaborateur? L'histoire garde ici un terrible silence.

Berthollet (né à Tailloire près d'Annecy, en Savoie, le 9 novembre 1748) s'était associé aux travaux de Lavoisier pour jeter les bases de la chimie moderne. Reçu médecin à l'Université de Turin, il vint en 1772 à Paris se perfectionner dans ses études. Il fut admis dans les conférences de Lavoisier et profita promptement des conseils du maître qui lui fit abandonner la théorie du phlogistique. Voici à quelle occasion. Distillant à diverses reprises de l'esprit-de-vin sur des alcalis fixes, Berthollet avait obtenu chaque fois un peu d'alcali volatil. Dominé par la théorie alors régnante, il était parti de là pour imaginer sur l'origine de cette substance un système entièrement erroné. Lavoisier (Rapport du 11 mars 1778) l'engagea à différer la publication de son travail. C'est ainsi que Berthollet fut, dès son début, empêché de suivre une fausse voie où l'amour-propre l'aurait peut-être retenu, et sans le conseil de Lavoisier il ne serait probablement jamais parvenu à l'une de ses plus belles découvertes, celle de la véritable composition de l'alcali volatil (ammoniaque). Cependant sa conversion complète à la chimie nouvelle ne date que de 1785. S'il n'avait pas été trop attaché à la théorie du phlogistique, ses expériences sur la décomposition

du nitre, dont les résultats se trouvent consignés dans un mémoire lu à l'Académie le 7 septembre 1781, l'auraient conduit, avant d'autres, à découvrir la composition de l'acide nitrique, formé d'azote et d'oxygène.

Une fois débarrassé des entraves d'une fausse théorie, Berthollet fit paraître successivement des travaux d'une grande valeur. Après l'analyse de l'ammoniaque, il donna, en 1787, celle de l'acide prussique[1]. En 1788, il découvrit le fulminate d'argent : il avait remarqué que la dissolution de l'argent dans l'acide nitrique donne, par l'eau de chaux, un précipité qui devient très-explosible si on le laisse quelque temps en contact avec l'ammoniaque aqueuse. En 1789, il trouva que le gaz hydrogène sulfuré a les propriétés d'un acide (appelé depuis lors acide *hydrosulfurique* ou *sulfhydrique*), et que cet acide ne renferme point d'oxygène. Il fixa particulièrement son attention sur les phénomènes d'affinité chimique, et découvrit la loi qui porte son nom.

Loi de Berthollet. — Lorsqu'on dissout du carbonate de potasse ou de soude dans de la teinture de tournesol et qu'on y ajoute goutte à goutte un acide, tel que l'acide sulfurique, on voit la liqueur

1. Voyez plus loin *Scheele*.

faire effervescence par l'action de l'acide carbonique qui se dégage; si l'on continue cette addition avec beaucoup de précaution, il arrivera un moment où toute effervescence cesse, et la liqueur sera colorée en rouge vineux. Cette coloration est due à l'acide carbonique; pour s'en convaincre on n'a qu'à chauffer la liqueur : celle-ci reprendra la couleur bleue caractéristique du tournesol à mesure que le gaz acide carbonique sera dégagé par la chaleur. Mais s'il y a la moindre quantité d'acide sulfurique de trop, la liqueur restera colorée en rouge (couleur pelure d'oignon); elle ne se laissera ramener au bleu que par l'addition d'une petite quantité de potasse ou de soude.

Ce fait, sur lequel est fondée l'*alcalimétrie*, fut pour la première fois signalé par Bergmann. L'habile chimiste en tira une conclusion importante, à savoir qu'il faut une quantité déterminée d'un acide pour saturer ou neutraliser une certaine quantité de base, et réciproquement. Il élargit ensuite son cadre par la formation des sels au moyen de la substitution ou de la voie de double décomposition. Enfin multipliant le nombre des expériences, il parvint à construire les premières tables des affinités chimiques ou des *attractions électives*.

Berthollet n'adopta pas toutes les idées de Bergmann. Mais les travaux de ce chimiste ont certainement contribué à l'engager dans une série de

recherches dont le résultat général peut s'énoncer ainsi :

Si deux sels A *et* B [1], *dissous dans l'eau, sont mêlés ensemble, et que, par leur réaction, il puisse se former dans la liqueur un sel soluble et un sel insoluble, ou deux sels insolubles, les mêmes sels,* A *et* B, *se décomposeront toujours, c'est-à-dire que l'acide de l'un s'emparera de la base de l'autre, et réciproquement, à moins qu'il ne puisse se former un sel double soluble, ce qui arrive rarement.*

Voilà l'énoncé qui s'appelle *la loi de Berthollet.* C'est moins une loi que l'expression d'un fait général, qui présente quelques exceptions.

Quelque temps avant Berthollet, un chimiste allemand Wenzel, s'était particulièrement occupé de la composition des substances salines. Il constata que, si l'on connaît les quantités de deux sels nécessaires pour se décomposer mutuellement, on peut en déduire, par le calcul, la composition des deux sels formés. Voici, par exemple, deux liqueurs parfaitement neutres : elles n'ont aucune action sur la teinture de tournesol. L'une tient du sulfate de potasse en dissolution, l'autre du nitrate de baryte. Si vous les mêlez ensemble, vous verrez aussitôt se

1. Les lettres A et B désignent deux sels quelconques.

former un précipité blanc, abondant. Que s'est-il passé? Par la décomposition réciproque des deux sels, il s'est formé du sulfate de baryte insoluble et du nitrate de potasse qui reste en dissolution. Essayez la liqueur avec le même papier réactif, et vous trouverez qu'elle est aussi neutre qu'avant le mélange des deux dissolutions. Pourquoi? C'est que les quantités de potasse et de baryte, qui neutralisent la même quantité d'acide sulfurique, exigent, pour se neutraliser, exactement la même quantité d'acide nitrique. C'est ainsi que l'on trouve que 41,44 parties d'acide nitrique saturent ou neutralisent 58,56 de baryte et 36,09 de potasse, et que 30,68 d'acide sulfurique saturent exactement ces mêmes quantités de bases.

Berthollet avait été élu membre de l'Académie des sciences le 15 avril 1780, à la place de Bucquet. En 1784 il succéda à Macquer comme directeur des Gobelins. En appliquant le premier le chlore au blanchiment des toiles il rendit un immense service à l'industrie. Plus prompt, plus efficace et moins cher que les anciennes méthodes, le procédé de Berthollet fut bientôt introduit dans toutes les manufactures de l'Europe. Ce savant désintéressé ne voulut accepter des manufacturiers qu'il avait enrichis qu'un ballot de toiles blanchies par son procédé. Vers la même époque, Berthollet fit encore une découverte bien remarquable, celle de l'*acide mu-*

riatique suroxygéné, l'acide chlorique des chimistes actuels[1]. Les sels que forme l'acide chlorique avec les bases, les chlorates, produisent à raison de la grande quantité d'oxygène qu'ils renferment, des effets de combustion plus violents que le nitre. On proposa donc de substituer le chlorate de potasse au salpêtre (nitrate de potasse) dans la fabrication de la poudre à canon. Mais cette poudre offrait des dangers : la première fois que l'on voulut en faire l'expérience à Essone, le choc des pilons la fit éclater : le moulin sauta et cinq personnes périrent ; on n'osa pas renouveler l'essai. Il existe cependant une composition encore plus explosible, plus dangereuse à manier, et dont la découverte est aussi due à Berthollet, c'est l'argent fulminant : il s'offrit à lui pendant ses recherches sur l'alcali volatil[2].

1. Il ne faut pas confondre l'acide muriatique *suroxygéné* de Berthollet, avec l'acide muriatique *oxygéné* de Scheele, qui est le chlore.

2. Les détails relatifs à l'histoire de cette découverte se trouvent dans l'*Analyse de l'alcali volatil*, mémoire de Berthollet, communiqué en 1785 et imprimé en 1788 dans le recueil des *Mémoires de l'Académie des sciences*, p. 316. — Priestley, en foudroyant le gaz alcali volatil (ammoniac) par des étincelles électriques, avait obtenu un gaz inflammable et non absorbable par l'eau : c'était l'hydrogène. Berthollet répéta la même expérience en la variant, et constata que l'autre gaz avec lequel l'hydrogène se trouve combiné pour former l'alcali volatil, est l'azote. Il fit usage, pour cette analyse, de l'eudiomètre de Volta.

L'eudiomètre, réduit à sa plus simple expression, est un tube de verre gradué et à parois fort épaisses. Cet instrument servait

En 1794, Berthollet fut nommé professeur de chimie à l'École normale; mais son enseignement eut peu de succès. « On aurait dit, raconte Cuvier, que toujours maître de sa matière, pouvant la prendre à volonté par tous les points, il supposait dans ses auditeurs la même capacité; et c'est toujours de la supposition contraire qu'un professeur doit partir. » — En 1796, il fut chargé, avec Monge, de faire transporter en France les chefs-d'œuvre de l'art que le succès de la guerre avait livrés au vainqueur de l'Italie. Plus tard, il fut, avec d'autres savants, adjoint à l'expédition d'Égypte, et organisa l'Institut du Caire.

Après son retour en France, Berthollet se retira à Arcueil près de Paris. Dans sa maison de campagne il avait établi un laboratoire; une serre,

surtout autrefois à l'analyse de l'air. A cet effet, on y introduisait un mélange d'air et d'hydrogène, et on foudroyait ce mélange par des étincelles électriques. Il faut se rappeler que l'hydrogène forme, avec l'oxygène, de l'eau, et que l'oxygène entre dans cette formation pour un tiers et l'hydrogène pour deux tiers; en d'autres termes, l'oxygène de l'air prend, à l'aide de l'étincelle électrique, le double de son volume d'hydrogène pour former de l'eau; de sorte que la quantité d'hydrogène étant connue, celle de l'oxygène l'est également. Si l'hydrogène est employé en excès par rapport à l'oxygène, il y aura un résidu d'hydrogène. Si l'on dépasse certaines proportions, et que, par exemple, l'hydrogène soit à l'oxygène comme 16 : 1, l'étincelle électrique ne produira plus aucun effet. L'eudiomètre a été depuis remplacé par d'autres moyens d'analyse plus avantageux et plus exacts.

où il recevait ses amis, lui tenait lieu de salon; son cabinet, où se trouvait une belle bibliothèque, était décoré à l'égyptienne, et, pour rappeler les souvenirs de la campagne d'Égypte, on y voyait peint sur le plafond, le zodiaque de la Denderah. Ce fut dans cette retraite qu'il fonda la célèbre *Société d'Arcueil*, dont les travaux ajoutèrent beaucoup aux progrès de la nouvelle science. Les *Mémoires* publiés par cette Société avaient, pour auteurs, Berthollet, Thenard, Gay-Lussac, Humboldt, etc. Honoré de l'amitié de Napoléon Ier, Berthollet devint comte de l'Empire et sénateur titulaire de la sénatorerie de Montpellier. Après la Restauration il accepta l'un des premiers la pairie. Voici ce qu'on lit à ce sujet dans le *Mémorial de Sainte-Hélène :* « Berthollet, lors des désastres, avait été très-mal pour l'Empereur, qui en fut vraiment affecté, répétant plusieurs fois: « Quoi! Berthollet! mon ami Berthollet!... sur lequel j'aurais dû tant compter! » — Au retour de l'île d'Elbe, il se hasarda à reparaître aux Tuileries, faisant dire par Monge à l'empereur que, s'il n'en obtenait un regard, il se tuerait à la porte en sortant. Et l'empereur ne crut pas pouvoir lui refuser un sourire en passant devant lui. » — Berthollet mourut des suites d'un anthrax, à sa maison d'Arcueil, le 6 décembre 1822, à l'âge de soixante-quatorze ans. Ses idées et découvertes se trouvent con-

signées dans ses *Éléments de l'art de la teinture* (1791 et 1804), dans ses *Recherches sur les lois de l'affinité* (1801-1806), dans son *Essai de statique chimique*, (1803), dans les *Mémoires* de l'Institut, dans le *Journal de physique*, dans les *Mémoires* de la Société d'Arcueil et dans les *Annales de chimie*.

Monge et Laplace étaient également au nombre des amis de Lavoisier. Mais leurs principaux travaux s'éloignaient de la chimie proprement dite.

Monge (né à Beaune en 1746, mort à Paris le 28 juillet 1818), d'une humble origine, plus tard comte de Péluse et ami de Napoléon Ier, fut ministre de la marine sous la Convention (du 11 août 1792 au 12 août 1793). Au milieu de la tourmente révolutionnaire et en présence de l'Europe coalisée, il se distingua par son activité en multipliant les ressources de la guerre par la fabrication perfectionnée de la poudre et par la transformation des cloches en canons. Mais il ne fit rien pour sauver Lavoisier.

Laplace (né le 23 mars 1749 dans un village de la basse Normandie, mort le 5 mars 1825), enfant de pauvres cultivateurs, plus tard comte de l'Empire, était lié, sous la Terreur, avec les principaux républicains; ministre du premier consul après le 18 brumaire, chancelier du Sénat sous le règne de Napoléon Ier, marquis et pair de France sous la Restauration, qu'avait-il fait pour sauver Lavoisier?

Cependant, avec la conscience d'avoir bien rempli sa vie, et comptant — quelle illusion ! — sur l'appui de ses collègues, Lavoisier avait conservé, jusqu'au dernier moment, l'espoir de vivre pour la science. Peu de temps avant sa mort, il disait à Lalande (qui, étranger à la révolution, avait alors plus de soixante ans) qu'il prévoyait qu'on le dépouillerait de tous ses biens, mais qu'il travaillerait, qu'il se ferait pharmacien pour vivre.

Sans doute il y avait du danger à intervenir en faveur des victimes désignées par le tribunal révolutionnaire. Mais, n'aurait-il pas été plus beau de s'armer de courage que de s'abstenir ? On ne craint rien, quand on vit de manière à être toujours prêt à mourir.

PRIESTLEY.

Les ouvriers du progrès ont tous une seule et même patrie, la pensée libre, devant laquelle s'effacent le temps et l'espace. Anglais, Français, Italiens, Allemands, peu importe leur nationalité, ils vivent dans la même sphère de l'intelligence.

Joseph Priestley naquit le 13 mars 1773, à Fieldhead, près Leeds, en Angleterre. Fils d'un apprêteur de drap, il perdit, à l'âge de six ans, sa mère, et fut élevé par une de ses tantes paternelles, Mme Keigley, dans les principes sévères du culte presbytérien. Ayant beaucoup de goût pour l'étude des langues, il apprit le latin, le grec et l'hébreu ; il se familiarisa aussi avec le français, l'allemand et l'italien. Plus tard la théologie eut pour lui un puissant attrait : il exerçait son esprit à la dialectique dans les controverses religieuses, alimentées par les différentes sectes du protestantisme. Mais les disputes

des théologiens, loin de consolider sa foi, l'ébranlèrent au point de le rendre, au grand scandale de sa tante, moitié sceptique et moitié arminien. Devenu prédicateur d'une congrégation de dissidents, il fonda à Nantwich une école primaire. Ce fut là qu'il sentit naître en lui une véritable passion pour la physique expérimentale ; elle se développa surtout au milieu des démonstrations qu'il faisait à ses écoliers au moyen des machines électriques et pneumatiques. Il composa aussi une grammaire anglaise qui attira l'attention des chefs de l'Académie dissidente de Warrington. Il y fut appelé en 1761 pour enseigner les langues. Dans la même année il épousa la fille d'un maître de forges du pays de Galles. Pendant son séjour à Warrington, il publia un *Cours d'éducation libérale*, un *Essai sur le gouvernement* et des *Tablettes biographiques*. Un voyage qu'il fit à Londres le mit en relation avec Francklin et Price, qui l'encouragèrent à publier son *Histoire de l'électricité*. La publication de cet ouvrage lui ouvrit, en 1767, les portes de le Société royale de Londres.

Priestley, qui avait alors trente-quatre ans, quitta Warrington et alla s'établir à Leeds, près de son lieu natal. Incertain de sa position, il s'empressa d'accepter l'offre qu'on lui fit d'accompagner le capitaine Cook dans son second voyage de découvertes aux mers australes. Il se préparait à partir lorsqu'il apprit que l'offre qu'on lui avait faite n'avait pas été

ratifiée, à cause de ses sentiments religieux, par les membres orthodoxes du conseil de l'amirauté. Ce fut un bonheur pour la science. Priestley resta en Europe, et, grâce à la libéralité du comte Shelburne, plus tard marquis de Lansdown, dont il était devenu le bibliothécaire, il put monter un laboratoire et concourir par ses travaux à la fondation de la chimie moderne.

Comme alchimiste, Priestley resta fidèle à la théorie du phlogistique, en y mettant la ténacité de ses opinions religieuses. Il vécut et mourut phlogisticien. Ce fut en 1772, — notons cette date, — que Priestley publia ses premières observations sur différentes espèces d'air (*Observations on different kinds of air*)[1]. Elles eurent, dès leur apparition, un grand retentissement parmi les savants, et attirèrent particulièrement l'attention de Lavoisier.

A ceux qui soutiennent qu'il n'y a de réel que ce qui tombe sous les sens, on n'a qu'à opposer l'existence des corps aériformes. Un gaz, invisible et impalpable, est tout aussi réel, tout aussi matériel qu'un corps liquide ou solide. Ce fut peut-être, — qui sait? — pour répondre victorieusement aux matérialistes de son temps, que Priestley, le théolo-

1. Ces *Observations* parurent d'abord, sous forme de memoire, dans le tome XII des *Transactions philosophiques* de Londres. Elles furent réimprimées à part; Londres, 1772, in-4.

gien, chercha ses arguments dans la science qui a particulièrement pour objet l'étude de la matière.

Le premier gaz sur lequel portèrent ses recherches est ce que nous appelons aujourd'hui *acide carbonique* et qu'on appelait alors *air fixe* ou *acide aérien*. Le voisinage d'une brasserie lui avait fourni l'occasion d'étudier ce gaz qui se développe pendant la fermentation de la bière. Ses expériences démontrèrent que la pression de l'atmosphère favorise la dissolution de ce corps aériforme dans l'eau, et qu'à l'aide d'une machine à condenser on pourrait aisément parvenir à communiquer à l'eau commune les propriétés des eaux minérales de Seltz, de Pyrmont, etc. Priestley doit donc être considéré comme le véritable inventeur des *eaux gazeuses artificielles*. Il ne prit pas de brevet d'invention.

Un alchimiste, en cherchant l'or, trouva la porcelaine. C'est ainsi que Priestley, en cherchant le moyen de rendre l'acide carbonique (air fixe) propre à la respiration et à la combustion, découvrit 1° que les plantes peuvent très-bien vivre dans le gaz acide carbonique où les animaux périssent; 2° que les plantes communiquent à ce gaz, irrespirable pour les animaux, les propriétés de l'air commun ; 3° que ce dernier phénomène ne se manifeste que sous l'influence de la lumière du jour.

Malheureusement il était alors impossible de donner suite à cette triple découverte, de la développer

et d'en tirer tout le parti convenable. Car à l'époque où elle fut faite (en août 1771), l'oxygène était encore inconnu; il était donc impossible de connaître la composition de l'*air fixe* de Priestley, de savoir que ce gaz, formé d'oxygène et de carbone, est décomposé par les plantes, sous l'influence de la lumière du soleil, et que, dans cet acte de décomposition inimitable, le carbone est fixé et l'oxygène mis en liberté.

Néanmoins, tout en ignorant le phénomène chimique, moléculaire, de la respiration des végétaux, Priestley comprit toute l'importance de cette fonction qui purifie l'air vicié par la respiration des animaux. « Les preuves, dit-il, d'un rétablissement partiel de l'air par les plantes en végétation, servent à rendre très-probable que le tort que font continuellement à l'atmosphère la respiration d'un si grand nombre d'animaux et la putréfaction de tant de matières végétales et animales, est réparé, au moins en partie, par le règne végétal; et, malgré la prodigieuse masse d'air qui est journellement corrompue par les causes désignées, si nous considérons l'immense profusion de végétaux qui couvrent la surface du sol, on ne peut s'empêcher de convenir que tout est compensé et que le remède est proportionné au mal. »

Priestley signalait encore un autre moyen, moyen mécanique, également propre à l'assainissement de

l'atmosphère, « l'agitation des eaux par les vents, et, par suite, la mise en liberté de l'air dissous dans les eaux, qui est encore *plus riche en molécules respirables que l'air commun de l'atmosphère.* »

Ces paroles tiennent de l'inspiration; car l'oxygène était encore à découvrir; conséquemment le fait, aujourd'hui acquis à la science, à savoir que l'air dissous dans l'eau est plus riche en oxygène que l'air de l'atmosphère, était dans les langes de l'inconnu. Ne dirait-on pas qu'une fois engagé dans le chemin du vrai on a pour guide un génie bienfaisant?

Nous avons vu un physicien français, Moitrel d'Elément, enseigner le premier le moyen de recueillir les gaz ou les *airs* sur l'eau. Mais comme la plupart de ces airs sont plus ou moins solubles dans l'eau, il fallait trouver un liquide qui permît de les recueillir intégralement. Ce liquide, c'était le mercure. L'emploi de cet étrange métal devait décidément hâter la naissance de la chimie moderne. Ce fut Priestley qui le premier proposa de substituer, dans ses manipulations, le vif-argent à l'eau. Et depuis lors vous ne rencontrerez nulle part un laboratoire sans cuve à mercure.

Découverte du bioxyde azote (air nitreux), en 1772. — Lorsqu'on traite le cuivre par l'eau-forte (acide nitrique), il se dégage, avec effervescence,

des vapeurs rutilantes; en même temps le cuivre verdit et finit par se dissoudre. C'est là une expérience facile à répéter; les alchimistes la connaissaient depuis la découverte de l'eau-forte, ce précieux dissolvant des métaux. Or, Priestley eut un jour l'idée de recueillir sur le mercure l'air qui forme ces *vapeurs rutilantes :* personne ne l'avait encore essayé avant lui. A sa grande surprise, au lieu d'un air rouge, il obtint un air parfaitement incolore, aussi incolore que l'air atmosphérique. Il l'appela *air nitreux*; nous l'appelons aujourd'hui *bioxyde* ou *deutoxyde d'azote*. Mais en enlevant l'éprouvette qui l'emprisonnait, il remarqua que cet air nitreux prend aussitôt une couleur fauve, exactement comme dans l'expérience qui consiste à traiter le mercure, à l'air libre, par l'eau-forte. Il constata aussi que cet air incolore et qui rougit au contact de l'air atmosphérique, est irrespirable, non précipitable par l'eau de chaux, et qu'il produit une flamme verte quand on le brûle avec l'hydrogène.

Mais que se passe-t-il au moment où l'*air nitreux* incolore rougit au contact de l'air?

Ce ne fut pas Priestley, mais Lavoisier qui répondit à cette question : Priestley ne se l'était pas même posée. Préoccupé à la fois de la théorie du phlogistique et des applications utiles de la science, Priestley se contenta de proposer l'*air nitreux* (bioxyde d'azote), comme un moyen d'analyser l'air ou d'en

reconnaître la pureté. Il assure avoir ainsi constaté une différence notable entre l'air du dehors et l'air de son laboratoire, où avaient respiré plusieurs personnes. Il proposa encore l'air nitreux comme un préservatif de la putréfaction, pour conserver des cadavres, des pièces d'anatomie, etc. Il dit avoir conservé par ce moyen, au milieu des chaleurs caniculaires de 1772, deux souris mortes, n'offrant, au bout de vingt-cinq jours, aucun indice de putréfaction.

Voyons comment Lavoisier traita la question que Priestley n'osa pas aborder franchement. Les vapeurs rutilantes qui se dégagent quand on traite le cuivre ou le mercure par l'eau-forte viennent-elles du métal ou de l'acide? Elles viennent de l'acide, répondit résolûment Lavoisier : l'acide se décompose et nous met ainsi directement sur la voie de sa propre composition.

Lovoisier prépara *l'air nitreux* de Priestley (bioxyde d'azote) en substituant le mercure au cuivre après avoir préalablement pesé les quantités de mercure et d'acide nitrique employés. Il distingua ensuite trois moments de l'opération : 1° le bioxyde d'azote recueilli et pesé pendant la première effervescence de l'acide; 2° le même gaz recueilli et pesé pendant la décomposition du nitrate mercuriel formé, résultat obtenu en continuant à chauffer le matras; 3° le gaz (oxygène) recueilli et pesé après la décom-

position du mercure rouge (oxyde) à l'aide de la chaleur continuée jusqu'à ce que le mercure revînt à son état métallique. « Le mercure étant sorti de cette expérience comme il y était entré, c'est-à-dire sans altération, ni dans sa qualité, ni même sensiblement dans son poids, j'étais, ajoute avec raison Lavoisier, en droit de conclure que l'acide nitrique (qu'il appelait alors *acide nitreux*) se compose d'air nitreux et d'un *air plus pur que l'air commun* (il connaissait déjà l'*oxygène*). » Pour achever la démonstration il décomposa l'acide nitrique en mêlant ensemble, dans des proportions déterminées, l'oxygène et le bioxyde d'azote, en présence de l'eau où l'acide pouvait se dissoudre à mesure qu'il se formait.

Découverte de l'azote en 1772. — Pour reconnaître l'*air rendu irrespirable par la vapeur de charbon*, Priestley fit plusieurs expériences qui furent également répétées par Lavoisier. Ces expériences consistent à suspendre des morceaux de charbon dans des vaisseaux de verre remplis d'air et à brûler ce charbon au foyer d'une lentille. Il remarqua que, dans ces expériences, il se produit de l'air fixe (acide carbonique), absorbé et précipité en blanc par l'eau de chaux; qu'après cette absorption la colonne d'air est diminuée d'un cinquième, et que l'air qui reste éteint la flamme, fait périr les

animaux, n'est absorbé ni par l'air nitreux (bioxyde d'azote), ni par un mélange de limaille de fer et de soufre humide, etc. Cet air ainsi obtenu et parfaitement caractérisé, c'était le gaz qui reçut le nom d'*azote*.

Malheureusement, Priestley se perdit encore ici dans des divagations théoriques, essayant de tout expliquer par le phlogistique. Cette matière invisible et insaisissable se dégage, suivant lui, du charbon allumé, se combine avec l'air et en diminue le volume; ensuite l'eau, agitée avec cet air, lui enlève le phlogistique et se trouve rétablie dans son état naturel. Conformément à cette manière de voir, l'azote s'appelait *air phlogistiqué*, et l'oxygène *air déphlogistiqué*.

Priestley observa aussi la diminution du volume de l'air dans lequel on calcine un métal. Mais son esprit systématique le fit encore dévier de la route de la vérité. Le résidu aériforme, obtenu dans cette expérience n'était pour lui que de l'air, mais chargé du phlogistique dégagé pendant la calcination. Lavoisier ne se trompa pas sur la nature de cette *mofette*, de cet *air phlogistiqué*, de l'*azote* enfin, faisant partie de la composition de l'atmosphère, de l'ammoniaque et d'une foule de substances végétales et animales. Son génie féconda un fait qui serait demeuré stérile entre les mains des partisans du phlogistique.

A cette occasion, Lavoisier revint sur l'impuissance de la théorie du phlogistique. Ses paroles méritent d'être citées : « Les chimistes ont fait du phlogistique un principe vague qui n'est point rigoureusement défini et qui, par conséquent, s'adapte à toutes les réflexions dans lesquelles on veut le faire entrer; tantôt ce principe est pesant et tantôt il ne l'est pas; tantôt il est le feu libre, tantôt il est le feu combiné avec l'élément terreux; tantôt il passe à travers les pores des vaisseaux, tantôt ils sont imperméables pour lui; il explique à la foi la causticité et la non-causticité, la diaphanéité et l'opacité, les couleurs et l'absence des couleurs. C'est un véritable Protée qui change de forme à chaque instant. Il est temps de ramener la chimie à une manière de raisonner plus rigoureuse, de dépouiller les faits, dont cette science s'enrichit tous les jours, de ce que les systèmes et les préjugés y ajoutent; de distinguer ce qui est de fait et d'observation d'avec ce qui est systématique et hypothétique[1]. »

Découverte du protoxyde d'azote. — En 1773, Priestley obtint un gaz qui provenait de l'air nitreux (bioxyde d'azote) ayant longtemps séjourné sur de la limaille de fer mouillée. Ce gaz partage avec l'oxygène la propriété d'alimenter la flamme

1. *OEuvres de Lavoisier*, t. II, p. 640.

avec un vif éclat. Aussi Priestley le confondit-il avec l'*air déphlogistiqué* (oxygène). On sut plus tard que le gaz ainsi obtenu contient de l'azote, mais moitié moins que le bioxyde d'azote; de là le nom de *protoxyde d'azote*. La découverte de ce gaz se trouve donc divisée en deux périodes : dans la première, il est confondu avec l'oxygène ; dans la seconde, il en est nettement distingué par l'analyse [1].

Découverte du gaz acide chlorhydrique.—L'acide chlorhydrique s'appelait autrefois *esprit de sel*. Il faut ici bien distinguer entre l'esprit de sel recueilli comme un air incolore, particulier, et l'esprit de sel qui se dégage, sous forme de vapeurs blanches, quand on traite, au contact de l'atmosphère, le sel marin (chlorure de sodium) par l'huile de vitriol (acide sulfurique). L'esprit de sel (acide chlorhydrique mêlé à l'air), obtenu par le dernier procédé, était connu depuis des siècles ; les alchimistes avaient bien souvent l'occasion de traiter le sel marin par

1. Le protoxyde d'azote reçut de Davy le nom de *gaz hilarant* (voy. plus bas). De nos jours, on est parvenu à le rendre liquide et à le solidifier par un procédé analogue à celui que Thillorier avait employé pour le gaz acide carbonique. Le protoxyde d'azote devient liquide à zéro, sous une pression de trente atmosphères. Versé, sous cette forme, dans une capsule de platine chauffée au rouge, il prend l'état sphéroïdal. Évaporé sous le récipient de la machine pneumatique, il se solidifie, en produisant un abaissement de température de 120° au-dessous de zéro. C'est le plus grand froid qu'on ait jusqu'à présent obtenu.

l'acide qu'ils obtenaient comme une *huile* par la distillation du vitriol vert (sulfate de fer) ou du vitriol bleu (sulfate de cuivre). Priestley recueillit le premier, en 1772, l'esprit de sel à l'état de gaz pur. Et c'est de là que date, à proprement parler, la découverte du gaz acide chlorhydrique : l'esprit de sel prit dès lors rang parmi les corps aériformes.

Sans l'heureuse idée de recueillir les gaz sur le mercure, Priestley n'aurait jamais fait cette découverte; car l'eau absorbe l'esprit de sel avec une avidité extrême : celui qui voudrait le recueillir sur l'eau n'obtiendrait qu'une dissolution aqueuse de cet acide. Ce n'est même que sous cette forme qu'on le connaît dans le commerce. Priestley démontra par la distillation que l'esprit de sel, appelé alors *acide muriatique* (acide chlorhydrique) n'est, en effet, qu'un *air acide* dissous dans l'eau. Il en étudia les propriétés les plus saillantes : il signala l'action de ce gaz sur les huiles, son absorption par le charbon, sa grande solubilité dans l'eau, ce qui explique la formation de ses vapeurs blanches : elles proviennent de l'absorption de l'humidité de l'air. Mais dominé par ses idées théoriques, il se trompe complétement sur la véritable composition du gaz qu'il avait découvert. Ayant observé que, par le contact de l'acide muriatique avec le plomb, l'étain, le fer, il se produisait une certaine quantité d'air inflammable (hydrogène), Priestley en conclut que cet air

n'était lui-même qu'une combinaison d'un air acide avec le phlogistique. C'était là une erreur.

Lavoisier répéta les expériences de Priestley, les perfectionna et en imagina de nouvelles. Il constata ainsi que le *gaz acide muriatique* diminue de volume par le froid et qu'il est compressible comme l'air en raison des poids dont on le charge, d'où il entrevoyait la possibilité de le réduire à l'état solide ou liquide par l'action réunie d'une forte pression et d'un refroidissement très-considérable. Il remarqua que de l'eau, en petite quantité, mise en contact avec le gaz acide muriatique s'échauffe fortement, ce qu'il attribuait au calorique devenu libre, pendant que le gaz se contracte en se dissolvant dans l'eau. Il montra que ce gaz est irrespirable, et que les animaux y périssent en quelques secondes, au milieu de violentes convulsions. Enfin, il le combina avec les alcalis, les terres, les métaux. Mais il se trompa, avec Priestley, sur la véritable composition du gaz acide muriatique.

Lavoisier se trompait, parce qu'il faisait entrer l'*oxygène* dans toutes les combinaisons acides ou basiques, de la même façon que Priestley, faisant partout intervenir le *phlogistique*. Leur commune erreur provenait d'une exagération théorique, mais avec cette différence, c'est que la théorie de Lavoisier avait pour point de départ un corps réel, tandis que la théorie de Priestley reposait sur un

être fictif. La première n'avait besoin que d'être rectifiée, la dernière devait être renversée et remplacée. Nous reviendrons sur ces débats, les plus intéressants peut-être de toute l'histoire de la chimie.

Découverte du gaz ammoniac. — De tout temps on connaissait l'air suffocant, d'une odeur toute particulière, qui s'élève des fosses d'aisances, surtout quand on y jette de la chaux vive. Mais, personne, avant Priestley, n'était parvenu à le recueillir. Pourquoi? parce que cet air (gaz ammoniac) étant aussi soluble dans l'eau que le gaz acide muriatique, il aurait fallu le recueillir sur le mercure.

Pendant des siècles on ne connaissait donc le gaz ammoniac que dissous dans l'eau, et c'est dans cet état de dissolution aqueuse qu'il s'appelle *alcali volatil*. Kunckel (né vers 1610, mort en 1702) avait dit : « Lorsqu'on traite le sel ammoniac avec de la chaux vive, on obtient la partie urineuse, d'une odeur très-forte. » C'est le procédé qu'employa Priestley, en chauffant 1 partie de sel ammoniac (chlorhydrate d'ammoniaque) avec 3 parties de chaux. La *partie urineuse*, recueillie dans une cuve à mercure, il l'appela *air alcalin*. Il montra qu'il est un peu moins léger que l'air inflammable, et il en essaya l'action sur un grand nombre de substances. Chacun apprit alors que pour verdir les violettes,

il suffit de les mettre en contact avec un dégagement de gaz ammoniac.

Lavoisier répéta et développa les expériences de Priestley. Il reconstitua le sel ammoniac en combinant directement l'air alcalin avec le gaz acide muriatique. Mais il n'était réservé qu'à Berthollet de découvrir la véritable composition du gaz ammoniac.

Découverte du gaz acide sulfureux. — Ce gaz, caractérisé par son odeur suffocante, se produit chaque fois qu'on brûle du soufre à l'air; il était donc connu de toute antiquité, mais à l'état impur, mêlé, comme les autres gaz, à l'air atmosphérique. Personne avant Priestley ne l'avait vu isolément: il l'obtint pour la première fois pur en le recueillant sur une cuve à mercure. Priestley prépara ce gaz, qu'il appelle *air acide vitriolique*, en chauffant l'acide vitriolique (sulfurique) avec du charbon. Il montra que cet air, transparent et incolore, éteint les corps en combustion, et qu'il est absorbé par le charbon, par le borax, etc.

Lavoisier répéta et développa les expériences du grand physicien anglais. Il donna à l'air acide vitriolique le nom d'*acide sulfureux*. Il obtint ce gaz en traitant le sulfite de potasse par l'acide sulfurique concentré. Il le montra bien moins soluble dans l'eau que le gaz acide muriatique; il le combina avec la potasse, la soude et l'ammoniaque pour former des

sulfites, et constata expérimentalement qu'un animal, tel qu'un oiseau ou une souris, périt à l'instant même sous une cloche remplie de gaz acide sulfureux.

Hydrogène bicarboné et hydrogène. — Priestley recueillit aussi le premier l'*hydrogène bicarboné*; mais il le confondait avec l'hydrogène. Il ne donna pas non plus de nom particulier au *gaz oxyde de carbone*, facile à reconnaître à sa flamme bleue, et qu'il fut également le premier à recueillir.

Il employait deux procédés différents pour préparer l'*air inflammable*. L'un (procédé décrit par Cavendish) consiste à traiter le fer ou le zinc par l'acide sulfurique étendu d'eau, l'autre à soumettre des matières et parfois du bois, etc., à la distillation sèche. Ce dernier procédé donnait le gaz d'éclairage (hydrogène bicarboné impur); le premier seul donnait de l'hydrogène pur. Mais comme l'un et l'autre gaz sont incolores et qu'ils brûlent à l'air avec flamme (flamme moins éclatante pour l'hydrogène que pour le gaz d'éclairage), Priestley, Lavoisier et tous les chimistes d'alors les confondaient sous le nom commun d'*air inflammable*. Le physicien anglais démontra le premier l'irrespirabilité de cet air mélangé de gaz inflammables, par des expériences sur des oiseaux qui y meurent dans des mouvements convulsifs.

Découverte de l'oxygène. — Dans le courant de l'année 1771, Priestley eut l'idée de chauffer du nitre dans un canon de fusil et de recueillir le gaz qui se dégageait pendant cette expérience. L'*air*, ainsi obtenu, se distinguait de tous les autres en ce que, « loin d'éteindre une chandelle, il en augmentait la combustion avec un bruit semblable à celui que produit la déflagration du nitre. » Priestley l'appela *air du nitre*. C'était l'oxygène, mais l'oxygène impur, mêlé de protoxyde d'azote. Ces faits paraissaient, avec raison, *très-importants*, *très-extraordinaires* à l'illustre physicien anglais. « Dans des mains habiles, ils pourront, ajoutait-il, conduire à des *découvertes considérables*. »

Cette prophétie fut en partie réalisée par son propre auteur. On savait de tout temps que les chaux (oxydes) métalliques se révivifient quand on les chauffe avec du charbon. Priestley eut le premier l'idée d'employer, pour révivifier les oxydes métalliques, non plus le charbon, mais l'électricité. Il décomposa donc le minium (oxyde de plomb) par des étincelles électriques, — la pile n'était pas encore inventée, — et il recueillit sur le mercure le gaz qui prit ainsi naissance. Ce gaz, c'était l'oxygène pur.

Priestley tenait donc dans ses mains l'une des plus belles découvertes de la science; mais ses préoccupations théoriques la lui firent lâcher immédiatement. Comme il voyait *l'air*, obtenu par la dé-

composition du minium à l'aide de l'électricité, se dissoudre en partie dans l'eau, il le regarda comme identique avec *l'air fixe* (acide carbonique), qui se produit quand on révivifie les oxydes métalliques par le charbon; il confondait *l'air* (oxygène) qu'il ne connaissait pas, avec *l'air* (acide carbonique) qu'il croyait bien connaître. Pourquoi le sagace physicien n'employa-t-il pas ici ses deux réactifs habituels, la respiration et la combustion? Il aurait aussitôt reconnu la différence profonde qui existe entre ces deux gaz. (Voy. *Lavoisier*.) Mais d'après l'idée qu'il s'était faite du phlogistique, Priestley n'y aurait pas trouvé son compte.

Quelle fascination que la puissance d'un système, d'un dogme! Voyez plutôt. Priestley s'était beaucoup occupé d'électricité; il avait consacré une partie de sa vie à l'histoire de cette importante branche de la physique. Or, comme physicien il avait sur l'électricité une opinion arrêtée, une théorie à laquelle il tenait, autant peut-être qu'à son honneur. Pour lui, le fluide électrique était le fluide le plus abondant en phlogistique, sinon le phlogistique lui-même. D'après cette théorie, l'électricité devait agir sur le minium exactement comme le charbon, réputé également très-riche en phlogistique. Comprenez-vous maintenant pourquoi Priestley s'obstinait à ne pas voir dans l'air (oxygène) obtenu par l'électricité, un air différent de ce-

lui (acide carbonique) obtenu avec le charbon? C'est qu'en reconnaissant cette différence, il aurait du même coup ruiné toute sa théorie. Ah! qu'il en coûte aux hommes d'avouer qu'ils se trompent!

Mais reprenons le fil de notre histoire. L'expérience, aussi belle qu'ingénieuse, de la décomposition du minium par les étincelles électriques, demeura donc stérile, parce qu'aux yeux de son auteur ce n'était qu'un moyen de plus d'obtenir l'air fixe. Ce ne fut qu'environ trois ans plus tard qu'en variant l'expérience il se mit à examiner de plus près le résultat obtenu. A raison de l'importance du sujet, nous citerons les paroles mêmes de Priestley. « Le 1er août 1774, je tâchais, dit-il, de tirer de l'air du *mercure calciné per se* (mercure converti en oxyde rouge par la chaleur), et je trouvai sur-le-champ que, par le moyen d'une forte lentille, j'en chassais l'air très-promptement. Ayant recueilli de cet air environ trois ou quatre fois le volume de nos matériaux, j'y admis de l'eau et je trouvai qu'elle ne s'absorbait point; mais ce qui me surprit plus que je ne saurais l'exprimer, c'est qu'une chandelle brûla, dans cet air, avec une flamme d'une vigueur remarquable. »

Si Priestley s'était avisé de faire cette expérience avec l'*air* provenant de la décomposition du minium par les étincelles électriques, il aurait obtenu exactement le même effet qu'avec l'*air* retiré du *mercure*

calciné, et il ne l'aurait pas confondu avec l'air fixe qui, loin de faire brûler une chandelle avec plus de vigueur, l'éteint, au contraire, sur-le-champ.

L'habile expérimentateur obtint le même air avec le *précipité rouge*, c'est-à-dire avec l'oxyde rouge de mercure, préparé en chauffant le mercure avec l'acide nitrique. Rapprochant cette expérience de celle qui précède, il en conclut que l'atmosphère renferme *quelque chose de nitreux*, et que ce *quelque chose* change le mercure en chaux (oxyde rouge), quand on calcine ce métal à l'air. Mais, Priestley ne se rendit pas encore à l'évidence. Il se persuada d'abord que ce gaz était le même que celui qu'il avait obtenu, une année auparavant (en 1773), en maintenant, pendant quelque temps, l'air nitreux (bioxyde d'azote) sur de la limaille de fer humide[1]. Concevant ensuite quelque doute sur la pureté du précipité rouge employé il ne négligea rien pour s'en procurer de plus pur, et il fit même, en partie dans cette intention, le voyage de Paris. « Me trouvant, dit-il à Paris au mois d'octobre suivant (de l'année 1774), et sachant qu'il y a de très-habiles chimistes dans cette ville, je ne manquai pas l'occasion de me procurer, par le moyen de mon ami, M. Magellan, une once de mercure calciné, préparé par M. Cadet, et dont il n'était pas possible de suspecter la

1. Voyez page 146.

bonté. Dans le même temps je fis part plusieurs fois de la surprise que me causait l'air que j'avais tiré de cette préparation, à MM. Lavoisier, Leroi et autres physiciens qui m'honorèrent de leur attention dans cette ville, et qui, j'ose le dire, ne peuvent manquer de se rappeler cette circonstance. »

Sûr de la pureté de son oxyde rouge de mercure, Priestley fit cette fois une expérience comparative avec l'oxyde rouge de plomb (minium). En chauffant l'un et l'autre au foyer d'un miroir ardent, il obtint, dans les deux cas, la même espèce d'air, et il se confirma dans l'opinion que l'atmosphère contient quelque chose de nitreux, un air assez semblable à l'esprit nitro-aérien de Mayow.

« Cette expérience avec le minium me confirma, dit Priestley, davantage dans mon idée que le mercure calciné doit emprunter à l'atmosphère la propriété de fournir cette espèce d'air, le mode de préparation du minium étant semblable à celui par lequel on fait le mercure calciné. Comme je ne fais jamais un secret de mes observations, je fis part de cette expérience, aussi bien que de celles sur le mercure calciné et sur le précipité rouge, à toutes mes connaissances à Paris et ailleurs. Je ne soupçonnais pas alors où devaient me conduire ces faits remarquables. »

Cependant Priestley resta jusqu'au mois de mars 1775 dans l'ignorance de la nature réelle du gaz (oxy-

gène) en question. Et, à cette époque, Lavoisier avait déjà publié son *Mémoire sur la calcination de l'étain* (dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, an. 1774, p. 351), où il mit en évidence la composition de l'air et l'existence de l'oxygène[1]. Ce ne fut que le 8 mars 1775 que Priestley démontra, par l'expérience d'une souris, que l'air dégagé du mercure calciné est au moins *aussi bon à respirer, sinon meilleur* que l'air commun. Cet air, *meilleur que l'air commun*, il l'appela *air déphlogistiqué*. Il constata, par des observations ultérieures, que l'*air déphlogistiqué* est un peu plus pesant que l'air commun, et qu'il forme, avec l'air inflammable (hydrogène), employé dans de certaines proportions, un mélange détonnant à l'approche d'une flamme; enfin il indiqua le moyen de produire à volonté, une température très-élevée, à l'aide de soufflets ou de vessies remplis d'air déphlogistiqué.

Par cette indication Priestley peut passer pour l'inventeur du *chalumeau à gaz*, qui devait rendre de si grands services dans l'analyse des minéraux. Il eut aussi le premier l'idée d'introduire l'usage de cet air en médecine et de l'appliquer au traitement de la phthisie pulmonaire. Car, selon sa doctrine, la respiration aurait pour but de s'opposer sans cesse à la putréfaction en évacuant du poumon l'air qui se

1. Voyez page 85.

produit pendant la fermentation, c'est-à-dire l'air fixe (gaz acide carbonique); et le meilleur moyen de favoriser cette action, consisterait dans l'emploi de l'air déphlogistiqué, ou, comme on l'appelait encore, de *l'air vital.*

Priestley eut la curiosité d'expérimenter l'action de cet air sur lui-même, en l'introduisant dans les poumons, à l'aide d'un siphon aspirateur « La sensation qu'éprouvèrent mes poumons, dit-il, ne différait pas d'abord de celle que cause l'air commun. Mais bientôt ma poitrine me semblait plus dégagée et singulièrement à l'aise pendant quelque temps. Qui peut assurer que dans la suite cet *air pur* (oxygène) ne deviendra pas un objet de luxe tout à fait à la mode? Il n'y a eu jusqu'ici que deux souris et moi, qui ayons eu le privilége de le respirer. » — Enfin l'auteur invite les chimistes de tous les temps et de tous les pays à s'assurer, par des expériences réitérées, si l'atmosphère conservera toujours le même degré de pureté, la même proportion d'air vital, ou si elle éprouvera quelque modification dans la suite des siècles.

En jetant un coup d'œil rapide sur les remarquables travaux de Priestley, on serait tenté de proclamer le savant anglais comme le véritable père de la chimie moderne. Mais en y regardant de plus près, on arrive à se convaincre que, sans le génie fécondant de Lavoisier, les belles et ingé-

nieuses expériences de Priestley seraient demeurées stériles, parce que dans l'esprit de leur auteur, elles ne devaient servir qu'à étayer l'échafaudage du phlogistique.

Au reste, Lavoisier lui-même rend justice à l'illustre physicien anglais. Voici ce qu'il dit au commencement de son mémoire *Sur les fluides aériformes :* « Les expériences dont je vais rendre compte appartiennent presque toutes au docteur Priestley ; je n'ai d'autre mérite que de les avoir répétées avec soin, et surtout de les avoir rangées dans un ordre propre à présenter des conséquences. »

C'est ainsi que Lavoisier alla résolûment à l'encontre des insinuations de ses adversaires. Si nous avions quelque doute à cet égard, l'insistance qu'il met à y revenir suffirait pour le dissiper. Ainsi, dans un autre mémoire (*Sur l'existence de l'air dans l'acide nitreux*), « je commencerai, dit-il, avant d'entrer en matière, par prévenir le public qu'une partie des expériences contenues dans ce mémoire ne m'appartiennent point en propre; peut-être même, rigoureusement parlant, n'en est-il aucune dont M. Priestley ne puisse réclamer la première idée; mais, comme les mêmes faits nous ont conduits à des conséquences diamé-

1. *De quelques substances qui sont constamment dans l'état de fluides aériformes au degré de chaleur et de pression habituel de l'atmosphère;* (dans le *Recueil des mémoires de chimie* de Lavoisier, t. II, p. 348.)

tralement opposées, j'espère que, si l'on me *reproche d'avoir emprunté des preuves des ouvrages de ce célèbre physicien, on ne me contestera pas au moins la propriété des conséquences.* »

Ces dernières lignes sont toute une révélation. A juger par analogie, d'après ce qui se passe dans un autre domaine de l'histoire, il est certain que le grand novateur devait avoir pour implacables adversaires tous les partisans fanatiques des doctrines du passé. Les adversaires qui se montrent sont faciles à combattre. Malheureusement Lavoisier ne se trouvait pas dans une position assez effacée, assez peu enviable, pour espérer que tous ceux qui ne partageaient pas ses idées l'attaqueraient au grand jour. Et quand il se plaignait de n'être pas compris des chimistes, il ne répondait probablement qu'aux objections d'une minorité assez loyale et assez courageuse pour repousser, sans arrière-pensée, des innovations qu'elle ne comprenait point et que Priestley avait essayé de faire concorder avec une théorie alors presque universellement adoptée. Mais ceux qui travaillaient sous les auspices de Lavoisier, ses collaborateurs et ses collègues de l'Académie, avaient-ils tous la même franchise? Est-ce que sa supériorité ne devait pas porter ombrage aux médiocrités jalouses? Il faudrait bien peu connaître le cœur humain pour conserver à cet égard le moindre doute. En général, on est porté à beau-

coup d'indulgence, lorsqu'on juge des hommes qui ont disparu de la scène. C'est alors que, pour s'éclairer, il importe de s'adresser aux témoignages contemporains d'une incontestable autorité. Aussi devons-nous ajouter foi à ces paroles de Lalande[1], quand, après avoir tracé le portrait de Lavoisier, il ajoute : « Son crédit, sa réputation, sa fortune, sa place à la Trésorerie, lui donnaient une prépondérance dont il ne se servait que pour faire le bien, mais *qui n'a pas laissé de lui faire des jaloux. J'aime à croire qu'ils n'ont pas contribué à sa perte.* »

Ces paroles, pleines de réticence, laissent le champ libre à toutes sortes de conjectures. Lavoisier avait accueilli la grande révolution, sinon avec enthousiasme, du moins avec une parfaite sérénité. Est-ce qu'il n'avait pas été lui-même brûlé en *effigie* à Berlin par de fanatiques phlogisticiens?

Revenons à Priestley. Cet illustre savant, s'était séparé du marquis de Lansdown, son Mécène, pour suivre avec indépendance ses idées religieuses et politiques. Accusé d'incrédulité par les orthodoxes, il fut choisi par ses partisans pour diriger, à Birmingham, la principale église dissidente. Dans cette ville il rencontra des physiciens, tels que Watt,

1. Lalande, né le 11 juillet 1732 à Bourg, mourut à Paris le 4 avril 1807.

Withering, Bolton. Ses amis se cotisèrent pour subvenir à la fois aux frais de ses expériences chimiques et de ses controverses religieuses. Il publia de nombreux écrits en faveur des dissidents, et se forma une croyance particulière, également éloignée du dogmatisme catholique et du protestantisme intolérant.

Aussi libéral en politique qu'en religion, Priestley salua la révolution française comme une ère nouvelle. La Convention nationale ne pouvait mieux faire que de proclamer citoyen français l'homme qui toute sa vie avait combattu pour la cause du progrès et de la liberté. Lavoisier vivait encore quand Priestley reçut de la Convention nationale le titre de citoyen français. Ce titre devait lui coûter cher. Le 14 juillet 1791, quelques-uns de ses amis se réunirent pour célébrer l'anniversaire de la prise de la Bastille. Priestley évita d'assister à ce banquet. Cela ne fit pas le compte de ses ennemis. Après avoir saccagé le lieu de réunion, quelques forcenés vinrent assaillir le foyer d'où étaient sorties tant de vérités, tant de découvertes utiles : en peu d'instants, manuscrits, bibliothèque, instruments, furent détruits, et la maison entière fut livrée aux flammes. Priestley ne fit entendre aucune plainte contre un peuple égaré. Mais il quitta bientôt son ingrate patrie. Sexagénaire, il s'embarqua en 1794, pour l'Amérique, où il éleva une dernière fois la voix en

faveur de la théorie du phlogistique. Il s'y acquit l'amitié du président Jefferson, et mourut, en 1804, avec les sentiments du chrétien qui met toute son espérance en un monde meilleur.

Étrange destinée, que celle de Lavoisier et de Priestley! L'un meurt dans sa patrie, sous la hache révolutionnaire, l'autre expire sur la terre étrangère. La fable de Prométhée, n'est-ce pas l'allégorie du sort des bienfaiteurs de l'humanité?

De la difficulté de faire adopter une nouvelle manière de voir. — Si nous effaçons un moment, par la pensée, tout le progrès que la science avait fait depuis moins d'un siècle, nous comprendrons sans peine que les chimistes, contemporains de Lavoisier, n'aient pas voulu tous admettre les conséquences que celui-ci avait tirées des expériences de Priestley. Nous touchons là à un point d'une grande portée; il mérite d'être mis en relief.

Il n'y a pas deux hommes qui voient les mêmes choses exactement de la même façon. On peut donc établir en principe qu'il y a autant de manières de voir différentes qu'il y a d'individus. Mais, parmi ces manières de voir, il y en a très-peu qui se perfectionnent et se transmettent indéfiniment. Priestley se faisait des *gaz* ou *corps aériformes* une tout autre idée que Lavoisier. Ce qui fixait l'attention du premier, n'attirait que médiocrement celle du se-

cond. L'*état aériforme*, cet état d'un corps invisible et impalpable comme l'air, voilà la chose principale pour Priestley ; ce n'était là qu'un accessoire pour Lavoisier. De là, deux théories radicalement différentes, dont on trouve déjà des traces chez les philosophes grecs, et dont il faut chercher l'origine dans l'organisation même de la nature humaine.

Nous avons remarqué que Priestley emploie toujours deux mots pour désigner un gaz, le nom constant du genre (*air*), et le nom variable de l'espèce. Il nous présente ainsi : l'AIR *fixe*, l'AIR *inflammable*, l'AIR *nitreux*, l'AIR *phlogistiqué*, l'AIR *déphlogistiqué*, etc. Tous ces fluides élastiques n'étaient, suivant Priestley, que de l'*air*, de l'air commun, *transformé* ou *diversement modifié* ; le principal agent de ces transformations ou modifications diverses c'était le *phlogistique*.

Cette théorie s'enchaînait à merveille avec la manière de voir des anciens relativement à la composition des substances naturelles : l'air, l'eau, la terre, passaient pour les éléments des corps, non pas dans le sens qu'on y attache aujourd'hui, mais parce que tous les corps de la nature ne s'offrent à nous que dans l'état aériforme, dans l'état liquide, dans l'état solide, auxquels il faut ajouter encore l'état igné. Ces différents états de la matière, ayant pour type l'air, l'eau, la terre et le feu, voilà les éléments, selon l'idée des anciens. La chaux, la silice, l'alumine,

etc., étaient des terres, c'est-à-dire des modifications particulières de la terre ou de ce qui se présente à nous à l'état solide. La même manière de voir s'appliquait à ce qui est liquide, gazeux, etc., de telle façon que tous les objets, qui tombent sous nos sens, ne seraient, en dernière analyse, que des modifications diverses ou des états *allotropiques* de l'air, de la terre, de l'eau et du feu. Ce dernier élément (chaleur et lumière réunies) avait de tout temps embarrassé les physiciens. Aussi l'avaient-ils tantôt admis, tantôt retranché du nombre des éléments. Pour tout concilier, Stahl le fixa et le répandit inégalement, sous le nom de *phlogistique*, dans tous les corps matériels. C'est ainsi que cette théorie célèbre tendait à tout ramener à l'unité de substance à travers les évolutions infinies de la matière. Elle avait pour elle le prestige de l'autorité, et semblait même sanctionnée par notre propre nature. En effet, est-ce que l'intelligence ne tend pas à unifier ce que les sens diversifient?

En déclarant le phlogistique une chose fictive, imaginaire, Lavoisier, fit donc un vrai coup d'état scientifique. Pour le justifier il eut soin de mettre en relief les embarras et les contradictions des Stahliens qui, pour faire accorder l'expérience avec la théorie, étaient obligés de donner le phlogistique, tantôt comme quelque chose de pesant, tantôt comme ne pesant rien. En retranchant le

phlogistique du domaine des réalités, il maintint rigoureusement la distinction des corps en solides, liquides et gazeux. Mais, quelle différence d'avec la manière de voir de Priestley!

D'après Lavoisier, la même substance peut être solide, liquide ou aériforme, suivant les conditions où elle se trouve. L'état de gaz ou de fluide aériforme n'est qu'un accident qui ne touche en rien à la nature du corps; il n'en modifie ni la simplicité, ni la composition. Afin de mieux faire comprendre ce qu'il ne « cessait vainement de répéter depuis plusieurs années, » il s'élança, sur les ailes du génie, dans l'infini de l'espace. « Considérons un moment, disait-il, ce qui arriverait aux différentes substances qui composent le globe, si la température en était brusquement changée. Supposons, par exemple, que la terre se trouve transportée tout à coup dans une région où la chaleur habituelle serait fort supérieure à celle de l'eau bouillante : bientôt l'eau, tous les liquides susceptibles de se vaporiser à des degrés voisins de l'eau bouillante, et plusieurs substances métalliques même se transformeraient en fluides aériformes qui deviendraient parties de l'atmosphère. Ces nouveaux fluides aériformes se mêleraient avec ceux déjà existants, et il en résulteraient des décompositions réciproques, des compositions nouvelles.... On pourrait, dans cette hypothèse, examiner ce qui arriverait aux pierres, aux

sels et à la plus grande partie des substances fusibles qui composent le globe : on conçoit qu'elles se ramolliraient, qu'elles entreraient en fusion et formerait des liquides.... Si, par un effet contraire, la terre se trouvait tout à coup placée dans des régions très-froides, par exemple de Jupiter ou de Saturne, l'eau qui forme aujourd'hui nos fleuves et nos mers, et probablement le plus grand nombre des liquides que nous connaissons, se transformerait en montagnes solides, en rochers très-durs, d'abord diaphanes, comme le cristal de roche, mais qui, avec le temps, se mêlant avec des substances de différentes natures, deviendraient des pierres opaques diversement colorées. Une partie des substances aériformes cesserait d'exister dans l'état de fluide invisible, faute d'un degré de chaleur suffisant; il reviendrait donc à l'état de liquidité, et ce changement produirait de nouveaux liquides, dont nous n'avons aucune idée. »

Voilà le point de vue élevé d'où Lavoisier envisageait la question de l'état des corps. Si les uns sont solides, les autres liquides ou gazeux, cela tient tout simplement au plus ou moins de chaleur qu'une planète reçoit de l'astre central; si notre globe était plus près ou plus loin du soleil qu'il n'est, les objets dont s'occupe la chimie changeraient d'état, mais non pas de composition.

A l'époque de Lavoisier et en présence d'une

théorie régnante, ces idées nouvelles devaient être discutées avec plus ou moins de passion. C'était tout simple; il était même impossible qu'il en fût autrement, puisque le maître lui-même n'eut pas, selon son propre aveu, « la satisfaction d'être compris. » Mais aujourd'hui que l'expérience a prononcé, nous pouvons en apprécier la valeur avec une parfaite sérénité.

Eh bien, nous le demandons, est-ce que la science aurait pu faire autant de progrès avec les idées de Priestley qu'avec celles de Lavoisier? Non, évidemment. Jamais avec l'idée que les gaz sont des transformations de l'air, jamais avec la théorie du phlogistique, la question de la simplicité ou de la composition des corps, cette question capitale de la chimie, n'aurait pu être abordée d'une manière efficace. On ne serait certainement pas parvenu de si bonne heure à découvrir que l'*air déphlogistiqué* (oxygène) est un corps simple, gazeux, d'une nature particulière, et qu'il en est de même de l'*air inflammable* (hydrogène), de l'*air phlogistiqué* (azote), etc. Jamais peut-être on n'aurait démontré que l'*air fixe* est un composé d'oxygène (air déphlogistiqué) et de charbon pur (carbone), et qu'il affecte l'état aériforme ; que l'*alcali volatil* est un composé d'azote (air phlogistiqué) et d'hydrogène, etc. Jamais enfin la prédiction de Lavoisier que les alcalis, tels que la potasse et la

soude, que les terres, telles que la chaux, l'alumine, la magnésie, etc., sont de véritables oxydes métalliques, jamais cette prédiction du génie n'aurait pu être réalisée sous l'empire de la théorie du phlogistique.

Sans doute on revient de nos jours sur la grande question de l'*unité de matière*; elle se complique même de celle de l'*unité de forces*. Mais, avant de l'aborder de nouveau, plus fructueusement qu'autrefois, il fallait auparavant nous reconnaître, dans le labyrinthe des corps qui nous entourent, il fallait avoir assez perfectionné nos moyens d'analyse pour être à même d'affirmer que tel corps est simple dans l'état actuel de nos connaissances. Il y a des termes intermédiaires, par lesquels il faut passer pour que la marche de la science devienne sûrement et régulièrement progressive.

SCHEELE.

Charles-Guillaume Scheele, naquit le 19 décembre 1742 à Stralsund, ville aujourd'hui prussienne, et qui appartenait alors à la Suède. Fils d'un commerçant, il entra, à l'âge de quatorze ans, comme apprenti dans la pharmacie de Bauch à Gothenbourg. Ce fut là que, sans autre guide qu'un médiocre ouvrage de chimie (les *Prælectiones chemicæ* de Neumann, savant disciple de Stahl), il se mit à étudier la science qu'il devait aussi contribuer à fonder. Le temps de son apprentissage fini, il servit comme aide dans des pharmacies à Malmœ et à Stockholm. « C'est au milieu des occupations les plus obscures, dit un chimiste célèbre qui débuta aussi comme apprenti pharmacien, c'est au milieu de ces occupations que s'acheva son éducation dans une science où il était destiné à pa-

raître avec tant d'éclat [1]. » En 1773, Scheele se rendit à Upsal, où il ne tarda pas à se lier d'amitié avec Bergmann et Linnée, qui remplissaient alors l'Europe de leur renommée. Il refusa des offres brillantes, même celles du roi Frédéric II, qui voulait l'attirer à Berlin. Il aima mieux rester dans son pays natal.

Tout à coup Scheele apprend qu'à Kjöping il existe une pharmacie occupée par une veuve, qu'il y trouverait un emploi paisible, que la veuve possède quelque bien, et qu'il pourrait prétendre à l'épouser. C'est l'avenir qu'il ambitionne : retraite, calme et médiocrité. Il se transporte à Kjöping, accepte tous les arrangements, et s'établit chez la veuve. Mais, par une de ces contrariétés si fréquentes de la vie, il se trouve que, tout bien compté, la succession est obérée, et que la veuve est à peu près sans fortune. Ainsi, au lieu d'un sort paisible, c'est une vie de labeur qui l'attend. Il accepte néanmoins la tâche, et, partageant son temps entre ses expériences chimiques et les soins de la pharmacie, il emploie tous les bénéfices de la maison à la libérer de ses dettes. Sur les 600 livres qu'il gagnait chaque année, il en réserve cent pour ses besoins personnels, et consacre le reste aux dépenses de son laboratoire [2]. —

1. M. Dumas, *Leçons de philosophie chimique*, p. 88. (Paris, 1837).

2. M. Dumas, *ibid.*, p. 91.

En 1786 il épousa la veuve qui, neuf ans auparavant, lui avait cédé son établissement, et mourut deux jours après son mariage, n'ayant pas encore atteint l'âge de quarante-quatre ans.

La mort prématurée de Scheele fut une grande perte pour la science [1].

Oxygène. — ANALYSE. — C'est à Kjöping que Scheele fit la plupart de ses travaux. Quand parut son *Traité chimique de l'air et du feu* [2], on connaissait déjà les expériences de Priestley et de Lavoisier sur l'air et les substances aériformes. C'est dans ce livre qu'il faut chercher la part qui revient à Scheele dans la découverte de l'oxygène, qu'il appelait *air de feu*. Pour l'obtenir, il employait, comme Lavoisier et Priestley, le précipité (oxyde) rouge de mercure, soumis à l'action de la chaleur. Il se servait aussi d'un procédé de son invention, en traitant, à chaud, le peroxyde de manganèse par l'acide vitriolique (sulfurique.)

1. Nous rapporterons ici une anecdote qui a été racontée par presque tous les biographes de ce célèbre chimiste. Le roi de Suède, ayant entendu souvent prononcer le nom de Scheele, voulut récompenser un homme aussi éminent; il le fit donc inscrire sur la liste des chevaliers de ses ordres. Mais son ministre, peu au courant des illustrations de la science, adressa le brevet à un gentillâtre du même nom.

2. Il parut d'abord en allemand (*Chemische Abhandlung von Luft und Feuer*) à Upsal et Leipzig, en 1777. Il fut traduit en français par le baron Dietrich, Paris, 1781, in-12, et en anglais par Forster, Lond., 1780, in-8.

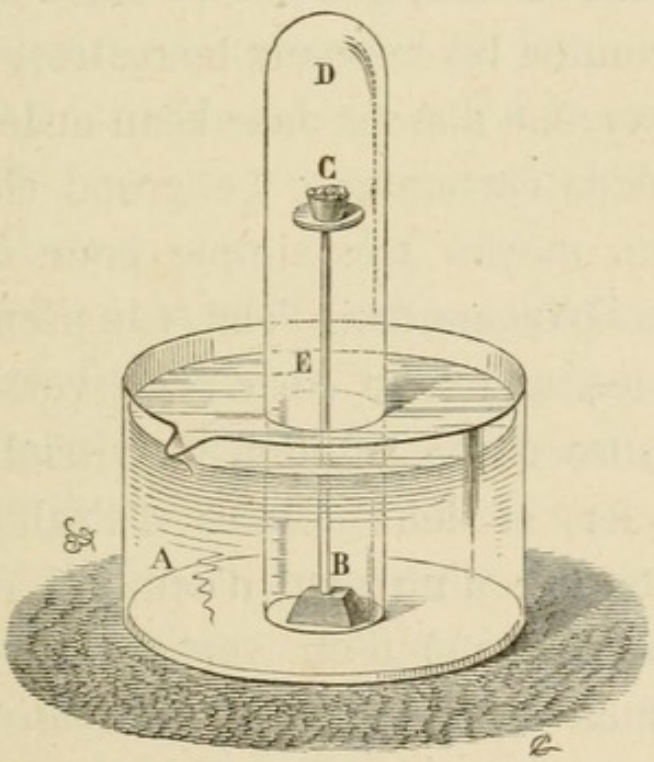
Scheele fut un des plus habiles expérimentateurs de son temps. Il excellait surtout dans l'analyse chimique, dont il est incontestablement le principal fondateur. Son mémoire *Sur la composition de l'air*[1] est un modèle de sagacité et de précision. L'auteur y démontre que l'atmosphère est, non pas une combinaison, mais un mélange de deux fluides élastiques bien distincts : « L'un est, dit-il, l'*air vicié* ou *corrompu* (azote), puisqu'il est absolument dangereux et mortel ; l'autre est un *air pur* ou *air de feu*, parce qu'il est tout à fait salutaire, et qu'il entretient la respiration. »

Mais il importait de trouver les proportions de ces deux fluides élastiques qui composent un volume d'air commun. Or, voici le procédé d'analyse imaginé par Scheele. La figure ci-jointe, que nous reproduisons d'après le mémoire original, en fera mieux comprendre la description.

Au fond de la cuvette cylindrique A on voit un support B, où se trouve fixée une tige de verre surmontée d'une petite capsule C, posée sur un petit plateau horizontal. Cette capsule contenait deux parties de limaille de fer et d'une partie de soufre en poudre, humectée d'eau. Ce mélange devait ab-

1. Publié, en latin, sous le titre *Quantum aeris puri in atmosphæra sit*, dans les Mémoires de la Société royale de Stockholm, année 1779.

sorber tout l'*air pur* (oxygène) de l'air commun, atmosphérique, que renfermait l'éprouvette D, renversée sur le petit appareil BC et placée dans la cuvette remplie d'eau. A l'extérieur de l'éprouvette était collée une bande de papier E marquant, par sa longueur, le tiers de la capacité du verre cylindrique; cette bande était elle-même divisée en onze parties égales, de sorte que chaque trait de E indi-



quait le $\frac{1}{33}$ du volume de l'air atmosphérique contenu dans D. A mesure que l'oxygène était absorbé, l'eau montait dans l'éprouvette pour combler le vide. La colonne d'eau, s'élevant ainsi graduellement, mesurait la quantité d'oxygène enlevé à l'air par le mélange humide de soufre et de limaille de fer.

Ces expériences analytiques, faites au moyen de

l'appareil qui vient d'être décrit, furent commencées le 1er janvier 1778, et continuées sans interruption pendant toute l'année jusqu'au 31 décembre. Le résultat fut que l'air renferme une quantité à peu près constante d'oxygène et que cette quantité est de $\frac{9}{33}$, c'est-à-dire environ 25 pour 100. Le reste était de l'air irrespirable.

Scheele démontra aussi, par des expériences ingénieusement variées, que les animaux aquatiques respirent comme les animaux terrestres, qu'ils absorbent l'oxygène dissous dans l'eau et le transforment en acide carbonique. Le grand chimiste se servait d'un moyen très-simple pour déceler la présence de l'oxygène dans l'eau. « Je prends, dit-il, par exemple, une once d'eau ; j'y verse environ quatre gouttes d'une solution de vitriol de mars (sulfate de fer) et deux gouttes d'alcali du tartre (potasse étendue d'un peu d'eau) ; il en résulte aussitôt un précipité d'un vert foncé qui *jaunit quelques minutes après, lorsque l'eau contient de l'air de feu* (oxygène) ; mais, dans l'eau bouillie et refroidie, ou dans l'eau fraîchement distillée, en communication avec l'air libre, le précipité conserve quelque temps sa couleur verte et ne jaunit qu'une heure environ après ; s'il est gardé dans des flacons pleins et sans aucune communication avec l'air, il ne jaunit pas. »

Le fait signalé est parfaitement exact. Il se pro-

duit en grand dans la nature, comme l'attestent les dépôts jaunes ocreux des sources, des rivières, etc. Mais aveuglé, comme Priestley, par la théorie du phlogistique, il méconnut la véritable cause de ce phénomène ; disciple d'un faux système, il devait ignorer que le précipité vert, obtenu en traitant le sulfate de fer par la potasse était un oxyde (protoxyde) de fer, très-avide d'oxygène, et qu'en se suroxydant il jaunit (le peroxyde de fer est jaune), enfin qu'on réussit à conserver le précipité vert (protoxyde de fer) intact, en empêchant l'action de l'oxygène de l'air que l'eau dissout et qu'on expulse par la distillation.

C'est encore à Scheele que l'on doit la découverte d'un phénomène, sans la connaissance duquel on n'aurait jamais pu inventer la photographie. Il signala la lumière comme faisant noircir les sels d'argent, et il imagina le premier l'expérience capitale que voici : il imprégna un papier d'un sel (chlorure) d'argent, et, en l'exposant à l'influence des différentes couleurs du spectre solaire, il remarqua avec surprise que ce papier noircissait bien plus promptement au rayon violet que dans les autres rayons.

On a lieu de s'étonner que cet habile expérimentateur, qui se faisait gloire de n'admettre comme certain que ce qui tombe sous les sens, ait eu, durant toute sa vie, l'esprit subjugué par une fiction.

Ses belles recherches sur l'oxygène (air du feu) ne servirent qu'à le confirmer dans l'opinion erronée que le phlogistique est un véritable élément; que cet élément peut, par son affinité pour certaines matières, être transmis d'un corps à un autre; qu'en se combinant avec l'oxygène, il constitue le calorique; que c'est le calorique (prétendue combinaison du phlogistique avec l'oxygène) qui, par suite de la combustion ou de la respiration, adhère à l'air vicié (azote), et le rend plus léger, etc.

Mais, laissons là les théories, et continuons à signaler les découvertes de Scheele.

Découverte de l'acide citrique (acide du citron). Le jus du citron est de l'acide citrique impur. Bien des chimistes avaient essayé de l'obtenir sous la forme de cristaux; ils avaient tous échoué dans leur entreprise. Scheele y réussit le premier. A cet effet, il prescrivit de chauffer le jus de citron dans un carafon en verre sur un bain de sable (bain-marie), et, au moment où la liqueur commence à bouillir legèrement, d'ajouter par petites portions, de la craie pulvérisée, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'effervescence. « En même temps, vous agiterez, ajoute-t-il, la liqueur constamment avec une spatule de bois. Cela fait, ôtez le matras du bain de sable et mettez-le dans un endroit tranquille : l'acide citrique combiné avec la chaux (ci-

trate de chaux) se déposera sous forme de poudre. Enlevez ensuite, par décantation, l'eau légèrement jaune et recueillez le résidu pour le laver à diverses reprises avec de l'eau chaude jusqu'à ce que l'eau décantée n'offre plus de coloration. Le résidu pulvérulent (citrate de chaux) ainsi lavé, vous le traiterez par l'acide vitriolique (sulfurique), étendu d'eau, puis vous remettrez le mélange dans le matras pour le faire bouillir pendant un quart d'heure. Le vaisseau étant refroidi, vous jeterez la liqueur sur un filtre : l'acide citrique passe, et la chaux, en se combinant avec l'acide sulfurique pour former du gypse (sulfate de chaux), reste sur le filtre. Par l'évaporation et le refroidissement de la liqueur filtrée, vous obtiendrez l'acide du citron sous forme de beaux cristaux, semblables à ceux du sucre candi. »

Si nous sommes entré dans les détails de ce procédé c'est parce qu'il a servi depuis lors, avec de légères modifications, à l'extraction de presque tous les acides végétaux. C'est à l'emploi du procédé de Scheele que nous devons plus d'une découverte.

Découverte de l'acide malique (acide de la pomme). Le succès encourage. Après avoir découvert l'acide citrique, Scheele voulut s'assurer si l'acide des pommes, des baies de sorbier et d'autres fruits aigres était le même que l'acide du citron. Il ne tarda pas à se convaincre que la plupart de ces fruits

renferment un acide particulier, mais que cet acide n'est pas précipité par la chaux comme l'acide du citron. Il modifia donc son procédé en remplaçant la craie par le blanc d'Espagne (sel de plomb). Il reconnut que l'acide malique (*acidum malorum*), ainsi obtenu, est incristallisable, et qu'il forme avec les alcalis des sels déliquescents (absorbant l'humidité de l'air).En montrant que le malate de chaux se dissout en grande partie dans l'eau bouillante, tandis que le citrate de la même base y est à peu près insoluble, il indiqua le meilleur moyen pour distinguer immédiatement l'acide des pommes de l'acide du citron, ou les malates des citrates.

Scheele analysa un grand nombre de fruits de tout genre et parvint ainsi à la classification chimique suivante, d'un grand intérêt: 1° Fruits qui renferment beaucoup d'acide citrique et très-peu d'acide malique: merises, baies de la douce-amère et du faux-abrétier (*vaccinium vitis idæa*); 2° fruits qui contiennent beaucoup d'acide malique et très-peu d'acide citrique : épine-vinette, sureau noir, prunelles, sorbes, prunes; 3° fruits qui sont aussi riches en acide citrique qu'en acide malique : groseilles rouges, groseilles à maquereau, airelles (baies du *vaccinium myrtillus*), cerises, fraises, mûres, fambroises.

Acide oxalique (acide de l'oseille). Bergmann découvrit cet acide en traitant le sucre par l'eau-forte

(acide nitrique). Mais il ne se doutait guère que ce produit artificiel, cristallin, et qu'il appelait *acide du sucre*, fût le même que l'acide naturel de l'oseille. C'est Scheele qui, le premier, isola l'acide de l'oseille, et le montra identique avec l'acide du sucre. Pour extraire l'acide oxalique du suc de l'oseille il recommande d'employer le blanc de plomb de préférence à la chaux, parce que l'acide sulfurique ne déplace pas tout l'acide oxalique qui a la plus grande affinité pour la chaux. L'oxalate de plomb ainsi obtenu, est ensuite, comme dans le procédé ordinaire, décomposé par l'acide sulfurique : le sulfate de plomb reste sur le filtre, et l'acide oxalique passe dans la liqueur.

Soumis à l'action de la chaleur, l'acide oxalique se dédouble en gaz acide carbonique et en oxyde de carbone. C'est ce que savait déjà Bergmann quand il dit : « Une demi-once de cristaux de l'acide du sucre (acide oxalique) donne à la distillation près de 100 pouces cubes de fluides élastiques, dont moitié est de l'acide aérien (acide carbonique) qu'on sépare aisément par l'eau de chaux, et moitié de l'air qui s'allume et donne une flamme bleue. » Ce dernier air était l'oxyde de carbone. Si l'auteur de cette remarquable expérience eût connu la composition de ces deux gaz, il aurait pu nous dire immédiatement que l'acide oxalique se compose d'air vital (oxygène) et de charbon pur (carbone),

composition représentée par un volume d'acide carbonique et un volume d'oxyde de carbone.

Découverte de l'acide lactique (acide du lait). Lorsque le lait s'aigrit, il se partage en deux parties bien distinctes : le caseum, partie solide, et le serum ou petit-lait. Le caseum constitue le fromage. Le serum renferme l'acide lactique, provenant de la décomposition (fermentation) du sucre de lait (lactine). Pour extraire cet acide, Scheele satura le petit-lait par la chaux; le lactate de chaux, ainsi formé, il le décomposa par l'acide oxalique : l'oxalate de chaux, insoluble, resta sur le filtre, et l'acide lactique, soluble, se trouva, mêlé à du sucre de lait, dans le liquide filtré. Il évapora ce liquide jusqu'à consistance de miel, et le traita par l'alcool qui dissout l'acide lactique et laisse le sucre de lait intact.

Notons en passant que la différence de solubilité de plusieurs substances dans le même liquide est l'un des plus précieux moyens d'analyse, et que c'est Scheele qui l'a, un des premiers, recommandé à l'attention des chimistes.

L'acide du lait, qui se rencontre aussi dans la sueur et dans le chou aigri (choux-croûte), a beaucoup d'analogie avec le vinaigre (acide acétique), sans être cependant un produit identique. C'est ce que savait déjà Scheele.

Découverte de l'acide gallique (acide de la noix de galle). Scheele remarqua le premier que le dépôt cristallin, qui se forme dans les infusions de noix de galle exposées à l'air, possède toutes les propriétés d'un acide, principalement celle de donner des sels en se combinant avec les bases.

Découverte du principe doux des huiles (glycérine). Scheele constata le premierque les huiles et les graisses renferment une matière sucrée, entièrement différente de celle qui se trouve dans les végétaux. Pour l'extraire, il fit bouillir une partie de litharge (oxyde de plomb) avec deux parties d'huile d'olive récente et un peu d'eau. Après que le mélange eut acquis la consistance d'un onguent, il le laissa refroidir et décanta l'eau. Cette eau, évaporée jusqu'à consistance sirupeuse, contenait la matière sucrée en question. Il montra que cette matière, appelée plus tard *glycérine* (*principe doux* des huiles) diffère du sucre : 1° En ce qu'elle ne cristallise point; 2° en ce qu'elle supporte une chaleur beaucoup plus forte sans se décomposer, et qu'elle passe en partie non altérée dans le récipient; 3° en ce qu'elle n'est pas susceptible de fermenter.

Tel est l'exposé succinct des découvertes de Scheele dans le domaine de la chimie organique.

Voyons de quelles découvertes il enrichit la chimie minérale.

Terre pesante ou **baryte.** — On rencontre dans la nature une matière plus ou moins blanche qui a toutes les apparences du spath calcaire, seulement elle est sensiblement plus lourde que ce sel : ce fut pour l'en distinguer que les minéralogistes l'appelaient *spath pesant* (sulfate de baryte.) Mais il ne leur vint pas même à l'esprit de penser que la base du spath pesant pourrait bien être autre chose que de la chaux. Scheele eut le premier l'idée de s'assurer s'il y a quelque différence chimique entre le spath calcaire *léger* et le spath *pesant.* A cet effet, il calcina dans un creuset un mélange pâteux de poussière de charbon, de miel et de spath pesant, et attaqua le produit de la calcination par l'acide muriatique (acide chlorhydrique.) Il obtint ainsi une dissolution qui, traitée par une lessive de potasse, donna un précipité blanc. Ce fut en comparant ce précipité avec les réactifs de la chaux qu'il parvint à s'assurer que la base (*baryte*) du spath pesant ou la terre pesante diffère complétement de la base (*chaux*) du spath calcaire.

Bien que cette découverte ne fût publiée qu'en 1779, elle remonte à 1774. Guyton de Morveau donna à la *terre pesante* de Scheele le nom de *baryte* (du grec *barys*, pesant), qui a été depuis universellement adopté.

Acide molybdique et **molybdène.** — Le minéral,

appelé par Cronsted *molybdène feuilleté brillant*, avait toujours été confondu avec la plombagine ou mine à crayon. Scheele en fit le premier l'analyse, et le montra composé de soufre et d'une *poudre blanchâtre* à laquelle il reconnut les propriétés d'un acide : ce fut l'*acide molybdique*. Bergmann, présumant que cette poudre était une *chaux métallique*, engagea, en 1782, Hielm à l'étudier. Ce chimiste réussit, en effet, à extraire de l'acide molybdique le *molybdène* (régule de molybdène). Hielm avait obtenu ce métal en formant une pâte avec l'acide molybdique et l'huile de lin, et en chauffant le mélange dans un creuset à un feu très-vif. — *Molybdène* est le nom que les Grecs donnaient aux minerais de plomb et particulièrement à la galène (sulfure de plomb.)

Graphite ou **plombagine.** — La matière gris-noirâtre, d'un reflet métallique qui forme la base de nos crayons, est un minéral dont l'origine a été longtemps un mystère. Scheele en fit le premier connaître la véritable nature chimique, en démontrant que c'est du charbon mêlé à quelques traces de rouille (oxyde de fer). A peu près vers la même époque, Lavoisier fit voir que le diamant est du charbon pur. Le graphite et le diamant proviennent-ils de la décomposition du bois ou de toute autre matière où la vie a passé? C'est très-probable, mais

on n'en a pas la certitude comme pour le lignite, l'anthracite et le charbon de terre.

Le fluor et son acide. — Sous le nom de *spath fluor* les minéralogistes désignaient un minéral sur la composition chimique duquel ils étaient tout-à-fait incertains. Or, en traitant un jour ce minéral par l'acide sulfurique, Scheele vit se dégager des vapeurs acides qui corrodaient fortement le verre de la cornue, le lut, le papier, etc., et qui différaient de tous les autres acides connus. Ces vapeurs corrosives étaient celles d'un acide nouveau, appelé aujourd'hui *acide fluosilicique*. Scheele avait remarqué en même temps que la croûte pierreuse qui se formait dans le vase rempli d'eau, destiné à recueillir cet acide, était de la silice pure, et qu'elle provenait de l'action réunie de l'acide du fluor et de l'eau. D'autres chimistes (Wiegleb et Buchholz) firent bientôt voir que la quantité de cette silice était d'un poids exactement égal à celui dont la cornue avait diminué dans l'expérience, et Meyer démontra que cette silice provenait du verre. Quelques chimistes français, Achard et Monnet, élevèrent des doutes sur l'existence de cet acide qu'on appelait alors *acide fluorique*. Pour détruire leurs objections, Scheele entreprit de nouvelles expériences qui justifièrent complétement sa découverte. Quant à l'élément appelé *fluor* ou *phthor*, on n'est pas encore

parvenu à l'isoler, parce qu'il attaque tous les vases dans lesquels on a cherché à le recueillir.

L'arsenic et ses acides. — L'arsenic métal est un produit de laboratoire qui n'a été obtenu que de nos jours. Mais on en connaît depuis longtemps les principaux composés naturels, tel que l'orpiment et la mort aux rats. L'orpiment, qui doit son nom à sa couleur (*auri pigmentum*), est un sulfure d'arsenic ; la mort aux rats ou arsenic blanc (l'arsenic métallique est brun foncé) est l'*acide arsénieux*. C'est toujours ce composé que les anciens chimistes désignaient quand ils parlaient de l'arsenic, et encore aujourd'hui, quand il s'agit d'un empoisonnement par l'*arsenic*, il faut entendre par là l'*acide arsénieux*.

Scheele obtint le premier l'*acide arsénique* en évaporant jusqu'à siccité un mélange de deux parties d'arsenic blanc pulvérisé, de sept parties d'acide muriatique et de quatre parties d'acide nitrique. Le résidu de l'évaporation était l'acide arsénique, dont Scheele a décrit presque toutes les propriétés. L'acide *arsenique* contient, — ce qui fut constaté plus tard, — un atome d'oxygène de plus que l'acide *arsénieux*, différence de composition que fait déjà ressortir la différence de noms, conformément aux principes de la nomenclature chimique.

Acide tungstique. — Le minéral blanc qui, à

cause de sa pesanteur, avait reçu des minéralogistes le nom de *tungstène* (pierre pesante), passait pour un minerai d'étain ou de fer, mêlé à une terre inconnue. Scheele reconnut le premier que ce minéral est un composé de chaux et d'une substance blanche, pulvérulente, qu'il appela *acide du tungstène* (acide tungstique). Il en décrivit les principales propriétés chimiques, et indiqua les caractères qui le distinguent de l'acide molybdique, avec lequel l'acide tungstique a beaucoup d'analogie.

Bleu de prusse. Acide prussique. — La découverte du bleu de Prusse, matière tinctoriale dont on fait un si grand usage, remonte à 1710. Un Prussien, nommé Diesbach, marchand de couleurs à Berlin, avait acheté de la potasse chez Dippel, fabricant de produits chimiques, pour précipiter une décoction de cochenille, d'alun et de vitriol vert (sulfate de fer). Diesbach, qui s'attendait à un précipité rouge, fut surpris d'obtenir une poudre d'un très-beau bleu. Il en fit part à Dippel qui se rappela alors que l'alcali (potasse) qu'il venait de vendre avait été calciné avec du sang et avait servi à la préparation de l'huile animale, empyreumatique, connue sous le nom d'*huile de Dippel*. Telle est l'origine de la découverte du bleu de Prusse. La préparation de cette belle matière colorante demeura secrète jusqu'en 1724, époque où Woodward publia le pro-

cédé que lui avait fait connaître un de ses amis d'Allemagne.

Brown trouva qu'on peut, dans la préparation de l'alcali, substituer au sang la chair de bœuf et d'autres matières animales ; il constata, en outre, que l'alun ne sert qu'à étendre la couleur, et que la teinte bleue est produite par l'action de l'alcali (calciné avec le sang) sur le fer du vitriol vert.

Afin de mieux expliquer la formation du bleu de Prusse, Geoffroy supposait que le sang ou toute autre matière animale a pour effet de communiquer à l'alcali le phlogistique nécessaire pour revivifier le fer du vitriol vert. C'est pourquoi la potasse calcinée avec le sang s'appelait d'abord *alcali phlogistiqué*.

Guyton de Morveau présenta, en 1772, une nouvelle théorie du bleu de Prusse. D'après cette théorie, l'alcali phlogistiqué contient un acide qui joue le principal rôle dans la formation de cette matière. Suivant Sage, cet acide est l'acide phosphorique. Lavoisier réfuta l'opinion de Sage.

Tel était l'état de la question, lorsque Scheele fit paraître, en 1782 et 1783, deux Mémoires sur le bleu de Prusse, pour démontrer que cette substance tinctoriale renferme un *produit subtil*, qui peut être retiré de l'alcali phlogistiqué par les acides, et que c'est ce produit qui concourt essentiellement à la formation de la couleur bleue. Ce principe colorant,

materia tingens, c'était l'*acide prussique*, nom qui lui fut, plus tard, donné par Guyton de Morveau.

Scheele conclut de plusieurs expériences que c'était un composé d'ammoniaque et d'huile. Mais la synthèse ne confirmant pas sa théorie, il pensa que ce devait être un composé d'ammoniaque et de charbon. Afin de s'en assurer, il mit dans un creuset un mélange de parties égales de charbon pulvérisé et de potasse, et le maintint pendant un quart d'heure à la chaleur rouge ; ajoutant à ce mélange du sel ammoniac (chlorhydrate d'ammoniaque) par petits fragments, il continuait à le chauffer jusqu'à ce qu'il ne s'en dégageât plus de vapeurs ammoniacales. Enfin il fit dissoudre le résidu de l'opération dans un peu d'eau, et il trouva à la dissolution toutes les propriétés du prussiate alcalin (cyanure de potassium).

En 1787, les expériences de Scheele furent répétées par Berthollet. Cet habile analyste démontra que le bleu de Prusse est un composé d'acide prussique, de potasse et d'oxyde de fer, et que si l'*acide prussique* ne contient pas l'ammoniaque toute formée, il en renferme au moins les éléments, l'*hydrogène* et l'*azote*, combiné avec le *carbone*, dans des proportions qu'il n'avait pas pu déterminer. Nous savons aujourd'hui que ces proportions sont : deux atomes de carbone, un atome d'hydrogène et un atome d'azote, combinés de manière à former

1 équivalent d'acide prussique (acide cyanhydrique), saturant 1 équivalent de base pour former un sel neutre.

D'autres chimistes, après Scheele, découvrirent que les fleurs de pêcher, l'eau de laurier-cerise, les amandes amères, les noyaux de cerise pilés, doivent leur odeur caractéristique à la présence de l'acide prussique. On sait que cet acide est un des poisons les plus violents : fraîchement préparé il détermine la mort presque instantanément.

Vert de Scheele. — La plupart des industriels ne connaissent le grand chimiste suédois que par le nom donné à une substance tinctoriale. Scheele obtint le *vert*, qui porte son nom, en traitant une solution de sulfate de cuivre (vitriol bleu) par une solution d'arséniate de potasse. Il rappelle à cette occasion que l'arsenic blanc (acide arsénieux) qu'on vend dans le commerce, est souvent sophistiqué avec du plâtre, et que le meilleur moyen de s'assurer de cette fraude consiste à en projeter une petite quantité sur une lame de fer rougie au feu : si tout se volatilise, c'est une preuve que l'arsenic n'était point falsifié.

Le chlore, le caméléon minéral, l'acide formique, etc. — Ce que nous appelons aujourd'hui peroxyde de manganèse portait autrefois le nom de

magnésie noire; c'est une substance minérale, pulvérulente, qui accompagne souvent les oxydes de fer, si répandus dans la nature. Cette substance fut une véritable mine de découvertes. Nous avons déjà dit que Scheele obtint l'oxygène, en chauffant le peroxyde de manganèse avec l'acide sulfurique : c'est le procédé qu'on emploie depuis lors généralement.

Il nous reste à faire connaître d'autres produits obtenus avec le peroxyde de manganèse.

Les fourmis renferment un liquide qui rougit la teinture de tournesol et qui donne à ces insectes leur odeur caractéristique. Ce liquide c'est l'*acide formique*. Scheele fut le premier à l'obtenir chimiquement. A cet effet, il distilla le peroxyde de manganèse avec un mélange d'acide sulfurique et de sucre ou de gomme. Il avait déjà obtenu l'acide oxalique en traitant le sucre par l'acide nitrique. L'acide de la fourmi et l'acide de l'oseille sont les premiers exemples de matières organiques, de matières ayant servi à la vie, que l'homme soit parvenu à préparer artificiellement, par l'intervention de quelques substances minérales.

Scheele découvrit le *caméléon minéral* en chauffant le peroxyde de manganèse avec du nitre pulvérisé. Il constata les phénomènes de coloration que présente la masse verte ainsi obtenue; il les attribuait à l'action de l'air et particulièrement de l'acide carbonique, naturellement contenu dans l'atmosphère.

Il remarqua aussi que la magnésie noire (peroxyde de manganèse naturel) a la propriété de colorer en rouge le verre avec lequel on la fait fondre, et que ce verre rouge redevient incolore, lorsqu'on le chauffe avec du charbon.

La découverte du *chlore* fut un grand événement. Elle fait, comme celle de l'oxygène, époque dans l'histoire de la science. Cette découverte ayant une importance à la fois théorique et pratique, on nous saura gré de nous y arrêter un moment.

Qu'est-ce que la *magnésie noire?* Voilà ce que se demandait Scheele quand il soumit cette matière naturelle à une série de réactions qui l'amenèrent à établir que la magnésie noire n'est pas un corps simple, et qu'elle diffère essentiellement de toutes les terres connues. Ce corps simple, le *manganèse* métal, Scheele ne parvint pas à l'isoler. Mais les efforts qu'il fit (en 1774), dans ce but, lui firent découvrir un autre corps simple, le *chlore*, qu'il ne cherchait point, puisqu'il ne pouvait pas même en soupçonner l'existence.

Parmi les acides que Scheele avait fait réagir sur la magnésie noire (peroxyde de manganèse), se trouvait l'*acide muriatique*, dont la composition, bien connue aujourd'hui (1 volume de chlore et 1 volume d'hydrogène formant 2 volumes de gaz acide muriatique ou chlorhydrique), était alors lettre close.

En présence de l'inconnu, il faut se dépouiller de tout esprit systématique. Cette règle de sagesse, qui nous épargnerait tant d'illusions et d'erreurs, fut ici, comme elle le sera probablement toujours, complétement violée. Moins une opinion est fondée, plus on semble y tenir.

Le nouveau corps simple, que Scheele obtint en traitant le peroxyde de manganèse par l'acide muriatique, était pour lui, comme pour tous les chimistes d'alors, l'*acide muriatique déphlogistiqué ;* ainsi le voulait la théorie régnante. N'est-ce pas toujours l'erreur qui se met à la place de la vérité ? — Mais nous verrons comment la vérité finira par triompher ; c'est un spectacle qui en vaut bien d'autres.

En attendant, restons dans le laboratoire du chimiste suédois pour assister à la préparation de l'*acide muriatique déphlogistiqué.* « Je versai, dit Scheele, une once d'acide muriatique sur une demi-once de magnésie noire en poudre. Au bout d'une heure, je vis ce mélange à froid se colorer en jaune ; en le chauffant, il se développa une forte odeur d'eau régale. Afin de me bien rendre compte de ce phénomène, j'employai le procédé suivant : j'attachai une vessie vide à l'extrémité du col de la cornue qui contenait le mélange de magnésie noire et d'acide muriatique. A mesure que la liqueur continuait à faire effervescence, la vessie se gonflait ;

l'effervescence s'étant arrêtée, j'ôtai la vessie. Celle-ci était teinte en *jaune par le corps aériforme qu'elle renfermait*. Ce corps élastique n'est pas de l'air fixe (gaz acide carbonique); son odeur, forte et pénétrante, affecte singulièrement les narines et les poumons. En vérité, on le prendrait pour la *vapeur d'eau régale chauffée*. Quiconque voudra connaître la vertu de ce corps, devra l'étudier à l'état de fluide élastique. »

Pour le recueillir, Scheele conseillait de se servir, au lieu de vessies, de bouteilles pleines d'eau, renversées sur des cuvettes remplies du même liquide. Non content de l'avoir isolé et recueilli, il en fit aussi connaître presque toutes les propriétés. L'*acide muriatique dephlogistiqué* (chlore) corrode, ajoute-t-il, les bouchons des bouteilles et les teint en jaune; il attaque de même le papier. Il blanchit le papier bleu de tournesol et détruit les couleurs rouge, bleue, jaune des fleurs et même la couleur verte des feuilles. Pendant cette action, il se convertit, par le concours de l'eau, en acide muriatique. Il épaissit les huiles; chauffé avec du cinabre, il donne du sublimé corrosif (perchlorure de mercure). Il attaque tous les métaux et les dissout pour la plupart; sa dissolution d'or donne, avec l'ammoniaque, un précipité fulminant. Combiné avec l'alcali fixe minéral (soude), il forme le sel commun ou sel de cuisine, qui décrépite sur les charbons ardents.

Enfin, il est irrespirable, tue les petits animaux et éteint immédiatement la flamme.

Telle est l'histoire chimique du corps simple, découvert par Scheele, en 1774. Les propriétés indiquées s'appliquent exactement au chlore. Pourquoi cette exactitude fit-elle défaut dès qu'il s'agissait de connaître la constitution élémentaire de l'*acide muriatique déphlogistiqué ?* Parce que, pour résoudre une question de ce genre, il faut plus que le concours des sens; il faut celui de l'intelligence, libre de toute entrave. C'est ainsi qu'au moyen du raisonnement, appuyé sur l'expérience sainement interprétée, un seul homme peut arriver à accomplir ce qui n'est ordinairement que l'œuvre de plusieurs générations.

Davy nous dévoilera le mystère de l'*acide muriatique oxygéné* de Lavoisier, ou de l'*acide muriatique déphlogistiqué* de Scheele.

DAVY.

Humphry Davy naquit le 17 décembre 1778, à Penzance, petite ville du comté de Cornouailles (Angleterre). A l'âge de neuf ans, il vint habiter avec ses parents Varfell, dans un site pittoresque au bord de la mer. Ce séjour ne contribua pas peu à développer en lui le goût de la poésie qu'il cultiva toute sa vie avec une prédilection marquée. Les essais que cite de lui son frère et son biographe, John Davy, ne manquent pas de verve. A seize ans, il perdit son père, sculpteur en bois, et sa mère resta avec cinq enfants sur les bras. Pour suffire à cette charge, elle ouvrit d'abord une boutique de mercerie, puis un hôtel garni pour les voyageurs qui venaient visiter les rives de la Boye, renommées pour la douceur du climat et ses beautés agrestes. Quelques mois après la mort de son père, le jeune Humphry fut mis en apprentissage chez Bingham Borlase, maître en chirurgie et pharma-

cien de Penzance. C'est à cette époque (février 1795) que commence le Journal où il consignait les principaux actes de sa vie.

Une circonstance, en apparence fortuite, fit naître en lui l'amour de la science qu'il devait illustrer. Grégoire Watt, fils de l'immortel inventeur de la machine à vapeur, avait été envoyé par son médecin à Penzance pour une affection de poitrine. Il vint loger chez Mme Davy. Le jeune apothicaire, pour se lier avec ce personnage, se procura une traduction anglaise des *Éléments de chimie* de Lavoisier. En deux jours il avait lu et compris ce livre ; et, ignorant encore les objections qu'on avait faites contre les doctrines de Lavoisier, il annonça qu'il comprenait autrement la théorie des phénomènes chimiques, et ne songea dès lors à rien moins qu'à un nouveau plan d'études, embrassant presque toutes les connaissances humaines. A la suite des entretiens et discussions qu'il eut avec G. Watt, il se consacra presque exclusivement à l'étude de la chimie. « Un bon physicien doit, disait Franklin, savoir percer avec une scie. » Le jeune Davy construisit ses premiers appareils avec quelques tubes de verre achetés à un marchand de baromètres ambulant : il les compléta avec de vieux tuyaux de pipe et avec une seringue dont l'avait gratifié le chirurgien d'un navire français, échoué près de Land's End. Sa chambre à coucher était tranformée en laboratoire, et les four-

neaux de la cuisine servaient à ses expériences pour préparer les gaz [1].

Ses premières recherches expérimentales eurent pour objet la détermination de l'espèce d'air dont sont remplies les vésicules de certaines algues, telles que le *fucus siliquosus;* et il parvint à démontrer que les plantes marines agissent sur l'air comme les plantes terrestres, c'est-à-dire en décomposant, sous l'influence de la lumière, l'acide carbonique pour s'emparer de l'oxygène nécessaire à leur respiration. Davy adressa son travail intitulé : *Essais sur la chaleur et la lumière*, au docteur Beddoes, qui le publia, en 1798, dans son recueil périodique (*Contributions to physical and medical knowledge*). Le docteur Beddoes, ancien professeur de chimie à l'Université d'Oxford, entretenait un commerce épistolaire avec les principaux chimistes de son temps, notamment avec Lavoisier. Il venait de fonder à Clifton, près de Bristol, un établissement qui, sous le nom d'*Institution pneumatique* avait pour but d'appliquer les gaz, — étude alors à la mode, — au traitement des maladies pulmonaires, si communes en Angleterre. Il résolut de s'attacher le jeune chimiste, et chargea son ami Davies Gilbert (qui succéda plus tard à H. Davy

1. Voy. John Davy, *Memoirs of the life of sir Humphry Davy;* Lond. 1839; et notre article *H. Davy*, dans le t. XIII de la *Biographie générale.*

dans la présidence de la Société royale de Londres) de négocier auprès de l'apothicaire de Penzance la résiliation du contrat d'apprentissage. Par bonheur, l'apothicaire ne demandait pas mieux que de se défaire d'un apprenti qui passait à ses yeux pour un « bien pauvre sujet. »

Davy fut donc attaché, en 1799, à l'Institution pneumatique du docteur Beddoes à Clifton, et il ne tarda pas à fixer sur lui l'attention du monde savant. Son contrat avec le docteur Beddoes lui imposait l'obligation de s'occuper plus particulièrement des gaz en rapport avec l'économie animale.

L'*oxyde nitreux* ou *protoxyde d'azote*, que Priestley avait confondu avec l'oxygène [1], fut l'un des premiers gaz qu'il soumit à ses expériences. Son choix s'était porté sur ce gaz parce que le docteur Mitchell avait fondé là-dessus toute une théorie, prétendant que l'oxyde nitreux était le principe immédiat de la contagion, et qu'il produirait les plus terribles effets, si on le respirait même en quantités minimes, ou si on l'appliquait seulement sur la peau ou sur les fibres musculaires. C'était pour vérifier cette théorie de la contagion que Davy avait choisi le gaz oxyde nitreux. L'autorité d'un praticien aussi célèbre que le docteur Mitchell eut de quoi faire reculer d'épouvante l'expérimentateur le plus audacieux.

1. Voy. page 146.

Les premières expériences furent faites avec du gaz impur ou mêlé d'air ; elles ne donnèrent pas de résultats sensibles. Enfin Davy résolut, le 12 avril 1799, de respirer le protoxyde d'azote pur. Nous marquons cette date, parce que ce chimiste, plein d'avenir, s'exposait à une mort certaine pour peu que la théorie signalée fût vraie. Cependant il ne songea pas même à faire valoir son courage. « L'hypothèse du docteur Mitchell ne me troublait, dit-il, aucunement : je m'attendais à des effets pénibles, mais j'avais lieu de croire que l'inspiration d'un gaz, qui en apparence n'a aucune action immédiate sur la fibre musculaire, puisse détruire ou du moins gravement endommager le pouvoir de la vie. » — Le gaz passa dans les bronches sans irriter la glotte, et il ne produisit aucun sentiment de malaise dans les poumons.

Cette première expérience, faite par une seule inspiration, le porta à en tenter d'autres. Le 16 avril suivant, il respira le même gaz pendant une demi-minute : il éprouva un peu de vertige, bientôt suivi d'un sentiment de plaisir. Le lendemain il recommença l'expérience. Il respira pendant plus longtemps le gaz par la bouche, en tenant les narines fermées et après avoir expiré l'air des poumons. « Au bout de trente secondes, j'éprouvai, dit-il, comme une douce compression de tous les muscles, accompagnée d'une sensation extrêmement agréa-

ble, particulièrement dans la poitrine et dans les membres. Tous les objets paraissaient osciller autour de moi, et l'ouïe devint plus fine. Dans les dernières inspirations, ces sensations augmentèrent et finirent par se changer en une irrésistible tendance au mouvement. Je ne me rappelle que vaguement ce qui se passa ensuite ; mes mouvements devaient être variés et violents. » — Cette expérience, qui dura plus d'une minute, est remarquable en ce qu'elle détermina une espèce de danse de saint Guy.

Davy continua ainsi, pendant plusieurs mois, à expérimenter sur lui-même l'action du protoxyde d'azote, qui reçut depuis lors le nom de *gaz hilarant*. Il varia ses expériences et finit par respirer ce gaz en s'enfermant dans une sorte de boîte, imperméable à l'air. Cette dernière expérience se fit en présence du docteur Kinglake, le 26 décembre 1799. Après avoir rappelé les sensations précédemment éprouvées, il ajoute : « Bientôt je perdis tout rapport avec le monde extérieur ; des traces de visibles images passaient devant mon esprit comme des éclairs, et se liaient avec des mots de manière à produire des perceptions entièrement nouvelles. Je créais des théories et je m'imaginais que je faisais des découvertes. Quand M. Kinglake m'eût fait sortir de cette espèce de demi-délire, l'indignation et l'orgueil furent les premiers sentiments que j'éprouvais à la vue des personnes qui m'entouraient.

Mes émotions étaient celles d'un enthousiaste sublime : pendant une minute je me promenais dans la chambre, parfaitement indifférent à tout ce qu'on me disait. Ayant recouvré mon état normal, je me sentis entraîné à communiquer les découvertes que j'avais faites pendant mon expérience. Je fis des efforts pour rappeler mes idées : elles étaient faibles et indistinctes; elles éclatèrent tout à coup par cette exclamation, prononcée avec le ton d'un inspiré qui a une foi absolue en ses paroles : *Rien n'existe que la pensée; l'univers se compose d'impressions, d'idées, de plaisirs et de peines.*[1] »

Les expériences de Davy eurent un immense retentissement. On s'en exagéra d'abord la portée : les plus enthousiastes voyaient déjà dans l'emploi du *gaz hilarant* un moyen de varier les jouissances uniformes de la vie. Le nom de Davy devint bientôt populaire sur le continent : chacun voulait respirer le gaz auquel on attribuait le singulier pouvoir de mettre les uns dans une extase délicieuse et d'asphyxier les autres au milieu d'un rire inextinguible.

Davy ne s'en tint pas à ses expériences sur le protoxyde d'azote; il essaya encore d'autres gaz sur lui-même. La respiration de l'*hydrogène* ne pro-

1. *Researches relating to the effects produced by the respiration of nitrous oxide upon different individuals*, t. III des *Collected Works of H. Davy*, p. 269 et suiv.

duisit dans le premier moment aucun effet sensible; mais au bout d'une demi-minute, il eut de la difficulté à respirer. L'oppression augmenta au point de le forcer à cesser l'expérience. Il n'avait éprouvé aucun vertige; le pouls était faible et accéléré; les joues étaient devenues pourpres. — La respiration de l'*azote*, mêlé d'un peu d'acide carbonique, détermina à peu près les mêmes symptômes.

Voici l'effet que produisit sur lui le *gaz d'éclairage* (hydrogène bicarboné). La première inspiration rendit la poitrine presque insensible, les muscles pectoraux paraissant en quelque sorte paralysés. Après la seconde inspiration, il perdit la faculté de percevoir les objets du monde extérieur, avec un vif sentiment d'oppression. Pendant la troisième inspiration, ce sentiment fut suivi d'une prostration qui lui laissait à peine la force nécessaire pour ôter de la bouche le tuyau par lequel il faisait ses inspirations. Il reprit peu après ses sens, et, comme s'il venait de sortir d'un rêve, il dit d'une voix affaiblie : « Je ne pense pas mourir. »

Un mélange de trois parties d'*acide carbonique* et d'une partie d'air produisit un peu de vertige et de la somnolence : l'expérience dura près d'une minute. — L'*oxygène* avait été respiré pendant six minutes ; l'expérimentateur n'en ressentit d'autre effet qu'un peu d'oppression.

Davy dut probablement à son zèle pour la

science cet état valétudinaire dans lequel il languissait jusqu'à la fin de sa vie.

Le comte de Rumford venait de créer à Londres l'*Institution royale*. D'une humeur peu accommodante, il s'était brouillé avec son professeur de chimie, le docteur Garnett, et songeait à lui donner un successeur. Davy fut proposé et accepté. Son air juvénile et ses manières un peu provinciales lui valurent d'abord un accueil peu favorable. Mais, dès sa première leçon (le 25 avril 1801) il sut par la chaleur, par la vivacité et la clarté de sa parole, charmer ceux qui étaient venus l'entendre dans la petite chambre qu'on lui avait assignée pour ses cours. Aux leçons suivantes il fallut élargir le local pour contenir un auditoire nombreux et de plus en plus enthousiasmé; et bientôt le jeune professeur devint l'homme à la mode dans la capitale de la Grande-Bretagne.

Tant de succès, obtenus à un âge où d'autres commencent leur carrière, donnèrent la mesure de sa valeur. En 1803, Davy devint membre de la Société royale de Londres; trois ans après il en remplit les fonctions de secrétaire, et à la mort de Joseph Bancks, en 1820, il fut nommé président de cette savante compagnie. Il conserva ce poste jusqu'à sa mort. En 1812 il fut créé baronet, et en 1817 il fut élu associé de l'Institut de France, qui deux ans auparavant l'avait couronné, au mo-

ment où la guerre avec l'Angleterre était dans toute sa violence.

Pour ne pas interrompre notre récit biographique, nous ferons connaître plus loin les travaux qui valurent à leur auteur ces distinctions ou marques d'intérêt.

Depuis longtemps Davy désirait visiter le continent. Ce désir fut réalisé vers le milieu d'octobre 1813, où il s'embarqua à Plymouth, en compagnie de sa femme et de M. Faraday, son préparateur et secrétaire. « Nous allons faire, écrivit-il à sa mère, un voyage scientifique qui, je l'espère, nous sera agréable à nous et utile au monde. Nous traverserons rapidement la France pour nous rendre en Italie ; de là nous passerons en Sicile ; et nous reviendrons par l'Allemagne. Nous avons l'assurance des gouvernements de ces pays qu'on nous accordera partout aide et protection. Nous resterons probablement un ou deux ans absents. »

Davy séjourna six mois à Paris. Il en profita pour faire le portrait des savants avec lesquels il se mit en rapport. Ces croquis biographiques, qui n'étaient pas destinés à voir le jour, furent publiés, en 1839, par John Davy, qui les avait trouvés dans les papiers de son frère[1]. Nous allons repro-

1. *Memoirs of the life of sir Humphry Davy*, edited by his brother, John Davy, t. I, p. 165 et suiv.

duire ici quelques-uns de ces croquis, pour montrer comment l'illustre savant jugeait les chimistes, ses pairs.

« *Guyton de Morveau* était très-vieux quand je fis sa connaissance. Bien qu'il eût été un violent républicain, il était directeur de la Monnaie sous Bonaparte et baron de l'empire. Ses manières étaient douces et conciliantes. Une preuve de son caractère, c'est qu'ayant promis son vote à quelqu'un pour la place de correspondant de l'Institut, il tint sa promesse, et c'est cette seule voix qui m'avait manqué pour réunir l'unanimité des suffrages. Ne m'étant jamais mêlé d'intrigues de ce genre, j'aurais toujours ignoré ce détail, s'il ne m'avait pas été raconté par lui-même un jour que je dînais chez lui. »

Promettre et tenir, c'est un bel exemple à suivre. Les académiciens, pas plus que les autres mortels, ne devraient jamais l'oublier. Mais continuons les esquisses de Davy.

« *Berthollet* était un homme très-aimable. Ami de Napoléon, il était bon, conciliant, modeste et franc. Son caractère n'avait rien de hautain; inférieur à Laplace comme puissance intellectuelle, il lui était supérieur pour les qualités morales. Berthollet n'avait aucune apparence d'un homme de génie;

mais on ne pouvait pas regarder la physionomie de Laplace sans se persuader que c'était un homme réellement extraordinaire.

« *Chaptal* fut quelque temps ministre de l'intérieur sous le Consulat. Courtisan et chimiste, il était actif, amusant, intrigant. D'un naturel bon, il avait une conversation vive et enjouée. Plus homme du monde qu'aucun autre savant de France, il passe pour l'auteur du décret de Napoléon contre le commerce d'Angleterre (le blocus continental). S'il en est ainsi, il aura contribué, plus que tout autre, hormis son maître, à la gloire militaire de la Grande-Bretagne.

« *Vauquelin* était au déclin de sa vie quand je le vis pour la première fois en 1813; c'était un homme qui me donna l'idée des chimistes français d'un autre âge. Il vivait au Jardin du Roi. On ne saurait imaginer rien de plus singulier que sa vie et son intérieur. Deux vieilles filles, mesdemoiselles Fourcroy, sœurs du professeur de ce nom, tenaient sa maison. Je me rappelle qu'en y entrant pour la première fois, je fus introduit dans une sorte de chambre à coucher, qui servait en même temps de salon. L'une de ces demoiselles était au lit et occupée à nettoyer des truffes pour le déjeuner. Vauquelin tenait absolument à me régaler, malgré

mes efforts pour décliner son invitation. Rien de plus extraordinaire que la simplicité de sa conversation. Il n'avait pas le moindre sentiment des convenances : il parlait de choses qui, depuis le temps du paradis terrestre, n'avaient jamais fait, entre hommes, l'objet d'une conversation devant des personnes de l'autre sexe.

« *Gay-Lussac* avait l'esprit vif, ingénieux et profond ; il unissait une grande activité à une grande facilité de manipulation. Je le placerais volontiers à la tête des chimistes vivants de France (*I should place him at the head of the living chemists of France*). » — Gay-Lussac avait alors, à onze jours près, le même âge que H. Davy ; ils étaient nés tous deux en décembre 1778.

Vers la fin de décembre 1813, Davy quitta Paris pour continuer son voyage. Passant par Fontainebleau, il visita le palais où quelques mois plus tard l'empereur Napoléon Ier devait abdiquer. Il admira la beauté de la forêt sur laquelle s'étendait le linceul de l'hiver. L'aspect de ces chênes séculaires, couverts de glaçons étincelants, lui inspira un morceau de poésie, dont voici quelques fragments :

« ....La nature repose dans le silence du sommeil ; les arbres ne se parent d'aucune verdure ; aucune forme de la

vie ne se déploie ; — un feuillage magique les revêt; — le pur cristal de la glace transparente reflète au soleil les teintes de l'arc-en-ciel.... Voici des blocs de pierre, des rochers massifs; vous les diriez entassés par la main de l'homme, attristantes ruines de quelque grand paladin, l'orgueil d'anciens jours.... Plus loin est le palais d'une race de rois puissants; il est à d'autres tenants.... L'aigle d'or y brille.... Tel est le sort capricieux des choses humaines : un empire s'élève, comme un nuage à l'horizon ; rouge au soleil levant, il répand ses teintes matinales sur une atmosphère électrique ; soudain ses teintes s'assombrissent, un orage approche, la foudre éclate, le tonnerre gronde; mais bientôt la tempête se dissipe et tout rentre dans le calme[1]. »

Ces lignes portent la date du 29 décembre 1813. Davy continua sa route par l'Auvergne, dont il visita les volcans éteints. La vue du Mont-Blanc des hauteurs de Lyon, les bords du Rhône, la Méditerranée à Montpellier, le Canigou, la fontaine de Vaucluse, Carrara, etc., inspirèrent successivement la muse du poëte chimiste. Il entra en Italie par Nice et le col de Tende ; il passa par Turin et s'arrêta plusieurs jours à Gênes où il fit quelques recherches sur la torpille. Il ne croyait pas que l'organe électrique de ce poisson fût tout à fait analogue à la pile de Volta.

De Gênes Davy se rendit à Florence et de là à Rome, où il fut en avril 1814. Après avoir séjourné quelque temps à Naples et à Rome, il revint par la

1. *Memoirs of the life,* etc., p. 169.

Lombardie et la Suisse. A Milan il vit Volta. « C'était, raconte-t-il, un homme déjà avancé en âge, et d'une mauvaise santé. Sa conversation n'était pas brillante; ses vues étaient assez restreintes, mais marquant beaucoup d'ingénuité. Ses manières étaient d'une simplicité parfaite. Il n'avait pas l'air d'un courtisan, ni même celui d'un homme qui a vécu dans le monde. En général, les savants italiens sont sans affectation dans leurs manières, bien qu'ils manquent de grâce et de dignité. »

Davy franchit les Alpes par le Simplon, et arriva à Genève vers la fin de juin. Habitant une jolie maison de campagne aux bords du lac, il s'y livra, pendant trois mois, à la pêche à la ligne, pour laquelle il eut toute sa vie une véritable passion. A la fin de septembre, il revint par le Tyrol en Italie, pour y passer l'hiver, et au printemps de 1815 il était de retour à Londres. Il y continua ses travaux qu'il n'avait pas même interrompus pendant son voyage.

Ce fut peu de temps après son retour en Angleterre que Davy inventa *la lampe des mineurs*, qui porte son nom. Les anciens savaient déjà que les mines ou galeries souterraines sont quelquefois remplies de gaz *détonnants*[1], tels que l'hydrogène carboné

1. Le dictionnaire de l'Académie écrit *détoner*, *détonant*, *détonation*. C'est une erreur manifeste, dans le sens qu'y attache ce dictionnaire ; car *détoner* signifie baisser de *ton* : d'où les mots

ou l'hydrogène, mêlé d'une petite quantité d'air, susceptibles de déterminer l'asphyxie et des explosions terribles au contact d'une flamme. Une de ces explosions eut lieu, en 1812, dans la mine de Felling, en Angleterre : en un instant plus de cent ouvriers périrent, affreusement mutilés. Un comité de propriétaires de houillères s'organisa, et fit un appel à la science de Davy pour prévenir le retour de pareils désastres. Le problème paraissait bien difficile à résoudre : *empêcher des gaz inflammables de faire explosion au contact du feu*, c'était demander presque l'impossible.

Davy cependant ne désespéra point. Il se mit d'abord à étudier les gaz explosibles ou inflammables, détermina les proportions dans lesquelles leurs mélanges détonnent, et observa le premier que la flamme ne se propage pas dans les tubes de petite dimension, ni à travers les mailles étroites d'un réseau métallique. Ce fut là pour lui un trait de lumière. Après quelques tâtonnements, il parvint à construire un appareil fort simple, composé d'une gaze ou toile métallique, entourant une lampe ordinaire : l'air détonnant ne peut qu'éteindre la

intonation et *détonation* (abaissement de ton) ; tandis que *détonner*, faire explosion, vient évidemment de *tonner;* il faut donc écrire ici *détonnation*, *détonnant*, etc. Nous tenions à signaler cette erreur, parce qu'elle a été introduite dans tous les ouvrages récents, et que les correcteurs s'obstinent encore à la répandre.

flamme, sans produire aucune explosion, et même alors un fil de platine, roulé en spirale au-dessus de la mèche éteinte, suffira par son incandescence à éclairer les mineurs, tant qu'ils pourront se maintenir dans un air aussi peu respirable. Telle est *la lampe de Davy*, qui depuis son invention a conservé la vie à des milliers d'ouvriers. Ses amis l'engagèrent à prendre un brevet. « Vous pourriez, lui disait l'un d'eux, gagner ainsi, 5 à 10 000 livres sterling par an. — Non, mon ami, répliqua le noble inventeur ; ma pensée ne fut jamais de ce côté-là : ma seule ambition est de servir l'humanité. Et si l'on croit que j'y ai réussi, je me trouverai amplement récompensé par la conscience d'avoir fait du bien à mes semblables. »

Dans une autre occasion il montra la même générosité. L'Angleterre dépensait annuellement des sommes considérables pour la réparation de ses vaisseaux, dont les doublages en cuivre étaient rongés par l'eau de mer. Davy fut invité à y porter remède. L'éminent chimiste, qui voyait dans ce phénomène une action électro-chimique, imagina de neutraliser l'état électrique du cuivre par de petits clous de fer, dont un seul devait préserver de la décomposition au moins un pied carré de cuivre. Des navires, préparés d'après cette méthode, allèrent en Amérique et en revinrent sans que leur doublage fût oxydé.

Dès ce moment on croyait tout possible au génie de cet homme extraordinaire, et, pour employer une expression de Cuvier, « on lui commandait une découverte comme à d'autres une fourniture. »

Le prince régent, devenu roi sous le nom de Georges IV, s'intéressait aux fouilles d'Herculanum et de Pompeï, deux cités romaines ensevelies, en l'an 69 de notre ère, par les cendres d'une éruption du Vésuve. On en avait retiré, entre autres, des rouleaux de manuscrits ; un livre de Cicéron, le *De republica*, que l'on croyait depuis longtemps irréparablement perdu, nous a été ainsi conservé. Mais ces manuscrits, tout en conservant l'intégrité de leurs caractères, étaient complétement carbonisés. Il s'agissait de les dérouler sans les détruire, sans rendre l'écriture illisible. Le souverain de la Grande-Bretagne chargea Davy de résoudre ce difficile problème. Ce fut pour l'illustre chimiste l'occasion de revoir l'Italie.

Davy quitta une seconde fois l'Angleterre le 26 mai 1818. Son itinéraire le conduisit à travers l'Allemagne. Le 13 juin il était à Vienne, et, quatre mois après, à Rome. De là il se rendit à Naples, et il commença immédiatement ses opérations sur les manuscrits d'Herculanum. La chimie donnait l'espoir de faciliter ce travail ; mais l'effet d'une carbonisation profonde rendit inapplicable tout procédé de ramollissement. Davy dut se borner à l'indication

de quelques moyens propres à mieux détacher les parties adhérentes et à étendre les rouleaux moins imparfaitement qu'on ne l'avait fait jusqu'alors. Il profita de ce voyage pour étudier la nature des couleurs dont se servaient les peintres de l'antiquité : quelques écailles détachées des murs de Pompeï et d'Herculanum lui suffirent pour démontrer, à l'aide de l'analyse, que ces couleurs, à peu près aussi variées que les nôtres, sont pour la plupart empruntées au règne minéral et d'une préparation parfaite. Le voisinage du Vésuve devint pour lui l'occasion de vues nouvelles sur la formation des volcans et sur l'état primitif du globe. Il y rattacha en même temps des idées d'un ordre plus élevé.

Ces idées se trouvent consignées dans un ouvrage extrêmement remarquable, qui a pour titre *Consolations in travel, or the last days of a philosopher* (Consolations en voyage, ou les derniers jours d'un philosophe). Il est divisé en sept dialogues, dont le principal personnage est *l'Inconnu* qui apparut à Davy, pendant une promenade nocturne dans les ruines du Colysée à Rome. Voici, entre autres, les paroles qu'il met dans la bouche de cet Inconnu pour combattre le matérialisme qui, à toutes les époques, a reproduit les mêmes arguments. « .... Sans doute, dit-il, la fonction de la vue ne peut pas se passer de l'œil, de même que la pensée a besoin du cerveau. Mais le nerf optique et

le cerveau ne sont que les instruments matériels d'un pouvoir ou d'une force qui n'a rien de commun avec eux. Cela s'applique aussi à tous les autres organes. Si vous arrêtez le mouvement du cœur, vous ferez cesser la vie; mais le principe moteur n'est ni dans le cœur, ni dans le sang artériel que ce muscle envoie à toutes les parties du corps. Un sauvage qui voit la roue d'une machine à vapeur s'arrêter tout à coup, peut très-bien s'imaginer que le principe du mouvement est dans la roue qu'il a sous les yeux ; il lui sera même impossible de deviner que ce mouvement dépend d'abord de l'action de la vapeur, puis du feu entretenu sous une chaudière d'eau. Le philosophe, qui en sait plus que le sauvage, ne s'y trompera pas : il prendra immédiatement le feu pour la cause du mouvement de la machine à vapeur. Mais l'un et l'autre sont également ignorants en ce qui concerne le *feu divin* qui fait mouvoir le mécanisme de notre corps... Le développement de l'intelligence consiste dans une succession de changements ou de mouvements, dont nous ne retenons que ce qui nous est utile ou nécessaire. L'enfant a oublié ce qu'il faisait au sein de la mère; bientôt il ne se rappellera plus rien de ce qu'il faisait dans les deux premières années qui suivirent sa naissance. Nous ne sentons qu'à l'aide d'organes matériels, et nos sensations se modifient avec nos organes. Dans la vieillesse, les

sensations émoussées font tomber l'âme dans une sorte de sommeil, d'où elle se réveillera pour une nouvelle vie. Dans notre état actuel, l'intelligence est naturellement limitée et imparfaite; mais cette imperfection dépend de son mécanisme matériel : nous devons convenir qu'avec une organisation plus parfaite, l'intelligence jouirait d'un pouvoir beaucoup plus étendu. Si l'homme, tel qu'il est actuellement organisé, était immortel, ce serait l'éternité attachée à une machine : la plus grande partie de ses connaissances ou de ses souvenirs se perdraient successivement, de sorte qu'il serait, relativement à ce qui est arrivé il y a mille ans, exactement comme l'enfant qui perd le souvenir des événements de la première année de sa vie.

« On essayera vainement d'expliquer de quelle manière le corps est uni au sentiment et à la pensée. Les nerfs et le cerveau y interviennent sans doute, mais dans quel rapport? voilà ce qu'il est impossible de dire. A juger par la rapidité et la variété infinie des phénomènes de la perception, il paraît extrêmement probable qu'il y a dans le cerveau et dans les nerfs une substance infiniment plus subtile que tout ce que l'observation et l'expérience y font découvrir, et que l'union immédiate du corps avec le sentiment et la pensée a lieu par l'intermédiaire de certains fluides éthérés, insaisissables par nos sens, et qui sont peut-être à la cha-

leur, à lumière, à l'électricité, ce que celles-ci sont aux gaz.... Je n'ai aucune prétention d'établir à cet égard une croyance certaine, et je suis loin d'admettre l'hypethèse de Newton qui place la cause immédiate de nos sensations dans les oscillations d'un milieu éthéré. Cependant il ne me paraît pas improbable que quelque chose du mécanisme si raffiné de la faculté pensante, quelque chose d'indestructible, n'adhère, dans un autre état, à la faculté sensitive, après la destruction de nos organes matériels, après la cessation de la vie du corps. »

C'est ainsi que Davy abordait les plus grands problèmes de la philosophie. On voit par les paroles que nous venons de citer que ce grand génie était loin d'incliner vers ce système qui, depuis Héraclite et Lucrèce jusqu'à Hegel et Auguste Comte, n'a guère varié ses arguments. En ne concevant rien au delà de l'humanité, l'école matérialiste s'accorde parfaitement avec la Bible qui enseigne que le ciel, avec tous les astres, n'a été créé que pour l'usage de l'homme, et que la fin de la terre est la fin de tout. Quelle myopie!

La santé de Davy déclinait visiblement. Un séjour prolongé à Florence et à Rome n'eurent point sur lui l'heureuse influence qu'en attendaient ses amis. Ce fut pendant ses pérégrinations de valétudinaire qu'il composa *Les derniers jours d'un philosophe*, que Cuvier appelle avec raison « l'ouvrage

de Platon mourant. » A peine arrivé à Genève, Davy expira à cinquante et un ans, dans la nuit du 29 au 30 mai 1829, entre les bras de son frère John, accouru pour le soigner dans ses derniers moments. Son tombeau se voit, dans le cimetière de la ville, à côté de celui de Pictet. Pour honorer la mémoire de son mari, Mme Davy (veuve Apreace), fonda à l'Académie de Genève un prix qui est décerné tous les dix ans à l'expérience chimique la plus neuve et la plus féconde en résultats.

A la terre la dépouille mortelle; à nous, aux générations à venir, la pensée qui vivifie. Lavoisier avait légué à la postérité deux idées qui semblaient devoir dominer toute la science : l'une, grande et simple, déjà entrevue dans l'antiquité; l'autre, belle et séduisante, entièrement neuve. La première était vraie : elle donnait à entendre que beaucoup de corps, jusqu'alors réputés simples, étaient composés. La seconde était fausse : elle posait l'oxygène comme générateur de tous les acides et de toutes les bases.

C'est ce double programme, contenant la vérité à côté de l'erreur, que Humphry Davy eut la gloire de réaliser dans le sens que nous venons d'indiquer. Voyons comment il y parvint.

Les phénomènes de l'électricité occupaient depuis un demi-siècle l'attention des physiciens, lorsque

la découverte de la pile de Volta vint redoubler leur zèle : chacun voulait expérimenter l'action de cet instrument simple et merveilleux. Rien de plus instructif pour le penseur que ce conflit d'opinions et de théories contraires que l'on vit alors surgir de toutes parts. Le premier sera le dernier : l'erreur ouvre la marche; la vérité ne viendra qu'après, mais elle finira toujours par avoir le dernier mot.

En 1800, Carlisle et Nicholson, en Angleterre, firent une expérience bien facile à répéter : elle consiste à plonger dans l'eau commune les fils métalliques fixés aux deux pôles (positif et négatif) de la pile. Ils furent ainsi les premiers à voir l'eau se décomposer : le gaz oxygène se portait au pôle positif, et le gaz hydrogène au pôle négatif; en même temps il apparaissait un peu d'acide d'un côté et d'alcali de l'autre. Cette apparition, qui gâtait tout, semblait celle d'un génie malin, voulant éprouver la patience des expérimentateurs.

Dans la même année, Ritter, en Allemagne, répéta, avec quelques modifications, l'expérience des physiciens anglais; il obtint les mêmes résultats. Mais il en conclut que l'oxygène et l'hydrogène sont de l'eau combinée avec les deux électricités contraires, que l'oxygène est de l'eau combinée avec l'électricité positive, tandis que l'hydrogène est de l'eau combinée avec l'électricité négative. Cette explication ne faisait qu'obscurcir le fait au lieu de l'éclaircir.

Dans d'autres expériences, où l'on avait établi la communication entre les deux vases, il paraissait toujours de l'acide muriatique (chlorhydrique) au pôle positif. On en avait conclu que cet acide était un sous-oxyde d'hydrogène : c'était compliquer la question d'une nouvelle erreur. En 1803, Hizinger et Berzélius montrèrent que l'action décomposante de la pile s'étend à tous les composés, et qu'elle fait toujours paraître les acides au pôle positif et les alcalis au pôle négatif. C'était quelque chose; mais la question restait encore obscure.

Davy avait suivi toutes ces expériences avec le plus vif intérêt. Il les répéta, de son côté, avec des piles plus fortes, et les varia diversement. Il réussit ainsi à démontrer que lorsque l'eau est pure, on n'en extrait, par l'action décomposante de la pile, que de l'hydrogène et de l'oxygène, exactement dans les proportions où ces deux gaz se combinent pour former de l'eau; et que, quant aux acides et alcalis qui peuvent se produire, ils tiennent à des matières salines que l'eau commune contient presque toujours en dissolution. Cette fois la lumière était faite.

Après avoir soumis beaucoup d'autres composés au même agent de décomposition, Davy formula le premier la loi qui servit à Berzélius pour l'établissement de sa classification des corps simples et de sa théorie électro-chimique, suivant laquelle l'*affinité consiste dans l'énergie des pouvoirs électriques op-*

posés. Davy communiqua les résultats de son travail, le 20 novembre 1806, à la Société royale de Londres; ils ont été publiés depuis dans le tome V des œuvres de H. Davy (Londres, 1840). Ce fut pour ce travail que Davy remporta le prix de l'Institut de France, fondé pour le progrès de l'électricité. Mais un triomphe plus éclatant l'attendait.

Découverte du potassium, du sodium, etc. — Nous avons fait voir que Lavoisier avait élevé des doutes sur la simplicité des alcalis fixes (potasse et soude) et des terres (chaux, magnésie, alumine, etc.). Ces doutes exercèrent particulièrement la sagacité de Davy. Ici encore, la pile lui servit d'instrument et de guide. Il l'essaya d'abord sur la potasse en dissolution aqueuse ; puis sur de la potasse soumise à la fusion ignée. Il échoua dans l'un et l'autre essai. Il employa alors la potasse légèrement humide. Mais laissons-le raconter lui-même son expérience capitale : « J'en plaçai, dit-il, un petit fragment sur un disque isolant de platine, communiquant avec le côté négatif d'une batterie électrique de 250 plaques (cuivre et zinc) en pleine activité. Un fil de platine, communiquant avec le côté positif, fut mis en contact avec la face supérieure de la potasse. Tout l'appareil fonctionnait à l'air libre. Dans ces circonstances une action très-vive se manifesta : la potasse se mit à fondre à

ses deux points d'électrisation. Il y eut à la face supérieure (positive) une violente effervescence, déterminée par le dégagement d'un fluide élastique ; à la face inférieure (négative) il ne se dégageait aucun fluide élastique; mais il y *apparut de petits globules d'un vif éclat métallique, exactement semblables aux globules de mercure.* Quelques-uns de ces globules, à mesure qu'ils se formaient, brûlaient avec explosion et une flamme brillante; d'autres perdaient peu à peu leur éclat et se couvraient finalement d'une croûte blanche. Ces globules formaient la substance que je cherchais : c'était un principe combustible particulier, c'était la *base de la potasse*[1]. »

Il est impossible de raconter avec plus de simplicité une aussi grande découverte. Cependant elle causa à son illustre auteur une vive émotion que son frère raconte en ces termes : « Quand il vit les petits globules de potassium percer la croûte de la potasse et s'enflammer au contact de l'atmosphère, il ne put plus contenir sa joie : il se promenait dans sa chambre en sautant comme saisi d'un délire extatique; il lui fallut quelque temps pour se remettre et continuer ses recherches [2]. »

1. *Memoirs of the life of sir H. Davy*, p. 109.

2. *On the decomposition and composition of thefixed alcalies.* Mémoire lu le 19 nov. 1807 devant la Société royale de Londres, publié dans le recueil de cette société (*Philosophical Transactions*) de 1818. Réimprimé dans le tome V, p. 60-61, des Œuvres de H. Davy.

Reprenant un à un tous les détails de sa mémorable expérience, Davy s'assura définitivement que ces globules, d'un éclat argentin qui, jetés sur l'eau, s'y enflammaient, qui brûlaient avec un flamme purpurine et s'éteignaient avec une légère explosion, en un mot, que cette substance brillante était un métal jusqu'alors inconnu ; que la croûte blanche, dont se couvraient les globules, était de la potasse régénérée ; que l'effervescence, remarquée au pôle positif de la pile, provenait de l'oxygène dégagé de la potasse ; que ce nouveau métal décompose l'eau en s'emparant de l'oxygène qui se fixe et en dégageant l'hydrogène qui s'enflamme. Enfin c'est ce métal ou corps simple, c'est-à-dire non décomposable jusqu'à présent, qui reçut de Davy lui-même le nom de *potassium*.

Le grand chimiste appliqua le même moyen de décomposition à la soude, et il obtint le même succès. Seulement le *sodium* brûlait avec une flamme jaune, ce qui devait, outre sa densité plus faible, servir à le distinguer du potassium.

Ces expériences si décisives, ces découvertes si belles trouvèrent cependant des contradicteurs. On supposa que ces corps nouveaux, qui semblaient mettre les savants sur la voie du fameux feu grégeois, n'étaient que des combinaisons d'hydrogène ou de carbone avec les alcalis. Pour faire tomber ces objections et hypothèses, Davy dut ré-

péter ses expériences et montrer que le potassium et le sodium non-seulement ne contiennent ni hydrogène, ni carbone, mais qu'ils ne peuvent brûler, en se changeant en potasse et en soude, qu'au contact de matières oxygénées, et qu'il faut les conserver dans des liquides purs d'oxygène, tels que le pétrole ou huile de naphte.

Voilà comment Davy découvrit et démontra que la potasse et la soude sont de véritables *oxydes*, des *oxydes de potassium* et *de sodium;* et comme on ne connaissait alors que des oxydes métalliques, il assimila, par une conception hardie, le potassium et le sodium à de véritables métaux.

La découverte du potassium et du sodium fit naturellement songer à la possibilité de décomposer aussi les terres alcalines, telles que, la chaux, la baryte, la strontiane, la magnésie. Les premières tentatives échouèrent ou ne donnèrent que des résultats incomplets. En modifiant ses expériences sur quelques indications de Berzélius et de Pontin, engagés dans les mêmes recherches, c'est-à-dire en mettant les terres alcalines, légèrement humectées et mêlées d'oxyde de mercure, en contact avec des globules de ce métal, Davy obtint des amalgames d'où il expulsait ensuite le mercure par la distillation. C'est ainsi qu'il découvrit le *baryum*, le *strontium*, le *calcium* et le *magnésium*, en quantités très-petites, il est vrai, mais suffisantes pour mon-

trer que ces corps simples, non volatiles à la chaleur rouge, ont un éclat argentin, qu'ils sont plus pesants que l'eau, très-avides d'oxygène, et qu'à une certaine température ils enlèvent ce gaz à tous les corps oxygénés, pour redevenir oxydes de baryum, de strontium, de calcium, de magnésium, c'est-à-dire, baryte, strontiane, chaux, magnésie; exactement comme le potassium et le sodium, qui redeviennent, dans les mêmes circonstances, oxyde de potassium et oxyde de sodium, c'est-à-dire, potasse et soude.

Voilà comment fut réalisé ce que Lavoisier avait entrevu. Davy démontra donc que les alcalis fixes et les terres alcalines sont, non plus des éléments, mais des corps composés.

La nouvelle méthode d'analyse fut féconde en découvertes. En électrisant négativement du mercure en contact avec une solution concentrée d'ammoniaque, Davy vit le mercure se solidifier et perdre les trois quarts de sa densité par l'absorption d'une quantité de gaz équivalant à peine à un deux cent trentième de son poids. Cette expérience lui fit supposer que l'alcali volatil, l'*ammoniaque* pourrait aussi avoir pour base un métal, dont l'azote et l'hydrogène (éléments de l'ammoniaque) remplaceraient l'oxygène. Puis, par une sorte d'intuition, reprise par des chimistes modernes, il se demandait si l'hydrogène ne serait pas le *principe*

métallisateur par excellence, et si les oxydes ne seraient pas des radicaux combinés avec l'eau.

Démonstration de la simplicité de l'acide muriatique oxygéné (chlore). — Davy était convaincu que le rôle de l'oxygène n'était pas aussi général que Lavoisier l'avait prétendu. Fort de cette opinion, le grand chimiste aborda l'étude du corps que Scheele avait obtenu en traitant l'acide muriatique par l'oxyde de manganèse et qu'il avait nommé *acide muriatique déphlogistiqué*. (Le mot de *déphlogistiqué* est ici synonyme de *dés-hydrogéné*, parce que, suivant la théorie de Scheele, le phlogistique était l'air inflammable, l'hydrogène lui-même.) Berthollet fit, sur le corps découvert par Scheele, une série d'expériences, qui montrèrent que, dissous dans l'eau, ce corps donne de l'oxygène sous l'influence de la lumière. Berthollet en conclut que c'était une combinaison d'oxygène avec l'acide muriatique, et il proposa le nom d'*acide muriatique oxygéné*[1]. Quant à l'acide muriatique ordinaire, c'était, suivant la théorie de Lavoisier, admise par Berthollet, une combinaison de l'oxygène avec un corps particulier, avec un radical encore inconnu.

1. D'après les principes de la nomenclature, établis par Lavoisier, Guyton de Morveau et Fourcroy, l'acide muriatique aurait dû s'appeler *acide muriateux*, et l'acide muriatique oxygéné, *acide muriatique*.

Si cette explication eût été exacte, il n'y aurait eu, pour avoir le radical inconnu, qu'à enlever l'oxygène à l'acide muriatique. Le potassium ou le sodium devait s'y prêter à merveille[1]. Dès 1808, Davy essaya l'action du potassium sur le gaz acide muriatique (chlorhydrique) humide, et il vit ainsi toujours de l'hydrogène se produire. En variant ses expériences, il reconnut qu'il était impossible, sans le concours de l'eau ou de ses éléments, d'obtenir l'acide muriatique avec l'acide muriatique oxygéné sec.

Deux chimistes français, Gay-Lussac et Thenard, voulurent également s'assurer si, en désoxygénant le gaz acide muriatique oxygéné, ils ne reproduiraient pas l'acide muriatique. Mais, à leur tour, ils constatèrent l'impossibilité d'y réussir sans avoir préalablement humecté le gaz en question. Grand fut leur embarras; car ils avaient adopté pleinement la théorie de Lavoisier. « L'eau, se disaient-ils, est donc un ingrédient nécessaire à la formation de l'acide muriatique; mais comment se fait-il qu'elle y adhère avec tant de force qu'on ne puisse l'en retirer par aucun moyen? Ne serait-ce pas seulement par un de ses éléments (par l'hydrogène)

1. C'est avec le sodium qu'on est parvenu, de nos jours, à désoxyder l'alumine et à obtenir l'aluminium en assez grande quantité pour devenir l'objet d'une exploitation industrielle.

qu'elle concourt à former cet acide? Et l'oxygène qui se dégage dans cette opération, et que l'on croyait provenir de l'acide muriatique oxygéné, ne serait-il pas simplement l'autre élément de l'eau? Alors, ni l'acide muriatique oxygéné, ni l'acide muriatique ordinaire ne contiendraient d'oxygène : l'acide muriatique (chlorhydrique) ne serait que l'acide muriatique oxygéné (chlore), plus de l'hydrogène[1]. »

Les deux éminents chimistes approchaient, comme on vient de le voir, de la vérité ; ils allaient la saisir, lorsque l'autorité de la théorie régnante vint à les en détourner. Les paroles que nous venons de citer, ils ne les présentaient que comme l'expression d'une *hypothèse possible ;* mais ils n'osaient soutenir leur opinion en face de leurs vieux maîtres, Berthollet, Fourcroy, Chaptal, pour qui la théorie de Lavoisier était presque une religion.

Davy ne devait pas avoir les mêmes scrupules. Il ne pouvait pas, ne fût-ce que comme Anglais, se laisser dominer par une théorie à laquelle les savants français demeuraient attachés comme à une gloire nationale. Il aborda donc de nouveau le problème avec une complète liberté d'esprit ; résumant les tentatives qui avaient été faites pour désoxyder l'acide muriatique oxygéné, il déclara que ce pré-

1. Dans le t. II des *Mémoires de la société d'Arcueil.*

tendu acide, découvert par Scheele, est un *corps simple* et qu'en se combinant avec l'hydrogène il forme l'acide muriatique. Ce corps simple, gazeux, il l'appela *chlorine*, du mot grec *chloros*, jaune verdâtre, à cause de la couleur de ce gaz; ce nom fut changé plus tard en *chlore*, qu'il porte encore aujourd'hui. Mais Davy ne se borna pas seulement à lui donner un nom; il démontra que le chlore peut, dans ses combinaisons avec les autres corps, jouer le même rôle que l'oxygène, et que les réactions jusqu'alors incompréhensibles s'expliquaient par là naturellement.

La théorie de Lavoisier fut ainsi sapée par la base : il fallait bien reconnaître que l'oxygène n'est pas l'élément unique de la combustion, qu'il y a des acides (*hydracides*), des sels (*haloïdes*) et des bases (*chlorobases*), dans la composition desquels il n'entre pas un seul atome d'oxygène. Cependant malgré l'évidence de ces faits, la théorie de Lavoisier, la théorie française, conserva des partisans nombreux. Et, chose digne de remarque, c'est parmi ses compatriotes que Davy rencontra les plus violents adversaires; tant il est vrai que, même en science, nul n'est prophète dans son pays. Murray, professeur de chimie à Édimbourg, persistait à soutenir que le chlore est un composé d'oxygène et d'acide muriatique sec. Il publia, dans le journal de Nicholson, une série d'articles pour défendre l'ancienne doctrine. Humphy Davy y fut

l'objet de vives attaques. Il chargea son frère d'y répondre. « Cette controverse, rapporte John Davy, quoique conduite avec une chaleur et une acreté inutile, ne fut pas cependant tout à fait sans résultats. Elle fit découvrir deux gaz nouveaux, l'*euchlorine* (acide chloreux), composé de chlore et d'oxygène, et le *phosgène*, composé de chlore et d'oxyde de carbone. Ces deux gaz, que Murray avait rencontrés dans ses expériences, et dont il ignorait la composition, étaient en grande partie la cause de l'erreur qu'il soutenait. »

Cependant les faits continuèrent à s'accumuler. La découverte de l'iode, substance dont les propriétés chimiques ont la plus grande analogie avec celles du chlore, fit enfin abandonner universellement une théorie devenue insoutenable. Un mot sur cette découverte.

Découverte de l'iode. — Un habile salpêtrier de Paris, qui demeurait rue du Regard, et se nommait Courtois (nous n'en avons d'autres détails biographiques), découvrit, vers le milieu de 1811, dans les cendres des plantes marines une matière noirâtre qui corrodait ses chaudières : c'était l'*iode*, ainsi appelé depuis, à cause de la belle couleur violette de sa vapeur. (*Iodès*, en grec, signifie *violet*.) Courtois remit des échantillons de cette matière à Clément, chimiste, qui en fit l'objet de ses re-

cherches, et n'en fit connaître les résultats que le 20 novembre 1813, dans une séance de l'Académie des Sciences. H. Davy, qui, par une faveur spéciale de l'empereur Napoléon Ier, avait obtenu la permission de traverser la France pour se rendre en Italie, se trouvait alors à Paris [1].

Ici s'élève un singulier conflit de priorité. Qui des deux, de Gay-Lussac ou de Davy, fit le premier connaître l'iode comme corps simple?

Donnons d'abord la parole à Gay-Lussac. « M. Clément, dit-il, était encore occupé de ses recherches, lorsque M. Davy vint à Paris. Il ne crut pouvoir mieux accueillir un savant aussi distingué qu'en lui montrant la nouvelle substance qu'il n'avait encore montrée qu'à MM. Chaptal et Ampère. Je rapporte ces circonstances pour répondre à l'étrange assertion que l'on trouve dans le journal de MM. Nicholson et Tilloch n° 189, p. 69 (année 1814); cette assertion est ainsi conçue : « Il paraît que l'iode fut « découvert plus de deux ans auparavant; mais tel « est l'état déplorable des savants en France, qu'on « n'en avait rien publié jusqu'à l'arrivée de notre « philosophe anglais. » — Peu de temps après avoir montré l'iode à M. Davy et lui avoir communiqué le résultat de ses recherches, M. Clément, ajoute Gay-Lussac, lut sa note à l'Institut et la termina en

1. Voy. page 206.

annonçant que j'allais les continuer. Le 6 décembre, je lus en effet à l'Institut une note qui fut imprimée dans le *Moniteur*, le 12 décembre, et qui l'a été ensuite dans les *Annales de Chimie*, t. LXXXVIII, p. 311. Je ne rappellerai pas ici que les résultats qu'elle renferme ont déterminé la nature de l'iode et que j'y ai établi que cette substance est un corps simple, analogue au chlore. Personne n'a contesté jusqu'à présent que j'aie fait connaître le premier la nature de l'iode, et il est certain que M. Davy n'a publié ses résultats que plus de huit jours après avoir connu les miens [1]. »

Nous venons d'entendre Gay-Lussac.

Écoutons maintenant Davy. « M. Ampère eut, dit-il, la bonté de me donner un peu de cette substance (iode), et M. Clément m'ayant sollicité de la soumettre à quelques essais analytiques, je fis à ce sujet diverses expériences, qui me convainquirent que c'était une *substance nouvelle*, *indécomposable dans aucune des circonstances auxquelles j'étais capable de l'exposer*, et que l'acide auquel elle donnait naissance dans ses réactions, *n'était pas l'acide muriatique*, mais un acide nouveau, ayant beaucoup de ressemblance avec l'acide muriatique. »

Ces paroles de Davy se lisent au commencement

1. *Annales de chimie*, t. XCI, p. 5. *Moniteur* du 12 décembre 1813.

d'un mémoire intitulé *Some experiments and observations on a new substance which becomes a violet colored gas by heat*[1] (Quelques expériences et observations sur une substance nouvelle qui se change, par la chaleur, en une vapeur violette), et communiqué à la Société royale de Londres le 20 janvier 1814. Elles se trouvent confirmées et complétées dans une lettre adressée de Florence, en date du 18 mars 1814, à John Davy. « J'ai travaillé sur l'iode et un peu sur la torpille. L'iode a été, pendant deux ans, à l'état embryonnaire. Je vins à Paris. Clément me pria de l'examiner : il croyait que c'était un corps composé, produisant de l'acide muriatique. J'y travaillai quelque temps; je déterminai que c'était un corps nouveau, et qu'il produit un acide particulier (acide iodhydrique) en se combinant avec l'hydrogène. J'en fis part à Gay-Lussac, à Ampère et à d'autres chimistes. Le premier prit immédiatement « la parole du Seigneur de la bouche de son serviteur, » et traita ce sujet comme il avait traité le potassium et le bore. Le mémoire *Sur l'iode*, que j'ai envoyé à la Société royale, je l'ai écrit avec l'approbation de Clément, et une note, publiée dans le *Journal de Physique*, établit mes droits de priorité. »

1. Ce mémoire a été réimprimé dans le t. V, p. 437 et suivantes des *OEuvres complètes* de Davy.

Nous avons vu que Gay-Lussac eut soin de nous apprendre lui-même, dans une note imprimée au *Moniteur* du 12 décembre 1813, comment il détermina le premier la nature de l'iode.

Or, voici ce que H. Davy avait écrit la *veille* du 12 décembre de la même année, dans le *Journal de Physique*, qui, comme le *Moniteur*, se publiait à Paris.

« Lettre sur une nouvelle substance, découverte par M. Courtois dans le sel de varec, à M. le chevalier Cuvier, par Sir H. Davy.

Paris, le 11 décembre 1813.

« Monsieur, je vous ai dit, *il y a huit jours*, que je n'avais pu découvrir l'acide muriatique dans aucun des produits de la nouvelle substance découverte par M. Courtois dans le sel de varec, et que je regardais l'acide qu'y a fait naître le phosphore dans les expériences de MM. Désormes et Clément, comme un composé de cette nouvelle substance et d'hydrogène, et la substance elle-même comme un *corps nouveau, jusqu'à présent indécomposé*, et appartenant à la classe des substances qui ont été nommées *acidifiantes* ou *entretenant la combustion*. Vous m'avez fait l'honneur de demander communication de mes idées par écrit. Plusieurs chimistes s'occupent aujourd'hui de cet objet, et il est probable

qu'une partie de ces conclusions auront été également trouvées par eux, principalement par M. Gay-Lussac, dont la sagacité et l'habileté doivent nous faire espérer une histoire complète de cette substance. Mais puisque vous pensez qu'une comparaison de différentes vues et expériences, faites d'après différents plans, pourraient répandre plus de lumières dans un champ de recherches si nouveau et si intéressant, je vous communiquerai mes résultats généraux.... »

Suit l'exposé d'une série de recherches, propres à faire connaître la nature de l'iode. L'auteur ajoute en terminant :

« J'ai essayé de décomposer la nouvelle substance en l'exposant à l'état gazeux dans un petit tube, à l'action de la pile de Volta, par un filament de charbon qui devient chauffé jusqu'au rouge durant l'opération. Il se forme dans le commencement un peu d'acide ; mais cette formation cesse bientôt, et quand le charbon a été chauffé au rouge, la substance n'a éprouvé aucune altération. »

« Je suis, Monsieur, etc.

« HUMPHRY DAVY. »

Il suffit de comparer, pour juger. C'est évidem-

ment H. Davy, et non Gay-Lussac, qui le premier a fait connaître la nature de l'iode[1].

L'éminent chimiste anglais fut très-sensible au tour (*turn*) que lui avait joué celui qu'il avait proclamé « le premier des chimistes français. » Il s'en expliqua dans une lettre à son frère. « Pendant mon séjour à Paris, je voyais, dit-il, souvent Berthollet, Cuvier, Chaptal, Vauquelin, Humboldt, Morveau, Clément, Chevreul et Gay-Lussac. Ils étaient tous polis et attentifs pour moi, et, à l'exception du tour que m'a joué Gay-Lussac en publiant, sans le reconnaître, ce qu'il avait d'abord appris de moi, je n'eus à me plaindre d'aucun de ces messieurs. Mais qui pourrait faire taire l'amour-propre? Il n'est cependant pas bon d'entrer en conflit avec la vérité et la justice. Mais, laissons là la morale et mes griefs. L'iode est pour moi un utile allié.... La vieille théorie est maintenant presque tout à fait abandonnée en France. Parmi les chimistes je ne connais que Thenard qui, à Paris, la défende, et encore ne la défend-il que faiblement, et, peut-être qu'en ce moment (mars 1814), y a-t-il renoncé[2]. »

Lorsque Davy eut annoncé au monde savant son puissant moyen d'analyse, ce furent Gay-Lussac et

1. Le nom même d'*iode* est dû à Davy; il l'avait d'abord appelé *iodine* pour rappeler son analogie avec le chlore, nommé par lui *chlorine*.

2. *Memoirs of the life of sir Humphry Davy*, p. 180-181.

Thenard qui l'étudièrent les premiers : ils l'expérimentèrent en grand, grâce à l'empereur Napoléon Ier, qui avait mis à la disposition de l'École polytechnique les fonds nécessaires à la construction d'une pile colossale. Pendant une de ces expériences, Gay-Lussac faillit perdre la vue par la projection d'un fragment de potassium (le 3 juin 1808). Il reçut les soins empressés du célèbre chirurgien Dupuyfren, et se crut aveugle pendant un mois. Thenard faillit s'empoisonner avec du sublimé corrosif. Dulong perdit un œil et un doigt en découvrant le chlorure d'azote, composé liquide, oléagineux, explosible, qu'on obtient en faisant passer un courant de gaz chlore dans une dissolution de sel ammoniac. Ampère, dans une lettre à Davy, mentionne l'accident arrivé au célèbre physicien. « Vous avez sans doute appris, lui mande-t-il, la découverte qu'on a faite à Paris il y a près d'un an, d'une combinaison de gaz azote et de *chlorine*[1], qui a l'apparence d'une huile, plus pesante que l'eau, et qui détonne avec toute la vitesse des métaux fulminants à la simple chaleur de la main, ce qui a privé d'un œil et d'un doigt l'auteur de la découverte. Cette détonnation a lieu par la simple séparation des deux gaz (azote et chlore), comme celle de la combinaison d'oxygène et chlorine. Il y

1. On voit qu'Ampère se servait de la nomenclature anglaise.

a également beaucoup de lumière et de chaleur produit par cette détonnation. »

L'accident qui estropia Dulong eut lieu en 1812, quatre ans après celui qui faillit aveugler Gay-Lussac. La science aussi est un champ de bataille. Mais quelle différence d'avec l'autre! Le souverain qu'on sert ici se nomme *progrès*; c'est le vrai bienfaiteur de l'humanité.

Au moyen de l'électricité combinée avec l'action du potassium ou du sodium, Gay-Lussac et Thenard, associés dans leurs travaux, parvinrent à démontrer que l'acide borique, ou, comme on l'appelait alors, l'*acide boracique*, est composé d'oxygène et d'un élément nouveau qui reçut le nom de *bore*, et ils entrevirent la composition de l'*acide fluorique* (acide fluorhydrique), formée d'hydrogène et de *fluor*, corps qui, à cause de sa propriété d'attaquer, de corroder tous les vases, n'a pu être encore isolé à l'état de pureté.

Davy s'était occupé de l'analyse des mêmes composés; mais il eut soin de rendre aux travaux des deux éminents chimistes français toute la justice qu'ils méritaient. Les succès d'autrui ne lui portaient jamais ombrage : unissant à une grande intelligence un noble cœur, il ne voyait dans la science que le plus sûr moyen de servir l'humanité.

AVENIR DE LA CHIMIE

III

AVENIR DE LA CHIMIE.

La chimie, comme toute science expérimentale, est une œuvre continue, progressive. Il peut y avoir çà et là, comme nous l'avons montré, des périodes stériles, des moments d'arrêt, d'une durée variable; mais jamais il n'y aura cessation absolue. La pensée perfectible, qui a pour outils les sens et l'intelligence, se transmet indéfiniment : elle est immortelle.

Les ouvriers de la pensée ou du progrès se sont distribué les rôles de leur travail, suivant leurs aptitudes personnelles. Les uns font des théories et provoquent par leurs conceptions, souvent erronées, le contrôle de l'expérience. Les autres, opé-

rant directement sur la matière, découvrent des faits, féconds en résultats. D'autres enfin, plus attentifs aux applications, perfectionnent les moyens d'investigation ou en inventent de nouveaux.

C'est sur cette division naturelle du travail que repose la classification des chimistes philosophes, des chimistes manipulateurs et des chimistes investigateurs. Il est bien entendu qu'il y en a qui appartiennent à toutes ces catégories à la fois; c'est particulièrement le cas des chimistes philosophes et des chimistes investigateurs.

Chimie moléculaire.—Qu'est-ce que la matière? Est-elle réellement divisible à l'infini? Comment se transforme-t-elle? Ces questions, sans cesse renouvelées, furent déjà posées par les plus anciens philosophes de la Grèce.

Voici ce que disait, il y a vingt-trois siècles, Anaxagore, le même que les Athéniens accusèrent d'impiété, et qui n'échappa que par la fuite à la sentence de mort, décrétée contre lui. Les paroles de ce grand novateur méritent d'être citées, ne fût-ce que pour montrer que, dans le domaine des idées, la vérité se présente quelquefois à l'esprit humain comme la belle d'un beau rêve.

« Tout est dans tout. Chaque atome est un monde en miniature. Nos aliments servent à produire les muscles, le sang, les os, en un mot, toutes les par-

ties de notre corps. Cela serait-il possible, s'il n'y avait pas dans les aliments des atomes identiques avec ceux dont se composent les muscles, le sang, les os, etc.? Les corps peuvent être décomposés en leurs *homéoméries* ou particules similaires; mais ces particules similaires sont elles-mêmes insécables et indestructibles. Il suit de là que le nombre des homéoméries ne peut être ni augmenté, ni diminué. La quantité de matière, dont se compose le monde, est donc constante, quelles que soient ses transformations. »

Nos chimistes et nos physiciens ne sauraient mieux faire que de développer ces conceptions grandioses.

L'idée de comparer les mouvements des atomes de la matière aux mouvements des corps célestes n'est pas nouvelle. Newton la reprit avec une incontestable autorité. D'Alembert était entré dans la même voie, quand il proposa de concevoir l'univers comme l'expression d'un fait unique. Mais ce fut un contemporain et un compatriote de Newton, Robert Boyle, qui traça le premier aux chimistes la route à suivre dans l'étude de la constitution moléculaire des corps. « Quel que soit, dit-il, le nombre des éléments, on démontrera peut-être un jour qu'ils consistent dans des corpuscules insaisissables, de forme et de grandeur déterminées, et que c'est de l'arrangement de ces corpuscules que résulte le

grand nombre des composés que nous voyons. Si, avec des briques de même dimension et de même couleur, nous construisons des ponts, des routes, des maisons, par un simple changement dans la disposition de ces matériaux de même espèce, quelle multitude de composés ne doit pas produire le groupement varié de ces corpuscules primitifs, que nous ne supposons pas tous d'égale forme comme les briques[1]? »

L'existence de ces *corpuscules primitifs*, qu'aucun œil humain ne saurait percevoir, est directement indémontrable. Mais d'irrécusables faits y conduisent la pensée : les transformations perpétuelles, cycloïdales, de la matière témoignent d'un mouvement moléculaire qui, de tout temps, a soumis la curiosité humaine à de bien rudes épreuves. L'imagination, toujours portée à parler la première, se trouve, d'un côté, attirée par un grand mystère, et de l'autre, retenue par les brides de l'expérience.

Mais, on a beau se tenir sur ses gardes, s'armer de prudence, c'est presque toujours « la folle du logis, » l'imagination, qui l'emporte. Comment y parvient-elle? Au moyen des mots qui ont l'air de dire beaucoup, et qui, au fond, ne disent pas grand' chose; témoins les mots, *attraction*, *cohésion*, *affinité*. A-t-on jamais pu s'entendre sur le sens précis

1. Boyle, *Philosophical works*, vol. I, p. 193.

de ces mots? Évidemment non; car, si on avait pu s'entendre à cet égard, on n'aurait pas vu les auteurs venir, chacun à son tour, proposer sa manière d'envisager l'attraction, la cohésion, l'affinité. Heureusement on commence aujourd'hui à s'apercevoir qu'on s'était fourvoyé.

Pour former des composés, l'homme peut-il varier à son gré les proportions et le nombre des composants ; en d'autres termes, peut-il créer des combinaisons arbitraires, ou bien toutes les combinaisons ont-elles été préétablies dans l'ordre général par l'invariabilité des rapports des composants?

Cette grande question divisait encore les chimistes au commencement de notre siècle, comme la question de la génération spontanée, à laquelle elle se rattache, continue à diviser les naturalistes.

Deux champions entrèrent en lice, Berthollet et Proust. Berthollet prétendait que « les combinaisons de la chimie se font dans toutes les proportions, quand la cristallisation ou toute autre cause physique ne vient pas limiter le pouvoir de l'affinité. » — L'habile chimiste avait été conduit à cette manière de voir par l'examen de quelques composés qui se détruisent peu à peu par le lavage, et dont les éléments paraissent pouvoir se combiner dans toutes les proportions possibles.

Proust soutenait, au contraire, que les vrais composés sont nettement caractérisés par l'invariabilité

du rapport dans lequel leurs éléments se combinent, et que « tous les corps de la nature ont été faits à la balance d'une sagesse éternelle. »

Berthollet, engagé dans une fausse voie, devint obscur, embarrassé, diffus. Proust, précis et original, eut des réponses à toutes les objections. Comme il n'admettait que deux oxydes, correspondant à deux sulfures, on lui objecta le minium, le tritoxyde de plomb. « Eh bien, répliqua-t-il sans se déconcerter, le minium est un composé de protoxyde et de peroxyde. » Et cette manière de voir, confirmée par l'expérience, fut bientôt universellement adoptée.

Pourquoi Proust ne découvrit-il pas la loi des nombres proportionnels, vers laquelle convergeaient cependant tous ses travaux? C'est parce que, en formulant ses résultats analytiques, il prenait pour terme constant le poids de la matière employée, au lieu de choisir pour cela le poids de l'un des éléments du composé. Dans ce dernier cas, il aurait vu clairement le rapport qui existe entre le poids de cet élément pris pour unité et les poids des autres éléments. Par exemple, en prenant, comme l'avait fait Proust, pour terme constant, 100 parties de protoxyde d'étain, on trouvera simplement qu'elles renferment 87 parties d'étain et 13 parties d'oxygène; de même que 100 parties de deutoxyde contiennent 78 parties d'étain et 22 par-

ties d'oxygène. Mais si, comme aurait dû le faire Proust, on choisit pour terme constant l'étain, on trouvera que 100 parties de ce métal se combineront avec 28 parties d'oxygène, pour former le deutoxyde, et avec 14 parties d'oxygène pour former le protoxyde d'étain. Or, 28 : 14 :: 2 : 1. La quantité d'oxygène contenue dans le deutoxyde est donc double de celle que renferme le protoxyde.

L'analyse fit découvrir beaucoup d'autres composés analogues, et bientôt on acquit une somme de faits suffisants pour permettre à Higgins ou à Dalton[1] de formuler nettement la loi des *proportions multiples*, déjà entrevue par Wenzel et Richter. D'après cette loi, qui n'exprime qu'un fait général, « les quantités différentes d'un même élément qui entre dans la composition d'un corps, sont des multiples ou des sous-multiples. »

A la loi des proportions multiples se rattache la doctrine des *équivalents*. Celle-ci n'est en réalité qu'une manière de comprendre plus largement les mêmes

1. William Higgins (*A comparative view of the phlogistic and antiphlogistic theories*, Londres, 1789) croyait au fait des proportions multiples, mais il ne l'érigea point en loi. Quant à Bryan Higgins (*Experiments and observations*, etc., Londres, 1786), il n'avait jamais songé à généraliser le fait des proportions définies et multiples, bien qu'il se fût beaucoup occupé des atomes. C'est donc Dalton qui formula le premier la loi qui porte son nom, comme l'a établi R. A. Smith, dans *Memoir of Dalton and History of the atomic theory up to his time*, Londres, 1856.

faits. Dire, par exemple, que 590 parties de potasse neutralisent 501 parties d'acide sulfurique ou 675 d'acide nitrique, c'est constater un simple fait expérimental, immédiatement contrôlable par un réactif, par le papier de tournesol, propre à indiquer la neutralisation : tout se borne là. Mais dire que la même quantité de potasse *équivaut* aux quantités indiquées d'acide sulfurique ou d'acide nitrique, c'est supposer à ce même fait une valeur qui dépasse les limites de l'expérience immédiate. Il importe alors de s'entendre préalablement sur le choix de l'élément qui doit servir d'unité. L'élément qui remplit le mieux ce but, sera celui qui entre dans des composés bien connus, tels que les sels, les acides et les bases.

Revenons maintenant à l'exemple cité. On sait, par l'analyse, que la potasse est un composé d'oxygène et de potassium, de même que l'acide sulfurique est un composé d'oxygène et de soufre. Comme l'oxygène se trouve à la fois dans les deux composés, c'est à lui que nous rapporterons les quantités pondérales des autres éléments. La synthèse nous avait appris qu'il faut 590 parties de potasse pour neutraliser 501 parties d'acide sulfurique. Or, si nous représentons l'oxygène par 100, il restera 490 pour le potassium; ce sera donc là l'*équivalent* du potassium, celui de l'oxygène étant 100. Et, comme dans 501 parties d'acide sulfurique on trouve le triple de l'oxygène de la potasse, 501 — 300 = 201

sera l'équivalent du soufre. Dans 675 parties d'acide azotique existe le quintuple de l'oxygène contenu dans 590 de potasse; l'équivalent de l'azote sera donc $677 - 500 = 175$.

Il est facile de déterminer ainsi les équivalents de tous les corps qui forment, avec l'oxygène, des acides saturant la même quantité de potasse. Par exemple, la quantité d'oxygène contenue dans 275 d'acide carbonique (quantité pondérale neutralisant 590 parties de potasse) est le double de l'oxygène renfermé dans 590 de potasse; de là, l'équivalent du carbone $275 - 200 = 75$.

Nous venons de voir le cas d'une même quantité de base, neutralisée par des quantités d'acides différentes. Prenons maintenant le cas inverse, et choisissons pour quantité constante les 501 parties d'acide sulfurique que nous avons vues saturer 590 de potasse. Nous trouverons alors que cette quantité du même acide neutralise 390 de soude, 956 de baryte, 1450 d'oxyde d'argent, etc. Et comme l'oxygène contenu dans chacune de ces bases n'est que le tiers de celui renfermé dans 501 parties d'acide sulfurique, nous aurons pour l'équivalent du sodium $390 - \frac{300}{3} = 290$; pour l'équivalent du baryum, $960 - \frac{300}{3} = 856$; pour celui de l'argent, $1450 - \frac{300}{3} = 1350$.

Rien de plus simple que de construire sur ces données une *table des équivalents*. Seulement, il ne

faut pas oublier qu'elles sont déduites du rapport des oxacides et des oxy-bases, et que ce rapport est expérimentalement indiqué par la neutralité des sels. Le même procédé est encore applicable aux hydracides. Ainsi, l'acide chlorhydrique, en réagissant sur la potasse, forme de l'eau (par la combinaison de l'hydrogène de l'acide avec l'oxygène de la base), et du chlorure de potassium neutre. Le chlore a donc pour équivalent la quantité pondérale de ce gaz qui remplace l'oxygène de la potasse.

Mais la difficulté commence lorsqu'on cherche à déterminer les équivalents des métaux qui, par leurs différents degrés d'oxydation, forment plus d'une base. Tel est, entre autres, le cas du fer. Ce métal produit deux oxydes salifiables: dans l'un, 100 parties d'oxygène sont unies à 339 parties de fer : c'est le protoxyde; dans l'autre, la même quantité d'oxygène est unie à 226 parties de fer : c'est le peroxyde. Lequel des deux, de 339 ou de 226, sera l'équivalent du fer? Car, le protoxyde (339 fer + 100 oxygène), et le peroxyde (226 Fe + 100 O), sont également susceptibles de saturer un équivalent d'acide.

Cette incertitude donne la liberté du choix. La situation est fort embarrassante pour l'esprit habitué à être conduit par l'expérience comme l'enfant à la lisière, ou comme un animal guidé par l'instinct. A ce propos nous rappellerons une anecdote de B. de

Saussure. Ce célèbre voyageur des Alpes était accompagné d'un chien de chasse très-intelligent. « Un soir, avant de se coucher sur un tas d'herbes, mon chien, raconte-t-il, se mit à tourner sur lui-même, comme les chiens ont l'habitude de faire en pareil cas. Un berger qui se trouvait là, me dit en riant : Je parie que vous, monsieur, qui connaissez toutes les herbes et les pierres de la montagne, vous ne saurez pas répondre à une question que je vais vous faire. Pourquoi ce chien tourne-t-il si longtemps avant de se coucher, tandis qu'un homme se couche tout de suite sans se tourner sur son lit ? Je répondis que le chien faisait ce mouvement pour produire un enfoncement dans lequel il se trouvât plus à l'aise. Point du tout, répliqua le berger ; car il pourrait pétrir cette herbe sans se tourner. Mais ne voyez-vous pas, à son air incertain, qu'il ne tourne que parce qu'il hésite sans cesse sur l'endroit où il mettra sa tête ; il veut la mettre ici, puis là, puis encore là ; il n'y a point de raison qui le décide ; au lieu qu'un homme, qui voit d'abord le chevet sur lequel il doit placer sa tête, n'hésite, ni ne tourne. J'avoue que je ne me serais pas attendu à voir sortir de la bouche de ce berger un argument contre la *liberté d'indifférence*. »

Une simple convention fit cesser l'incertitude, la liberté d'indifférence. Il fut convenu de représenter « l'équivalent d'un métal par la quantité de ce métal

qui, en se combinant avec 100 parties d'oxygène, forme un protoxyde. » D'après cette convention, le protoxyde devait se composer de 1 équivalent de fer et de 1 équivalent d'oxygène, et le peroxyde, de de 2/3 équivalent de fer et de 1 équivalent d'oxygène.

Mais, d'après ce système, on arrive à des fractions d'équivalents. Les nombres fractionnaires, nous avons beau faire, déplairont toujours à notre esprit, comme les dissonances déplaisent à nos oreilles. Le sentiment de l'harmonie n'est-il pas instinctif?

Le système adopté se compliqua bientôt d'une difficulté nouvelle. Tous les corps ne se comportent pas comme les acides et les bases. Il y en a beaucoup qui se refusent à toute neutralisation. Combien faut-il, dans un composé binaire, de chlore pour remplacer le soufre, de carbone pour remplacer l'azote, etc.? Quelle méthode faudra-t-il ici employer?

Les philosophes grecs, d'une imagination si féconde, nous ont légué tout un arsenal de théories. C'est de là que les chimistes ont tiré la conception des atomes, qui passe pour une invention de Démocrite.

La matière est divisible à l'infini. Mais l'infini n'est point à notre portée. Que faire? Imaginer la matière composée d'un nombre incalculable de par-

ticules insécables, d'atomes. Voilà comment l'esprit se tire d'affaire, quand l'expérience lui fait défaut. Cette idée de Démocrite fut reprise par Leucippe et par Épicure, chantée en beaux vers par Lucrèce, et singulièrement perfectionnée par les modernes. Bryan Higgins enseignait, en 1775, « que l'attraction d'un corps n'est que la somme des attractions exercées par les atomes élémentaires de ce corps, et que cette somme en réprésente aussi le poids spécifique. » — Suivant B. Higgins, les atomes d'un élément sont tous homogènes, polarisés, globulaires, séparés par des intervalles, et groupés à la fois dynamiquement et géométriquement[1].

Ce fut pour donner un corps à la doctrine empirique des équivalents que les chimistes recoururent aux atomes. Ils supposèrent que les atomes diffèrent d'une espèce de matière à l'autre par leur poids, sinon par leur forme, et qu'en se déplaçant les uns les autres ils conservent leur nature élémentaire, propre. On voit que dans tout cela il n'y a, au fond, qu'une question de rapport, et c'est par là que la chimie se lie aux mathématiques.

Cependant la théorie atomique, que ne justifiait aucune nécessité, aurait été probablement abandonnée, si elle n'avait pas trouvé un point d'appui dans un fait inattendu. Les chimistes, contemporains

1. R. A. Smith, *Memoir of Dalton*, p. 168 et suiv.

de Lavoisier, avaient varié sur la composition de l'eau : ils l'estimaient composée, les uns d'un peu plus, les autres d'un peu moins de 2 volumes d'hydrogène pour 1 volume d'oxygène. Ce travail analytique fut incidemment repris, en 1805, par Alexandre de Humboldt et Gay-Lussac : ils avaient besoin, pour leurs analyses eudiométriques de l'air, de connaître avec la dernière précision, le rapport de l'hydrogène et de l'oxygène en volumes dans la formation de l'eau [1]. Or, en prenant la moyenne d'un assez grand nombre d'expériences, ils trouvèrent que ce rapport est exactement de 2 volumes d'hydrogène pour 1 volume d'oxygène. Gay-Lussac observa par la suite, que les volumes des autres gaz et des corps en vapeurs se combinent également dans des rapports simples ; puis, substituant les atomes aux volumes, il établit en principe « que les corps à l'état de gaz ou de vapeurs sont formés d'atomes qui s'unissent en proportions simples et constantes. » — Cette loi, ou plutôt cette manière de voir, Dalton l'avait, quelque temps auparavant, appliquée à tous les corps en général.

Une fois engagé dans la voie des hypothèses, on va vite. Les partisans de la théorie atomique crurent bientôt devoir admettre « que dans les gaz et vapeurs les atomes sont placés à d'égales dis-

1. Voy. pour l'eudiomètre, p. 131.

tances, et qu'à volume égal il y en a le même nombre dans deux gaz différents. » — Et comme beaucoup de corps solides sont réduisibles en vapeurs, on ne tarda pas à étendre cette idée à tous les corps, même à ceux qui ne sont ni fusibles, ni volatiles. Depuis lors on parle de *vapeur de carbone* aussi aisément que de vapeur de mercure ou de soufre.

Mais ce n'est pas tout que formuler une théorie; il faut la démontrer. C'est ici que la difficulté redouble. Accordons que, à volume égal, les gaz et les vapeurs renferment le même nombre d'atomes, et que ceux-ci ne varient, d'un corps à l'autre, que par leur poids et par la densité. Quel rapport y a-t-il entre le poids atomique et le poids spécifique (densité)? Ce rapport a été trouvé simple, non sans avoir peut-être exagéré un peu les résultats de l'analyse, afin de faire mieux cadrer, — quelle tentation! — les faits avec la théorie.

Cependant tous les corps ne sont pas d'une égale complaisance. Il y en a qui nous forcent à couper les atomes et à déclarer nettement que les gaz ne renferment pas, à volume égal, le même nombre d'atomes.

Mais, en voici bien d'une autre. Les différents corps de la nature, pris à poids égal, demandent des quantités de chaleur différentes pour s'échauffer d'un même degré; c'est cette chaleur, variable pour

chaque espèce de matière, qui a reçu le nom de *chaleur spécifique*. Or, si vous multipliez la chaleur spécifique par le poids atomique, vous obtiendrez à peu près constamment le même produit-nombre. Les atomistes s'emparèrent aussitôt de cette donnée expérimentale pour formuler une nouvelle loi, ou plutôt pour renforcer la première. D'après cette loi, « il faut une égale quantité de chaleur pour échauffer d'un degré un atome de chaque corps simple. » Cela signifie qu'il suffit de diviser le produit-nombre constant par celui de la chaleur spécifique pour avoir le poids atomique. Or, cette loi, appelée *loi de Dulong et Petit*, développée et rectifiée par M. Regnault, confirme, pour un certain nombre de corps, la loi de Gay-Lussac et de Dalton, tandis que pour d'autres corps, elle la contredit positivement.

Cependant les difficultés continuaient à s'accroître. Pour se tirer d'embarras, on fit valoir une idée de William Prout, chimiste anglais, qu'il ne faut pas confondre avec Proust, chimiste français, mentionné plus haut, et qui mourut en 1826, membre de l'Académie des sciences. D'après l'idée de Prout[1], les équivalents des corps simples seraient des multi-

1. Elle se trouve consignée, sous le voile de l'anonyme, dans un Mémoire intitulé : *On the relation of the specific gravities of bodies in their gazeous state and the weights of their atomes*, dans Thomson, *Annales of Philosophy*, année 1815, p. 321 et suiv.

ples de celui de l'hydrogène pris pour unité. Comme plusieurs faits tendent à la confirmer, on se mit aussitôt à remanier le tableau des poids atomiques, dans le sens indiqué par le chimiste anglais. Et voilà comment l'oxygène fut détrôné par l'hydrogène.

Cependant quelques chimistes eurent des scrupules. Avant d'adopter cette nouvelle manière de voir, ils voulurent, — les curieux! — interroger la balance. Et c'est ainsi que M. Stas, entre autres, fut amené à déclarer, au nom de l'expérience, « qu'on doit considérer la loi de Prout comme une pure illusion, et regarder les corps indécomposables de notre globe comme des êtres simples n'ayant aucun rapport simple de poids entre eux. »

L'hypothèse de W. Prout implique l'idée d'une matière première unique, idée qui compte encore un certain nombre de partisans.

Nous croyons que la question ne sera résolue qu'après avoir abandonné l'idée d'une échelle unique, dont les termes se rapporteraient à l'oxygène et à l'hydrogène, pris pour unité. La nature nous offre partout des groupes d'êtres dont chacun a son centre de rotation. C'est le lien commun de ces groupes qu'il faudra chercher. Voilà, selon nous, l'avenir de la science des atomes.

La constitution moléculaire des corps a été en même temps envisagée sous d'autres faces. Qu'il

nous suffise de citer l'isomorphisme et la cristallogénie.

Les formes géométriques que les corps minéraux sont susceptibles de prendre dans certaines conditions, naturelles ou artificielles, attirèrent de bonne heure l'attention des observateurs. On remarqua que certains corps, tels que l'alun à base de potasse et l'alun à base d'ammoniaque, peuvent ensemble concourir à la formation d'un même cristal, ce qui leur fit donner le nom de *corps isomorphes*. Mitscherlich, étudia ces corps d'une manière spéciale, et parvint à établir, « que le même nombre d'atomes, combinés de la même manière, produit la même forme cristalline, et que la même forme cristalline n'est déterminée que par le nombre et la position relative des atomes, indépendamment de leur nature chimique. »

D'après ce simple énoncé, on voit qu'il ne s'agit, au fond, que d'une hypothèse. Elle fut développée par d'autres chimistes, notamment par M. H. Kopp, qui entreprit de démontrer que dans les corps isomorphes les poids spécifiques sont proportionnels aux poids atomiques.

Mais peu de savants se sont occupés de la constitution moléculaire, de la cristallogénie des corps, avec autant de persévérance que M. A. Gaudin. Montrant combien il importe de distinguer la molécule de l'atome, il réserve le nom d'*atome* exclu-

sivement à la particule matérielle, indivisible par nos moyens chimiques, et il appelle *molécule*, tout groupe naturel d'atomes. La molécule correspond au volume pour les corps gazeux et à la forme du cristal pour les corps solides. Dans beaucoup de cas on peut donc raisonner sur les molécules comme si c'étaient des volumes. C'est ce qui permet de dédoubler les volumes simples d'oxygène, d'hydrogène, de chlore, d'azote, etc., sans toucher aux atomes qui demeurent insécables; c'est ce qui fait également comprendre qu'en rapportant la densité des vapeurs à l'oxygène, molécule *bi-atomique*, il faudra diviser leurs poids par une molécule entière d'oxygène, c'est-à-dire par 2.

Grouper les atomes d'après une loi mathématique d'équilibre et de symétrie, de façon à obtenir la molécule-type des corps, tel est le problème que M. Gaudin s'est proposé de résoudre. Il trouva ainsi, par voie de construction, « que la molécule réalise toujours un polyèdre géométrique régulier et que, connaissant la position de chaque atome dans ces polyèdres, on peut suivre en quelque sorte de l'œil les évolutions des atomes et se graver dans la mémoire, de façon à ne jamais l'oublier, la vraie forme de chaque molécule, qui revêt ainsi un symbole impérissable [1]. »

1. M. A. Gaudin, *Enseignement de la chimie par la morphogénie moléculaire et la cristallogénie* (Paris, 1865)

La formation des composés d'après les divers modes de groupement des corps élémentaires n'est qu'une autre manière d'envisager le problème de la constitution atomique de la matière.

La théorie des équivalents, à laquelle se rattache celle des atomes, repose sur une idée dualistique. Cette idée fut reprise et exagérée par Berzélius. Ce grand chimiste suppose à chacun des atomes deux pôles d'état électrique opposé et de très-inégale puissance : dans les uns c'est l'électricité positive, dans les autres, c'est l'électricité négative qui prédomine. Les corps non métalliques, considérés comme les plus électro-négatifs, occuperont l'un des côtés de l'échelle, et les corps métalliques occuperont l'autre, comme les plus électro-positifs. Les deux extrémités de cette échelle sont représentées par l'oxygène et par le potassium; l'hydrogène forme la limite qui sépare les corps électro-positifs des corps électro-négatifs. A ce point de vue, tous les composés se formeront binairement, quel que soit le nombre des éléments qui y concourent.

La *théorie électro-chimique* de Berzélius a pour point de départ un fait d'une incontestable réalité. Lorsqu'on soumet un sel à l'action de la pile, on le voit se partager en deux : l'acide ou le groupe non-métallique se rend à un pôle, pendant que la base ou le groupe métallique se rend à l'autre.

Mais cette théorie est loin d'expliquer tous les faits. Il y en a même qui la contredisent formellement. Vers 1834, M. Dumas et Auguste Laurent montrèrent que le chlore et l'hydrogène peuvent, dans certaines combinaisons, se substituer l'un à l'autre, quoique d'après la classification électrochimique, le premier soit électro-négatif, et le second électro-positif. Cette *substitution* a lieu molécule par molécule, équivalent par équivalent. Elle a été depuis confirmée et généralisée.

Mais, en science comme ailleurs, on ne renonce pas facilement à ses idées. Si le fait est brutal, la théorie est opiniâtre. Berzélius a dit lui-même avec une parfaite justesse : « L'habitude d'une opinion fait naître la foi en sa réalité ; elle en voile les parties faibles et empêche l'esprit d'admettre les preuves contraires. » C'est ce que le célèbre chimiste aurait dû se rappeler lorsqu'il imagina son système des *radicaux* pour faire cadrer les faits nouveaux avec sa théorie. Presque tous ces radicaux composés, qui devaient jouer en chimie organique le rôle des éléments de la chimie minérale, étaient des corps fictifs, hypothétiques ; mais ils étaient nécessaires pour justifier la polarité, le dualisme électrique des combinaisons. Avec des nombres donnés d'oxygène, de carbone, d'hydrogène et d'azote, on peut formuler une multitude de combinaisons diverses. Mais, ces combinaisons, très-réelles dans l'esprit de ceux qui

les conçoivent, existent-elles réellement dans la nature? Là est toute la question. La pensée humaine et la pensée créatrice sont deux choses essentiellement distinctes, que l'imagination, renforcée par l'orgueil, tend toujours à confondre. Quel foyer d'erreurs!

La *théorie des substitutions* détrôna la théorie électro-chimique. Elle aussi eut pour point de départ l'expérience, mais, dans ses interprétations et dans ses rapprochements souvent heureux, elle a rencontré d'insurmontables difficultés; et là où il aurait fallu reconnaître son impuissance, on n'a fait que multiplier les hypothèses.

En remplaçant 3 atomes de l'hydrogène de l'acide acétique ($C^2 H^4 O^2$), par 3 atomes de chlore, on obtient un composé dérivé, également acide, l'*acide trichloracétique*, représenté par la formule $C^2 H^3 Cl O^2$.

Forts de ce fait et de quelques autres analogues, les auteurs de la théorie des substitutions établirent en principe que « les propriétés fondamentales du dérivé sont identiques à celles du composé primordial. » Ils reprirent le mot radical, déjà employé par Lavoisier, ils divisèrent les radicaux en *fondamentaux* (noyaux) et en *dérivés*, et leur firent à tous, malgré leur composition, jouer le rôle de corps simples.

La théorie des substitutions, ainsi formulée, n'était donc que la doctrine des équivalents, envisagée

à un autre point de vue : l'équivalence *qualitative* y remplaçait l'équivalence *quantitative*.

Mais bientôt surgirent des faits qui semblaient devoir immédiatement renverser le principe de la théorie des substitutions. Par la réaction du chlore sur la cinchonine, considérée comme radical, on obtint des dérivés indifférents qui ne partagent aucunement la propriété basique de la cinchonine. Le même fait se produisit pour les dérivés chlorés de l'aniline et pour les ammoniaques acides, décrits par Gerhardt.

Ce fut alors que, pour étayer un édifice mal assis, on eut recours à l'idée des *types*. Et comme, en suivant cette voie, il y aurait eu à la fin presque autant de types que de composés, il fallait songer à se restreindre. On essaya donc d'établir un certain nombre de types-noyaux ; tel est, par exemple le type *eau*, représenté par $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O$; O (oxygène) restant invariable, les atomes HH (hydrogène) peuvent être remplacés par l'hydrate de potassium KH, par l'hydrate de sodium, NaH, par l'hydrate d'éthyle, etc., pour former la potasse, la soude, l'éther, etc. A côté du type eau venaient se ranger les types *hydrogène*, *acide chlorhydrique*, *ammoniaque*, etc. ; c'était les types chimiques. M. Regnault leur substitua les *types mécaniques*, en réunissant dans un même groupe tous les corps qui renferment

un égal nombre d'atomes, quelles que soient leurs propriétés fondamentales. Il y eut aussi les *types condensés* et les *types mixtes*, qui rappellent, par leur complication, les cycles et les épicycles du système de Ptolémée.

La théorie des types devait concilier la théorie des radicaux avec celle des substitutions. Y a-t-elle réussi? Non, évidemment, puisqu'elle n'est pas parvenue à réunir tous les suffrages, et qu'il y a de nombreux composés qui s'y refusent absolument. En l'absence d'une loi générale, on est libre, aujourd'hui comme autrefois, de choisir entre la formule *brute* qui se borne à donner les éléments d'un composé, abstraction faite de toute idée préconçue, et entre la formule *rationnelle* qui indique, par la disposition, souvent arbitraire des atomes, les principaux modes de réaction chimique.

Cependant nous ne devons pas passer sous silence une théorie dont M. Würz est aujourd'hui l'éloquent promoteur et qu'il a désigné sous le nom d'*atomicité*. S'il faut entendre par là « la puissance de combinaison des atomes, » il vaudra mieux l'appeler *combinativité*. Au premier abord, cette théorie n'offre aucun sens précis. On commence à la comprendre lorsqu'on tient la pensée qui l'a fait naître. Recherchant de quelle manière l'affinité rive les atomes les uns aux autres, ses partisans s'élèvent au-dessus de la théorie des types formée par la sub-

stitution. Voici les principes qu'ils tendent à établir : « Les atomes ne sont pas doués au même degré de la force qui préside aux combinaisons; — la diversité dans la manifestation de cette force, tantôt simple, tantôt multiple, donne lieu à différentes formes de combinaison ; — dans un composé donné, représentant une quelconque de ces formes, tous les atomes sont unis par une partie ou par la totalité des affinités qui résident en eux ; — enfin, cette affinité s'exerce non-seulement entre les atomes hétérogènes, mais encore entre les atomes de même nature[1]. »

La théorie de l'atomicité n'est qu'une expression rajeunie de la loi des proportions multiples. Les idées qui s'y rattachent tiennent le milieu entre les doctrines anciennes et les théories établies par Laurent et Gerhardt.

Chimie analytique et synthétique. — Applications. — Tout n'a pas été stérile dans les doctrines que nous venons de passer en revue. En établissant une marche parallèle entre la décomposition et la recomposition des corps organiques, on a ouvert à la science une voie nouvelle. C'est dans cette voie qu'est entré résolûment M. Berthelot. Mais avant de mentionner les travaux de ce chimiste,

1. A. Würtz, *Leçons de philosophie chimique*, p. 221 (Paris, 1864).

plein d'avenir, nous allons dire un mot de l'origine et du progrès de la chimie organique.

Les anciens chimistes cherchaient à analyser les matières organiques, végétales ou animales, en les chauffant dans un simple appareil distillatoire. Ils obtenaient ainsi un résidu solide, des liquides, qui avaient passé à la distillation, et des produits gazeux, qui s'étaient volatilisés. Ce résultat était, en effet, conforme à la théorie ancienne, d'après laquelle la terre, l'eau, l'air et le feu constituaient les quatre éléments de la nature : le résidu solide (charbon) représentait la terre; les liquides (eau, huile de goudron, vinaigre, esprit de bois, etc.) figuraient l'eau; les gaz (acide carbonique, oxyde de carbone, carbures d'hydrogène, etc.), l'air. Quant au feu, il passait pour l'invisible lien de tous les corps combustibles.

Comme les matières organiques, traitées par ce procédé, donnent des résultats à peu près identiques, on comprendra facilement combien le champ de l'analyse devait être restreint. Mais depuis la découverte de l'oxygène, la méthode analytique fut radicalement changée. Ce fut encore Lavoisier qui contribua particulièrement à ce changement heureux en employant l'oxygène, à l'état d'oxyde métallique, pour brûler le carbone et le convertir en gaz acide carbonique. Ce gaz était recueilli sur de la potasse dans un appareil analogue à celui que l'on

connaît sous le nom d'appareil de Woulf[1]. L'augmentation du poids de la potasse indiquait la quantité d'acide carbonique absorbé.

Ce procédé d'analyse fut perfectionné par Thenard, Gay-Lussac et Berzélius. Le carbone y continue à être dosé comme l'avait indiqué Lavoisier; et l'hydrogène de la matière organique se sépare en même temps à l'état d'eau qui est absorbée par du chlorure de calcium. Le gaz azote, si la matière en contient, se sépare à l'état naturel; les sels alcalins, terreux et métalliques, s'il y en a, restent sous forme de cendres. L'oxygène est dosé par voie de soustraction.

La composition de l'eau et de l'acide carbonique étant connue, il sera facile d'évaluer en poids les quantités de carbone et d'hydrogène contenues dans la matière soumise à l'analyse. Quant à l'azote, insoluble dans la solution de potasse où est reçu et absorbé le gaz acide carbonique, il déplace son volume de liquide, d'où il est ensuite aisé de réduire son volume en poids. Ce procédé, qui exige beaucoup de détails et de précautions, a été perfectionné par MM. Liebig, Dumas, Woehler et d'autres chimistes habiles.

On reconnut ainsi que l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote, enfin que les quatre éléments

1. *OEuvres de Lavoisier*, t. III (Paris, 1865).

de la nature organique, vivante, continuent d'obéir à la loi des proportions définies. Cet important résultat fut particulièrement mis en lumière par les recherches de M. Chevreul sur les corps gras. Le célèbre doyen des chimistes démontra que « les substances organiques, quelle que soit la variation apparente de leurs propriétés, peuvent toujours être représentées par le mélange et l'association en proportion indéfinie d'un certain nombre de principes immédiats définis. »

La découverte des premiers alcaloïdes par Pelletier et Caventon, l'étude théorique des alcools et des éthers par M. Dumas, la connaissance plus approfondie des phénomènes de la distillation sèche des acides organiques, élargirent, il y a quarante ans, la base de la chimie organique. Les disciples ont suivi les traces des maîtres, et la voie du progrès va en s'élargissant.

Depuis une dizaine d'années, la manière d'envisager la constitution moléculaire des corps s'est considérablement modifiée; aux préoccupations de l'analyse ont succédé celles de la *synthèse*. La synthèse est à l'analyse ce que le calcul intégral est au calcul différentiel; mais elle a encore une autre portée.

Les forces chimiques qui régissent la matière organique sont-elles, dans certaines limites, identiques avec celles qui régissent la matière minérale? La

synthèse a répondu affirmativement. La même question avait été jadis résolue négativement par l'intervention de la force vitale dans la formation des composés organiques, et cette solution était acceptée comme un article de foi jusqu'au moment où Wœhler obtint en 1829, artificiellement, par la distillation du cyanate d'ammoniaque, une matière qui existe naturellement dans l'urine de l'homme; cette matière c'est l'urée. On savait déjà, il est vrai, que l'amidon, traité par l'acide sulfurique, donne un sucre tout semblable à celui qui existe dans les raisins, que le peroxyde de manganèse, chauffé avec de l'acide sulfurique et de la sciure de bois, produit le même acide que sécrète la fourmi (acide formique); enfin on savait, depuis Bergmann et Scheele, qu'en traitant le sucre de canne par l'acide nitrique, on engendre un acide, que la nature produit dans l'oseille (acide oxalique).

Mais ces données n'avaient encore causé à l'esprit qu'une surprise stérile. Pourquoi demeurèrent-elles si longtemps infécondes ? Il faut en chercher la cause dans les considérations suivantes qui formaient en quelque sorte l'opinion commune des chimistes.

Nous avons beau, se disaient-ils, plonger une plante dans un mélange d'oxygène, de carbone, d'hydrogène et d'azote, elle ne s'assimilera aucun de ces éléments : la plante périra, faute de nourriture

convenable. Il faut les lui présenter à l'état d'eau, d'acide carbonique, d'humus, d'engrais, etc., pour qu'elle puisse continuer à vivre. Ces matières deviendront à leur tour inutiles, si les conditions ou les circonstances qui les accompagnent ne sont plus les mêmes : tout mouvement organique serait arrêté, sinon détruit, si les conditions ordinaires de la température, de la pression atmosphérique, de l'état électrique de l'air, de la lumière, de la pesanteur, venaient à changer. Ce qui est vrai pour les végétaux, l'est à plus forte raison pour les animaux. Il est impossible de nous nourrir avec du charbon, avec de l'acide carbonique, avec de l'eau, avec du nitrate d'ammoniaque, lors même que ces substances seraient données exactement dans les mêmes proportions qui entrent dans la composition de la viande. Le travail vital de l'assimilation ne peut s'effectuer qu'avec des substances tirées, soit du règne végétal, soit du règne animal, c'est-à-dire avec des substances qui ont déjà servi à l'entretien de la vie, et la vie elle-même ne continue à se manifester, qu'autant que les agents physiques environnants se maintiennent dans leur état actuel. Puis, au problème de la vie vient se joindre un autre problème, non moins difficile à résoudre, celui de *l'espèce* et de *l'individualité*. La vigne tire le jus de ses grappes du même sol d'où la belladone tire son poison. Le pavot qui fournit l'opium, croît à côté de

nos plantes potagères. Le poison qui nous tue et l'aliment qui nous fait vivre, ne diffèrent l'un de l'autre que par un peu plus ou moins d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et d'azote.

Ces considérations n'étaient guère propres à encourager l'esprit de recherche. Elles étaient, de plus, corroborées par des chimistes d'une incontestable autorité. Voici ce que disait, en 1847, Berzélius, peu de temps avant sa mort : « Dans la nature vivante, les éléments paraissent obéir à des lois tout autres que dans la nature inorganique.... Si l'on parvenait à trouver la cause de cette différence, on aurait la vraie théorie de la chimie organique; mais cette théorie est tellement cachée, que nous n'avons aucun espoir de la découvrir, du moins quant à présent. »

Cependant la théorie que Berzelius trouvait « si cachée, » existe : elle a pour point de départ les *carbures d'hydrogène*. Ce point de départ n'a rien d'hypothétique : ce n'est pas par des rapprochements de formules illusoires, mais par des décompositions réelles, que tout se ramène aux carbures d'hydrogène, de différents degrés de condensation, ce qui veut dire que ces composés peuvent, sous un même volume, renfermer des quantités différentes d'hydrogène et de carbone.

En partant des carbures d'hydrogène, on obtient les *alcools* par une simple fixation de l'oxygène

ou de l'eau. Par exemple, en oxydant le gaz des marais, C^2H^4, on a l'alcool méthilique, $C^2H^4O^2$.

Mais là ne s'arrête pas la série synthétique des transformations. En enlevant de l'hydrogène aux alcools, on engendre les *aldéhydes*, groupe remarquable de composés organiques, parmi lesquels nous citerons l'essence d'amendes amères et le camphre. En oxydant les alcools au delà de la proportion correspondante aux aldéhydes, on produit toute une classe d'*acides* fort importants, tels que l'acide acétique, l'acide lactique, l'acide benzoïque, etc. Par la réaction des acides sur les alcools, on obtient les *éthers composés;* celle des alcools entre eux donne les *éthers mixtes*, et à ce genre de composés ternaires, formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, viennent se joindre les *phénols* et les *acétones*.

Il ne manquait plus que de fixer l'azote pour avoir les composés quaternaires. On y arrive en partie par l'action de l'ammoniaque. En faisant réagir cet alcali sur les acides on produit artificiellement les *amides;* en le faisant réagir sur des matières oxygénées, jouant le rôle d'alcools ou d'aldéhydes, on fait de toutes pièces quelques *alcalis organiques*, tels que la leucine, la glycollamine, l'urée. Mais la synthèse de la quinine, de la morphine de la strychnine, de la digitaline, enfin du plus grand nombre des alcaloïdes, a jusqu'ici résisté à toutes

les tentatives par les moyens connus. Cet insuccès tient, suivant M. Berthelot, plutôt à l'imperfection des analyses qui ne donnent que des formules brutes qu'à l'impuissance des méthodes synthétiques. « Aussi n'est-il pas téméraire de prédire, dès à présent, que la réalisation de ces synthèses capitales pourra être obtenue par la combinaison de l'ammoniaque avec certains principes oxygénés. Ce qui est vrai pour les alcalis organiques, peut s'appliquer à tous les corps d'origine animale, tels que l'albumine, la fibrine, l'osséine, etc., qui jouent un si grand rôle en anatomie et en physiologie. D'après leurs réactions on est fondé à considérer tous ces principes comme des amides; mais leur analyse est trop imparfaite pour que leur synthèse puisse être entreprise dans l'état actuel de nos connaissances[1]. »

Il ne faut jamais désespérer de rien; c'est le moyen de toujours aller en avant. Mais dans cette marche progressive ne rencontre-t-on pas des limites infranchissables? Ne sont-ce que les forces du monde minéral qui déterminent la formation du tissu vivant, de l'utricule végétal, des corpuscules du sang, etc.? Avec quel mouvement s'engrène celui de l'embryon au sein de l'ovule ou de la graine?

1. M. Berthelot, *Leçons sur les méthodes générales de synthèse en chimie organique ;* Paris, 1864, p. 36.

Il y a un fait qui domine toute conception de méthode, tout le cycle des homologues, c'est *l'instabilité* ou la *mobilité extrême* des éléments de tout ce qui a vie. Dès que le sang est sorti de la veine il commence à s'altérer. A l'aide du microscope on y aperçoit encore le mouvement de ces corpuscules ronds, aplatis, colorés, qui nagent dans un liquide incolore. L'analyse *oculaire* donne ici des caractères qu'aucune analyse chimique ne pourrait fournir. Mais dès qu'on touche le sang par quelque réactif ou par des moyens propres à en extraire les principes immédiats, on met fin à son existence de corps *organisé :* les molécules élémentaires, jusqu'alors si mobiles, se grouperont de manière à donner naissance à des composés *organiques* plus stables. Cependant ces composés, tels que l'albumine et la fibrine, ne possèdent pas encore la stabilité des composés *minéraux*. Un nouveau mouvement va s'emparer de leurs molécules : par une simple exposition à l'air humide, la fibrine, l'albumine, etc., se transformeront en ammoniaque, en acide carbonique, en hydrogène sulfuré, etc.

C'est ce dernier mouvement qui aura définitivement raison de tout corps organisé, aussi bien que de toute substance organique, provenant d'un être qui a cessé de vivre.

Il y a dans tout cela une gradation manifeste. Or, prétendrez-vous que cet état d'équilibre insta-

ble, temporaire, où se trouvent les molécules de la matière vivante, est identique avec l'état d'équilibre stable, définitif, des molécules de la matière minérale, et que la force qui régit le premier, est la même que celle qui préside au second? Mais une pareille prétention serait insoutenable. Direz-vous alors que le mouvement moléculaire instable est une transformation du mouvement moléculaire stable? Vous le pouvez; mais vous ne serez guère plus avancé que lorsque vous dites que la lumière est une transformation de la gravitation universelle.

Rien n'est plus nuisible au progrès que les mots qui n'éclaircissent point les faits. Que signifient, au vrai, les mots *catalyse*, *action de présence* ou *de contact*, *action des petites quantités*, etc. Nous connaissons les faits, mais leur intelligence, c'est-à-dire le fil qui les lie les uns aux autres, nous échappe. L'acide sulfurique transforme l'amidon en dextrine sans former de combinaison. Un peu de gluten altéré change une énorme quantité d'empois en sucre. Dire que ce sont des phénomènes *catalytiques*, cela ne fait pas avancer la science d'un pas.

Quoi qu'il en soit, les travaux de chimie synthétique de M. Berthelot ouvrent à la science une ère nouvelle. Sans doute ils ne sont pas tous d'une application industrielle immédiate, mais ils ont une grande portée philosophique. On ne parviendra peut-être jamais à fabriquer industriellement de

l'alcool avec le gaz d'éclairage, comme on est parvenu à faire avec des graisses la bougie stéarique, à extraire de l'huile de goudron l'aniline, cette matière tinctoriale devenue si importante, grâce aux travaux de M. Hoffmann, ou à produire des pierres artificielles par un procédé de silicatisation, auquel M. Kuhlmann a attaché son nom.

N'oublions pas, dans cette liste, les allumettes chimiques. Celui qui découvrit le phosphore ne se doutait guère de l'immense profit qu'en retirerait un jour l'industrie [1].

1. Un mot sur cette découverte, dont l'histoire a été racontée par Boyle et par Kunckel (né en 1612, mort en 1702). Un savant saxon, le baillif Baudouin, avait entrepris de fixer l'esprit du monde au fond d'une cornue. A cet effet, il chauffa au blanc un mélange de craie et d'esprit de nitre. Un jour la cornue fut brisée : l'opérateur remarqua avec surprise que la croûte blanche, qui était au fond, luisait dans l'obscurité après avoir été exposée aux rayons du soleil. C'était le *phosphore* de Baudoin (nitrate de chaux phosphorescent). Le nom grec de *phosphoros* (c'est-à-dire *porte-lumière*), vient du baillif saxon, qui communiqua son secret à Kunckel. Celui-ci emporta un de ces tessons luisants à Hambourg. Là il apprit qu'un certain docteur Brandt savait aussi préparer un corps luisant dans l'obscurité. Mais Brandt refusa de communiquer son secret à Kunckel; il le vendit à un nommé Krafft qui passa en Angleterre, où il gagna beaucoup d'argent en faisant voir son phosphore comme une curiosité. Boyle rencontra Krafft à la cour de Charles II, « montrant à Sa Majesté deux espèces de phosphores; l'un était solide, l'autre liquide; celui-ci me paraissait, ajoute-t-il, n'être qu'une dissolution du premier. »

Krafft ne donna à Boyle aucune indication précise, si ce n'est que « la matière principale de son phosphore était quelque chose

Pendant que la chimie organique opère à de basses températures, pour produire des synthèses, la chimie minérale continue de perfectionner ses anlyses à l'aide de températures aussi élevées que possibles. C'est la voie que M. H. Sainte-Claire Deville suit avec beaucoup de succès.

L'alumine, qui forme la presque totalité de l'argile ou de la terre glaise, est un oxyde métallique. Quelle puissance de décomposition n'a-t-il pas fallu pour parvenir à en extraire le métal! — L'*aluminium* unit la couleur et l'éclat de l'argent à la légèreté du verre; en s'alliant au cuivre il acquiert une grande dureté et offre de nombreuses applications industrielles. Naguère encore, on préparait péniblement l'aluminium dans un petit creuset, pour en montrer des échantillons dans quelques cours de chimie. Aujourd'hui on le fabrique en fonte à réverbères, où l'on introduit deux à trois cents kilogrammes d'alumine. Celle-ci est réduite par le sodium, que l'on jette au milieu des flammes d'un foyer des plus ardents. La fabrication du sodium en grand devait précéder et rendre possible celle

qui appartenait au corps humain. » L'indication, fournie à Kunckel, était moins vague : il savait que Brandt « avait travaillé sur les urines pour en retirer son phosphore. » Quoi qu'il en soit, ces indications suffirent à l'un et à l'autre pour extraire le phosphore proprement dit de l'urine humaine putréfiée. Kunckel cacha son procédé; Boyle publia le sien. C'est donc à Boyle que revient réellement l'honneur de la découverte du phosphore.

de l'aluminium. — La loi de la solidarité se retrouve même en chimie.

A raison de son innocuité et de son inaltérabilité à l'air, l'aluminium peut remplacer avantageusement le cuivre et l'étain dans l'économie domestique. Il peut servir aussi, comme métal d'art, dans la bijouterie. La fabrication de l'aluminium est une métallurgie sortie du laboratoire.

L'industrie métallurgique du fer a éprouvé, depuis une douzaine d'années, de notables changements. Les efforts qu'on a tentés pour faire passer la fonte (procédé Bessemer), ou le minerai (procédé Chenot) directement à l'état d'acier, ont été, en partie, couronnés de succès. La consommation croissante du fer et de l'acier, ce pain de l'industrie, continuera, nous n'en doutons point, à stimuler encore l'esprit de découvertes.

Après l'or, l'argent, le fer, l'étain, le zinc, le cuivre, le plomb, le mercure, connus depuis l'antiquité, l'aluminium est le seul métal qui se soit le mieux prêté aux applications industrielles. A l'exception du platine, découvert en 1740, tous les autres métaux, savoir: l'*antimoine*, décrit au quinzième siècle par Basile Valentin, le *bismuth*, mentionné au seizième siècle par Paracelse, le *cobalt* et l'*arsenic*, obtenus à l'état métallique, en 1733, par Brandt, le *nickel*, découvert en 1751 par Cronstadt, et qui se rencontre, associé au cobalt, dans presque

tous les météorites, le *chrôme*, découvert en 1797 par Vauquelin, le *molybdène*, obtenu pour la première fois à l'état métallique, en 1782, par Cronstadt, le *palladium* et le *rhodium*, découverts en 1803 et 1804, par Wollaston, le *cadmium*, découvert en 1818 par Hermann, tous ces métaux, quelque intéressants qu'ils soient pour le chimiste, n'ont jamais pu acquérir la valeur industrielle de l'aluminium. Nous en dirons autant des autres corps métalliques ou métalloïdes, dont voici les noms, suivis de l'indication de l'époque de leur découverte : *manganèse*, obtenu à l'état métallique en 1774 par Gahn et Bergmann; *cerium*, extrait en 1803 de la cérite, par Kaproth, Hizinger et Berzélius; *columbium*, découvert en 1803, par Hatchett, et presque en même temps par Ekeberg, qui l'appela *tantale* (Wollaston constata, en 1809, l'identité du tantale d'Ekeberg avec le columbium); *iridium*, découvert en 1803 par Tennant et Descotils; *osmium*, en 1830, par Tennant; le *ruthénium* qui, avec l'osmium, l'iridium, le rhodium et le palladium, accompagne presque toujours le platine dans ses minerais; *tungstène*, retiré du wolfram par les frères d'Elhuyart à la fin du dernier siècle; *vanadium*, découvert en 1801 par Del Rio, sous le nom d'*erythronium*, et extrait, en 1830, d'un minerai de fer, par Sefstroem, qui lui donna le nom qu'il porte; *titane*, découvert en 1791, par Grégor, dans

la ménacanite, d'où lui vint d'abord le nom de *ménakane; bore*, découvert en 1809 par Gay-Lussac et Thenard; *silicium*, entrevu par Lavoisier, isolé en 1809 par Berzélius.

Le *sélénium*, découvert en 1817 par Berzélius, accompagne presque toujours l'un des métalloïdes les plus usités et les plus connus de temps immémorial, le soufre. Le *carbone* cristallisé était de toute antiquité mis à un haut prix, sous le nom de diamant; sa véritable nature ne fut reconnue qu'en 1787. Quant au groupe de corps, comprenant le *chlore*, l'*iode* et le *brôme*, découvert en 1826 par M. Balard, il offre un intérêt tout particulier. Ces corps se ressemblent tellement par leurs propriétés, qu'ils ont servi de type à une classification des éléments par famille naturelle[1]. La sensibilité que présentent leurs sels d'argent au contact de la lumière, a donné lieu à une des plus grandes découvertes de notre siècle, la *photographie*. Elle a donné naissance à un art que l'on cherche tous les jours à perfectionner. Peut-être, grâce aux travaux *héliochromiques* de M. Niepce de Saint-Victor, parviendra-t-on à fixer les objets avec leurs couleurs naturelles.

L'*hydrogène*, le plus léger des gaz, fut, peu de

1. Voyez nos *Éléments de chimie minérale*, ouvrage dans lequel les corps sont classés par familles naturelles; Paris, 1841, in-8°.

temps après sa découverte, employé pour gonfler les ballons aérostatiques. Et comme ce gaz fait partie constitutive de l'eau, on a plus d'une fois songé à s'en servir comme d'un moyen d'éclairage économique, en rendant artificiellement à sa flamme l'intensité lumineuse qui lui manque.

L'*azote*, qui se retrouve dans tous les engrais dont l'ammoniaque est la base, a singulièrement exercé l'esprit des chimistes agronomes. Quel est son rôle dans la végétation? Dans quel état et comment s'absorbe-t-il? On a émis l'opinion que l'azote de l'atmosphère n'est absorbée par les végétaux que par l'intermédiaire d'une nitrification préalable, effectuée dans le sol. M. G. Ville, d'accord avec d'autres chimistes, a montré que l'azote de l'air peut être directement absorbé par les végétaux; et, par une série d'expériences, il est parvenu à établir « que pour les céréales particulièrement pendant leur jeunesse, l'azote atmosphérique est insuffisant et que, pour obtenir des récoltes abondantes, il est indispensable de donner au sol des matières azotées (nitrates et sels ammoniacaux). »

Les propriétés vivifiantes de l'*oxygène* avaient fait espérer un moment, qu'on avait enfin trouvé le vrai spécifique contre les maladies de poitrine, qui font tant de victimes. Mais, après un certain nombre d'essais, peut-être insuffisamment variés, on a renoncé à l'usage médical de l'oxygène comme à

celui du chlore. Descartes avait mis toute son espérance, non dans la philosophie, mais dans la médecine pour découvrir le secret de l'amélioration du genre humain. S'il avait vécu à notre époque, qu'aurait-il pensé de la chimie?

Nous ne ferons que nommer les métaux qui, depuis l'emploi de la méthode analytique de Davy, ont été extraits des substances terreuses ou des terres alcalines; ces métaux sont: le *lithium*, le *calcium*, le *baryum*, le *strontium*, le *magnésium*, le *glucium*, le *zirconium*, le *thorium*, l'*yttrium*, le *lanthane*, le *didyme*. Ils sont, pour la plupart, très-rares ou difficiles à obtenir. Nous passons sous silence ceux dont l'existence est encore douteuse, ou dont l'étude, à cause de leur rareté extrême, est incomplète.

Une chose digne de remarque, c'est que la presque totalité de la croûte terrestre est formée par des oxydes métalliques. Si donc, par une action réductive quelconque, la potasse, la soude, la chaux, l'argile, la silice, l'ocre, etc., revenaient à l'état de métaux, non-seulement toute vie disparaîtrait du globe, mais notre planète, ainsi plaquée, devrait singulièrement resplendir dans l'espace. Qui sait si certaines planètes ne se trouvent pas dans un état semblable?

Analyse spectrale. — Depuis l'usage de la pile, l'analyse chimique semblait avoir dit son dernier

mot. Quel ne fut l'étonnement de ceux qui partageaient cette croyance, lorsqu'on vint tout à coup leur annoncer que la lumière qui nous met en rapport avec les astres, ces atomes du ciel, nous donne aussi le moyen de pénétrer jusqu'aux entrailles de la matière, jusqu'aux atomes de la terre.

Un mot sur cet événement scientifique.

L'origine, le développement et la mise au jour d'une découverte forment les vrais éléments du drame philosophique du progrès. L'arc-en-ciel qui, suivant la Genèse, indique aux hommes qu'il n'y aura plus de déluge, les sollicita vainement depuis Noé jusqu'à Newton, à étudier les mystères de la lumière. Les physiciens de l'antiquité et du moyen âge ont beaucoup discuté sur les couleurs sans avoir jamais pu s'entendre, et ils ont même fini, chose rare, par se rendre justice à eux-mêmes; car c'est des physiciens et des peintres que vient sans doute ce fameux adage : *De gustibus et coloribus non est disputandum.*

Platon paraît avoir le premier entrevu la composition de la lumière; mais il croyait qu'on ne parviendrait jamais à la démontrer. « Oui, s'écriait-il, si quelqu'un espérait rendre compte de cet admirable mécanisme (la formation de la lumière blanche par la réunion des couleurs), il ferait voir par là qu'il ignore entièrement la différence qui existe entre le pouvoir de l'homme et le pouvoir de

Dieu. En effet, Dieu, peut réunir plusieurs éléments, pour en faire un composé, et les séparer ensuite comme il lui plaît, parce qu'il sait tout et peut tout en même temps. Mais il n'y a point d'homme aujourd'hui, et il n'y en aura peut-être jamais qui puisse venir à bout de faire une œuvre aussi difficile. »

Eh bien, ce qui paraissait impossible à Platon, Newton l'a fait. Au commencement de 1666, ce grand observateur entreprit d'étudier la lumière à l'aide d'un moyen fort simple. On sait qu'en faisant passer à travers un prisme de verre un rayon de lumière dans une chambre obscure, on voit, sur le mur opposé à la petite ouverture, se dessiner une série de rayons colorés : c'est le spectre solaire. Le rouge et le violet, le moins et le plus réfrangible de ces rayons, forment les deux extrêmes visibles du spectre. A partir du rouge, on remarque l'orangé, le jaune, le vert, le bleu et l'indigo, ce qui fait sept couleurs, disposées dans le même ordre que celles de l'arc-en-ciel. En imprimant à ces couleurs un mouvement de rotation rapide, on reproduit la lumière blanche, ordinaire.

Mais Newton fut loin d'avoir épuisé ce mystérieux sujet. Par ses travaux, il ne fit qu'ouvrir un champ de découvertes dont nous ne voyons pas encore la fin; tant il est vrai que la nature renferme infiniment plus de secrets qu'elle n'en

montre à des passants éphémères. C'est ici qu'apparaît cette impuissance humaine dont parlait Platon.

Plusieurs générations passèrent avant que l'attention des physiciens fût attirée par les lignes ou raies noires qui traversent les rayons colorés du spectre. Un compatriote de Newton, Wollaston, les signala le premier au commencement de notre siècle (en 1802). Quelques années plus tard, un habile opticien de Munich, Fraunhofer, en fit une étude approfondie. Il en découvrit environ six cents, et pour se reconnaître dans ce nouveau labyrinthe, il en distingua les principaux groupes par les huit premières lettres de l'alphabet, et imagina de numéroter les rayons colorés par les rayons noirs. Plus tard, Brewster en compta jusqu'à deux mille; il remarqua en même temps que leur nombre varie suivant l'épaisseur des couches de l'air que les rayons traversent, de façon que le plus grand nombre s'observe quand le soleil est très-bas et très-près de l'horizon, c'est-à-dire dans la saison de l'hiver et aux heures du matin et du soir.

Ces raies n'ont pas toutes la même origine. Les unes sont constantes, les autres n'apparaissent que passagèrement aux approches d'un orage, pendant des brouillards, une forte averse, etc. Les premières, qu'on retrouve dans la lumière de la lune et des planètes, ont leur source dans le soleil. L'ori-

gine des secondes, appelées *telluriques*, a été attribuée au pouvoir absorbant de l'atmosphère terrestre. Mais les spectres des étoiles fixes ne sont plus identiques avec notre spectre solaire. Ainsi, la lumière de Sirius diffère de notre lumière solaire en ce qu'elle ne présente aucune ligne noire dans le jaune et l'orangé; et qu'elle en offre deux dans le bleu, et une, très-marquée, dans le vert. Des observations analogues ont été faites pour la lumière de Castor, de Pollux, de la Chèvre, de Betelgeuse, etc. Et on en tira la conclusion que les étoiles sont des sources de lumière indépendantes.

Cette conclusion élargit singulièrement le champ des expériences. En essayant de varier artificiellement les sources de lumière, on parvint à constater que les corps solides ou liquides en ignition donnent un spectre uniforme, sans raies brillantes, ni obscures, tandis que les gaz ou les substances volatiles produisent un spectre à lignes brillantes où certaines couleurs prédominent. C'est là le secret de l'analyse spectrale, dont les premiers indices se rencontrent, dès 1826, dans les travaux de F. Talbot et de Wheatstone; et plus tard, dans les recherches de A. Miller, Masson, Angstrœm, Stokes, Swan, etc.

Il ne restait plus qu'un dernier pas à faire pour mettre au jour l'une des plus belles découvertes de notre temps. C'est à MM. Kirchhoff et Bunsen qu'en

revient l'honneur. En montrant la corrélation qui existe entre les raies noires de la lumière décomposée, et les lignes brillantes, colorées, qui caractérisent les métaux, ils mirent entre les mains du chimiste, non-seulement un nouveau moyen d'analyse, mais ils laissèrent entrevoir la possibilité de porter la science des atomes bien au delà des limites de notre monde. Voici comment.

La flamme est un gaz incandescent. Comment y introduire un métal à l'état de chlorure? Le chlore a la propriété de rendre volatils les métaux les plus réfractaires, avec lesquels il se combine. Or, il suffit d'une quantité imperceptible de chlorure pour déterminer, dans la flamme du bec à gaz de Bunsen, une coloration caractéristique. On y introduit le chlorure, en fixant une petite perle du sel dans un fil de platine recourbé en anneau. C'est ainsi que le sodium produit une raie jaune à la place de la raie noire D de Fraunhofer. Et ce moyen est tellement sensible qu'un grain de sel, projeté dans l'air de la chambre où se fait l'expérience, est suffisant pour donner presque immédiatement la réaction indiquée. On a calculé que l'œil arrive par là à saisir la présence de près d'un millionième de milligramme de soude. Un rayon de soleil serait donc apte à trahir, sur son passage, une infinitésimale de sel marin. Voilà comment on est parvenu à constater que le chlorure de

sodium, indispensable à la vie de tous les êtres, est universellement répandu dans l'air que nous respirons, dans l'atmosphère qui de toute part enveloppe notre globe.

Les métaux, qui accompagnent le plus communément le sodium, sont le lithium, le potassium, le calcium, le strontium et le baryum. Le premier donne une raie rouge et une faible raie jaune; le deuxième, une raie rouge à la place de la raie A de Fraunhofer; le troisième est caractérisé par une belle raie verte qui manque dans le strontium; le quatrième offre une ligne bleue et une large raie orangée; le cinquième donne un spectre composé de raies vertes, jaunes, rouges. Le fer produit plus de soixante lignes brillantes, correspondant à des raies noires du spectre solaire. Le cuivre détermine des lignes alternativement brillantes et sombres. Le mercure, l'or, l'argent, etc., offrent aussi des réactions caractéristiques, rendus sensibles à la vue par la couleur, la forme et la succession des raies ainsi que par les variations de ton et de nuance, d'éclat et d'ombre, et par les limites plus ou moins nette des lignes colorées.

Quand, après avoir ainsi passé en revue tous les corps simples de la chimie, on tombe tout à coup, pendant l'analyse d'une matière, sur une réaction spectrale, non encore notée, on pourra être sûr de se trouver en présence d'un corps inconnu. Voilà

comment furent successivement découverts plusieurs métaux nouveaux.

M. Bunsen remarqua, à la fin de 1860, qu'une goutte des eaux-mères de la saline de Durkheim produisit, dans la flamme de l'appareil spectral, deux raies bleues, qui n'appartenaient à aucun des métaux jusqu'alors connus; il parvint à isoler le corps qui donnait cette réaction, et le nomma *cæsium*, du latin *cæsius*, bleu. Un autre corps métallique, le *rubidium*, fut trouvé par le même savant dans le lépidolithe, espèce de minéral à base de lithine : il est caractérisé par deux belles lignes rouges. Un peu plus tard, un chimiste anglais, M. Crookes, obtenait, avec des parcelles de pyrite, une raie verte très-intense; ce fut encore l'indice d'un corps nouveau, qui reçut le nom de *thallium*, du grec *thallo*, je verdis. Le *cæsium*, le *rubidium* et le *thalium* se rangent, par leur avidité pour l'oxygène, à côté du potassium et du sodium. On ne les a jusqu'ici rencontrés que très-parcimonieusement répandus dans la nature.

Mais la matière terrestre, qui paraît se retrouver dans la charpente du soleil et des planètes, entre-t-elle aussi dans la composition de ces mondes qui, à cause de leur incalculable distance, ne nous apparaissent que comme des points scintillants? Des expérimentateurs habiles ont entrepris de répondre à cette question que les philosophes les plus hardis

auraient taxée naguère de folie ou d'aberration de l'orgueil humain.

Par la méthode de l'observation simultanée, en comparant les spectres des étoiles avec ceux des substances terrestres, MM. Huggins et Miller sont parvenus à constater que Sirius, la plus brillante étoile de notre ciel, Aldébaran ou l'œil du Taureau, Bételgeuse ou l'Alpha de la belle constellation d'Orion, ainsi que d'autres étoiles de première grandeur contiennent du sodium, du magnésium, du calcium, du fer, tous métaux très-communs sur notre globe à l'état d'oxydes.

L'observation des étoiles multiples nous porte à croire que la gravitation est réellement universelle dans toute l'acception du mot. La matière aussi est-elle universelle, en d'autres termes, les mêmes substances qui composent notre monde sont-elles répandues dans tout l'univers? L'analyse des météorites, jointe à l'analyse spectrale, pourra peut-être un jour nous éclairer sur ce sujet formidablement grand. Ces corps pierreux et métalliques qui s'allument soudain dans notre atmosphère, et qui viennent, comme une pluie cosmique, tomber à la surface terrestre : les bolides, les météorites, les aérolithes, etc., que sont-ils? Peut-être des parcelles de mondes détruits ou de mondes naissants; car, pour sauver l'unité de plan de la création, il faudra admettre que la naissance et la destruction ne sont

que des points d'inflexion d'une même ligne brisée. Ce qu'il y a de certain, c'est que ces pierres cosmiques n'ont jusqu'ici fourni à l'analyse aucun élément nouveau. Les métaux magnétiques, le nickel, le cobalt et le fer, qui s'y trouvent, font partie de la charpente de notre globe. Quant au graphite, que plusieurs météorites renferment, il peut faire supposer la destruction d'êtres vivants, appartenant à d'autres mondes, et qui contenaient du carbone comme nos plantes et nos animaux.

Photochimie. — Quand une fois on s'est attaché à l'étude de la lumière, on ne peut plus la quitter, tant on y trouve d'attraits et de mystères. Nous avons vu comment les rayons noirs du spectre solaire peuvent servir de moyens d'analyse. Mais les rayons colorés forment eux-mêmes toute une échelle de réactifs, dont le plus sensible coïncide avec le violet ou avec des points situés un peu au delà du rayon le plus réfrangible. Cette zone invisible, découverte par Wollaston, porte le nom de *spectre chimique*. C'est là que se passe, dans leur plus grande intensité, une multitude de phénomènes de composition et de décomposition plus ou moins lents, qu'on avait indistinctement attribués à l'action de la lumière.

Parmi les exemples les plus connus, nous citerons la sensibilité de certains composés photographiques,

la décomposition de l'acide carbonique de l'air par les feuilles, et le mélange de chlore et d'hydrogène qui, sous l'action directe des rayons du soleil, se change, avec détonation, en acide chlorhydrique. Ces phénomènes de transformation, dus à l'action chimique de la lumière sont universellement répandus dans la nature; ils s'engrènent avec la vie des animaux et des plantes; ils varient d'intensité et d'étendue, suivant un grand nombre de circonstances particulières, encore très-imparfaitement connues. Leur étude, qui date de nos jours, forme une des branches les plus importantes de la chimie, la *photochimie*.

Dans ces derniers temps, M. H. Roscoe et l'infatigable M. Bunsen se sont proposé d'examiner les modifications et les effets chimiques que la surface du globe est susceptible de recevoir, soit des rayons directs du soleil, soit de la lumière diffuse. Ces recherches, extrêmement délicates, exigeaient des moyens d'expérimentation nouveaux et ingénieusement variés. Ils parvinrent ainsi à constater que l'action chimique de la lumière, la photochimie, varie suivant la constitution géologique et l'état cultural du sol, suivant l'obliquité diurne et annuelle des rayons, suivant les heures du jour, suivant les latitudes et les saisons. Les effets les plus intenses paraissent se manifester aux environs des solstices.

Afin de coordonner ces phénomènes, ne pour-

rait-on pas réunir les points d'égalité par des lignes, comme on l'a fait pour la distribution de la chaleur à la surface terrestre? On aurait ainsi un réseau de *lignes isophotochimiques*, diurnes, mensuelles et annuelles, d'une incontestable utilité. Mais, pour réaliser ce magnifique et difficile programme, il faudrait l'union et le concours de tous les savants sur tous les points du globe. C'est un idéal qui sera difficilement atteint.

A la photochimie il faudra joindre l'*électrochimie*, qui a donné, entre les mains de M. Becquerel, de si précieux résultats. La voie électrolytique pourra être employée, concurremment avec l'analyse spectrale et la photochimie, pour nous faire pénétrer plus intimement dans la nature de la matière.

L'œil et la lumière sont, pour les sciences d'observation, les moyens les plus ordinaires. En y joignant le goût et l'odorat, la chimie se rend tributaires presque tous nos sens. Seulement, la chimie des odeurs et des saveurs est encore dans l'enfance. Rien de plus curieux cependant que d'étudier par exemple l'action qu'un corps inodore peut exercer sur un corps odorant. Ainsi, l'odeur du musc altéré est passagèrement ravivée par l'ammoniaque; les acides sulfurique, phosphorique, oxalique, etc., tous inodores, produisent, avec les alcools, des composés aromatiques; l'acide buty-

rique, à odeur rance, donne, avec l'alcool, un éther à odeur d'ananas; l'acide valérianique, d'une odeur aimée des chats et de quelques femmes nerveuses, produit, avec l'alcool amylique, un composé qui a le parfum du melon. En général, les composés les plus odorants sont hydrogénés, tandis que les corps inodores sont la plupart très-oxygénés. Et pourtant la perception même des odeurs paraît exiger l'intervention de l'oxygène.

Quant aux saveurs, leur perception a lieu par le contact immédiat du corps sapide avec les papilles de la langue. La salive est un intermédiaire indispensable. Les corps insolubles dans ce liquide glandulaire, sont sans saveur; mais ils peuvent devenir sapides par une action électrique. Ainsi, une lame d'argent et une lame de cuivre, appliquées l'une à la face supérieure, l'autre à la face inférieure de la langue de manière qu'elles se touchent par une partie de leurs bords, donnent la sensation d'une saveur cuivreuse.

Dialyse. — Les moyens d'investigation se multiplient entre les mains des observateurs attentifs aux moindres données expérimentales. Tous les corps ne se fondent, ni ne se volatilisent à la même température; ils ne sont pas non plus tous également solubles dans un même liquide. La fusion, la volatilisation et la dissolution s'offrirent donc de bonne heure

comme des moyens de séparation pour les alliages métalliques et pour les mélanges solubles.

Mais on resta plus longtemps sans tirer parti de tout un ordre de phénomènes naturels, découverts, il y a plus de quarante ans, par Dutrochet et décrits par lui sous le nom d'*endosmose* et d'*exosmose*. Cet ingénieux expérimentateur montra comment des liquides de densité différente peuvent communiquer entre eux en traversant des parois ou des diaphragmes membraneux qui sembleraient devoir s'opposer à leur passage.

Ce furent sans doute les expériences de Dutrochet qui portèrent Thomas Graham à imaginer le procédé analytique, connu sous le nom de *dialyse*. Voyant que les corps gélatineux se refusent à toute cristallisation, le célèbre chimiste anglais les distingua, sous le nom de *colloïdes*, de ceux qui cristallisent facilement et qui reçurent le nom de *cristalloïdes*. Les colloïdes sont caractérisés par leur instabilité moléculaire; en se gélatinisant, ils finissent par devenir complétement insolubles; leur état est une période dynamique de la matière, tandis que l'état cristallin est une période statique. C'est sur cette différence essentielle que reposent les principes dialytiques ou de la diffusion moléculaire établis par Th. Graham. Les mots doivent toujours être définis dès qu'ils peuvent donner lieu à des équivoques. Aussi l'auteur entend-il par

diffusion « la propriété qu'ont deux fluides différents, mis en contact et sans agitation, de se mélanger spontanément de manière à former, dans un temps plus ou moins long, un tout plus ou moins homogène. »

Les substances colloïdes, telles que la gelée d'amidon, la pectine, la gélose végétale de Payen, se prêtent parfaitement aux séparations par diffusion. Insolubles dans l'eau froide, elles sont cependant, réunies en une certaine masse, aussi perméables que l'eau aux corps très-diffusibles ; mais elles résistent aux matières peu diffusibles et s'opposent complétement au passage des colloïdes analogues à elles-mêmes et dissoutes dans les liquides. Une couche mince de gelée, produit alors le même effet qu'une membrane animale. Le papier collé n'a aucun pouvoir filtrant : il est mécaniquement impénétrable.

Ce genre de séparation ne s'applique pas seulement aux liquides ou demi-liquides, mais encore aux corps gazeux. Il est comparable à ce qui s'observe dans une bulle de savon gonflée d'un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène : aucun de ces deux gaz ne peut traverser la pellicule transparente. Mais l'acide carbonique, étant soluble dans l'eau, est condensé et dissous par les parois humides de la bulle ; il peut ainsi passer au dehors et se répan-

dre dans l'atmosphère, tandis que l'hydrogène, à peu près insoluble dans l'eau, est retenu dans l'intérieur de la bulle.

Activité chimique de l'atmosphère. — Notre océan gazeux où se passent tant de réactions chimiques, ainsi que tous les phénomènes météorologiques, est pour tous les observateurs un inépuisable sujet d'études. Depuis tant de siècles on parle de miasmes, et on n'en sait encore rien aujourd'hui. Qu'est-ce que l'*ozone?* On l'ignore ; aussi quelques-uns en nient-ils l'existence. Cependant l'odeur *sui generis*, qui se développe quand l'air est foudroyé par des étincelles électriques ou quand l'eau est décomposée par un courant voltaïque est un fait incontestable. Cette odeur vient-elle d'un corps inconnu? M. Schoenbein, professeur de chimie à Bâle, le pensa le premier. Il lui donna même un nom : il l'appela *ozone* (du grec *ozo*, je sens). Il le considéra d'abord comme un radical ou corps simple, voisin du brome. Mais il modifia bientôt son opinion : croyant avoir décomposé l'azote, il regarda ce gaz comme formé d'hydrogène et d'ozone. Plus tard, il adopta l'idée de Williamson, d'après laquelle l'ozone serait un suroxyde d'hydrogène. Suivant Berzélius, c'est de l'oxygène dans un état allotropique. Enfin, MM. Frémy et Becquerel ont constaté que l'ozone n'est que de l'oxygène électrisé. Ce qu'il

y a de certain, c'est que l'oxygène acquiert, sous l'influence de l'électricité, un pouvoir oxydant considérable en même temps que cette odeur caractéristique qui a été la cause première de tous les travaux publiés depuis 1840 sur ce corps problématique. L'ozone n'est, selon toute apparence, qu'une combinaison de l'oxygène avec lui-même, un véritable *oxyde d'oxygène*.

Toute nouveauté subit des exagérations. L'ozone était supposé faire naturellement partie de l'atmosphère. Sa quantité, variable suivant certaines conditions locales, devait régler le degré de salubrité de l'air. Une diminution trop notable de l'ozone, passait même pour la principale cause de certaines épidémies, telles que la cholérine et le choléra. Aussi avait-on imaginé des ozonoscopes et des ozomètres, faits avec des bandelettes de papier, imprégnées d'iodure de potassium et d'amidon. Mais le zèle ozonométrique s'est calmé depuis que l'on a commencé à entrevoir le rôle que, dans toutes ces réactions, doivent jouer les innombrables organismes microscopiques dont l'air est rempli, et dont la quantité varie exactement comme pour l'ozone, suivant l'exposition et l'altitude des lieux, et surtout suivant l'accumulation plus ou moins grande des habitants.

Notre océan gazeux paraît en effet être incomparablement plus riche en êtres microscopiques que

la mer; et ces êtres invisibles, au milieu desquels nous vivons, doivent intervenir dans une multitude de phénomènes dont la connaissance exacte nous échappe.

Quoi qu'il en soit, l'atmosphère est le siége d'une activité chimique d'une nature encore indéterminée. Beaucoup d'agents y concourent, et, parmi ces agents, les rayons lumineux ne jouent certainement pas le moindre rôle.

Avec le concours de certaines conditions de température et d'humidité, l'air détermine, dans toute la matière provenant d'un être vivant, un mouvement moléculaire. Ce mouvement y fait naître successivement des produits particuliers, et finit par amener la décomposition complète de la matière organique. C'est ce travail interne qu'on appelle fermentation, putréfaction, ou de n'importe quel nom. Quelle en est l'origine? Bien des hypothèses ont été émises à cet égard; mais aucune ne réunit tous les caractères de la certitude. Dans ces derniers temps, on a essayé, par des observations microscopiques, d'établir que ce travail alternatif de décomposition et de recomposition moléculaire est dû à la présence d'êtres organisés, végétaux ou animaux, propres à chacune des phases métamorphiques de la matière fermentescible. Mais ces êtres, dont l'existence est hors de doute, jouent-ils

réellement un rôle actif? Sont-ce les véritables ouvriers de la construction moléculaire ? Les conditions transitoires où ils vivent ne les accompagnent-ils pas plutôt que de les faire naître ? L'apparition de ces organismes éphémères ne fait-elle que coïncider avec les circonstances où ceux-ci doivent se développer?

Cette dernière manière de voir nous paraît la plus simple et la plus rationnelle. C'est pourquoi on lui préférera probablement l'autre. Admettre que les chimistes ont pour auxiliaires des préparateurs invisibles, microscopiques, n'est-ce pas là une idée aussi séduisante qu'originale?

Très beau travail d'un esprit méthodique mais non méthodiquement méritant. Votre entêtement pour l'analyse empêche de synthétiser, joint peut-être à une tête bien organisée.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

AVANT-PROPOS..... Page III

I. ÉTAT PRIMITIF DE LA SCIENCE.

La naissance de la chimie..... 3
L'art sacré 14

L'ALCHIMIE 18
Qu'est-ce que la pierre philosophale?..... 23
Avénement de la méthode expérimentale 33

LA CHIMIE PNEUMATIQUE..... 39
Gaz acide carbonique..... 42
Moyen de recueillir les gaz 46
L'oxygène clairement entrevu..... 49

II. FONDATION DE LA CHIMIE MODERNE.

ROBERT BOYLE 59
Origine de l'analyse chimique..... 63
L'air atmosphérique 65
La rouille ou chaux des métaux..... 67

LAVOISIER 71
De la nature de l'air..... 74
Découverte de la composition de l'air..... 85
Oxygène et azote.....
Nomenclature..... 89
Différents états des corps. Leur simplicité et leur composition 97
Hydrogène 103
Théorie de la respiration..... 106
Mouvement moléculaire..... 107
Fourcroy 120
Guyton de Morveau. 123
Berthollet..... 126
Loi de Berthollet..... 127
Monge et Laplace 134

PRIESTLEY 136
Découverte du bioxyde d'azote..... 141
Découverte de l'azote..... 144
Découverte du protoxyde d'azote..... 146
Découverte du gaz acide chlorhydrique..... 147
Découverte du gaz ammoniac 150
Découverte du gaz acide sulfureux..... 151
Hydrogène bicarboné et hydrogène..... 152
Découverte de l'oxygène..... 153
De la difficulté de faire adopter une nouvelle manière de voir 164

SCHEELE..... 171
Oxygène. Respiration..... 173
Découverte de l'acide citrique..... 178
Découverte de l'acide malique..... 179
Acide oxalique..... 180
Découverte de l'acide lactique..... 182
Découverte de l'acide gallique..... 183
Découverte du principe doux des huiles..... *ibid.*
Terre pesante ou baryte 184
Acide molybdique et molybdène..... *ibid.*

Graphite ou plombagine..... 185
Le fluor et son acide..... 186
L'arsenic et ses acides..... 187
Acide tungstique..... *ibid.*
Bleu de Prusse. Acide prussique..... 188
Vert de Scheele..... 191
Le chlore, le caméléon minéral, l'acide formique. *ibid.*

DAVY..... 197
Esquisses biographiques. 207
Découverte du potassium, du sodium, etc..... 222
Démonstration de la simplicité de l'acide muriatique oxygéné (chlore)..... 227
Découverte de l'iode..... 231

III. **AVENIR DE LA CHIMIE.**

Chimie moléculaire 244
Chimie analytique et synthétique. Applications .. 267
Analyse spectrale..... 284
Photochimie 293
Dialyse..... 296
Activité chimique de l'atmosphère 299

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

8013 — IMPRIMERIE GENÉRALE DE CH. LAHURE
rue de Fleurus, 9, à Paris

2 fr 4 gbre 1867

DISCOURS SUR L'ÉTUDE

DE LA

PHILOSOPHIE NATURELLE.

DISCOURS SUR L'ÉTUDE

DE LA

PHILOSOPHIE NATURELLE,

PAR

J. F. W. HERSCHEL,

De la Société royale de Londres, correspondant de l'Académie des Sciences, etc., auteur du *Traité d'astronomie;*

TRADUIT DE L'ANGLAIS PAR B***.

PARIS.

PAULIN, ÉDITEUR, RUE DE SEINE, 6.

1834.

Imprimerie de Grégoire, rue du Croissant, 16.

TABLE.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA NATURE GÉNÉRALE ET DES AVANTAGES DE L'ÉTUDE DES SCIENCES PHYSIQUES.

CHAPITRE I.

De l'homme, considéré comme un être distinct de raison et de spéculation. — Influence qu'exercent en général sur l'esprit les recherches scientifiques.... Page 1

CHAPITRE II.

De la science abstraite comme préparation à l'étude de la physique. — Il n'est pas nécessaire d'être bien versé dans ces notions abstraites pour saisir les lois de la physique. — On comprend celles-ci, sans l'aide de celle-là. — Exemples. — Division du sujet..... 15

CHAPITRE III.

De la nature et des objets immédiats et collatéraux des sciences physiques, soit qu'on les envisage en elles-mêmes, soit qu'on les étudie dans leurs applications aux usages pratiques de la vie, ainsi que dans l'influence qu'elles exercent sur le bien-être et sur les progrès de la société..... 31

DEUXIEME PARTIE.

DES PRINCIPES SUR LESQUELS DOIT REPOSER L'ÉTUDE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DES RÈGLES QUI DOIVENT PRÉSIDER A UN EXAMEN SYSTÉMATIQUE DE LA NATURE AVEC DES PREUVES DE LEUR INFLUENCE, TELLES QU'EN PRÉSENTE L'HISTOIRE DE LEURS PROGRÈS.

CHAPITRE I.

De l'expérience, considérée comme source de nos connaissances. — Du rejet des préjugés. — De l'évidence de nos sens..... 69

CHAPITRE II.

De l'analyse des phénomènes..... 80

CHAPITRE III.

De l'état des sciences physiques en général avant le siècle de Galilée et de Bacon..... 101

CHAPITRE IV.

De l'observation et de la réunion des faits..... 115

CHAPITRE V.

De la classification des objets et des phénomènes naturels; de la nomenclature..... 131

CHAPITRE VI.

Du premier degré d'induction. — Découverte des causes prochaines. — Lois du plus faible degré de généralité et leur qualification..... 139

CHAPITRE VII.

Des plus hauts degrés de généralisation inductive. — De la formation et de la vérification des théories... 189

TROISIÈME PARTIE.

DE LA SUBDIVISION DES SCIENCES PHYSIQUES EN BRANCHES DISTINCTES ET DES RELATIONS QUE CELLES-CI ONT ENTRE ELLES.

CHAPITRE I.

Du phénomène de la force et de la constitution des corps naturels..... 223

CHAPITRE II.

De la transmission du mouvement à travers les corps. — Du son et de la lumière..... 250

CHAPITRE III.

Des phénomènes cosmiques..... 270

CHAPITRE IV.

De l'examen des principes matériels qui constituent le monde..... 295

CHAPITRE V.

Des formes impondérables de la matière 346

CHAPITRE VI.

Des causes du développement actuel des sciences physiques, comparé à leurs progrès à une époque plus ancienne..... 325

DISCOURS SUR L'ÉTUDE

DE LA

PHILOSOPHIE NATURELLE.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA NATURE GÉNÉRALE ET DES AVANTAGES DE L'ÉTUDE DES SCIENCES PHYSIQUES.

CHAPITRE I.

DE L'HOMME CONSIDÉRÉ COMME UN ÊTRE D'INSTINCT, DE RAISON ET DE SPÉCULATION.—INFLUENCE QU'EXERCENT EN GÉNÉRAL SUR L'ESPRIT LES RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

1. La situation de l'homme sur le globe qu'il habite et où il règne en souverain est, sous divers rapports, extrêmement remarquable. Si on le compare aux autres animaux, qu'on n'envisage que sa constitution physique, il semble presque à tous égards moins bien partagé qu'eux. Il est également incapable de pourvoir aux besoins qui l'assiégent et de se préserver des ennemis qui le pressent. Aucun autre animal n'a une enfance aussi longue; aucun autre n'a une vieillesse plus caduque, plus débile.

Bien plus, il est le seul des animaux à sang chaud à qui la nature ait refusé la robe sans laquelle les vicissitudes d'une région tempérée, les rigueurs d'un climat froid sont également intolérables. C'est à peine si l'on peut en citer un autre qu'elle ait traité avec plus de parcimonie dans la distribution qu'elle a faite des armes offensives et défensives. Hors d'état d'échapper à la voracité de ses ennemis par la course, il est sans moyens de les repousser. Sensible au plus haut degré aux influences de l'atmosphère, peu fait pour les maigres alimens que la terre produit d'elle-même les deux tiers de l'année, l'homme, s'il était abandonné à son seul instinct, serait une des créatures les plus misérables qui existent. Troublé par la terreur, tourmenté par la faim, réduit aux plus vils expédiens pour se dérober à ses ennemis et aux stratagèmes les plus lâches pour saisir sa proie, son existence ne serait qu'une suite d'artifices. Pour demeure il aurait les antres de la terre, les fentes des rochers, les creux des arbres; pour nourriture, des vers, des reptiles immondes, quelques productions du sol, les débris d'animaux dévorés par des animaux plus féroces. Sans aucune des qualités qui assurent le repos, éloignent l'aggression; dédaigné par les uns, repoussé par les autres, son espèce s'éteindrait en peu de siècles ou ne se perpétuerait que dans quelques îles du tropique où un climat heureux, de rares ennemis, des végétaux abondans, lui permettraient de traîner une chétive existence.

2. Cependant cet être si faible est le roi de la création. Il s'est assujéti les animaux les plus forts, les plus sauvages : la baleine, l'aigle, l'éléphant, le tigre, subissent également sa loi; il dompte l'un, dévore l'autre, les fait tous servir à ses besoins, à ses plaisirs : il met à contribution la nature entière: il la dépouille des produits qu'elle étale à sa surface; il lui arrache ceux qu'elle recèle dans son sein. Il pressure l'Océan, rançonne l'atmosphère; l'air, les forêts, les mines, n'ont rien qui lui échappe. D'où lui vient tant d'empire? De sa raison. Si c'était là cependant les seuls avantages que produise cette faculté; si elle ne servait qu'à nous mettre à même de nous approprier les objets matériels, à subjuguer les animaux d'une classe inférieure, nous n'aurions pas lieu, ce me semble, de nous en glorifier beaucoup. Mais il n'en est pas ainsi. L'homme qui passe ses jours dans une condition supportable, ou plutôt qui ne consume pas tout son temps à pourvoir à son existence physique, éprouve des besoins où les sens n'interviennent pas; il éprouve des peines, des jouissances qui n'ont rien de commun avec les misères de la vie. Et si une fois ces peines, ces jouissances, se sont manifestées avec une certaine force, il ne peut plus les confondre avec celles que donnent les appétits animaux: il sent qu'elles sont d'une autre espèce, qu'elles appartiennent à un ordre plus élevé. Ce n'est pas tout. L'homme n'est pas seulement sensible aux jeux de l'imagination, aux douceurs des habitudes sociales, il

est de sa nature spéculatif. Il ne contemple pas ce monde, les objets qui l'entourent, avec un froid étonnement, comme une série de phénomènes auxquels il ne s'intéresse que par les rapports qu'ils ont avec lui. Il les considère comme un système disposé avec ordre et dessein. L'harmonie des parties, la sagacité des combinaisons, lui causent l'admiration la plus vive. Il cherche à imiter, parmi ces dernières, quelques-unes de celles qu'il saisit, qu'il peut tracer le mieux, et réussit quelquefois, quoique imparfaitement; souvent aussi il conçoit la nature de la chose, mais il est hors d'état de la reproduire. Dans d'autres circonstances, au contraire, il voit l'effet sans pouvoir se rendre compte des moyens qui le déterminent. Il est ainsi amené à l'idée d'une puissance, d'une intelligence supérieure à la sienne, capable de produire, de concevoir tout ce qu'il voit dans la nature. Il peut appeler cette puissance infinie, puisqu'il n'aperçoit pas de bornes aux œuvres par lesquelles elle se manifeste. Loin de là: plus il examine, plus il étend ses observations, plus il découvre de magnificence, plus il discerne de grandeur.

3. Si des objets extérieurs il tourne la vue sur lui-même, sur ses facultés vitales et intellectuelles, il reconnaît qu'il peut examiner, analyser sa propre nature; mais qu'il ne peut le faire que jusqu'à un certain point. Il sent, dans sa constitution physique, une puissance, une aptitude qui le met à même d'imprimer, soit à lui, soit aux objets qui

l'entourent, une certaine somme de mouvement. Il sent que cette puissance dépend de sa volonté et qu'il peut à son gré en suspendre l'exercice ; mais il ignore comment sa volonté agit sur ses membres, d'où provient la puissance qu'il met en œuvre. Ses sens lui révèlent aussi une multitude de faits qui le reportent au monde extérieur. Il perçoit un appareil au moyen duquel les impressions peuvent se transmettre, comme une sorte de signaux, du dehors au dedans, et parvenir au cerveau où il sent, quoique d'une manière confuse, que réside surtout cet être pensant, sentant, raisonnant, qu'il appelle *lui*. Comment, du reste, lui vient la conscience de ces impressions, quelle est la nature de la communication immédiate entre cet être qui sent intérieurement et cette machine qui constitue l'homme extérieur ? Il l'ignore tout-à-fait.

4. S'il examine plus attentivement les pensées, les actes et les passions de cette partie sensible et intelligente de lui-même, il remarque à la vérité qu'il se souvient, qu'à l'aide de sa mémoire il peut comparer et discerner, juger et résoudre. Il remarque surtout qu'il est irrésistiblement poussé à inférer de la perception d'un phénomène, qu'il soit extérieur ou intérieur, l'existence de quelque chose d'antérieur qui s'y rattache en qualité de cause, et sans laquelle il ne saurait être. Il ne peut se dissimuler que c'est la connaissance de ces causes, des conséquences qu'elles entraînent, qui détermine presque toujours son choix, sa volonté,

tout en conservant du reste la conscience qu'il est libre d'agir ou de ne pas agir. Il s'aperçoit aussi qu'il peut acquérir une connaissance plus ou moins étendue des causes et de leurs effets, suivant le degré d'attention qu'il met à cet examen, attention qui est encore, en grande partie, un acte volontaire. Souvent quand il s'est déterminé sur une connaissance imparfaite, ou d'après un examen insuffisant, il revient sur la décision qu'il a prise, déterminé quelquefois, il est vrai, par des considérations trop tardives pour exercer une utile influence. Il s'ouvre ainsi un monde intellectuel, plein de phénomènes, de rapports, et du plus haut intérêt. Mais tant qu'il ne sent pas que les connaissances qu'il peut puiser dans cette sphère intérieure de pensées, de sentimens, sont au fond la source de toute sa puissance et de sa supériorité sur la nature extérieure, il ne peut que très imparfaitement pénétrer les replis de son cœur, analyser les opérations de son esprit; car il est, en ceci comme en toute chose, un être *ténébreusement sage*. Il voit que tout ce que la plus longue vie et la plus forte intelligence peuvent lui permettre de découvrir par ses propres recherches, ou lui donner de temps pour profiter de celles d'autrui, le conduit au plus sur les limites de la science. Est-il étonnant qu'un être ainsi constitué accueille d'abord l'espoir, arrive ensuite à la conviction que son principe intellectuel ne suivra pas les chances de l'enveloppe qui le renferme, que l'un ne finira pas quand l'autre se dissoudra? Est-il étonnant qu'il se persuade

que, loin de s'éteindre, il passera à une nouvelle vie, où, libre de ces mille entraves qui arrêtent son essor, doué de sens plus subtils, de plus hautes facultés, il puisera à cette source de sagesse dont il était si altéré sur la terre?

5. Rien n'est donc plus mal fondé que la prévention que montrent des personnes de bonne foi peut-être, mais assurément bien bornées, contre l'étude de la philosophie, ou, mieux, contre toute espèce de science. Il n'est pas vrai qu'elle donne à ceux qui la cultivent une idée exagérée d'eux-mêmes, qu'elle les conduise à douter de l'immortalité de l'ame, à rejeter la révélation. Elle ne peut, au contraire, que produire un effet tout opposé. Nul doute que le témoignage de la raison, sur quelque sujet qu'elle s'exerce, ne doive s'arrêter devant les vérités de la foi. Mais lorsqu'elle établit l'existence et les principaux attributs de la divinité sur des bases telles que le doute devienne absurde, l'athéïsme ridicule, on ne saurait l'accuser d'apporter aucun obstacle naturel ou nécessaire à la propagation des principes religieux. Loin de là: en développant cette soif de recherches, cette ardeur d'attente, elle dégage l'esprit des préjugés, et le dispose à toutes les impressions qu'il est susceptible de recevoir. Elle est peu favorable, il est vrai, à l'enthousiasme: ses procédés analytiques la tiennent constamment en garde contre la déception; mais loin de repousser, de flétrir les espérances qui aident à supporter la vie, elle les accueille et les encourage. Le caractère du vérita-

ble philosophe est d'espérer tout ce qui n'est pas impossible, de croire ce qui n'est pas contraire à la raison. Celui qui a vu en mathématiques et en physique se dissiper tout-à-coup des ténèbres, qui paraissaient impénétrables; celui qui a vu les sujets les plus stériles et les plus ingrats transformés, comme par inspiration, en sources inépuisables de connaissances et de forces, par un simple changement de point de vue, ou par l'application de quelque principe dont on n'avait pas encore fait usage, est naturellement peu disposé à envisager, sous des couleurs défavorables, les destinées présentes ou futures du genre humain. Les rapports de toute espèce qui jaillissent autour de lui, dans le cours de ses recherches, la place qu'il occupe dans l'échelle de la création, la conscience de sa faiblesse, celle de l'impuissance où il est de suspendre, de modifier même le plus léger mouvement de ce magnifique système, qu'il cherche à pénétrer, ne peuvent manquer de le convaincre que l'humilité, l'espérance sont ce qui lui convient le mieux.

6. Mais tout en cherchant à venger l'étude de la philosophie naturelle des accusations injustes dont on s'obstine encore à la poursuivre, ayons soin, si nous voulons que le témoignage qu'elle rend à la religion conserve toute la portée, toute l'étendue qu'il doit avoir, soit vrai, indépendant, spontané. Il n'est pas question ici de ces raisonneurs qui voudraient faire céder la nature aux étroites interprétations qu'ils donnent à quelques

passages obscurs de la Bible. Un tel système, bon pour les persécuteurs de Galilée, pour des bigots des quinzième et seizième siècles, ne saurait convenir aujourd'hui. Il n'est pas rare cependant de rencontrer des hommes qui aiment la science, qui désirent qu'elle s'étende, se propage, et montrent néanmoins la plus étrange susceptibilité. Ils s'exaltent, ils applaudissent à un fait lorsqu'il paraît justifier ou expliquer un passage de l'Ecriture: ils éprouvent une impression pénible s'il ne s'accorde pas avec les notions qu'ils ont puisées dans les livres saints. Ils devraient savoir cependant que la vérité n'est jamais en opposition avec elle-même et que l'erreur est confondue dès qu'on l'analyse, qu'on la discute avec soin. Il serait néanmoins à désirer que ces personnes qui sont la plus part bonnes, estimables, réfléchissent avant de prodiguer l'éloge ou le blâme, qu'en flétrissant une preuve, elles détruisent la force, la portée qu'elle peut avoir. Cette disposition d'esprit décèle une secrète méfiance de ses principes, puisque le véritable, l'unique caractère de la vérité est de supporter l'épreuve de l'expérience, de sortir intacte de la plus vive discussion.

7. L'opposition qu'on cherche à établir entre la philosophie et la révélation, les funestes conséquences qu'on attribue au libre examen, ne sont pas le seul moyen qu'on ait imaginé pour avilir la science. Il en est un autre: c'est de la représenter comme vaine, comme inutile, comme un pur accessoire des besoins factices que donne la société.

Le sage qui aime la science pour elle-même, qui jouit de l'harmonie de la nature et de ses combinaisons diverses, n'entend jamais qu'avec mépris demander : « A quoi sert la philosophie? A quelle fin pratique, à quel avantage mènent ses recherches? » Il sait que la méditation renferme en elle-même des douceurs ineffables, qu'elle est la cause du bonheur le plus pur dont la nature soit susceptible, si toutefois on excepte celui que donne l'exercice des sentimens moraux et humains, et qu'elle ne peut nuire à personne. C'est là ce qu'il doit répondre à ceux qui, n'ayant ni goût ni aptitude pour les sciences, lui reprochent de les cultiver, de les chérir. S'il se résout à descendre de cette haute région pour justifier ses recherches, ses jouissances, il n'a qu'à récapituler l'histoire, qu'à citer les théories les plus inutiles en apparence et dont cependant sont émanées les plus belles applications pratiques. Qu'y a-t-il par exemple de plus stérile que les sèches spéculations des anciens géomètres sur les sections coniques, que les rêves de Kepler, comme les appelaient ses contemporains, sur les harmonies numériques de l'univers? C'est là néanmoins ce qui nous a conduits à la connaissance des mouvemens elliptiques des planètes, à la découverte de la loi de la gravitation, de ses brillantes conséquences et de ses précieux résultats. Le ridicule attaché au Swing-Swangs de Hooke n'empêcha pas ce savant de reproduire le pendule comme unité de mesure, unité qui fut employée depuis avec tant d'avan-

tages par le génie et la persévérance du capitaine Kater. Celui dont fut poursuivi Boyle dans ses travaux sur l'élasticité et la pression de l'air n'arrêta pas davantage la série de découvertes qui se termina par la machine à vapeur. Les chimères des alchimistes les conduisirent sur la voie de l'expérience et appelèrent l'attention sur les merveilles de la chimie, tout en avilissant, en ruinant leurs adeptes. Mais ici c'était l'abandon moral qui donnait au ridicule une force, une autorité qui ne lui appartiennent pas naturellement. Parmi les alchimistes, cependant, se trouvaient des esprits supérieurs qui raisonnaient en travaillant et qui, peu satisfaits de marcher au milieu des ténèbres, cherchaient avec soin dans la nature de leurs agens des inductions qui les dirigeassent. C'est à eux que nous devons la physique expérimentale.

8. Nous ne prétendons pas, par ce que nous venons de dire, qu'il n'y ait en philosophie de grandes comme de petites choses, ni placer la solution d'une énigme au niveau du développement d'une loi de la nature. Nous voulons encore moins adopter le grossier propos de Smith, dire avec lui qu'un philosophe est un individu qui ne fait rien et spécule sur tout. Les recherches ayant un but fondé sur la nature ont toujours une application pratique. Il y a plus. Les applications sont une preuve de leur exactitude. Elles attestent la justesse des théories et en forment la vérification la plus complète qu'on en puisse avoir. Et ces vérifications, le philosophe ne néglige pas

plus de les faire qu'un arithméticien ne manque de s'assurer de ses calculs ou un géomètre d'éprouver ses théorèmes généraux par ses cas particuliers.

9. Il faut cependant avouer que, lorsqu'on n'est pas accoutumé à saisir les rapports des diverses branches dont la philosophie se compose, il n'est pas extraordinaire qu'on s'enquière des avantages qu'elle peut produire. Il faut être habitué aux abstractions, avoir de la pénétration dans l'esprit, et joindre à cela quelque teinture de sciences, savoir apprécier les inestimables principes que recèlent quelquefois les faits les plus connus. Il faut enfin avoir quelque habitude de les mettre en saillie, de les énoncer d'une manière précise et de les faire servir à l'explication de faits moins simples, ou à l'accomplissement d'un projet utile, pour se guérir de cette tendance à vouloir de prime abord enlever l'objet qu'il s'agit d'atteindre, apprécier les moyens en raison du but, et, à force de contempler le terme de la lice, ne saisir ni la richesse ni la variété des points de vue qui se présentent sur la route.

10. Nous ne devons jamais oublier que ce sont des principes et non des phénomènes, des faits isolés, indépendans qui sont l'objet des recherches des philosophes. La vérité étant simple et concordante avec elle-même, un principe peut être aussi clairement établi par un fait simple et commun que par un phénomène brillant, extraordinaire. Les couleurs qu'étale une bulle de savon sont la

conséquence immédiate du principe le plus important par la variété des phénomènes qu'il explique, et le plus beau par la simplicité, la justesse avec lesquelles il se plie aux moindres détails que présente l'optique. Si un objet si commun peut servir à faire comprendre la nature des couleurs périodiques, il devient dès lors un instrument précieux. Le sage forme-t-il une bulle de savon longue, régulière et durable, les enfans l'entourent et le plaisantent. Les hommes s'étonnent qu'on puisse ainsi perdre son temps; mais le philosophe ne voit rien dans la nature qui n'ait son importance. Les moindres œuvres de l'une fournissent les plus grandes leçons à l'autre. La chute d'une pomme élève sa pensée aux lois qui régissent les révolutions des planètes dans leur orbite, et la situation d'une roche peut lui révéler l'état où était le globe qu'il habite des myriades de siècles avant la création de son espèce.

11. C'est là une des grandes sources de jouissances que donne l'étude de la philosophie. Une fois qu'on a pris goût à ce genre de recherches et qu'on est habitué à faire des applications rapides, on porte en soi un fond inépuisable de pures, de nobles contemplations. Accoutumé à suivre l'action des causes générales, à voir le développement des lois universelles où l'œil inhabile n'aperçoit rien de beau, rien de neuf, le philosophe passe de merveille en merveille. Chaque objet lui révèle un principe, chaque objet l'instruit, lui imprime un sentiment d'ordre et d'harmonie. Mille questions

s'élèvent dans son esprit, mille sujets de recherches se présentent et tiennent ses facultés dans un exercice continuel; sa pensée constamment en action ne laisse place ni au dégoût qui flétrit la vie, ni à cette inquiétude qui s'épuise en tentatives inutiles, s'évapore en fatigantes investigations.

12. Ce n'est pas tout. Ces sortes de recherches, comme tous les travaux d'esprit, ont un autre avantage. Elles sont indépendantes des hommes et des choses, et se prêtent à toutes les situations de la vie. Êtes-vous dans la prospérité? la fortune vous comble-t-elle de ses faveurs? vous pouvez vous y livrer avec plus d'abandon, savourer à chaque instant la satisfaction qu'elles donnent, goûter le charme qui les suit, le renouveler, le prolonger, comparer ce doux état de l'ame avec le tumulte, la rapidité des jouissances sensuelles. Êtes-vous dans les affaires? vous trouvez encore quelques momens à consacrer à de si attrayantes occupations, et vous goûtez dans la retraite le calme qu'elles exigent. Vous trouvez loin des agitations du monde, loin du conflit des passions, des préjugés, des intérêts divers, la paix et le bonheur. Il y a dans la contemplation des lois générales quelque chose qui étouffe le sentiment individuel et commande l'abandon: car cette nature calme, énergique, régulière, l'échelle immense de ses opérations, la constance avec laquelle elle marche à son but, tempèrent nos inquiétudes, nous rendent moins sensibles à la douleur, aux émotions égoïstes; elle nous remplit

d'un sentiment de grandeur, de force qui nous met à même de braver les revers, nous révèle notre puissance, et nous élève, pour ainsi dire, jusqu'au créateur.

CHAPITRE II.

DE LA SCIENCE ABSTRAITE COMME PRÉPARATION A L'ÉTUDE DE LA PHYSIQUE. — IL N'EST PAS NÉCESSAIRE D'ÊTRE BIEN VERSÉ DANS CES NOTIONS ABSTRAITES POUR SAISIR LES LOIS DE LA PHYSIQUE. — ON COMPREND CELLES-CI, SANS L'AIDE DE CELLES-LA. — EXEMPLES. — DIVISION DU SUJET.

13. La science est l'ensemble des connaissances de plusieurs, disposées avec ordre et méthode, de manière à les rendre accessibles à un seul. La connaissance des raisons et des conséquences qui s'en déduisent constitue l'*abstrait;* celle des causes, de leurs effets et des lois de la nature forme la *science naturelle.*

14. La science abstraite est indépendante de tout système de la nature, de la création, de toute chose, en un mot, si ce n'est de la mémoire, de la pensée et de la raison. Les objets dont elle s'occupe sont : 1° ces existences primaires et ces rapports que nous ne pouvons pas même concevoir *ne pas être,* telles que l'espace, le temps, les nombres, l'ordre, etc.; 2° ces formes artificielles, ou symboles, que la pensée peut créer à son gré pour elle-même et substituer comme signes à l'aide de la mémoire pour combiner ces objets primaires et ses propres conceptions, afin de faciliter les

raisonnemens auxquels elles donnent lieu, soit qu'on veuille en tirer des conclusions, soit qu'on cherche à les communiquer aux autres. Tel est d'abord le langage parlé ou écrit; ses formes conventionnelles, qui constituent la grammaire et les lois qui en régissent l'emploi dans l'argumentation, ce qui constitue la logique des écoles ; telle est aussi la *notation*, qui, appliquée aux nombres, forme l'arithmétique, et aux rapports plus généraux des quantités abstraites, donne lieu à l'algèbre ; enfin cette espèce de logique plus élevée, qui nous enseigne à user de notre raison de la manière la plus avantageuse à la découverte de la vérité, qui nous indique les signes auxquels nous sommes certains de l'avoir atteinte, et qui, nous faisant connaître les sources de l'erreur, nous avertit du danger et nous apprend à l'éviter. Cette logique doit être nommée rationnelle; tandis qu'on peut appliquer à celle qui n'a rapport qu'aux mots l'épithète de verbale.

15. Quiconque veut réussir dans la physique, doit être jusqu'à certain point versé dans les sciences abstraites. Comme l'univers existe dans le temps, dans l'espace; comme le mouvement, la vitesse, la quantité, le nombre et l'ordre sont les principaux élémens de la connaissance des objets extérieurs, ainsi que de leurs modifications, nous devons nécessairement posséder, comme une préparation utile à l'étude de la nature, une certaine connaissance de ces choses, considérées d'une manière abstraite (c'est-à-dire indépendamment

de toute explication de mouvement, mesure, numération, disposition). Ces sciences sont encore précieuses sous d'autres rapports pour l'étude de la philosophie naturelle. Leurs objets sont tellement définis et les notions que nous en avons si distinctes, que nous pouvons dire avec certitude que les signes et les mots employés dans nos raisonnemens représentent véritablement les choses elles-mêmes; dans ce cas, lorsque nous en employons le langage ou les signes, nous n'introduisons pas, en en fesant usage, des notions étrangères; nous n'excluons non plus, à raison de cette circonstance, rien qui se rapporte au fait dont il s'agit. Par exemple, les mots espace, carré, cercle, cent, etc., nous représentent des idées si complètes en elles-mêmes et si distinctes, que nous sommes certains, en nous en servant, de connaître, de rendre ce que nous entendons. Il n'en est pas ainsi des mots qui représentent les objets naturels et la combinaison des rapports. Prenez, par exemple, le mot fer; il a des acceptions bien différentes. Celui qui n'a jamais entendu parler de magnétisme et celui qui le cultive; le vulgaire qui regarde ce corps comme incombustible, et le chimiste qui le voit brûler avec la plus grande flagrance, s'en font des idées bien opposées. Le poète qui l'emploie comme emblème de la rigidité; le forgeron dans les mains duquel il se moule comme de la cire; le geolier pour lequel il est un obstacle, et le physicien, qui ne voit en lui qu'un canal de communication, au moyen duquel le fluide

électrique peut traverser l'air, se forment tous du mot qui le désigne des notions incomplètes et diverses. Le sens d'un terme de cette espèce est comme l'arc-en-ciel : il varie d'un individu à l'autre, et tous affirment qu'ils l'envisagent sous le même point de vue. Il en est de même de tous ceux qui expriment des sensations : quelques-uns sont définis comme durs ou doux, légers ou pesans (termes qui furent autrefois la source de nombreuses erreurs et de vives discussions); d'autres sont excessivement compliqués, comme homme, vie, instinct, etc. Ce n'est pas tout; le plus grand nombre ont deux ou trois significations qui sont assez distinctes pour former une proposition vraie sous un point de vue, fausse sous un autre, si elle ne l'est pas sous tous les deux; néanmoins, elles ne sont pas assez nettes pour qu'on ne puisse les confondre. Certes, ceux qui attachent deux acceptions à un mot ou en ajoutent une nouvelle à un vieux terme, agissent avec aussi peu de discernement que les colons qui se répandent dans toutes les parties du monde, désignant les lieux où ils arrivent par les noms de ceux qu'ils ont quittés; de sorte que la nomenclature géographique est tout embrouillée, et que nous sommes incapables de décider si tel événement, que l'on dit être arrivé à Windsor, a eu lieu en Europe, en Amérique ou en Australie.

16. C'est, en effet, à ce sens double ou incomplet des mots que nous devons attribuer la plupart des méprises dans lesquelles nous tombons.

Or, l'étude des sciences abstraites, telles que l'arithmétique, la géométrie, l'algèbre, etc., nous met à même de raisonner sur les objets qui sont, ou du moins qu'on conçoit être hors de nous, et comme elle est exempte de ces sources d'erreurs et de méprises, elle nous accoutume à l'usage rigoureux du langage, comme instrument de la raison, elle nous aide dans nos recherches et nous permet de marcher d'un pas sûr à la découverte de la vérité. Elle nous donne cette juste et franche direction d'esprit qu'on n'acquiert jamais en se traînant parmi les obstacles ou au milieu de notions confuses et contradictoires.

17. Mais il y a un autre point de vue sous lequel on doit considérer comme fort utile, sinon comme indispensable, l'étude des sciences abstraites; elle nous aide à mieux apprécier la différence qu'il y a entre un raisonnement juste et de vagues considérations; elle nous fait sentir ce que c'est qu'une véritable démonstration, et par suite elle nous donne une idée pleine et entière de la nature, de la force des preuves sur lesquelles reposent les connaissances que nous avons du système actuel de la nature, et des lois qui régissent les phénomènes dont nous sommes témoins. Il ne faut, cependant, pour atteindre ce résultat, qu'une légère connaissance des branches les plus élémentaires des mathématiques. La chaîne est tendue devant nous; nous pouvons examiner chacun des chaînons dont elle se compose, si nous avons assez de patience et de goût pour l'entreprendre.

Plusieurs l'ont fait et le feront encore; mais, pour la plupart des hommes, il suffit qu'ils sachent combien ses anneaux sont solides, combien sa texture est ferme, et que l'exposition de ses plus faibles ainsi que de ses fortes parties est entière. Dans ce cas, il faut admettre, sur l'autorité de ceux qui ont examiné plus profondément la matière, tout ce qui peut échapper aux sens. Mais il y a des choses si surprenantes, il y en a même qui paraissent si inouïes, qu'il est impossible, pour peu qu'on ait d'activité dans l'esprit, de s'en tenir aux notions qu'on recueille; de ne pas chercher soi-même à s'en former de plus satisfesantes. Qui croirait, en effet, que, dans une seconde, dans l'espace d'une seule oscillation du pendule d'une horloge, un rayon de lumière parcourt 192,000 milles, et achève le tour du monde en moins de temps qu'il n'en faut pour faire un mouvement d'yeux, et en beaucoup moins qu'un habile coureur n'en mettrait à faire un pas? Qui pourrait admettre sans démonstration que le soleil est près d'un million de fois plus grand que la terre? Qui croirait que cet astre, placé à une distance telle qu'un boulet de canon qui conserverait toujours sa vitesse initiale, mettrait vingt ans à l'atteindre, exerce néanmoins son attraction sur notre globe dans un espace de temps inappréciable? C'est un phénomène dont nous ne nous ferions qu'une idée inexacte, incomplète, en le comparant à quelque influence matérielle, puisque la transmission d'une impulsion à une telle distance par

quelque intermédiaire qu'elle eût lieu, exigerait, non des momens, mais des années entières. Et quand nous sommes parvenus à concevoir une distance si énorme, une force dont l'action se fait sentir si au loin, si l'on nous dit que la première n'est qu'un point insensible, et que la seconde ne réagit pas sur la plus voisine des étoiles fixes, tant celles-ci sont éloignées, et que, cependant, parmi ces étoiles fixes, il en est quelques-unes dont la splendeur actuelle surpasse cent fois celle du soleil lui-même : nous ne douterons pas que l'assertion ne soit vraie ; mais nous serons curieux de savoir comment on s'assure de semblables choses.

18. Voilà quelques-uns de ces résultats des recherches scientifiques qui semblent passer les bornes de notre intelligence. En retour, il y en a d'autres qui sont si exigus qu'on a peine à s'imaginer que la pensée puisse les saisir et encore moins les apprécier, les mesurer. Qui cherchera à s'assurer si, comme on le lui annonce, l'aile d'un moucheron bat plusieurs centaines de fois dans une seconde ? Qui prendra la peine de s'enquérir s'il est vrai qu'il existe des êtres vivans, régulièrement organisés, et qui, réunis par milliers, ne présenteraient pas un volume comme le pouce ? Qu'est-ce même que des résultats de ce genre en comparaison de ceux auxquels ont conduit les recherches qu'on a récemment faites sur l'optique ? On s'est, en effet, convaincu que chaque point d'un milieu que traverse un rayon de lumière, est affecté d'une suite de mouvemens périodiques qui

reviennent régulièrement par intervalles égaux, au moins 500 millions de millions de fois dans une seule seconde; et c'est par des mouvemens de cette espèce communiqués aux nerfs optiques que nous voyons! Il y a plus; c'est de la différence qui existe dans la fréquence de leur retour, que résulte la diversité des couleurs. Dans la sensation que nous cause le rouge, par exemple, nos yeux sont affectés 482 millions de millions de fois, dans celle du jaune 542, dans celle du violet 707 millions de millions de fois par seconde (1). Des nombres semblables ne ressemblent-ils pas plus aux extravagances d'un insensé qu'aux conclusions d'un homme sage?

19. Ce sont pourtant des résultats auxquels ne peut manquer d'arriver quiconque se donnera la peine de suivre la chaîne de raisonnemens d'où ils ont été déduits; mais, pour y parvenir, il ne faut pas s'arrêter aux élémens des sciences abstraites. Il faut aller au-delà. On ne peut disconvenir que ces recherches ne servent plus à étonner qu'à instruire, mais on ne peut disconvenir non plus que, lorsqu'on a saisi quelque rapport, découvert quelque loi, on n'éprouve une sorte de malaise jusqu'à ce que, partant de ce rapport, s'appuyant sur cette loi, on soit parvenu à établir, d'une manière rigoureuse, que les faits observés doivent s'en déduire comme des conséquences logiques, nécessaires, qu'ils doivent s'en déduire, non d'une

(1) *Young*, Leçons de philosophie naturelle.

manière vague, générale, mais avec une véritable précision pour le temps, le lieu, le poids, la mesure.

20. Ces recherches exigent, comme nous allons le voir, des connaissances mathématiques et géométriques qui ne sont à la portée que de peu de personnes ; car, pour les acquérir, il faut avoir de la capacité, y consacrer sa vie entière, en faire son unique occupation. Mais il est peu d'hommes d'une intelligence ordinaire, si peu exercés soient-ils dans les sciences abstraites qui ne soient bientôt à même de comprendre la marche générale du raisonnement d'où se déduisent les grandes vérités de la physique, les rapports essentiels et la liaison des diverses parties de la philosophie naturelle. Il y a au surplus des branches entières, très étendues, très importantes auxquelles on n'a jamais appliqué le raisonnement mathématique. Telles sont la chimie, la géologie, l'histoire naturelle en général. Il y en a plusieurs dans lesquelles il joue un rôle tout à fait secondaire et dont les principes essentiels et les bases d'applications aux choses utiles peuvent être parfaitement conçus par un élève qui ne connaît que l'arithmétique. Le défaut d'instruction mathématique ne saurait donc être un obstacle. On ne doit pas craindre, quelque novice qu'on soit en ce genre, de se livrer à l'étude de la philosophie naturelle, de s'essayer même dans les travaux de recherches. L'astronomie, l'optique, la dynamique, sont basées sur les mathématiques et exigent leur concours. Il est dificile de les étudier avec succès si l'on n'a quelques notions de géomé-

trie. Cependant on peut encore, sans l'aide de cette science, parfaitement concevoir les principaux résultats auxquels elles conduisent. Quand on ne peut suivre une démonstration mathématique, on est obligé de s'en tenir à la conviction qui résulte de la constance avec laquelle se sont vérifiées les annonces que ces sciences ont faites. Cette méthode, quoique moins satisfesante que celle qui vérifie, discute chaque fait, n'est pas moins sûre.

21. Parmi les vérifications de ce genre, et elles sont en grand nombre dans toutes les branches de la physique, il n'y en a pas de plus imposante que l'annonce précise des grands phénomènes de l'astronomie. Il n'en est assurément aucun qui imprime aux esprits une plus forte conviction, fasse sur eux plus d'effet. Dès les temps les plus reculés, la prédiction des éclipses a excité une admiration générale. C'est elle qui a donné aux sciences naturelles le relief qu'elles ont eu, c'est elle qui a concilié à ceux qui les cultivent le respect, la vénération qui les ont toujours accompagnés. Nos pères furent étrangement abusés par les prétentions surnaturelles qu'affichaient les astrologues; mais la confiance qu'ils accordèrent à leurs absurdités atteste l'ascendant que la philosophie exerce sur les hommes. Les prédictions des astronomes sont maintenant trop familières pour influencer le jugement. Le retour des comètes, si constantes dans leur trajet, si exactes à l'heure assignée pour leur apparition, excite tou-

jours l'admiration de ceux qui savent apprécier cette belle concordance de la théorie avec les faits, mais ne cause plus d'étonnement. Le temps des miracles est passé. Les hommes veulent aujourd'hui qu'on les guide, qu'on les éclaire, mais non qu'on les surprenne, qu'on les éblouisse. Les éclipses, les comètes, et autres phénomènes analogues, ne présentent qu'un développement rare et passager de la puissance du calcul et de la certitude des principes sur lesquels il est basé. Une page des distances lunaires, tirée de la *Connaissance des temps*, est plus faite que toutes les éclipses pour donner confiance aux conclusions de la science. Qu'un homme, armé d'un instrument qu'il tient à la main et appliqué à son œil, mesure la distance apparente de la lune à une étoile, et que, placé sur un plan aussi variable que le tillac d'un vaisseau, il indique à très peu de chose près, du milieu d'un océan sans limites, le lieu où il se trouve; cela ne paraît-il pas tenir du miracle à qui ne connaît pas l'astronomie physique? On s'expose néanmoins chaque jour sans crainte aux alternatives de vie et de mort, de fortune et de ruine, sur la foi de ces étonnantes supputations qui semblent imaginées pour faire mieux sentir les rapports que la spéculation et la pratique ont entre elles. Nous tenons d'un officier de marine, distingué par l'étendue et la variété de ses connaissances (1), une anecdote qui prouve combien de tels résultats peuvent devenir utiles. Il

(1) Le capitaine Bazil Hall.

fit voile de Saint-Blas, sur la côte occidentale du Mexique, et après une traversée de 8,000 milles, qui dura quatre-vingt-neuf jours, il atteignit Rio-Janeiro, après avoir franchi l'océan Pacifique, tourné le cap Horn, traversé l'Atlantique méridional, sans avoir pris terre ni même vu un bâtiment, si ce n'est un baleinier américain qu'il rencontra à la hauteur du cap Horn. Arrivé à une semaine de navigation de Rio, il se mit à déterminer d'une manière sérieuse la ligne qu'il décrivait et la position qu'occupait son vaisseau dans cette ligne à un instant donné. Il trouva qu'elle était comprise entre 5 et 10 milles; il continua sa route au moyen de méthodes plus promptes, plus expéditives, que connaissent les marins; méthodes qu'on peut employer sans inconvénient dans des trajets peu étendus, mais dont on ne saurait se servir dans les voyages de long cours, où l'on n'a d'autre guide sûr que la lune. Voici, du reste, en quels termes il rend compte de cette partie de la traversée : «Arrivé à quatre heures du matin à 15 ou 20 milles de la côte, je mis en panne et j'attendis le jour. Il était nuageux, incertain; néanmoins, comme on découvrait à une certaine distance, je fis appareiller dès qu'il parut; mais vers huit heures la brume devint si forte que je n'osais pousser plus avant. Je me disposais même à envoyer déjeûner l'équipage, lorsqu'elle se dissipa tout à coup, et me laissa voir le grand pain de sucre, rocher qui est à l'entrée du port, si droit devant moi, que je n'eus qu'à chasser de l'avant pour

toucher à Rio. C'était la première fois que nous apercevions la terre depuis trois mois que nous courions la mer, que nous étions ballotés par les courans et les tempêtes. » L'effet que produisit cette direction si juste, si précise, fut prodigieux. L'équipage était dans l'admiration, et l'on conçoit de reste les sentimens que devaient éveiller dans le cœur des marins et cette arrivée imprévue et les connaissances qu'exigent de semblables supputations.

22. Mais, quelque merveilleux que soient de tels résultats, ils sont loin d'avoir la force de conviction que donne un raisonnement trop abstrait pour une intelligence commune, et qui conduit à des conclusions qui devancent l'expérience, indiquent ce qui arrivera sous de nouvelles combinaisons ou même corrigent des expériences imparfaites, révèlent des faits contraires à des analogies déduites de recherches mal interprétées ou au moins généralisées avec précipitation. Citons un exemple. Chacun sait que les objets vus à travers un milieu transparent tel que l'eau, le verre, semblent déformés ou déplacés. Ainsi un bâton parait courbe dans l'eau, et un objet observé à travers un prisme de verre semble occuper une place différente de celle qu'il occupe véritablement. Cet effet est dû à la *réfraction* de la lumière, et une règle simple, découverte par Willebrod Snell, met à même de dire d'une manière exacte de combien le bâton est recourbé, et de quelle distance la situation apparente d'un objet vu à travers

le verre s'écarte de la véritable. Si vous immergez une pièce de monnaie dans un bassin d'eau, et que vous la regardiez obliquement, vous la croirez exhaussée par le liquide. Si c'est dans l'esprit de vin que vous la plongez, elle le paraîtra davantage, enfin elle le paraîtra plus encore dans l'huile. Mais, que vous fassiez usage d'eau, d'esprit de vin ou d'huile, vous ne la verrez ni à gauche ni à droite du point qu'elle occupe, quel que soit celui où l'œil est placé. Le plan dans lequel se trouvent l'œil, l'objet et le point de la surface du liquide où s'aperçoit l'objet, est droit ou vertical, et c'est là un des principaux caractères de la réfraction ordinaire de la lumière, c'est-à-dire que, quoique le rayon, à l'aide duquel nous voyons une chose à travers une surface refringente, subisse une déviation, et soit brisé à la surface, il n'en continue pas moins le trajet qu'il parcourt, pour arriver à l'œil, dans un plan perpendiculaire à la surface refringente. Il y a encore d'autres substances, telles que le cristal de roche, et surtout le spath d'Islande, qui possèdent la singulière propriété de doubler l'image ou l'apparence d'un objet vu au travers, dans certaines directions, de manière qu'au lieu d'un objet on en voit deux placés l'un à côté de l'autre, quand on interpose le cristal de roche ou le spath d'Islande entre l'œil et l'objet. Si un rayon ou un petit faisceau lumineux tombe sur une des surfaces de ces substances, il se divise en deux, qui forment un angle entre eux et poursuivent chacun leur cours particulier. C'est ce qu'on ap-

pelle la double réfraction. De ces images ou rayons doublement réfractés, l'un obéit toujours aux lois qui le régiraient s'il traversait du verre ou de l'eau. Sa déviation peut être aisément calculée à l'aide de la loi de Snell, que nous avons citée plus haut; il ne sort pas du plan perpendiculaire à la surface refringente. L'autre en sort, au contraire, et c'est pour cela qu'on dit qu'il éprouve une réfraction extraordinaire. La déviation qu'il subit exige, pour être déterminée avec précision, une règle beaucoup plus compliquée, et qui ne peut être comprise ni établie qu'à l'aide des hautes mathématiques. Le cristal de roche et le spath d'Islande diffèrent du verre par une circonstance très remarquable. Ils affectent naturellement certaines figures régulières, et ne se trouvent jamais en masses amorphes, mais se présentent constamment sous des formes géométriques déterminées. Ils sont aussi susceptibles de clivage; ils l'éprouvent plus facilement dans certaines directions que dans d'autres, et ont un grain que n'a pas le verre. Si on examine d'autres substances (parmi celles qui sont cristallisées), on reconnaît que toutes, ou au moins le plus grand nombre, possèdent cette propriété singulière de double réfraction. Aussi était-il très naturel de conclure que la même chose avait lieu pour toutes, c'est-à-dire que des deux rayons en lesquels se divise tout pinceau de lumière qui tombe sur la surface d'une telle substance ou des deux images d'un objet vu au travers de cette même substance, un seul sort de

son plan et se réfracte extraordinairement, tandis que l'autre suit la règle ordinaire. On supposait, en conséquence, qu'il en était ainsi, et, d'après les travaux publiés par un physicien célèbre, on regardait ce fait comme suffisamment prouvé par l'expérience.

23. Nous serions peut-être restés long-temps dans cette opinion, car les procédés sont délicats, et le sujet difficile, si un savant physicien, Fresnel, n'eût récemment fait voir, qu'en admettant certains principes, tous les phénomènes de la double réfraction, qui comprennent peut-être la plus grande variété de faits qui aient été réunis sous un même titre, pouvaient être déduits de ces principes par des calculs réguliers. Il a fait voir que, dans le cas dont il s'agit, ces principes rendent compte de l'absence de l'image extraordinaire; qu'appliqués à des cas du genre de ceux que présentent le cristal de roche, le spath d'Islande, ils fournissent également raison des deux images, et s'accordent dans les conclusions auxquelles ils conduisent avec les lois qui sont admises sur ce sujet; mais, loin d'adopter l'opinion qui étend ces conclusions à toutes les substances cristallisées, les principes de Fresnel mènent à un résultat entièrement contraire, et développent un fait qui n'avait jamais été observé, c'est-à-dire que, dans le plus grand nombre des substances cristallisées qui possèdent la propriété de la double réfraction, aucune des images ne suit la loi ordinaire, mais que toutes deux sortent du plan d'incidence. Aucune

observation ne constatait ce résultat au moment où il fut annoncé. L'opinion lui était même tout-à-fait contraire ; mais de nouvelles recherches prouvèrent qu'il était exact, et le fait fut établi. Néanmoins, pour ne laisser aucun doute à cet égard, on soumit à un examen plus sévère les substances qu'on avait étudiées. On reconnut qu'on s'était mépris, que les méthodes qu'on avait employées étaient insuffisantes, et que les choses se passaient comme l'avait annoncé Fresnel. Or, on doit observer 1° que les principes que ce savant a proclamés ne se présentent pas d'eux-mêmes, ne se déduisent pas de l'observation commune ; 2° que la suite du raisonnement à l'aide duquel on les vérifie est si longue, si complexe, que la difficulté mathématique que présente leur application est telle que, ni bon sens ni inductions ordinaires n'offrent la moindre chance de les saisir. Des cas semblables sont le triomphe de la théorie. Ils démontrent à la fois quelle large part la raison pure doit prendre dans l'étude de la nature, et quelle confiance nous devons avoir à ce grand, à ce puissant système de règles et de procédés qui constituent l'analyse mathématique, dans les applications les plus difficiles qu'on peut faire du calcul à ses phénomènes.

24. Prenons un exemple plus simple. Un géomètre distingué a prouvé, au moyen de calculs fondés sur des principes d'optique rigoureux qu'il ne devait pas se trouver d'obscurité au centre de l'ombre produite par un petit plateau circulaire de

métal qu'on expose dans une chambre obscure au pinceau de lumière qui émane *un point brillant très-petit*. C'est en effet ce qui a lieu. Loin de présenter la moindre apparence nébuleuse, le centre brille d'un aussi vif éclat que s'il n'y avait point de plateau métallique. Quelque étrange, quelque impossible même que semble la chose, elle a été constatée et ne souffre plus de doute.

25. Nous continuerons d'examiner plus particulièrement et en détail :

1° La nature et les objets immédiats et collatéraux de la physique considérée en elle-même et dans son application aux choses pratiques de la vie, ainsi que dans son influence sur le bien-être, sur les progrès de la société;

2° Les principes qui servent de base pour les recherches et les règles qui doivent présider à un examen analytique de la nature avec des exemples qui attestent leur influence.

3° La subdivision des sciences physiques en branches distinctes et les rapports que celles-ci ont entre elles.

CHAPITRE III.

DE LA NATURE ET DES OBJETS IMMÉDIATS ET COLLATÉRAUX DES SCIENCES PHYSIQUES, SOIT QU'ON LES ENVISAGE EN ELLES-MÊMES, SOIT QU'ON LES ÉTUDIE DANS LEURS APPLICATIONS AUX USAGES PRATIQUES DE LA VIE AINSI QUE DANS L'INFLUENCE QU'ELLES EXERCENT SUR LE BIEN-ÊTRE ET LES PROGRÈS DE LA SOCIÉTÉ.

26. La première chose qui nous frappe, c'est l'ordre dans lequel se succèdent les événemens.

Nous voyons, dès notre tendre enfance, qu'ils se coordonnent, qu'ils reviennent régulièrement, qu'ils ont entr'eux une certaine liaison. Quelques-uns se reproduisent constamment, et, comme nous sommes portés à le croire, d'une manière immuable; telle est la succession du jour et de la nuit, celle de l'été et de l'hiver. D'autres ont lieu fortuitement; tel est le déplacement d'un corps qui éprouve un choc, et la combustion d'un morceau de bois qu'on jette au feu. La première classe d'événemens se répète depuis tant de siècles, qu'on est naturellement disposé à croire qu'il en sera toujours ainsi, et que les mêmes faits se reproduiront dans le même ordre. De là l'idée que nous nous fesons de *celui de la nature*. Si tout était régulier et périodique; que la succession des événenemens ne dépendît en aucune sorte de notre volonté, il est douteux qu'il nous vînt à l'esprit d'en rechercher les causes. Personne ne considère la nuit comme celle du jour, ni le jour comme celle de la nuit. Ils sont dus à une cause commune qu'on ne peut déterminer par le seul fait de leur succession régulière; c'est surtout, et peut-être entièrement de la classe des événemens éventuels que nous tirons les notions de cause et effet. C'est de ces événemens seuls que nous concluons qu'il y a des lois de la nature. L'idée de loi implique celle de contingence. « *Si quis mala carmina condidisset, fuste ferito.* » Si telle circonstance arrivait, elle aurait telle chose pour résultat; si vous mettez le feu aux poudres, il y aura explosion.

Chaque loi doit prévoir des cas qui peuvent avoir lieu et s'applique à une infinité d'autres qui ne se sont jamais présentés et ne se présenteront jamais. C'est cette prévoyance des choses éventuelles, cette attente des choses possibles, c'est la prédisposition de ce qui doit arriver qui nous imprime la notion de loi et de cause. Parmi toutes les combinaisons possibles de cinquante à soixante élémens dont la chimie a démontré l'existence, il est probable, il est même à peu près certain qu'il en est plusieurs qui n'ont jamais été formés, que tels corps simples, dans telles proportions et dans telles circonstances données, n'ont jamais été mis en rapport les uns avec les autres. Cependant, aucun chimiste ne peut révoquer en doute que ce qui aurait lieu ne soit déjà déterminé. Ces corps obéiraient à certaines lois que nous ne connaissons pas, mais qui doivent exister, car sans cela, elles ne seraient pas des lois. Ils ne cèdent ni par habitude, ni par préférence; les phénomènes auxquels ils donnent lieu ne souffrent ni incertitude ni délibération. Les élémens réagissent entr'eux dès qu'ils se trouvent sous leur influence réciproque et réagissent constamment de la même manière tant que les circonstances sont les mêmes. C'est la perfection d'une loi de renfermer tous les cas, de produire une obéissance implicite, et c'est le cas de toutes celles de la nature.

27. On sent que le mot loi se rapporte plus à nous comme entendement, qu'aux substances matérielles comme obéissant à certaines règles. Obéir

à une loi, se conformer à une règle, suppose une intelligence, une volonté, une faculté de faire ou de ne pas faire, ce qui ne s'allie pas avec les idées que nous avons de la pure matière. On ne peut pas supposer que le divin auteur de la nature ait établi des lois particulières qui embrassent toutes les contingences individuelles; ce serait leur attribuer les imperfections de la législation humaine. Il est plus simple de penser qu'en créant la matière, il l'a douée de propriétés immuables; que les phénomènes et les lois qu'on déduit par l'observation ne sont que des conséquences. Nous n'entendons pas par là contester au créateur l'exercice constant de sa puissance directe pour le maintien du système de la nature, ou cette émanation de toute force que les agens bruts exercent d'après sa volonté immédiate agissant selon ses propres lois.

28. Les découvertes de la chimie moderne ont contribué à établir la vérité d'une opinion admise par les anciens, que l'univers se compose d'atomes distincts, séparés, indivisibles et assez petits pour échapper à nos sens, si ce n'est quand ils sont réunis par millions, et forment, au moyen de cette agrégation, des corps qu'on parvient à discerner. Nous sommes sûrs, quoiqu'il existe des différences essentielles parmi les individus que comprennent les atomes, qu'ils peuvent être rangés en un petit nombre de classes dont chacune se compose d'êtres semblables à tous égards dans leurs propriétés. Or, quand nous apercevons un

grand nombre d'objets tout-à-fait semblables, nous sommes portés à croire que cette similitude tient à un principe commun qui en est indépendant. Si cette similitude est établie par l'identité de la manière dont ils agissent, nous sommes encore plus disposés à admettre cette conclusion. Une rangée de fuseaux, un régiment de soldats habillés de la même manière, fesant les mêmes évolutions, ne nous donnent pas l'idée d'une existence à part. Nous avons besoin de les voir agir isolément pour reconnaître qu'ils ont des volontés, des facultés indépendantes. Cette conclusion qui ne serait pas sans importance, lors même qu'elle ne s'appliquerait qu'à deux individus parfaitement semblables sous tous les rapports, dans tous les temps, acquiert une force irrésistible quand le nombre s'en multiplie au-delà de ce que l'imagination peut concevoir. Il me semble que les découvertes dont il est question détruisent l'idée d'une *matière éternelle et existant par elle-même*, en donnant à chacun de ces atomes les caractères essentiels d'un objet fabriqué et tout à la fois d'un agent subordonné.

29. Mais ce n'est pas à la philosophie naturelle à remonter à l'origine des choses, à se perdre en conjectures sur la création : un champ moins vaste lui suffit. Elle ne veut que rechercher quelles sont les qualités premières dont la matière est douée, elle n'aspire qu'à découvrir l'esprit des lois qui embrassent les groupes, les classes de rapports et de faits qu'un simple phénomène

rend sensibles : si la chose se trouve impraticable, si elle dépasse ses forces, que les qualités essentielles des agens matériels soient réellement occultes, qu'elles ne puissent être exprimées d'une manière intelligible, elle tâche de saisir dans ce sujet obscur les rapports que sa faiblesse comporte, elle imagine des formes de mots, qui renferment, représentent la plus grande multitude, la plus grande variété de phénomènes qu'il est possible.

30. Mais les lois de la nature ont-elles elles-mêmes un degré de permanence et de fixité qui permette de les soumettre à une discussion systématique ? Les propriétés des agens naturels ne changent-elles pas avec le temps? Pour les anciens qui vivaient dans l'enfance du monde, ou mieux, dans celle de l'expérience humaine, c'était là une véritable question. De là la distinction qu'ils fesaient entre la matière corruptible et la matière incorruptible. Ainsi, selon quelques-uns d'entre eux, la matière seule des espaces célestes est pure, invariable, incorruptible, tandis que les choses sublunaires éprouvent des changemens, des modifications continuelles; le monde s'use, se détruit à mesure qu'il avance en âge; l'homme lui-même se détériore, perd à la fois de son intelligence et de ses avantages physiques. Pour nous qui avons l'expérience de quelques milliers d'années de plus, la question de permanence est déjà en grande partie résolue ; les théories de l'astronomie moderne qui sont fondées sur des observations faites à des époques fort

anciennes, ont démontré qu'au moins une des principales forces de la nature, la pesanteur qui sert de lien et de support à l'univers matériel, n'a subi, depuis les époques les plus reculées, aucune altération dans son intensité. La stature de l'espèce humaine est ce qu'elle était il y a trois mille ans, comme le prouvent les momies qu'on a examinées à différentes époques. Le génie de Newton, de Laplace, de Lagrange, peut être comparé à celui d'Archimède, d'Aristote ou de Platon, et les vertus, le patriotisme de Washington, aux modèles les plus glorieux que nous présente l'histoire ancienne.

31. Les travaux des chimistes ont, au surplus, prouvé que ce que le vulgaire nomme corruption, destruction, n'est qu'une modification dans l'arrangement des principes élémentaires, une disposition des mêmes substances sous d'autres formes, sans qu'il y ait, du reste, ni perte ni destruction d'un seul atome. Par là s'effacent les doutes qu'on pouvait avoir sur la permanence des lois de la nature, et tous les phénomènes plaident en faveur de cette opinion. Réduire quelque chose en poussière, le jeter au vent, est une des circonstances qui semblent faites pour accréditer l'idée de destruction. C'est pourtant une chose bien différente que broyer un objet et anéantir la matière dont il se compose; quelque menue qu'elle soit, elle tombe quelque part, et continue, ne fût-ce que comme partie du sol, à remplir le rôle modeste, mais utile, qu'elle joue dans l'économie de la nature. La destruction produite par le feu est plus frappante en-

core. Dans plusieurs cas, dans la combustion, par exemple, d'un fragment de charbon, de bougie, il n'y a rien qui soit visiblement dissipé et emporté. Le corps soumis à l'action du feu se consume et se disperse sans rien sembler produire que de la chaleur, de la lumière que nous n'avons pas l'habitude de considérer comme des substances. Quand tout a disparu, à l'exception d'un peu de cendres, nous supposons, assez naturellement du reste, que tout est détruit; mais si nous examinons la question d'une manière plus attentive, nous découvrons dans l'invisible courant d'air chaud qui s'élève du charbon ardent, ou que produit la flamme de la bougie, toute la matière pondérable unie dans une nouvelle combinaison avec l'air et dissoute dans ce fluide. Ainsi, loin d'être anéantie, elle redevient ce qu'elle était avant qu'elle existât sous forme de charbon ou de cire, un agent actif de la nature, un des principaux soutiens de la vie végétale et animale, susceptible de parcourir encore le même cercle de transformations, si les circonstances se prêtent à ce mouvement. Les mêmes atomes peuvent, d'une autre part, rester enfouis des milliers d'années dans une roche calcaire, être enfin exploites, se dégager dans le four à chaux, se répandre dans l'air, être absorbés par les plantes, et par suite faire partie d'êtres vivans, jusqu'à ce que le même concours des circonstances les solidifie de nouveau et qu'un autre les dégage.

32. Cette indestructibilité absolue des substances

élémentaires dans des périodes de temps que peut embrasser l'expérience, la constance de leurs propriétés dans toutes les situations, dans celles même qui sont les plus violentes et qui semblent les plus contraires à leur nature, rendent assez probable qu'elles sont à l'épreuve du temps. Elles peuvent être désorganisées sans doute; mais dans ce cas, les parties dont elles se composent sont désunies, et non détruites. Leurs propriétés apparentes peuvent éprouver des altérations; mais la chimie démontre que cet accident tient aux nouvelles combinaisons dans lesquelles entrent leurs principes. Au surplus, ce n'est là qu'une question d'expérience. Nous ne pouvons pas être sûrs *à priori* que les lois de la nature sont immuables: nous ne pouvons que nous assurer si elles changent ou ne changent pas. Or, toutes les recherches que l'on a faites à cet égard établissent qu'elles sont invariables. On ne prétend pas, néanmoins, que des opérations capables de produire de vastes changemens dans l'état visible de la nature, telles, par exemple, que les révolutions, observées par les géologues, qui mettent de longues années à s'accomplir, ne poursuivent constamment leur marche. Mais ce sont-là les conséquences. l'accomplissement des lois de la nature, et non des irrégularités, des contradictions. Les théoriciens ne considèrent pas de semblables changemens comme de véritables altérations. Ils cherchent, au contraire, à les expliquer, à montrer qu'ils sont le résultat de lois déjà connues; ils jugent même

de l'exactitude de leurs théories par l'accord des lois qu'elles présentent avec ces révolutions.

33. Les lois de la nature sont non-seulement constantes, mais concordantes, intelligibles. Il est facile de les saisir à l'aide de quelques recherches plus propres à piquer qu'à éteindre la curiosité ; si nous appartenions à une autre planète, et que transportés tout-à-coup dans une de nos sociétés, nous nous missions à observer ce qui s'y passe, nous serions d'abord embarrassés de dire si cette société est soumise à des lois. Si, parvenus à découvrir qu'elle prétend en avoir, nous essayions de rechercher, d'après sa conduite et les conséquences qu'elle entraîne, quelles sont ces lois, dans quel esprit elles ont été conçues, nous n'éprouverions pas, peut-être, de grandes difficultés à découvrir des règles applicables à des cas particuliers ; mais si nous voulions généraliser, si nous tentions de saisir quelques principes saillans ; la masse des absurdités, des contradictions qui jailliraient de toutes parts nous détournerait bientôt d'un plus ample examen, ou nous convaincrait que ce que nous cherchons n'existe pas ; c'est tout le contraire dans la nature. On n'y trouve pas de dissonnance, de contradiction ; on n'y rencontre qu'harmonie. On n'a jamais besoin d'oublier ce que l'on sait une fois. Lorsque les règles se généralisent, les exceptions apparentes deviennent régulières. Une équivoque dans sa sublime législation est aussi inouïe qu'un acte mal entendu.

34. Vivant dans un monde que régissent des lois

semblables, placés sous leur action immédiate, il nous importe de les connaître, ne fût-ce que pour être sûrs, dans les entreprises que nous pouvons tenter, que nous n'allons pas nous heurter contre quelque obstacle insurmontable. Quelles peines, quelles dépenses ne se seraient pas épargnées les alchimistes s'ils eussent connu les lois de composition et de la décomposition qui excluent toute espérance d'atteindre jamais au but qu'ils avaient en vue ! Que de talent perdu à la recherche du mouvement perpétuel ! que de vains efforts qui eussent amené peut-être les plus beaux résultats, si ceux qui s'épuisaient à cette inutile recherche eussent connu les plus simples lois de la mécanique ! Quelles tortures imposées aux malades pour la guérison de maux incurables ! qu'on leur eût épargné de souffrances si on eût été moins étranger aux principes de la physiologie.

35. Mais si les lois de la nature sont, d'une part, d'invincibles obstacles, elles sont, de l'autre, des auxiliaires irrésistibles. Examinons-les sous chacun de ces points de vue, et considérons combien il importe de les connaître :

1° Pour ne pas s'engager dans des entreprises inexécutables ;

2° Pour se mettre en garde contre les méprises qui peuvent survenir dans celles qui sont exécutables, mais tentées avec des moyens insuffisans ;

3° Pour mener à bon terme celles qu'on fait avec le moins d'embarras, le plus d'économie et de célérité possible ;

4° Pour être en état d'entreprendre, de conduire à fin ce qu'on n'eût pas essayé sans la connaissance de ces lois.

Nous allons tenter de montrer, par des exemples, les services que peut rendre la connaissance des lois physiques sous chacun de ces rapports.

36. Exemple 1 (35) I. On essaya, il y a quelques années, d'ouvrir une houillère à Bexhill, dans le Sussex. Le terrain présentait des couches de bois fossile, de charbon de bois, ainsi que quelques autres indices analogues à ceux qu'on trouve dans le voisinage des terrains houillers du nord de l'Angleterre : on creusa un puits d'extraction, on construisit des machines, on engagea des sommes considérables, et l'on échoua complètement, ce qu'eût prévu le moindre géologue : l'ensemble des faits géologiques ne permettant pas de croire à l'existence d'une houillère dans les sables de Hasting : Bexhill n'est pas seulement placé sur le sable, il est encore séparé des bancs de houille par une suite de couches interposées et d'une épaisseur telle qu'il est absurde de penser même à les percer. L'exploitation des mines est pleine de faits semblables. Cependant, une légère connaissance de l'ordre habituel de la nature, indépendante de tout aperçu théorique, aurait sauvé d'une ruine totale une foule d'imprudens spéculateurs.

37. Ex. 2 (35) II. La fonte de fer exige l'application de la plus forte chaleur qu'on puisse obtenir, et se travaille communément dans de vastes fourneaux qu'on excite à l'aide de soufflets de fer ma-

nœuvrés par des machines à vapeur. Au lieu de chasser l'air dans le fourneau, par ce moyen, on essaya un jour de faire usage de la vapeur d'une manière qui semblait être beaucoup plus directe; en d'autres termes, on imagina de faire passer immédiatement des bouffées de vapeur de la chaudière dans le foyer. L'un des principes connus de la vapeur étant un corps très inflammable, et l'autre, cette partie de l'air qui supporte la combustion, on s'attendait à voir l'intensité de la chaleur s'accroître outre-mesure : il n'en fut rien. Cette innovation ne fit que l'affaiblir. Résultat facile à prévoir pour peu qu'on connaisse les lois de la combinaison chimique et l'état où se trouvent les principes qui constituent la vapeur.

38. Ex. 3 (35) II. Après l'invention de la cloche à plongeur et les succès qu'elle obtint, on fit tous les efforts possibles pour découvrir un procédé au moyen duquel on pût rester quelque temps sous l'eau, y travailler, en sortir à volonté et sans aide. Un individu fort ingénieux en proposa un. Il consistait à submerger le corps d'un vaisseau imperméable dont le tillac et les flancs devaient être étayés avec force, et l'entrée composée d'une seule porte hermétiquement fermée; en sorte qu'en lâchant le lest employé à produire l'immersion, le bâtiment devait de lui-même revenir à la surface. Pour rendre l'essai plus sûr et le résultat plus frappant, l'inventeur voulut lui-même diriger la première épreuve. On convint qu'il plongerait à la profondeur de vingt brasses, et que, vingt-quatre heures

révolues, il reparaîtrait sans secours à la surface. Il fit ses apprêts, se pourvut de subsistances, des moyens nécessaires pour signaler sa situation, et l'expérience commença. Mais rien ne décelait ses phases ; le temps fixé était écoulé ; une foule immense attendait avec angoisse que celui qui l'avait tentée se montrât. Ce fut en vain ; ni homme ni bâtiment ne reparurent. On n'avait pas tenu compte de la pression que l'eau exerce à une si grande profondeur ; le vaisseau n'avait pu résister, et le malheureux qu'il renfermait n'avait pas même eu le temps de faire le signal convenu pour indiquer sa détresse.

39 Ex. 4 (35) III. Dans les carrières de granit près de Seringapatam, on détache des blocs énormes par le procédé qui suit. Les ouvriers se bornant à exploiter le côté de la roche qui touche au bord de la partie déjà travaillée, mettent à nu la surface supérieure, tracent une ligne dans le sens de la section qu'ils veulent faire, et ouvrent, à l'aide de ciseaux, le long de cette ligne, une rainure d'environ deux pouces. Ils la couvrent ensuite de feu jusqu'à ce que la roche soit profondément chauffée. Quand elle est à ce point, hommes et femmes enlèvent vivement les cendres, et, munis chacun d'un pot d'eau froide, le versent dans l'entaille. La roche se fend alors, laisse détacher des blocs carrés de six pieds de côté et qui en ont jusqu'à quatre-vingts de long. On emploie quelquefois d'autres moyens tout aussi simples, tout aussi efficaces, mais qu'on ne peut exposer sans entrer dans des détails particuliers de minéralogie.

40 Ex. 5 (35) III. Un procédé qui n'est ni moins facile ni moins bon, est celui qu'on emploie dans quelques parties de la France où l'on fait des meules de moulin. Lorsqu'on trouve un bloc de pierre convenable, on le taille en cylindre de plusieurs pieds de hauteur; cela fait, on le distribue en divisions horizontales de manière à en fabriquer autant de meules. Voici comment on procède : on fait tout autour du cylindre des entailles qu'on espace d'après l'épaisseur qu'on entend donner aux meules, et on engage dans ces entailles des coins de bois sec. On mouille ceux-ci ou on les expose à l'humidité de la nuit. Le lendemain matin, les pièces se trouvent séparées par l'expansion du bois. Une force naturelle et irrésistible, exécute, sans fatigue et sans frais, une opération qui, en raison de la dureté et de la texture de la pierre, ne pourrait s'exécuter qu'à l'aide de forts instrumens et un long travail.

41. Ex. 6 (35) III. Parvenir promptement au but qu'on se propose, est souvent aussi important que d'y arriver avec peu de peine et de dépense. Il existe de nombreux procédés qui, abandonnés à eux-mêmes, c'est-à-dire à l'action ordinaire des causes naturelles, réussissent parfaitement, mais ne réussissent qu'à la longue, et il y a des circonstances où il est de la plus grande importance pratique de les hâter. La toile, par exemple, qu'on blanchit en l'exposant à la pluie, au vent et au soleil, exige plusieurs semaines, des mois même, pour être d'une belle blancheur. Et, en la plon-

geant dans un bain chimique, on obtient ce résultat en quelques heures. Le cercle entier des arts n'est qu'un développement de la proposition qui nous occupe. Les exemples que nous venons de citer ont été choisis, non à cause de leur importance, mais à raison de leur simplicité et de l'application directe des principes dont ils dépendent aux objets que nous avons en vue.

42. Mais tel est l'esprit humain, que ses vues s'étendent, ses désirs, ses besoins s'accroissent en proportion de la facilité qu'il trouve à les satisfaire. Il n'est pas parvenu, par un bon emploi de ses forces, à perfectionner un procédé qui contribue à son bien-être, que déjà il cherche à l'améliorer, qu'il ne s'occupe plus qu'à reculer les limites du nouveau domaine qu'il vient d'acquérir. Une fois qu'il a fait l'épreuve des ressources que présente la nature, il la regarde comme un trésor où il peut puiser à l'aise, s'il est assez habile ou assez heureux pour pénétrer le voile qui le dérobe à l'œil. La science étant pour lui une puissance dont il s'aide et se soutient, il ne se borne pas à des tentatives communes, il se livre à des recherches spéciales, il scrute des choses que, sans un intérêt aussi grave, il n'eût osé toucher, auxquelles même il n'eût pas songé. C'est alors que l'étude des forces cachées de la nature devient une mine précieuse, une mine dont les veines présentent des richesses inépuisables, dont les rameaux s'étendent dans toutes les directions, et que les besoins, la curiosité de l'homme lui font explorer avec ardeur.

43. Il existe, entre les sciences physiques et les arts, un échange constant de bons offices, et il ne se fait pas de progrès considérables dans les unes qu'il n'en survienne d'analogues dans les autres. Tous les arts reposent en grande partie, plusieurs même sont entièrement fondés sur les forces, les propriétés du monde matériel qui fait le sujet de l'étude, des recherches de la physique. Aussi pourrait-on citer une foule d'exemples où les observations d'habiles artistes, d'ouvriers même, ont conduit à la découverte de qualités, d'élémens ou de combinaisons de la plus haute importance. Ainsi, un fabricant de savon remarque que le résidu de sa lessive, lorsqu'elle est épuisée d'alcali, corrode la chaudière de cuivre qui le renferme. Il ne peut se rendre compte d'un accident semblable, et fait part de sa perplexité à un chimiste. Celui-ci analyse la liqueur, et obtient, pour résultat, la découverte d'un principe des plus singuliers et des plus importans dont s'occupe la chimie, celle de l'iode. On étudie cette substance, on trouve que ses propriétés confirment une foule de vues neuves, curieuses et instructives que l'on conteste encore. Une simple observation de savonnier donne à la science une face nouvelle, on se prend de curiosité, on cherche ce nouveau corps dans les plantes marines dont on extrait les cendres qui forment le principal ingrédient du savon. On le cherche dans l'eau de mer, on pousse l'investigation plus loin, et l'on trouve que l'iode existe dans les mines de sel, dans les sources, dans tous

les corps qui sont d'origine marine, entr'autres dans les éponges. Un médecin de Genève, M. Coindet, se rappelle alors un remède réputé pour la guérison d'une des plus grandes défectuosités dont soit affligée l'espèce humaine, le goître qui infeste les habitans des montagnes, et auquel on applique avec succès, dit-on, la cendre des éponges brûlées. Guidé par cette indication, il essaie l'effet que produit l'iode et le résultat lui prouve que cette singulière substance agit sur le goître avec promptitude, avec énergie, qu'elle peut dissiper en peu de temps le plus invétéré, le plus volumineux, qu'elle est le spécifique qui doit faire disparaître cette fâcheuse difformité. C'est ainsi qu'une découverte dans les sciences naturelles devient tôt ou tard susceptible de quelque application pratique, qu'elle soit le résultat d'une observation fortuite ou de la sagacité.

44. C'est à une observation semblable, mais pesée, réfléchie, que nous devons l'usage de la vaccine, usage qui a fait disparaître, partout où il a été adopté, un des plus terribles fléaux de l'espèce humaine, et l'a même extirpé dans quelques endroits. Nous ne connaissons que par tradition les ravages que fesait la petite vérole, il n'y a pas plus d'un siècle, et que probablement elle ferait encore sans la vaccine et l'inoculation. Le scorbut était presqu'aussi redoutable sur mer, il n'y a pas soixante ou quatre-vingts ans, qu'elle l'était sur terre. Les souffrances, la mortalité que cette terrible maladie causait au bout de quelques mois de

navigation semblent à peine croyables aujourd'hui. Il n'était pas rare de voir un médiocre équipage perdre jusqu'à dix personnes par jour, et ceux qui survivaient à leurs tristes camarades étaient si faibles qu'ils ne pouvaient jeter à la mer les cadavres qui gisaient dans les hamacs. Tels sont les tableaux que présentent toutes les relations nautiques de cette époque. Aujourd'hui le scorbut a presque entièrement cessé dans la marine ; résultat, auquel contribuent sans doute la propreté, les soins, la diète, mais qui tient plus encore à l'usage continuel d'un antidote simple, agréable, de l'acide citrique qui fait partie des distributions journalières. Si la reconnaissance est acquise au médecin philosophe qui a su découvrir les moyens de prévenir la maladie cruelle dont les enfans étaient la proie et a su vaincre les difficultés qu'il rencontra, elle ne saurait être refusée à ceux qui ont aussi conservé à la marine sa puissance et sa vigueur.

45. Les derniers faits que nous venons de citer sont des exemples de simples observations, qu'on n'a pas étendus plus loin, et qui n'appartiennent à la science que par cette disposition systématique à adopter tout ce que sanctionne l'expérience, à rejetter tout ce qu'elle réprouve. Ils n'en sont pas moins des preuves de l'importance que nous devons attacher à connaître la nature et ses lois, quoiqu'ils semblent, comme le compas marin, la poudre à canon, n'avoir été liés, dans l'origine, à aucune vue générale. On doit plutôt les considérer comme le

rapport spontané d'un sol essentiellement fertile que comme une partie de la succession des récoltes que ce fonds peut produire quand il est bien cultivé. L'histoire de l'iode nous offre un exemple du parti que nous pouvons tirer de la connaissance des propriétés et des lois de la nature. Elle nous fait voir comment nous pouvons tourner contre elle-même les ressources qu'elle nous présente; comment des connaissances, déduites de faits étrangers à l'objet auquel elles ont été appliquées plus tard, nous mettent à même d'échapper aux dangers qui nous assiégent. Nous pouvons encore citer le paratonnerre. Rien n'est mieux imaginé pour se préserver de la foudre dans les pays où les orages sont violens, et sur mer, où ils sont si redoutables. Nous ne devons pas non plus oublier la lampe de sûreté, qui nous permet de porter sans crainte de la lumière dans une atmosphère plus inflammable que la poudre. Nous devons également rappeler le bateau de sauvetage, qui ne saurait couler à fond, qui porte secours aux hommes dans leur plus grande détresse, et dont une invention récente promet d'étendre le principe aux bâtimens de toute grandeur. Les phares, avec les belles améliorations que les lentilles de Brewster et de Fresnel, ainsi que la magnifique lampe de L. Drummond, ont produites et promettent encore de produire, par leur puissance merveilleuse; l'une en donnant la lumière la plus intense qu'on ait obtenue, les autres en la projetant à de grandes distances sans la disperser, méritent

aussi d'être signalés. La découverte de la propriété désinfectante du chlore, son application à la destruction des miasmes de la contagion; la découverte du quinine, principe essentiel dans lequel résident les propriétés fébrifuges du quina, découverte dont la postérité jouira dans toute son étendue, et dont l'influence s'est déjà fait sentir dans les pays désolés par les exhalaisons pestilentielles, sont autant de choses qui déposent des services que peut rendre l'étude des sciences naturelles. Nous arrêterons nos citations, non que nous ne puissions encore les étendre; mais nous nous proposions de produire quelques exemples, et non de donner un catalogue.

46. Nous ajouterons cependant un fait, afin de montrer comment une chose qui ne semble propre d'abord qu'à amuser des enfans, ou tout au plus à former un badinage philosophique, peut cependant préserver d'un mal, quelquefois même garantir de la mort. Les ouvriers qu'on emploie dans les fabriques à aiguiser les aiguilles aspirent constamment une atmosphère chargée de parcelles d'acier détachées par le remoulage. Cet effet, répété chaque jour, finit par produire une irritation qui tient aux propriétés toniques de l'acier, et se termine par la phthisie pulmonaire. Aussi les personnes occupées à ce genre de travail n'atteignaient-elles jamais quarante ans. On avait vainement essayé de purifier l'air avant son entrée dans les poumons; les moyens qu'on employait ne pouvaient intercepter une poussière si fine et

si pénétrante. On se rappela enfin ceux dont se servent les enfans qui cherchent une aiguille ou s'amusent des jeux de la limaille étalée sur une feuille de papier placée au-dessus d'un aimant. On fit des masques de fil d'acier magnétisé, et on les adapta à la figure des ouvriers. De cette manière, l'air ne fut pas seulement passé, mais tamisé à travers ce treillage, et se trouva complètement dépouillé des molécules pernicieuses.

47. Il n'existe pas peut-être de résultat qui montre mieux les avantages qu'on peut tirer de la connaissance de l'ordre ordinaire de la nature sans essayer de la modifier, et toute considération de causes mise à part, que les assurances sur la vie. Rien n'est moins sûr que l'existence d'un pauvre individu, et c'est le sentiment de cette incertitude qui a donné naissance à ces sortes d'établissemens. Ils sont, par leur nature et leur but, l'inverse des spéculations de jeu, leur objet étant d'égaliser les chances, et de mettre la fortune des masses à l'abri des risques que courent les individus. Pour y parvenir avec le plus d'avantages possible, ou tout au moins avec quelque avantage, il faut nécessairement connaître les lois de la mortalité ou la moyenne du nombre d'individus qui meurent à chaque période de la vie, depuis l'enfance jusqu'à l'extrême vieillesse. Une recherche de ce genre paraît impraticable au premier coup d'œil, quelques personnes la regardent même comme une tentative présomptueuse. Elle a été faite néanmoins; elle a même donné pour résultat

qu'en ne tenant pas compte des causes extraordinaires, telles que la guerre, la peste, etc., les extinctions suivent une marche régulière bien suffisante non-seulement pour servir de base à des estimations générales, mais encore pour calculer d'une manière exacte les risques que présentent ces sortes de spéculations. On peut donc compter sur le succès d'une institution semblable, et assurer la fortune des familles qui dépendent du travail d'un seul individu. Ces sociétés peuvent être considérées comme un trait caractéristique de la civilisation moderne. La seule chose qu'il y aurait à craindre, c'est qu'elles ne se multipliassent trop, et que la concurrence n'abaissât la prime; ce qui causerait la série de malheurs qu'on cherchait précisément à prévenir.

48. Nous n'avons jusqu'ici considéré que les cas où la connaissance des lois naturelles nous met à même d'améliorer notre condition, en atténuant les maux que sans elle nous serions hors d'état d'éviter. Examinons maintenant ceux où nous pourrions l'employer comme auxiliaire pour accroître notre puissance actuelle et mener à fin des entreprises qui échoueraient infailliblement sans elle. Il faut d'abord nous former une juste idée de ce que sont ces forces cachées de la nature, que nous pouvons à volonté mettre en action, savoir qu'elles n'ont aucun rapport avec celles de l'homme, qu'elles peuvent braver, non-seulement les efforts de quelques individus, mais ceux de toute l'espèce.

49. Les ingénieurs savent que 36 litres de charbon consommé d'une manière convenable peuvent élever à un pied de haut soixante-dix millions de livres pesant ; c'est l'effet moyen d'une machine à feu qui est en activité dans le Cornwall. Arrêtons-nous un moment, et voyons à quoi cela équivaut dans la pratique.

50. L'ascension du Mont-Blanc, en partant de la vallée de Chamouny, est justement réputée la course la plus fatigante qu'un homme vigoureux puisse faire en deux jours. La combustion de deux livres de charbon le porterait sur la cime (1).

51. Le pont de Menai est un des ouvrages les plus étonnans qui ait été élevé de la main des hommes dans les temps modernes. Il est formé d'une masse de fer qui ne pèse pas moins de quatre millions de livres ; il est suspendu à une hauteur moyenne d'environ cent-vingt pieds au-dessus du niveau de la mer. Il eût suffi de 254 litres de charbon pour l'élever à ce point.

52. La grande pyramide d'Egypte est composée de granit. Elle a sept cents pieds de côté à sa base, cinq cents de hauteur perpendiculaire et couvre 145 hectares de surface. Son poids est donc de douze mille sept cent soixante millions de livres, en prenant, pour hauteur moyenne, cent vingt-cinq pieds. Il aurait, par conséquent, suffi pour l'éle-

(1) Ce nombre n'est pas tout à fait exact. La journée d'un homme équivaut à environ 4 livres de charbon. Mais l'extrême difficulté de cette ascension tient à autre chose que la hauteur.

ver de 836 hectolitres de charbon, quantité consommée en une semaine dans quelques fonderies.

53. La consommation de charbon qui se fait annuellement à Londres est évaluée à 10,620,000 hectolitres. La puissance que développe la combustion de cette quantité de combustible, pourrait élever un cube de marbre de deux mille deux cents pieds de côté, à une hauteur égale à ce même côté, ou en d'autres termes, suffirait pour placer, l'une sur l'autre, deux montagnes qui auraient pour dimensions celles de ce bloc. Le Monte-nuovo près de Pouzzole, que vomit le volcan en une seule nuit, serait élevé par un effort semblable à quarante mille pieds, ou environ huit milles.

54. Il faut observer que, dans les exemples ci-dessus, la puissance du charbon n'est pas estimée à sa valeur. Les ingénieurs n'ont pas la prétention d'avoir poussé l'économie du combustible aussi loin qu'elle peut l'être, ou d'avoir obtenu tout l'effet qu'il peut produire.

55. Il est difficile de ranger au nombre des forces cachées ou latentes la puissance du vent, celle de l'eau, dont nous fesons de si fréquentes applications. Cependant, on ne remarque pas, en général, tous les services que nous rendent ces deux agens. Ceux qui veulent se faire une idée des avantages qu'on peut tirer du premier, même sur terre, et sans parler de la navigation, n'ont qu'à jeter les yeux sur la Hollande. Une grande partie des cantons les plus fertiles et les plus peuplés de

ce pays est au-dessous du niveau de la mer, et n'est garanti des inondations que par les digues. Celles-ci suffisent pour contenir l'Océan, mais ne peuvent suspendre la loi qui régit les fluides. Ils cherchent constamment à se mettre de niveau, s'insinuent à travers les pores, gagnent les canaux souterrains qui sillonnent ce sol lâche et sabloneux, poussent à la surface, et le tiennent dans un état d'infiltration continuelle. Pour remédier à ces inconvéniens, et se débarrasser de l'eau de pluie qui n'a pas d'écoulemens, on a établi sur les écluses et sur les digues, une foule de pompes que les vents mettent en jeu. De cette manière, on épuise l'eau au moyen de l'agitation de l'air, comme à force de bras on l'épuise sur les vaisseaux. Dessécher le lac de Harlem (1), semblerait une tentative chimérique à beaucoup de théoriciens, et cependant ce projet ne présente rien d'extraordinaire à qui a l'habitude des machines à feu ; on a vu en Hollande ce que peut l'action continue de la puissance passagère mais infatigable du vent. L'ingénieur hollandais mesure sa surface, calcule le nombre de ses pompes, et se confiant, pour la réussite de son entreprise, à l'expérience qu'il a de la force du vent, tente courageusement de mettre à sec une mer intérieure que l'œil ne peut embrasser (2).

(1) Sa surface est d'environ 40,000 acres, et sa profondeur moyenne a 20 pieds.

(2) Il n'y a pas de doute que la chose ne soit pratica-

56. Il me semble presque inutile de signaler la poudre à canon comme une source de puissance mécaniqne; néanmoins, ce n'est qu'en la confinant qu'on se fait une juste idée de l'énergie de cet agent extraordinaire. Dans une expérience faite par le comte de Rumford, 28 grains de poudre renfermés dans une espace cylindrique qu'ils remplissaient exactement, brisèrent une pièce de fer qui eût résisté à une force de 400,000 livres (1).

57. Mais la chimie nous a fourni les moyens de mettre en œuvre des forces d'une espèce infiniment plus redoutable que la poudre à canon. La violence des compositions fulminantes est telle qu'on ne peut la comparer qu'à celle d'un animal indomptable qui ne connaît aucun frein, aucune règle, ou mieux à un de ces esprits évoqués par les sortiléges du magicien, esprits qui manifestent une puissance fatale et qu'on ne saurait atteindre, qui obligent le sorcier lui-même à fermer son livre et à briser sa baguette pour échapper à l'orage qu'il a soulevé. L'homme n'est pas encore parvenu à faire concourir ses forces aux entreprises qu'il

ble. 100 à 120,000 hectolitres de charbon, consommés d'une manière convenable, suffiraient pour évacuer les eaux. Mais plusieurs personnes doutent que l'entreprise fût utile; quelques-unes pensent même qu'il n'est pas à désirer qu'on la tente, attendu qu'elle réduirait à la misère quelques centaines de personnes, qui vivent du produit qu'ils tirent des eaux du lac.

(1) Expériences sur la force de la poudre à canon. Trans. Phil. vol. 87.

essaie; il y parviendra, sans doute, un jour, mais l'expansion des gaz extraits lentement des compositions chimiques et ménagés d'une manière convenable, lui présente une source de forces moins énergiques, quoique très puissantes encore, et qu'il peut employer, selon les circonstances, à divers objets utiles.

58. Telles sont les forces que la nature met à notre disposition pour exécuter nos projets. C'est à la mécanique pratique à nous apprendre à les combiner et à les appliquer de la manière la plus avantageuse; car si on ne sait en faire un bon emploi, posséder la puissance est peu de chose. La mécanique pratique est, dans la véritable acception du mot, un art scientifique, et l'on peut assurer sans crainte que la plupart de ses grandes combinaisons, de ses améliorations même les plus importantes, de ses perfectionnemens les plus délicats, sont des créations de l'intelligence pure, appuyée sur un petit nombre de propositions élémentaires, de mécanique théorique et de géométrie. On n'en finirait pas à ce sujet si on voulait s'arrêter sur tout ce qui appelle la réflexion, sur tout ce qui excite l'étonnement. Il faudrait non pas seulement des volumes, mais des bibliothèques entières pour exposer les prodiges de sagacité qui ont eu lieu dans tout ce qui a rapport à la machinerie ou à l'art de l'ingénieur. C'est à cette émulation généreuse, à ces nobles tentatives qu'est due la diffusion des produits de l'industrie; c'est grace à ses laborieuses entreprises que

chaque canton reçoit, en échange de ceux qu'il façonne lui-même, ceux qui se travaillent au loin; que nous réunissons autour de nous, dans nos maisons, dans nos meubles, la sagacité, le travail, non d'un petit nombre d'individus, mais de tous ceux qui, dans les siècles passés, dans la génération présente, ont contribué au perfectionnement des procédés de nos manufactures.

59. Les transformations de la chimie nous mettent à même de convertir les substances qui paraissent le moins utiles en objets importans. Elles nous ouvrent chaque jour des sources de richesses et de bien-être dont nos pères n'avaient pas d'idées. Ce sont de véritables présens que la science fait à l'homme. Chaque branche d'art a senti son influence, et chaque jour apporte de nouvelles preuves des ressources infinies que la chimie sait trouver dans les parties les plus stériles de la nature. Sans parler de l'impulsion que ses progrès ont donnés aux autres sciences, impulsion que nous examinerons plus tard, quels résultats singuliers et inattendus n'a pas produit son application aux objets les plus communs! Qui, par exemple, se serait avisé que les chiffons peuvent donner *plus que leur poids de sucre* lorsqu'ils sont soumis à l'action de l'un des acides les moins coûteux et les plus abondans (1)? Qui aurait pensé que des os desséchés renferment une matière nutritive

(1) L'acide sulfurique. Braconnot, Ann. de Chimie, vol. 12, p. 184,

capable de se conserver des années entières, et qui se présente sous la forme la mieux adaptée au soutien de la vie? Qui aurait cru que, pour l'extraire, il suffisait de l'application de la vapeur dont nous fesons un si fréquent usage, ou de celle d'un acide stable et peu cher (1)? Qui aurait imaginé que de la sciure de bois est susceptible de se convertir en une substance qui a de l'analogie avec le pain, et qui, moins agréable au goût que la farine, est saine, digestible (2) et très substantielle, ce qui rend la famine impossible? Quelle économie produit dans les procédés où l'on emploie les agens chimiques, la connaissance des proportions exactes dans lesquelles s'unissent les élémens naturels, et la propriété qu'ils ont de se déplacer mutuellement! Quelle perfection dans les arts où l'on fait usage du feu, soit dans ses applications les plus violentes, comme dans la fusion des métaux, soit à l'aide de flux convenables pour extraire tout le produit du minerai dans son état de pureté; soit dans ses applications les plus douces, comme dans le raffinage du sucre, qui repose sur la remarque faite par un chimiste de nos jours du degré de température auquel a lieu la cristallisation du sirop, et dans une foule d'autres qu'il est inutile d'énumérer!

60. Armé de forces et de ressources semblables,

(2) Darcet, Ann. de l'Industrie, février, 1829.

(3) Proust, Expériences du professeur Autennieth, de Tubingue.

il n'est pas étonnant que l'homme conçoive et exécute des projets qui doivent paraître gigantesques à ceux qui n'en connaissent pas les bases. S'ils eussent été proposés tout-à-coup, certes nous les eussions rejetés comme tels. Mais, développés ainsi qu'ils l'ont été par la lente succession des siècles, ils nous ont fait voir qu'une génération exécute aisément ce qu'une autre avait jugé impossible, et que la puissance de l'homme sur la nature n'est limitée que par une condition, c'est qu'elle doit s'exercer suivant les lois qui la régissent. L'homme doit donc étudier ces lois comme il ferait des dispositions d'un cheval qu'il veut monter, du caractère d'un peuple qu'il est appelé à gouverner. Car, du moment qu'il essaie de s'affranchir de ces règles fondamentales ou de se mesurer avec elles, il sent vivement sa faiblesse, et reçoit le châtiment réservé à sa témérité. Si, au contraire, il sait user avec discrétion des ressources qu'il a sous la main, s'il obéit afin de mieux commander, l'existence physique des masses peut recevoir des améliorations auxquelles on ne saurait assigner de bornes. Je n'oserais dire que la condition du dernier membre d'une société civilisée vaut mieux que celle d'un sauvage que sa valeur, ses facultés intellectuelles ont placé au-dessus de ses compagnons des bois; mais, si l'on compare les situations, si l'on considère, dans une haute civilisation, combien d'individus peuvent vivre heureux et satisfaits, et combien peu, dans la position opposée, parviendraient à une prééminence sociale, même

dans le cas où ils seraient le mieux servis par les circonstances, nous serons plus à même d'apprécier les avantages de la civilisation.

61. La différence avec laquelle les biens de la vie sont répartis entre les membres d'une grande communauté a dans tous les temps servi de texte à la déclamation et au mécontentement. C'est sans doute notre premier devoir d'adoucir les maux que produit cette inégale distribution, d'arracher au déshonneur et à la misère jusqu'au dernier de nos semblables. Il y a pourtant un point de vue sous lequel la peinture a été, au moins matériellement, altérée dans son expression. Si nous envisageons la société sur l'échelle immense où elle se trouve aujourd'hui, que nous la comparions avec ce qu'elle était à son enfance, il faut agrandir chaque trait dans la même proportion; si, en mettant en paralèlle les classes subalternes de la vie civilisée et de la vie sauvage, on éprouve de l'embarras à dire quelles sont les plus malheureuses, du moins ne peut-on hésiter lorsqu'il s'agit des rangs élevés. Si, en traitant cette idée, nous opposons degré à degré, si nous parcourons toute l'échelle sociale, nous serons frappés (qu'on nous passe le terme) du *rapide taux de la dilatation* qu'elle offre dans les sommités. Elle donne un avantage immense à la situation actuelle de l'espèce humaine sur celle qui l'a précédée, et il est probable qu'il en sera de même des générations à venir par rapport à nous. Nous pouvons rendre la proposition en d'autres termes; et, admettant

qu'il y a dans chaque degré un peu moins de bonheur à mesure qu'on s'élève en civilisation, nous trouverons d'abord qu'en prenant état par état, le nombre de ceux qui possèdent la plus grande somme d'avantages suit le mouvement de la société. Nous trouverons, de plus, que l'extrémité suprême de l'échelle va s'élargissant, et reçoit sans cesse de nouveaux pas. La condition d'un prince européen est aussi supérieure aujourd'hui, sous le rapport des commodités, des convenances, à celle d'un prince du moyen-âge, qu'à celle d'un de ses sujets.

62. Les avantages que donne l'augmentation de nos ressources physiques, augmentation qui est due elle-même aux progrès qu'ont fait nos connaissances, aux perfectionnemens qu'ont reçus les arts, ont cela de particulier qu'ils sont diffusibles de leur nature, et ne peuvent devenir le partage exclusif de quelques uns. Un despote de l'Orient peut dépouiller les riches, confisquer l'industrie de ses sujets; il peut répandre autour de lui un éclat, un luxe inouï, étaler au milieu de la misère publique un faste insultant, il peut se couvrir de joyaux, se parer de somptueux habits; mais il ne saurait jouir des merveilles d'une fabrication bien imaginée, exécutée avec finesse, que nous employons chaque jour. Il ne saurait jouir des commodités de la vie qui ont été inventées, éprouvées, perfectionnées, pliées à tous les usages par des milliers d'individus. Il faut, pour arriver à un état de choses dans lequel les avan-

ages physiques de la vie civilisée atteignent une certaine perfection, il faut que la soif des jouissances, l'inquiétude de désirs qui s'éveillent, se développent sans cesse, aient stimulé de longues suites de générations, car il n'est pas au pouvoir de quelques individus de faire naître ce besoin d'applications utiles, ingénieuses, qui pourtant conduisent seules à d'importantes, à de promptes améliorations, à moins qu'ils ne soient soutenus par la demande qui résulte de la diffusion des mêmes avantages dans les masses.

63. Si cela est vrai pour les avantages matériels, il l'est plus encore pour les choses intellectuelles. Les sciences ne peuvent être bien cultivées ni senties par un petit nombre d'hommes; et quoique les conditions de notre existence sur la terre soient telles que tout ce qui vient à la vie ne puisse se promettre de la passer dans l'aisance, il n'y a du moins aucune loi dans la nature qui réprime nos besoins moraux et intellectuels. Les sciences ne sont pas comme les alimens; elles ne se détruisent pas par l'usage; au contraire, elles s'étendent et se perfectionnent. Elles n'acquièrent pas peut-être un plus haut degré de certitude; mais elles s'accréditent et se perpétuent. Il n'y a pas un corps de doctrines, quelque complet qu'il soit, qui ne puisse s'accroître encore. Il n'y en a pas de si sûr, de si éprouvé qui ne gagne, qui ne se perfectionne en passant par les mains de millions d'hommes. Ceux qui aiment, admirent les sciences pour elles-mêmes, doivent souhaiter que leurs

élémens soient à la portée de tous, ne fût-ce que pour voir discuter les principes sur lesquels elles reposent, voir développer les conséquences qui s'en déduisent, et recevoir cette flexibilité, cette étendue que peuvent seuls lui donner les hommes de tout rang sans cesse occupés à les plier à leur usage. Mais pour atteindre ce but, il faut qu'on les dépouille, autant que possible, des difficultés artificielles, qu'on les débarrasse des termes techniques qui tendent à leur donner un air de grimoire, à les rendre inaccessibles, à moins d'une sorte d'apprentissage. Elles ont sans doute, comme tout autre chose, des termes particuliers, des idiotismes de langage. Quant à ceux-ci, on le pourrait, qu'il ne serait pas sage de les rejeter. Mais tout ce qui tend à leur donner un aspect sauvage, un air sombre, profond, devrait être sacrifié sans miséricorde; ne pas le faire, c'est repousser la lumière que le bon sens peut répandre sur un sujet. Empêcher qu'on établisse les principes, c'est pis encore, s'il s'agit de les appliquer à des usages pratiques; car alors chacun a intérêt à ce qu'ils soient exprimés d'une manière assez nette pour qu'aucune méprise ne soit possible.

64. La même observation s'applique aux arts : ils ne peuvent se perfectionner que lorsque les procédés sont bien exposés, que leur langage est simple, à portée de tous. Un art est l'application des connaissances à un but pratique; si ces connaissances ne sont que l'expérience répétée, il est *empirique*. Si l'expérience est raisonnée, fondée

sur des principes généraux, l'art prend un caractère plus élevé, et devient *scientifique*. Dans la marche progressive qui a porté l'espèce humaine de la barbarie à la vie civilisée, les arts ont nécessairement précédé la science. Toute sollicitude est d'abord acquise aux besoins qui compromettent la vie; mais une fois satisfaits, le goût du luxe s'éveille, l'ambition des superfluités se développe. On sacrifie à la vanité, à l'orgueil, à l'ostentation. Il faut, pour que les jouissances intellectuelles puissent poindre, qu'on soit fatigué de plaisirs sensuels. Lorsque les choses sont à ce point, les délices de la poésie, les arts qui en dépendent, précèdent encore les douceurs de la contemplation et les jeux plus sévères de la pensée. Quand, enfin, ceux-ci commencent à séduire, lorsque les sciences se développent, tout est d'abord pure spéculation. L'esprit secoue les chaînes qui le retenaient sur la terre, et s'abandonne au charme qu'il trouve à déployer ses forces, sa vigueur. Les abstractions de la géométrie, les propriétés des nombres, le mouvement des sphères célestes, ce qui est ardu, abstrait, imaginaire ; voilà les premiers objets auxquels la science se cramponne : les applications viennent plus tard. Les arts suivent leur marche progressive; mais ils restent isolés jusqu'à ce qu'une heureuse, une puissante inspiration comble l'espace qui sépare la pratique de la théorie, et les éclaire l'une par l'autre. Ils se créent un langage, des conventions que ne connaissent que ceux qui les cultivent. Tout ce qui est empirique tend à s'en-

velopper d'expressions techniques, et se plaît à des formes, à des mystères auxquels les adeptes seuls sont initiés. L'expérience, en un mot, veut surprendre, étonner par ses résultats, mais cacher ses procédés. Il en est tout autrement des sciences. Elles se plaisent aux recherches, elles les suivent, les provoquent; elles ne sont pleinement satisfaites des résultats qu'elles obtiennent que lorsqu'elles sont parvenues à les étendre, à les généraliser. Il en est de même dans les applications; elles repoussent les mots techniques, elles portent la lumière sur ce qui est obscur, recueillent tous les procédés pour les perfectionner, les asseoir sur des principes rationnels. On dirait que, pour arriver à la conception des *sciences appliquées*, il faut deux choses tout-à-fait opposées. On dirait qu'il faut à la fois jeter ses pensées dans deux directions, et ramener brusquement ses idées d'une station éloignée à un point également distant de l'une et de l'autre. Ce point fut atteint chez les Grecs par Archimède; mais il le fut trop tard; il ne le fut qu'à la veille de cette grande éclipse qui devait durer dix-huit siècles et se prolonger jusqu'au moment où Galilée, en Italie, et Bacon, en Angleterre, dissipèrent les ténèbres, l'un par ses inventions, ses découvertes, l'autre par la force irrésistible de ses argumens et de son éloquence.

65. Appliquées aux besoins de l'espèce humaine, les sciences physiques rendent la vie plus douce, plus assurée. Elles font mieux encore; elles nous

habituent à raisonner nos actions, à porter dans nos rapports sociaux le calme, la sagacité qu'elles exigent elles-mêmes. La législation, la politique deviennent ainsi une sorte de sciences expérimentales. L'histoire n'est plus une pénible nomenclature d'actes tyranniques, de meurtres qui, en immortalisant les forfaits d'une génération, inspire à celle qui la suit l'ambition de les commettre. C'est une suite d'expériences heureuses et malheureuses qui tendent progressivement à la solution du grand problème, à déterminer les avantages réciproques des gouvernans et des gouvernés. Il est de jour en jour moins vrai de dire que l'expérience ne profite pas aux nations. L'économie politique, du moins, se trouve avoir pour bases des principes fondés sur la nature morale et physique de l'homme. Ces principes ont été quelquefois méconnus, quelquefois même contestés, rejetés avec dédain; mais enfin ils ont pris faveur, et chaque génération leur donnant plus de consistance, ils finiront tôt ou tard par triompher des objections qu'on leur oppose.

DEUXIÈME PARTIE.

DES PRINCIPES SUR LESQUELS DOIT REPOSER L'ÉTUDE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DES RÈGLES QUI DOIVENT PRÉSIDER A UN EXAMEN SYSTÉMATIQUE DE LA NATURE, AVEC DES EXEMPLES DE LEUR INFLUENCE, TELS QU'EN PRÉSENTE L'HISTOIRE DE LEURS PROGRÈS.

—

CHAPITRE I.

DE L'EXPÉRIENCE, CONSIDÉRÉE COMME SOURCE DE NOS CONNAISSANCES. — DU REJET DES PRÉJUGÉS. — DE L'ÉVIDENCE DE NOS SENS.

66. L'idée de cause n'entre pas, comme nous l'avons déjà observé, dans la science abstraite. Les vérités sur lesquelles celle-ci se fonde sont nécessairement unes, et existent indépendamment de toute cause. Il peut en réalité ne rien y avoir dans l'espace qui ressemble à un triangle rectangle, mais dès que nous en concevons un dans notre esprit, nous ne pouvons refuser d'admettre que la somme de ses trois angles est égale à deux angles droits. Si nous le supposons rectangle, nous sommes forcés d'admettre que le carré construit sur l'hypothénuse est égal à la somme des carrés construits sur les côtés opposés. Soutenir le contraire serait nier qu'il est à angle droit. Personne n'est cause que tous les diamètres d'une élipse sont divisés en deux dans son centre. Assurer

que cela n'a pas lieu, ne serait pas se révolter contre une loi, une puissance, mais démentir son langage. *Cause* et *effet* sont, dans les sciences naturelles, les derniers rapports que l'on considère, et les *lois* maintenues ou imposées, que nous sommes à même de concevoir, pourraient avoir été tout autres qu'elles ne sont. Cette distinction est très importante. Un homme intelligent, livré à lui-même et maître de prendre son temps, peut comprendre toutes les vérités mathématiques, en partant de ces simples notions d'espace et de temps, dont il est impossible qu'il se dépouille sans cesser de penser. Mais, quelque effort qu'il fasse, le raisonnement ne lui apprendra jamais ce que deviendra un morceau de sucre si on le plonge dans l'eau; il ne lui apprendra pas davantage quelle impression un mélange de bleu et de jaune produira sur ses yeux.

67. Nous sommes conduits à regarder l'expérience comme la source de la connaissance que nous avons de la nature et de ses lois. Nous n'entendons pas parler de l'expérience d'un individu ou d'une génération; nous voulons parler de celle des siècles, de celle qui a été consignée dans les ouvrages ou s'est conservée par la tradition. On peut l'acquérir de deux manières : 1° en notant les faits tels qu'ils se présentent, sans chercher à les reproduire, sans modifier les circonstances qui les accompagnent, c'est l'observation; 2° en mettant en action des causes, des objets sur lesquels nous pouvons agir, en variant à dessein leurs

combinaisons, en tenant compte des effets qui en résultent. C'est l'expérience. Les sciences naturelles n'ont pas d'autres bases. En distinguant néanmoins l'expérience de l'observation, nous n'avons pas dessein de les opposer entre elles. Elles sont essentiellement semblables, et diffèrent plus dans le degré que dans l'espèce. Les termes d'observation passive, d'observation active, exprimeraient peut-être mieux ce qui les nuance, ce qui les différencie. Il importe cependant beaucoup de fixer les divers états de l'esprit dans les recherches qui ont besoin de leur aide, ainsi que l'influence qu'elles exercent sur l'avancement des sciences. Dans le premier cas, nous écoutons avec plus ou moins d'attention un récit, peut-être obscur, fait à longs intervalles; ce n'est que par réflexion que nous en saisissons toute la portée, et souvent nous regrettons, après coup, de n'avoir pas étudié des circonstances que nous avons négligées, et dont nous apprécions trop tard la valeur. Dans ce dessein, nous discutons la chose, nous comparons l'une avec l'autre les circonstances qui l'accompagnent, et raisonnant en présence des faits, nous sommes conduits à des questions dont la solution nous met à même de nous faire des idées nettes et précises. Aussi a-t-on invariablement observé que dans les branches de physique où l'on ne peut contrôler les phénomènes, ou dans lesquelles les recherches expérimentales n'ont pu, par d'autres motifs, répandre la lumière, que les progrès ont été lents,

incertains, irréguliers, tandis que celles où l'expérience a pu porter son flambeau ont été rapides, sûres et faciles. Nous ne connaissons pas plus aujourd'hui qu'on ne connaissait il y a plusieurs siècles la nature et les causes des volcans, celles des tremblemens de terre, de la chute des aérolithes, de l'apparition de certaines étoiles, de la disparition de quelques autres, celles de ces grands phénomènes qui ne dépendent pas de nous et qui sont trop rares pour qu'on puisse répéter, rectifier les impressions qu'ils produisent. C'est une relation faite lentement, par fractions. Il n'en est pas ainsi de l'astronomie. Elle offre une suite de faits non interrompus. L'observation est toujours là; toujours elle peut fournir l'information qu'on cherche, et compense ainsi le désavantage de ne pouvoir varier son point de vue. Aussi, l'astronomie, considérée comme science de pure observation, est-elle parvenue, quoique fort lentement, à un haut degré de perfection. Mais du moment qu'elle devint une branche de mécanique, science essentiellement expérimentale, ou, en d'autres termes, science dont chaque principe peut être soumis à une épreuve immédiate et décisive, elle prit un développement rapide; elle fit des progrès tels qu'on n'a pas craint d'avancer, et nous le croyons sans peine, que les observations faites dans les premiers âges fussent-elles détruites, on pourrait avec celles qui ont eu lieu dans un seul observatoire, pendant la vie d'un homme, en déduire

les premières, en construire un ensemble tel qu'il existait d'abord. Choisissons un autre exemple. La minéralogie est, pour ainsi dire, une création moderne. La description des pierres précieuses elles-mêmes, telle que l'ont donnée Théophraste et Pline, suffisait à peine, dans la plupart des cas, pour faire reconnaître leur identité. Les choses les plus simples donnaient lieu à des méprises. A la longue, on s'est décidé à observer avec attention. On a étudié les caractères des minéraux, on en a formé un catalogue ; on a essayé de les arranger, de les disposer avec ordre, de tirer quelques conclusions générales sur les formes qu'ils prennent habituellement. Enfin, on a employé l'analyse chimique pour les résoudre en leurs principes constituans. Dès-lors, dès que, guidé par un heureux hasard, le génie de Busmann eut découvert ce fait général qu'ils peuvent se cliver dans certaines directions ; que ce clivage met à nu leurs formes primitives ou fondamentales, qui sont enveloppées dans les minéraux, comme on peut concevoir, qu'une statue est incrustée dans le marbre ; la minéralogie cessa d'être une liste de noms insignifians, un catalogue fastidieux de pierres, de cailloux ; elle devint, ce qu'elle est aujourd'hui, une science méthodique et d'un haut intérêt, dans laquelle chaque année découvre de nouveaux rapports, de nouvelles lois, de nouvelles applications.

68. L'expérience une fois reconnue comme la source de toutes connaissances de la nature, nous

devons, dans l'étude de celle-ci et des lois qui la régissent, nous défaire de nos préjugés, ou tout au moins suspendre, comme prématurée, toute notion préalable sur ce qui devrait ou pourrait être l'ordre de la nature dans un cas donné. Nous devons nous contenter d'observer ce qu'elle est, nous en tenir rigoureusement au fait. Il faut, pour se servir avec avantage de l'expérience, une chose préliminaire, qui dépend de nous ; il faut se débarrasser de tout préjugé, de quelque part qu'il vienne, se borner aux faits, aux conséquences logiques qu'on en peut rigoureusement déduire. Du reste, on doit faire une différence entre deux espèces de préjugés qui exercent sur l'esprit une impression très distincte. Au surplus, il n'y a aucune analogie dans les moyens qu'on peut employer pour les détruire ; ce sont :

1° Les préjugés d'opinion,

2° Les préjugés de sens.

69. Par préjugés d'opinion nous entendons les opinions qui ont été admises à la hâte, soit sur l'assertion des autres, soit sur des aperçus superficiels. Nous comprenons aussi dans ce nombre des opinions qui sont le résultat d'une observation commune et qui, toujours reçues sans contestation, ont fini par produire sur nous une impression profonde. Telles sont celles, par exemple, où l'on était autrefois que la terre était le plus grand corps de l'univers ; que, placée au centre, elle s'y tenait immobile, et que le reste de la création

était destiné à son usage; que la nature du feu et des sons est de s'élever ; que la lumière de la lune est froide, que la rosée provient de l'air, etc.

70. Nous pouvons combattre ces préjugés de deux manières, en prouvant la fausseté des faits à l'aide desquels on les accrédite, ou en démontrant que les apparences qui semblent les consacrer s'expliquent d'une manière plus satisfaisante quand on les repousse. Malheureusement les préjugés d'opinion sont vivaces et ceux qui se livrent à l'étude des sciences naturelles doivent se tenir en garde à cet égard. Il y aurait de la déraison à exiger qu'un homme renonce brusquement aux opinions, aux jugemens qui lui servaient de guide. Aussi n'est-ce pas là ce que nous demandons. Tout ce que nous voulons, c'est qu'il ne caresse pas avec superstition des idées fausses, qu'il les abandonne, qu'il les rejette dès qu'il a acquis la preuve qu'elles ne sont pas fondées. Qui refuse d'en agir ainsi n'est pas apte aux sciences.

71. La tenacité avec laquelle on défend l'autre classe de préjugés, ceux de sens, est plus vive au premier abord, mais elle est moins persistante, moins opiniâtre. Ne pas croire ce qu'attestent nos sens paraît en effet une chose qu'on ne saurait admettre. Ce n'est pas pourtant le témoignage de nos sens qu'il s'agit précisément de repousser, mais les jugemens erronnés que nous en déduisons et qu'infirme un témoignage opposé; quand un sens, par exemple, dépose contre un autre, ou le même sens contre lui-même, les conclu-

sions ne s'accordant pas, il faut bien convenir que l'une des deux est mauvaise. Rien ne paraît, au premier coup d'œil, plus rationnel, plus simple, moins contestable que de penser que la couleur d'un objet est une qualité qui lui est inhérente comme le poids, la dureté, etc., que voir l'objet, et le voir sous la couleur qui lui est propre, est une seule et même chose. Ce n'est pourtant là qu'un préjugé, et la preuve en est fournie par le sens même de la vision dès qu'il est mieux dirigé. En effet, quand les rayons prismatiques sont introduits dans une chambre obscure et tombent successivement sur le même objet, il revêt, quelque soit sa couleur propre, la teinte du rayon qui l'éclaire. Un carré de papier jaune, par exemple, paraît écarlate s'il est frappé par les rayons rouges, jaune s'il l'est par les jaunes, vert par les verts, bleu par les bleus. Sa couleur particulière, comme on l'appelle, ne se mêle pas le moins du monde avec celle qu'il présente alors.

72. Donnons un exemple ou deux de l'espèce d'illusion que les sens produisent sur nous, ou mieux, que nous produisons sur nous-mêmes par une fausse interprétation de leur témoignage. La lune paraît plus grande à son lever et à son coucher que lorsqu'elle est à une certaine hauteur au-dessus de l'horizon. Ce n'est pourtant là qu'une illusion; car si on mesure son diamètre, on trouve qu'il est plus faible dans la première position que dans la seconde. Ici la vue corrige la vue d'une manière d'autant plus certaine, qu'elle

le fait au moyen de mesures précises. Dans le ventriloquisme, l'ouïe est surprise comme tous les autres sens, comme la vue surtout l'est quelquefois, d'une manière étrange. Tel est le cas où la voix paraît sortir d'un corps sans vie, sans mouvement. Si nous trempons nos mains, l'une dans de l'eau glacée, l'autre dans de l'eau chaude, et qu'après les y avoir laissées quelque temps, nous les plongions dans un vase rempli d'eau à la température du sang, nous éprouvons à l'une une sensation de chaleur, à l'autre une sensation de froid. Croisons les deux premiers doigts d'une main, plaçons entre eux un pois que nous roulerons sur une table, nous croirons, surtout si nous fermons les yeux, que nous en avons deux. Tenez-vous le nez en mangeant du citron, vous n'apercevrez aucune différence entre sa saveur et celle d'un copeau de sapin.

73. Ces exemples, et une foule d'autres, doivent nous convaincre que, quoique nous ne soyons jamais déçus dans *l'impression sensible* que font sur nous les objets extérieurs, nous sommes néanmoins, dans les jugemens que nous portons, influencés par les circonstances qui tantôt modifient ces impressions, tantôt les combinent avec celles qui s'associent d'ordinaire à nos jugemens. Nous devons en tenir compte dans l'évaluation du degré de confiance que méritent nos conclusions. Nous ne parlons pas ici d'un sens dont l'organisation a été troublée; telle serait par exemple un œil affecté d'une distorsion qui produit une vi-

sion double. Nous parlons encore moins d'une affection mentale qui pervertit la voie des impressions sensibles.

74. Comme l'esprit n'est pas en rapport immédiat avec l'objet, nous ne pouvons considérer les impressions sensibles que comme des signaux qui sont transmis au moyen d'un étonnant et inexplicable mécanisme, à notre esprit qui les reçoit, les coordonne et les lie avec les qualités qui leur correspondent, précisément comme une personne qui écrit et compose les signaux d'un télégraphe, interprète leur signification. Si, par exemple, elle observe qu'un signal déterminé est constamment suivi de l'arrivée d'un vaisseau, elle établira entre ces deux faits un rapport de même nature que celui qui unit la notion d'une grande construction en bois pourvue d'un nombreux équipage, avec l'impression qu'elle fait sur la retine d'un observateur qui serait placé sur le port.

75. On trouve dans la relation du voyage du capitaine Head à travers les *Pampas* de l'Amérique méridionale une anecdote qui vient à l'appui. Son guide s'arrêta un jour frappé d'une terreur subite et s'écria les yeux fixés en l'air : Un lion ! Aussi surpris de l'exclamation que de l'attitude, il chercha quelle en pouvait être la cause, et aperçut à une hauteur considérable une bande de condors décrivant un cercle. Au dessous, mais hors de la vue du capitaine comme du guide, gisait le cadavre d'un cheval. Sur ce cadavre était

un lion, comme le conducteur en avait bien jugé, que les condors regardaient avec envie de la hauteur où ils se trouvaient. La manœuvre de ces oiseaux de proie avait été pour lui ce qu'eût été l'aspect du lion lui-même.

CHAPITRE II.

DE L'ANALYSE DES PHÉNOMÈNES.

76. Les phénomènes ou apparences, pour rendre le sens littéral de ce mot, sont les résultats sensibles des procédés et des opérations qu'on exécute sur les objets extérieurs ou sur les principes dont ils se composent. Ils en sont les signaux et se transmettent à notre esprit, comme je l'ai dit tout-à-l'heure. On peut en diverses circonstances les rendre sensibles, c'est-à-dire qu'on peut les analyser, démontrer qu'ils sont dus au mouvement ou autres affections des objets sensibles eux-mêmes. On peut par exemple établir que le phénomène du son produit par une corde de musique ou par une cloche, est le résultat d'une opération qui consiste en un rapide mouvement vibratoire de ses parties qui est d'abord communiqué à l'air, puis à l'oreille, et cependant l'effet immédiat qui a lieu sur les organes de l'ouïe n'éveille pas la moindre idée d'un tel mouvement. Il y a d'une autre part une foule d'exemples d'impressions sensibles que nous ne pouvons, à présent du moins, considérer que comme de simples sensations. Telles sont celles que produisent sur nous l'amer-

tume, la douceur, etc. Nous pourrions, si nous jugions légèrement, les considérer comme des propriétés premières, mais l'exemple du son nous apprend à être circonspects et nous porte à les envisager plutôt comme de purs résultats de quelque procédé secret qui agit sur nos organes, et qui est si subtil qu'il nous échappe. Une expérience simple rendra cette idée plus sensible. Une solution du sel que les chimistes appellent nitrate d'argent et une solution d'hyposulfate de soude produisent chacune séparément, quand on les goûte, une sensation d'amertume extrêmement désagréable, et, si on les mêle, elles sont de la plus douce saveur. Le sel désigné sous le nom de tunstate de soude est doux quand on le goûte et devient un moment après amer comme de la casse.

77. Jusqu'à quel point nous est-il donné de pénétrer les procédés intérieurs de la nature dans la production des phénomènes? Nous ne pouvons le dire. Mais à en juger par l'obscurité qui enveloppe le seul cas où nous sentions en nous la puissance secrète d'en créer, il ne paraît pas que nous puissions aller bien loin. Le cas dont il s'agit est celui de la production du mouvement par le déploiement d'une force. Nous avons la conscience que nous pouvons mouvoir nos membres et déplacer d'autres corps par leur intermédiaire; nous avons la conscience que cet effet est le résultat d'un procédé inexplicable que nous sentons, mais que nous ne pouvons rendre par des mots, et que nous désignons par celui de force. Lors même

que le développement de cette force ne produit aucun effet visible, comme lorsque nous pressons violemment nos mains de manière à les opposer entr'elles, à détruire l'une par l'autre l'effet qu'elles produisent, nous sentons à la fatigue, à l'épuisement qui en résultent, qu'il se passe en nous quelque chose dont l'esprit est l'agent et la volonté la cause déterminante. L'impression que nous recevons de la nature de la force par nos efforts, par la fatigue qui en est la suite, diffère essentiellement de celle que nous éprouvons en voyant la force déployée par d'autres produire du mouvement. Au surplus, il n'y en aurait point, nous aurions été, dès notre enfance, enfermés dans un sombre cachot, nos membres auraient été enveloppés, incrustés dans le plâtre, que cette conscience intérieure, nous donnerait une complète idée de la force; mais quand nous sommes libres, il n'y a que l'habitude qui nous mette à même de reconnaître son action au signe qui la manifeste, le mouvement, et cela en reconnaissant que la même action de l'esprit qui, dans un état de gêne actuel, nous permet de nous fatiguer, de nous épuiser par la tension de nos muscles, nous donne, quand nous sommes en liberté, la faculté de nous mouvoir nous-mêmes, et de déplacer d'autres corps. Quelque obscure que soit la connaissance que nous avons de ce qui se passe en nous dans l'exercice de cet important privilége, qui seul nous permet d'agir comme cause directe, nous pouvons cependant sentir, lorsque nous met-

tons un membre en mouvement, que le siége de l'action qui semble être dans le membre se trouve dans le cerveau, l'épine dorsale ou dans la moëlle épinière ; la preuve en est que, si l'on divise en un point quelconque de sa longueur une petite fibre appelée nerf qui forme la communication entre le membre et le cerveau ou le membre et l'épine du dos, quelques efforts qu'on fasse, le membre ne se remue pas.

78. Cet exemple de l'obscurité qui enveloppe le seul acte de causalité directe, dont nous ayons la conscience immédiate, suffira pour montrer combien dans l'investigation de notre nature même, nous avons peu de chances de parvenir à la connaissance des causes premières. Il nous apprend à borner nos recherches à celle des lois et à l'analyse des phénomènes complexes, au moyen de laquelle on les ramène à de plus simples, que nous sommes obligés de considérer comme causes, faute de pouvoir les décomposer. Qui oserait se plaindre des limites imposées à nos facultés? Nous avons assez d'espace, nous avons un domaine assez vaste pour déployer toutes les facultés que nous possédons. Nous pouvons d'ailleurs rapporter la plus grande partie des phénomènes à une cause unique, à l'action de la force mécanique, matière si vaste, qu'on a discuté si elle n'était pas la seule qui soit capable d'agir sur les êtres matériels.

79. Rendons sensible ce que nous entendons par la résolution des phénomènes complexes en

phénomènes plus simples. Prenons le son pour exemple. Si on considère les divers cas où se produisent des sons de toute espèce, on trouve qu'ils ont divers points communs ; 1° la détermination du mouvement dans le corps sonore; 2° la communication de ce mouvement à l'air ou autre intermédiaire qui est interposé entre le corps sonore et l'oreille; 3° la propagation de ce mouvement qui passe d'une molécule à l'autre du corps intermédiaire dans une succession convenable ; 4° la transmission des molécules, du milieu ambiant à l'oreille ; 5° la transmission qui se fait dans l'oreille aux nerfs auditifs par le moyen d'un certain mécanisme ; 6° la production de la sensation. Or, on sent qu'il y a dans cette analyse deux choses principales qu'il faut comprendre avant de pouvoir se faire une idée exacte et complète du son : 1° La détermination et la propagation du mouvement ; 2° la production de la sensation. Ce sont là deux autres phénomènes d'un ordre plus simple, ou, pour parler plus correctement, d'un ordre plus général, plus élémentaire, dans lesquels le phénomène complexe du son se résout lui-même. Si nous examinons la communication du mouvement d'un corps à un autre, ou d'une partie à un autre du même corps, nous trouvons qu'elle peut aussi se résoudre en plusieurs autres phénomènes : 1° la mise en mouvement d'un corps matériel ou d'une partie de ce corps ; 2° la manière dont se comporte une molécule en mouvement

quand elle en rencontre une autre sur son chemin, qu'elle est retardée par quelque autre obstacle ou influencée par sa connexion avec les molécules qui l'environnent ; 3° la manière dont agissent les molécules qui l'entravent ou l'influencent dans ces circonstances : ce qui conduit à un autre phénomène qu'il est aussi nécessaire d'examiner, celui de la liaison des parties des corps matériels en masses, au moyen de laquelle ils forment des agrégats et peuvent exercer de l'influence sur leurs mouvemens matériels.

80. Ainsi nous voyons que l'étude des phénomènes du son, conduit à la recherche, 1° de deux causes, savoir : celle du mouvement et celle de la sensation, phénomènes dont nous ne pouvons pousser l'analyse plus loin, au moins dans l'état actuel de nos connaissances. C'est pourquoi nous les admettons comme simples, élémentaires, et devant être rapportés, suivant toutes les apparences, à l'action contraire, immédiate de leurs causes ; 2° de plusieurs questions relatives au rapport qu'il y a entre le mouvement des corps matériels et la cause qui le produit, telle que : qu'arrivera-t-il si un corps en mouvement se trouve entouré par des corps en repos ? qu'arrivera-t-il si un corps en repos est choqué par des corps en mouvement ? Il est évident qu'on ne peut répondre à ces questions que par les lois du mouvement, dans le sens que nous avons attribué plus haut aux lois de la nature, c'est-à-dire, par l'exposé de ce qui arrivera dans tel ou tel cas général. Enfin, nous

sommes conduits en poursuivant l'analyse et en considérant le phénomène de l'agrégation des molécules des corps et la manière dont elles réagissent les unes sur les autres, à deux autres phénomènes généraux, savoir, la cohésion et l'élasticité de la matière. Or, ces phénomènes, nous n'avons aucun moyen de les analyser, et nous sommes, par cette raison, jusqu'à ce que nous soyons conduits à un résultat contraire, obligés de les considérer comme des *phénomènes* primitifs qui sont dus à l'action directe de la *force* d'attraction et de répulsion.

81. Nous avons, ainsi que je l'ai déjà dit, la conscience de la force, en tant qu'elle est contrebalancée par une force opposée ; et quoiqu'il nous paraisse étrange que la matière soit capable d'exercer sur la matière la même espèce d'effort que nous sommes disposés, d'après cette conscience, à considérer comme mentale, nous ne pouvons pas, néanmoins, repousser le témoignage direct de nos sens qui nous font éprouver, quand nous tendons un ressort d'une main, une opposition exactement semblable à celle que pourrait produire l'autre main ou quelque autre individu. La recherche de l'agrégation de la matière se résout donc en la question générale : comment se comporteront des molécules matérielles sous l'action réciproque de forces opposées capables de se contrebalancer ? et la loi de l'équilibre, quelle qu'elle soit, peut seule y répondre.

82. La cause de la sensation doit être regardée

comme beaucoup plus obscure que celle du mouvement. Elle le doit d'autant plus que nous n'en avons aucune connaissance intime ; c'est-à-dire, que nous n'avons aucun moyen d'appeler la sensation par quelque acte de notre esprit et de notre volonté. Il est vrai que nous nous en approchons, puisque, par un effort de mémoire et d'imagination, nous parvenons à produire dans notre esprit l'impression ou l'idée d'une sensation qui égale quelquefois en vivacité la réalité même. Dans les rêves et dans quelque dérangement de nerfs, nous avons des sensations sans objets. Mais si nous ne pouvons nous rendre compte de la force comme cause du mouvement au moment même où nous la déployons, combien doit nous paraître plus obscure l'autre cause dont nous ne pouvons exécuter qu'imparfaitement les effets par un acte volontaire, et de l'action purement intérieure de laquelle nous avons seulement la conscience, fût-ce même dans un état qui nous prive du raisonnement et presque de l'observation !

83. Abandonnant alors comme au-dessus de notre portée l'examen des causes, nous nous bornerons à celle des lois qui régissent les phénomènes et qui semblent leurs résultats immédiats. Concluons de l'exemple que nous venons de citer que toute excursion dans la nature intime d'un phénomène complexe se divise en autant de recherches distinctes qu'il y a de phénomènes simples et élémentaires, dans lesquels il puisse être résolu ; que l'étude de la nature offrirait moins

de difficultés, s'il était possible de déterminer, par quelque moyen, quels sont les premiers phénomènes auxquels peuvent se ramener tous les composés qu'elle présente. Mais il n'y a aucune manière de le faire *à priori*. Il faut avoir recours à la nature elle-même, se guider sur la règle que suit le chimiste dans son analyse, regarder chaque ingrédient comme élémentaire, jusqu'à ce qu'il puisse être décomposé. Nous devons, comme lui, admettre que chaque phénomène est élémentaire ou simple, jusqu'à ce que nous parvenions a l'analyser, et prouver qu'il est le résultat d'autres phénomènes qui, à leur tour, deviennent élémentaires. Il nous est donc permis de parler de causes dans un sens modifié et relatif, n'entendant pas par-là ces premiers principes d'action sur le développement desquels repose toute la nature ; mais de ces anneaux les plus proches qui lient des phénomènes donnés avec d'autres d'un ordre plus simple, plus élevé et plus général. Nous pouvons regarder la vibration d'une corde de musique, par exemple, comme la cause prochaine du son qu'elle produit, et la recevoir comme un fait primitif renvoyant pour un examen ultérieur à la cause des vibrations qui est plus générale et d'un ordre plus élevé.

84. En chimie, quoiqu'on ne puisse les isoler, on est quelquefois forcé d'admettre des élémens qui diffèrent de ceux qu'on connaît déjà, et de convenir que ces substances ont les caractères des composés, et sont, par conséquent, susceptibles

d'analyse, sans savoir pourtant comment s'y prendre pour la faire : de même en physique on sent qu'un phénomène est complexe, quoiqu'on soit hors d'état de le suivre dans tous ses détails. Dans le magnétisme, par exemple, l'action de l'électricité est clairement démontrée, et on prouve qu'ils sont l'un à l'autre dans le rapport de l'effet à la cause, du moins en tant que tous les phénomènes du magnétisme peuvent être produits par l'électricité, et cependant aucun phénomène électrique n'a jusqu'ici été produit par le magnétisme. Mais l'analyse du magnétisme, dans ses rapports avec les métaux particuliers, n'a pas été faite d'une manière satisfaisante, et nous sommes forcés de reconnaître l'existence d'une cause quelconque, soit prochaine soit dernière, qui existe dans l'un, ne se manifeste pas dans l'autre, et en fait la différence. Des cas semblables offrent le plus haut intérêt. Ils poussent à l'examen, semblent toucher à la solution de l'énigme ; ils nous montrent où est la lumière, qu'il n'y a qu'un voile à soulever.

85. Quand nous nous trouvons arrêtés dans nos recherches par un phénomène dont nous ne pouvons nous rendre compte, et que nous sommes, par conséquent, forcés de rejeter, au moins provisoirement, dans la classe des faits ultérieurs, et de regarder comme élémentaire, l'étude de ce phénomène et des lois qui le régissent forme une branche de science particulière. S'il se présente dans l'analyse de plusieurs phénomènes composés, il prend plus d'intérêt et acquiert plus

d'importance ; nous obtenons en même temps une connaissance relative au phénomène même, en observant ceux avec lesquels il se rencontre d'ordinaire, ce qui peut nous conduire à en dévoiler la nature. C'est ainsi que les sciences se développent et acquièrent une relation et une dépendance mutuelles. C'est ce qui nous rend aussi, à la longue, capables de suivre la marche et les analogies qui existent entre les grandes branches de la science, et nous fait voir, en dernier résultat, qu'elles reposent sur un phénomène commun, d'une nature plus générale et plus élémentaire que celui qui forme le sujet qu'elles poursuivent séparément. C'est ainsi, par exemple, qu'on avait reconnu, avant la grande découverte de l'électromagnétisme, par Oërsted, une ressemblance générale entre l'électricité et le magnétisme, et il a été établi que les phénomènes capitaux de l'un avaient leurs correspondans dans l'autre. C'est encore ainsi que l'analogie qui subsiste entre le son et la lumière a été découverte par une série de rapports qui ne permettent pas de douter de leur intime coïncidence dans un phénomène commun, le mouvement vibratoire d'un milieu élastique. Qu'on nous permette encore de tirer nos preuves de la chimie, de fonder son application, non pas sur ce qui a été fait, mais sur ce qui se fera un jour, et de dire que la ressemblance de famille, entre certains groupes de corps regardés maintenant comme élémentaires (tels que le nickel, le cobalt, le chlore, l'iode et le brome), conduira peut-être à recon-

naître dans la suite des rapports d'une espèce plus intime, qui nous échappent à présent.

86. On devrait étudier avec le plus grand soin, l'attention la plus minutieuse, les phénomènes que l'on rencontre dans une analyse de la nature et qui repoussent une décomposition ultérieure. On devrait le faire non seulement parce qu'ils rendent raison d'une foule d'observations, qu'ils servent à grouper, à classer une masse de faits prodigieux, mais parce qu'ils sont d'un ordre plus élevé et que c'est en eux que nous devons chercher l'action directe des causes, l'expression la plus étendue, la plus générale des lois de la nature. Une fois connues, ces lois nous donnent l'explication des faits particuliers et deviennent les bases de raisonnemens qui se trouvent indépendans d'essais particuliers. Elles jouent dans la philosophie naturelle le même rôle que jouent les axiomes dans la géométrie. Elles contiennent comme dans une sorte de condensation ce que nous pouvons déduire de l'expérience pour nous mettre à même de suivre le développement des vérités de la physique par la simple application d'un argument logique. A la vérité, les axiomes en géométrie peuvent en quelque façon être considérés, non comme un appel matériel, mais comme un appel mental qu'on fait à l'expérience. Si nous disons que le tout est plus grand que la partie, nous énonçons un fait général qui repose, il est vrai, sur les idées que nous nous fesons du tout et de la partie; mais en abstrayant ces notions, nous commençons

à les considérer comme subsistant dans l'espace, dans le temps et en nature. Nous fesons davantage; nous les envisageons comme existant dans un espace linéaire, superficiel et solide. Bien plus : si nous disons, les égaux des égaux sont égaux, nous comparons mentalement des espaces égaux, des temps égaux, etc., en sorte que ces axiomes, quelque évidens qu'ils soient par eux-mêmes, ne sont encore que des propositions générales qui, bien loin d'être le résultat de l'induction, ne s'offriraient pas même à l'esprit si l'expérience ne les lui présentait. La seule différence qu'il y ait entre les uns et les autres, c'est que, quand on construit ceux de géométrie, les exemples s'offrent d'eux-mêmes, ne se font pas chercher; ils sont simples et peu nombreux; au contraire, quand on formule ceux de la nature, on en trouve un grand nombre, mais compliqués, peu directs, en sorte qu'il faut beaucoup de soins et d'adresse, même pour les mettre en saillie.

87. Le phénomène le plus général que nous connaissions, celui qui se présente le plus constamment dans les recherches qui nous occupent est le mouvement et sa communication. Aussi la dynamique ou la science des forces et du mouvement est-elle placée à la tête de toutes les sciences; mais heureusement pour les connaissances humaines c'est aussi une de celles où l'on peut arriver au plus haut degré de certitude; certitude qui ne le cède pas à celle d'une démonstration mathématique. Les axiomes sont peu nombreux, simples, très distincts, très définis et ont en même temps une

relation immédiate avec la quantité géométrique, l'espace, le temps et la direction. Ils se prêtent ainsi avec une facilité remarquable aux raisonnemens géométriques. On peut, d'après cela, pousser jusqu'à une certaine étendue leurs conséquences par des argumens purement mathématiques. On le peut d'autant plus que la limite de nos connaissances en dynamique n'est déterminée que par celle des mathématiques pures; ce qui n'a lieu dans aucune autre branche de physique.

88. Mais comment résoudre un phénomène composé en de plus simples? Existe-t-il des règles générales pour y parvenir? non, il n'en existe aucune, si ce n'est celles qu'ont établies les chimistes pour l'analyse des substances dont tous les principes sont inconnus. Des règles semblables, si on pouvait les découvrir, embrasseraient toutes les sciences naturelles, mais nous sommes loin de les posséder. Il faut néanmoins ne pas oublier que l'analyse des phénomènes, philosophiquement parlant, est surtout utile en ce qu'elle nous met à même de reconnaître et de réserver pour une investigation spéciale ceux qui nous paraissent simples, d'entreprendre de déterminer méthodiquement leurs lois, de faciliter ainsi la formation d'axiomes généraux ou de formules qui les renferment tous, qui les fassent, pour ainsi dire, passer du monde extérieur dans le monde intellectuel, qui les rendent le produit de la pensée pure et nous permettent d'en raisonner *à priori*. Ce qui rend inappréciable la faculté de procéder ainsi, c'est

qu'en partant des généralités pour descendre aux cas particuliers, les propositions auxquelles on arrive s'appliquent à une multitude immense de combinaisons, de cas qui ne s'étaient jamais présentés à l'esprit, dans les opérations intellectuelles auxquelles est due la découverte des axiomes. Bien plus, si l'on pousse le raisonnement jusqu'aux dernières limites de la particularité, leur résultat se présente sous la forme de *faits individuels* que n'eût pas signalés l'expérience immédiate. Nous ne parvenons pas seulement ainsi à l'explication de tous les faits connus, nous arrivons encore à la découverte de quelques uns qui ne l'étaient pas. On en a déjà vu un exemple remarquable dans la découverte *à priori*, faite par Fresnel, de la réfraction extraordinaire de deux rayons dans un milieu doublement refringent. On peut en citer un autre. La loi de la gravitation est un axiome physique d'une haute, d'une générale importance qui a été fondé par une série d'inductions et d'abstractions fournies par l'observation des faits nombreux et des lois secondaires du système planétaire. Cette loi reconnue, admise comme base du raisonnement appliqué à l'état actuel de notre planète, ont conduit entre autres à cette conséquence, que la terre, loin d'être une sphère parfaite, doit être comprimée ou aplatie dans la direction de son diamètre polaire, qui est plus court que le diamètre équatorial. Cette conclusion à laquelle on n'était d'abord arrivé que par le seul raisonnement, a été plus tard confirmée par l'expérience ;

toutes les prédictions astronomiques sont des exemples de ce genre.

89. Nous n'avons absolument aucun guide dans l'analyse des phénomènes. Il n'en est pas tout-à-fait ainsi dans la formation des axiomes de la nature. Le raisonnement général ou abstrait nous indique, en grande partie, la marche que nous avons à suivre. Une loi de la nature, étant l'expression de ce qui arrive dans certaines circonstances générales, doit être considérée comme l'énoncé de tout un groupe ou classe de phénomènes. Chaque fois, par conséquent, que nous apercevons que deux, trois ou un plus grand nombre de phénomènes présentent assez de points communs ou ont entre eux des analogies assez remarquables pour que nous puissions les considérer comme formant une classe ou groupe, si nous fesons abstraction de toutes celles par lesquelles ils diffèrent, et que nous ne tenions compte que de celles dans lesquelles ils se confondent, nous formerons, à l'aide de cette espèce de convention mentale, une définition ou description qui pourra s'appliquer à tous ; une définition semblable prendra la forme d'une proposition générale qui aura tout au moins, jusqu'à nouvel ordre, le caractère d'une loi de la nature.

90. Par exemple, un grand nombre de substances transparentes, lorsqu'elles sont exposées d'une manière particulière à un faisceau de lumière qu'on a préparé en lui fesant subir certaines réflexions ou réfractions, et qui a acquis de

la sorte des propriétés particulières, ou, comme on dit, a été polarisé, déploient de belles, de vives couleurs, disposées en bandes, raies, etc., d'une grande régularité, qui semblent naître dans la substance, et qui, d'après une certaine succession régulière qu'elles présentent dans leur apparence, sont appelées « couleurs périodiques. » Parmi les substances qui offrent ces couleurs, on en trouve un grand nombre qui sont solides, transparentes, mais on n'en rencontre aucune qui soit fluide ou solide opaque. Il semble, d'après cela, que l'analogie de nature est assez forte pour nous permettre d'employer un terme général, et d'énoncer comme une loi que les *solides transparens* déploient des couleurs périodiques lorsqu'ils sont exposés à la lumière polarisée. Bien que la chose soit vraie de plusieurs, on ne peut néanmoins l'appliquer à *tous* les solides transparens; on ne peut, par conséquent, l'établir sous cette forme en vérité générale, en loi de la nature, quoique la proposition inverse, c'est-à-dire que tous les solides qui montrent de telles couleurs dans telles circonstances sont transparents, soit exacte et générale. Il est donc nécessaire de faire une liste de ceux auxquels on peut l'appliquer. Un grand nombre de substances de toutes espèces seront ainsi réunies dans une classe que constitue cette commune propriété. Si nous examinons les individus que renferme ce groupe, nous trouvons qu'ils présentent la plus grande variété de couleur, de texture, de poids, de dureté, de forme

et de composition ; de telle sorte que, sous ce rapport, nous paraissons avoir fait un assemblage de contraires. Mais si nous les explorons avec soin, si nous les étudions dans leur ensemble, nous trouvons que tous jouissent de la même propriété, que tous possèdent la double réfraction, que nous pouvons, par conséquent, les décrire comme des substances doublement refringentes. Nous sommes donc autorisés à énoncer comme un fait, que les substances douées de la double réfraction offrent des couleurs périodiques lorsqu'on les expose à la lumière polarisée. Ainsi posée, la proposition a été reconnue vraie, non seulement pour les cas que nous avons signalés d'abord, mais pour tous ceux qui se sont présentés depuis, sans exception. Ainsi elle est générale, et doit être regardée comme une loi de la nature.

91. Nous pouvons donc regarder une loi de la nature, 1° comme une proposition générale énonçant en termes abstraits tout un groupe de faits particuliers relativement à la manière d'agir des agens naturels dans des circonstances données ; 2° comme une proposition exprimant que toute une classe d'individus qui s'accordent dans un caractère s'accordent aussi dans un autre. Par exemple, dans le cas dont il s'agit, la loi à laquelle on arrive renferme entre autres, dans son énoncé général, les faits particuliers que le cristal de roche et le salpêtre déploient des couleurs périodiques, car ce sont deux substances douées de la double réfraction ; 3° elle peut être considérée

comme énonçant une relation entre les deux phénomènes de double réfraction et la production de couleurs périodiques, qui est, dans le cas actuel, une des plus importantes, savoir la relation d'*association constante*, puisqu'elle établit que, si un corps présente l'une de ces propriétés, il jouit invariablement de l'autre.

92. Les deux points de vue sous lesquels peut s'envisager l'énoncé d'une loi générale, quoique menant au même résultat, exercent néanmoins une influence bien différente sur nous. Dans le premier, une loi n'apparaît guère que comme une sorte de mémoire artificielle; dans le second, au contraire, elle se présente comme une espèce de guide qui nous mène directement à la recherche, si ce n'est d'une cause dernière, du moins d'une cause prochaine. Elle y pousse d'autant plus, que toutes les fois qu'on observe que deux phénomènes sont unis d'une manière invariable, on en conclut qu'ils ont entre eux les rapports de cause et d'effet, ou qu'ils sont les effets communs d'une même cause.

93. Il y a un autre point de vue sous lequel on peut envisager une loi de l'espèce de celle dont il s'agit. On peut la considérer comme une proposition qui énonce la liaison mutuelle, dans quelques circonstances même, l'entière identité de deux classes d'individus, soit objets, soit faits individuels. C'est peut-être la manière la plus simple et la plus instructive de la concevoir, et celle qui se prête le plus à la généralisation que peut exi-

ger la formation d'axiomes plus élevés. Dans le cas, par exemple, dont il vient d'être question, si l'observation nous avait mis à même de constater l'existence d'une classe de corps jouissant de la propriété de la double réfraction, que des observations d'une autre espèce nous eussent amenés à reconnaître une classe de substances qui, exposées à la lumière polarisée, possèdent celle de déployer des couleurs périodiques, une simple comparaison des listes établirait l'identité des deux classes, ou nous mettrait à même de nous assurer si l'une est ou n'est pas renfermée dans l'autre.

94. Ainsi se révèle, dans les sciences physiques, la haute importance d'une classification juste, précise; ainsi se manifeste l'avantage qu'il y a de pouvoir ranger sous des titres de chapitres bien choisis, des points de concordance généraux, les faits particuliers ou les objets individuels, et à cet égard on ne saurait mieux faire que de prendre les phénomènes simples dans lesquels ils pouvaient être résolus. En procédant ainsi, chacun de ces phénomènes ou têtes de classification devient non un fait particulier, mais un fait général. Et quand ces faits généraux sont assez nombreux, ils deviennent à leur tour l'objet d'une espèce de classification plus élevée, et sont eux-mêmes compris dans des lois qui coordonnent des groupes, et non des faits particuliers. Ils acquiérent un degré de généralité beaucoup plus étendu, jusqu'à ce qu'à la longue, en continuant cette ma-

nière de procéder, ils se transforment en axiomes qui aient toute l'extension dont la science est susceptible.

95. C'est à cette manière de procéder que nous donnons le nom d'induction, et il résulte de ce qui vient d'être dit qu'elle peut être conduite de deux manières ; savoir, en juxta-posant, en comparant des classes connues, en notant les rapports, les différences qu'elles ont entr'elles, ou en étudiant les individus d'une classe et en cherchant à déterminer quels caractères leur sont communs indépendamment de ceux sur lesquels repose leur classification. On peut employer l'une ou l'autre de ces méthodes, suivant les facilités qu'elles présentent pour les recherches. Mais, toutes les fois que les faits sont nombreux, bien observés, classés convenablement, la première est celle qui mérite la préférence ; c'est l'inverse dans le cas contraire. L'une est mieux adaptée à la maturité, l'autre à l'enfance de la science. L'une emploie comme un instrument la division du travail, l'autre repose principalement sur la pénétration individuelle, exige une réunion de plusieurs branches de connaissances en une seule personne.

CHAPITRE III.

DE L'ÉTAT DES SCIENCES PHYSIQUES EN GÉNÉRAL AVANT LE SIÈCLE DE GALILÉE ET DE BACON.

96. C'est l'immortel Bacon qui énonça, qui développa lui-même ce grand, ce fécond principe que la philosophie naturelle ne se compose que d'une série de généralisations inductives, qui, commençant par des particularités le plus circonstantiellement établies, sont ensuite transformées en lois universelles ou axiomes qui embrassent dans leur énoncé tout degré de généralité moins étendue, et d'une série correspondante de raisonnemens inverses qui descendent des faits généraux aux faits particuliers. Au moyen de ces raisonnemens, on pousse les axiomes jusque dans leurs conséquences les plus éloignées, et on en déduit toutes les propositions particulières, celles dont la considération immédiate nous a conduits à leur découverte, comme celles dont nous n'avions pas auparavant la moindre connaissance. Nous devons, dans cette excursion, rencontrer tous les faits sur lesquels reposent les arts, les travaux qui ont pour but d'adoucir la vie. Nous devons, par conséquent, acquérir l'ascendant que donne une pratique illimitée et une entente des forces de la nature qui croît à mesure que ces forces se développent : noble perspective qui doit nous faire faire les plus généreux efforts. Elle le doit d'autant plus, que nous avons la preuve qu'elle n'est ni

vaine ni téméraire, que nous avons constamment obtenu des succès que, dans ses plus hautes espérances, son illustre auteur n'eût osé se permettre.

97. On peut dire qu'avant la publication du Novum Organum de Bacon, la philosophie naturelle, dans l'acception que ce mot doit avoir, existait à peine. Si nous examinons les philosophes grecs des premiers âges, dont nous pouvons apprécier d'une manière positive, quoique très restreinte, les connaissances scientifiques, nous sommes frappés du contraste qu'il y a entre la subtilité qu'ils ont déployée dans la discussion, les prodigieux succès qu'ils ont obtenus dans les raisonnemens abstraits, l'admirable sagacité dont ils ont fait preuve dans les sujets purement intellectuels, et le peu de soins qu'ils apportaient dans l'étude de la nature extérieure. Ils tiraient, dans certains cas, les conclusions les moins logiques de principes de généralisation fondés sur des faits peu nombreux et mal observés : dans d'autres, ils se prévalaient avec une légèreté inconcevable de principes abstraits qui n'existaient que dans leur imagination ; ils employaient de simples formes de mots qui ne se rapportaient à rien dans la nature, et dont cependant ils déduisaient comme d'autant de données d'axiomes mathématiques, tous les phénomènes et les lois qui les régissent. Ainsi, par exemple, ils s'étaient mis en tête que le cercle est la plus parfaite des figures, ils en concluaient naturellement que les révolutions des corps célestes doivent se faire suivant des cercles

exacts et avec des mouvemens uniformes, et si l'observation établissait le contraire, il ne leur venait pas dans l'esprit d'élever des doutes sur le principe. Loin de là, ils ne songeaient qu'à sauver leur perfection idéale, et, pour y parvenir, il n'est sorte de combinaisons, de mouvemens circulaires qu'ils n'imaginassent.

98. Nul doute qu'il n'y eût parmi eux des hommes d'un talent supérieur, d'une vertu rare, et qui feraient la gloire, l'ornement de leur espèce; mais, considérés en masse, ils n'apparaissent que comme une tourbe de disputeurs avides de renommée, trop occupés à entretenir l'ascendant qu'ils avaient pris sur leurs prosélytes, leurs admirateurs par l'étalage de connaissances supérieures, pour avoir le loisir, lors même qu'ils en auraient eu la volonté, de fonder leurs prétentions sur des bases sûres et profondes, et cependant trop sensibles à la défaveur qui suit une méprise pour ne pas défendre les dogmes qu'ils avaient une fois promulgués, quelque superficiels qu'ils fussent. De là, les idées fausses, les vues chimériques dont leurs systèmes sont surchargés; leurs éternelles controverses sur des subtilités de mots, et, ce qui est pire encore, l'orgueilleuse prétention avec laquelle ils cachaient leur ignorance et leur apathie à la faveur d'un jargon inintelligible ou de dogmatiques assertions. Ce travers, néanmoins, appartient plus aux philosophes des derniers temps de la Grèce qu'à ceux qui vivaient à l'époque de sa splendeur. Si l'on peut juger de

leurs opinions par les données incertaines et contradictoires qui sont parvenues jusqu'à nous, ce goût des recherches rationnelles semble avoir été plus vif, mais non moins inquiet parmi les uns que parmi les autres. Nous ne savons pas au juste quel sens Thalès attachait à son opinion, que l'eau était l'origine de toutes choses; mais les géologues modernes concevront sans peine, qu'un voyageur qui observe, puisse se pénétrer de cette idée sans avoir recours aux souvenirs mystiques de l'Egypte ou de la Chaldée. Ses opinions sur les éclipses et sur la nature de la lune étaient fondées, et sa prédiction d'une éclipse de soleil fut suivie de circonstances si remarquables, qu'elle a été soumise à une discussion sévère de la part des astronomes modernes. Au milieu de notions grossières, mal exposées, Anaxagore avait des idées assez justes sur la cause des vents, sur celle de l'arc-en-ciel. Il raisonnait d'une manière moins absurde sur les tremblemens de terre, que ne l'ont fait, de nos jours, une foule de géologues. Il semble, qu'en général, il observait la nature et tirait de ses phénomènes de justes inductions. Pythagore, de son côté, soit qu'il se fût élevé de lui-même à ce résultat, soit qu'il l'eût emprunté aux prêtres de l'Egypte ou de l'Inde, était parvenu à se faire une idée exacte de la disposition générale des parties du système solaire et de la place qu'y occupe la terre. Il avait même, à ce qu'on prétend, été jusqu'à considérer l'attraction du soleil comme le lien qui les unissait.

99. Mais ceux qui succédèrent à ces observateurs de la nature avilirent l'étendard de la vérité, et, profitant du crédit justement attaché à leurs découvertes, ils renoncèrent au rôle modeste de savans, s'érigèrent en docteurs, et affectèrent le ton d'hommes qui n'ont plus rien à apprendre. Malheureusement pour la vraie science, le caractère national encourageait les prétentions de cette espèce. La vague inquiétude, le besoin d'innover qui distinguaient les Grecs dans leurs rapports civils et politiques, les poursuivaient encore dans leur philosophie. Les rêveries les plus étranges, si elles étaient ingénieuses, nouvelles, avaient pour eux un attrait irrésistible. Le philosophe qui pouvait revêtir une pensée saillante d'un langage brillant, s'éviter, éviter à ses partisans, à l'aide d'une assertion hardie, l'ennui de penser ou de raisonner, devenait aussitôt célèbre, et acquérait souvent, à peu de frais, une renommée de savoir extraordinaire. S'il avait quelques notions des faits les plus communs, les plus évidens, il les revêtait des termes abstraits, les érigeait en principes, signalait comme impie, comme absurde tout ce qui leur était opposé, et sa réputation était faite.

100. Dans cette guerre de mots, l'étude de la nature était négligée, et la patiente, la modeste recherche des faits, considérée comme indigne d'un sage. L'erreur radicale de la philosophie grecque fut d'imaginer que la méthode qui avait donné de si beaux résultats en mathématiques était applicable en physique, et qu'en partant de no-

tions simples, de notions presque évidentes ou d'axiomes, on pouvait tout discuter. Aussi voit-on ceux qui la cultivent constamment occupés à découvrir ces principes qui doivent devenir si féconds. L'un fait du feu la matière essentielle et l'origine de l'univers, et l'autre adopte l'air; un troisième trouve la solution et l'explication de tous ces phénomènes dans le το απειρον ou l'infini; un quatrième les voit dans le το ὂν et le το μη ὂν, c'est-à-dire, dans l'entité et la non entité. Enfin, un philosophe qui devait commander deux mille ans à l'opinion décida que la *matière*, la *forme* et la *privation* devaient être considérées comme les principes de toutes choses.

101. Ce serait néanmoins être injuste envers Aristote que de le juger sur un exemple semblable. Il sentit la nécessité d'avoir recours à la nature pour tout ce qui concerne les principes de la physique, et, comme observateur, comme compilateur, comme historien des faits et des phénomènes, il fut pour son temps sans égal. On ne peut s'en prendre qu'à cette triste manie qui régnait alors de disputer sur les mots, s'il se contenta de ces notions vagues et diffuses que donne une observation vulgaire, au lieu d'examiner avec soin, de chercher dans des exemples bien appréciés, bien choisis, les véritables lois de la nature. Ses nombreuses productions qui embrassaient toutes les connaissances humaines ont péri pour la plupart. Son ouvrage sur les animaux nous met cependant à même d'apprécier son talent d'observa-

tion, et la comparaison qu'a faite un excellent professeur d'Oxford de ses classifications avec celles des plus célèbres naturalistes de nos jours, atteste combien son coup-d'œil était juste ses vues profondes, et quel contraste elles présentent avec la confusion, le vague et la présomption de ses opinions physiques. On reconnaît aisément dans celles-ci un esprit qui n'obéit pas à son allure, qui est dominé par le besoin de dire quelque chose de savant, de systématique : ainsi, il divise les mouvemens en naturels et non-naturels. Le mouvement naturel du feu, des corps légers étant de s'élever, celui des corps pesans étant de descendre, ils obéissent chacun à leur nature; les uns tendent au ciel, les autres vers la terre. Les impressions immédiates, par exemple, que font sur nous les objets extérieurs, tels que la dureté, la couleur, la chaleur, etc., tiennent, dans la philosophie d'Aristote à des qualités occultes, en vertu desquelles elles sont ce qu'elles sont, et au-delà desquelles il est inutile de pousser ses recherches (1). Il y a, sans aucun doute, des limites que

(1) Voici un exemple de la manière dont procède la philosophie d'Aristote. Pour prouver l'immutabilité et l'incompatibilité, elle raisonne ainsi :

I. La mutation est ou génération ou corruption.

II. La génération et la corruption n'ont lieu qu'entre contraires.

III. Les mouvemens des contraires sont contraires.

IV. Les mouvemens célestes sont circulaires.

V. Les mouvemens circulaires n'ont pas de contraires

les facultés purement humaines ne sauraient franchir; mais où se trouvent ces limites? L'expérience seule peut nous l'apprendre. Soutenir que nous les avons atteintes passe généralement pour un caractère certain de dogmatisme.

102. Dans les premiers temps de l'église, on poursuivit les écrits d'Aristote comme donnant trop aux sens, à la raison. On alla plus loin au douzième siècle : on les livra aux flammes, on excommunia ceux qui se permettaient de les lire. Peu à peu cependant ils prirent faveur, et devinrent enfin les œuvres de prédilection de tout ce qui se livrait à l'étude. Ils fesaient les délices des scolastiques, et leur fournissaient des armes pour la controverse. On les citait, on en appelait dans

α. Parce qu'il ne peut y avoir que trois mouvemens simples.

I. Vers le centre.

II. Autour du centre.

III. Partant du centre.

β. De trois choses, une seule peut être contraire à l'autre.

γ. Mais un mouvement qui tend au centre est manifestement contraire à celui qui part du centre.

δ. Par conséquent celui qui se fait autour des autres (le circulaire) n'a pas de contraire.

VI. Par conséquent, les mouvemens célestes n'ont pas de contraires; — par conséquent, parmi les choses célestes, il n'y a pas de contraires; — par conséquent, le ciel est éternel, immuable, incorruptible, etc.

Voyez Galilée, *Systema cosmicum dial.*, p. 30.

toutes les discussions à leur autorité souveraine; de sorte qu'une proposition, pour peu qu'elle différât de celle du « grand maître », était à l'instant étouffée par les clameurs, et celui qui l'avait émise réduit au silence par un argument encore plus efficace : par une violente persécution. Si la logique de cette époque barbare peut être définie avec raison « l'art de parler d'une manière inintelligible sur des choses qu'on ne connaît pas, » on doit considérer sa physique comme une préférence réfléchie de l'ignorance au savoir en matières d'expérience et d'usage quotidien.

103. Dans « cette obscurité de la nature et de l'ame, » la malheureuse activité des alchimistes fesait seule jaillir de temps à autre une douteuse étincelle (1), et l'illustre Bacon resplendit dans ces ténèbres comme une étoile matinale qui annonce l'aurore. Ce ne fut cependant qu'au seizième siècle qu'on commença à se livrer à l'observation de la nature, à étudier celle-ci d'une manière régulière et progressive. L'efficacité que Paracelse attribuait à ses remèdes chimiques, à ses élixirs, la réprobation dont il frappait l'ancienne pharmacie, tout cela, appuyé comme il le fut par des cures sur-

(1) Macquer observe avec raison que les alchimistes ont rendu à la chimie un service essentiel; qu'ils ont rapporté aussi clairement celles de leurs expériences qui n'ont pas réussi, qu'ils ont enveloppé d'obscurité celles qu'ils prétendent avoir été couronnées de succès. (Macquer, Dict. Ch.)

prenantes, convainquit les médecins rationnels que la chimie peut fournir d'excellens moyens de guérison qui étaient encore inconnus (1). Médecins et chimistes se mirent à l'œuvre; chacun voulait découvrir, chacun voulait décrire quelque médicament nouveau. Les arts chimiques et métallurgiques, exploités jusque-là par des hommes que l'expérience seule avait initiés à leurs secrets, furent étudiés d'une manière plus large, plus rationnelle, et peu à peu on vit s'agrandir toutes les branches des sciences naturelles. Georges Agricola surtout se livra à la minéralogie, à la métallurgie dans les mines de Bohême, de Schemnitz, et publia des mémoires nombreux et méthodiques où il consigna tous les faits qui lui étaient connus. De son côté, le docteur Gilbert de Colchester mit au jour, en 1590, un traité sur le magnétisme, où se trouvent des faits précieux, des expériences développées avec talent. Il étendit ses recherches sur une foule d'autres objets, et principalement sur l'électricité.

104. L'astronomie nous fournit une preuve du

(1) Paracelse fit la plupart de ses cures à l'aide du mercure et de l'opium, dont il apprit l'usage en Turquie. Les médecins de son temps ne connaissaient aucune préparation mercurielle, et ils repoussaient l'opium comme « froid au 4e degré. » Le tartre était aussi employé par Paracelse, qui lui donna ce nom « parce qu'il contient de l'eau, du sel, de l'huile et de l'acide, qui brûle le patient comme ferait l'enfer. »

changement qui s'opérait dans la direction des facultés humaines. Cette science, la seule où les anciens ont fait des progrès réels, et où ils se sont élevés à de grandes, à de vastes conceptions, commença également à être étudiée dans un meilleur esprit. Le système de Copernic ou de Pythagore reprit faveur, et acquit bientôt de nombreux partisans. Galilée parut, et attaqua sans détour les dogmes d'Aristote au sujet du mouvement. Il leur opposa le témoignage des sens et les expériences les plus convaincantes. Les persécutions que lui attirèrent ses découvertes, sa résignation, ses souffrances, le triomphe qu'obtinrent enfin ses opinions, sont trop connus pour qu'il soit besoin de les reproduire.

105. Copernic, Kepler, Galilée en avaient appelé aux faits. Leurs découvertes firent justice des erreurs de la philosophie d'Aristote. Mais il restait à démontrer comment et en quoi elle s'était méprise, à faire connaître la faiblesse de son système et à substituer à sa place un corps de doctrines qui fût mieux entendu. Cette tâche fut remplie par François Bacon de Verulam, qui sera justement considéré par tous les siècles à venir comme le réformateur de la philosophie, quoiqu'il ait peu ajouté à la masse des vérités physiques, et que ses idées ne soient pas toujours exemptes d'erreurs, erreurs qu'il faut plutôt attribuer à l'ignorance de son siècle qu'à une étroitesse de vues qu'il n'avait pas. On a essayé d'atténuer les services qu'il a rendus en

prouvant que sa méthode est une chose d'instinct, qu'elle a été employée en diverses occasions par les anciens et les modernes. Mais ce n'est pas d'avoir introduit le raisonnement d'induction comme procédé nouveau, comme procédé inusité, qui fait le mérite de la philosophie de Bacon. Ce qui la recommande et la caractérise, c'est sa perspicacité, son enthousiasme, la confiance avec laquelle elle s'annonce comme l'alpha et l'oméga de la science, comme la grande et unique chaîne qui lie les vérités physiques, comme la clef de toute découverte, application nouvelle. Ceux qui, sur de tels motifs, refuseraient à Bacon une gloire si justement acquise, dépouilleraient aussi Jenner et Howard de leurs couronnes civiques, parce que quelques personnes, dans quelque province éloignée, auraient anciennement connu la vaccine, et que des philantropes auraient, dans tous les siècles, visité, en certaines occasions, le prisonnier dans son cachot.

106. La science reçut alors une immense impulsion. On eût dit que le génie de l'homme, long-temps contenu, échappait à ses entraves; qu'il s'élançait enfin dans l'univers; qu'il commençait à défricher un sol vierge, à mettre à nu les trésors enfouis dans son sein. On reconnut généralement la pauvreté et l'insuffisance de la science en *matière de faits*. Chacun se mit en recherche, et bientôt s'ouvrit une ère nouvelle pleine d'enthousiasme et de merveilles, à laquelle on ne trouve rien de comparable dans les annales du genre

humain. La nature semblait elle-même seconder l'impulsion. Tandis qu'elle fournissait des moyens nouveaux, extraordinaires, aux sens qui devaient l'explorer, tandis que le télescope et le microscope ouvraient l'infini de toutes parts, elle déploya, comme pour fixer l'attention sur ses merveilles et signaler cette époque, le plus éclatant, le plus mystérieux des phénomènes astronomiques ; l'apparition et l'extinction totale d'une étoile fixe, que Galilée put observer deux fois (1).

107. Les successeurs immédiats de Bacon et de Galilée bouleversèrent toute la nature par des faits nouveaux et surprenans, auxquels se mêlèrent un peu de cet amour du merveilleux qui doit être considéré comme un reste du siècle de la magie et de l'alchimie, mais qui, bien réglé, est l'aiguillon le plus puissant et le plus utile pour exciter aux recherches expérimentales. Boyle surtout parut animé d'une ardeur qui le poussa d'expérience en expérience, sans lui laisser un instant de repos. Hooke, de son côté, Hooke, le contemporain et presque le rival de Newton, embrassa une série de recherches encore plus étendue. Les faits se multipliant de plus en plus, les lois commençaient à surgir, et les généralisations à se développer. La marche des découvertes fut si rapi-

(1) L'etoile temporaire, observée dans Cassiopée, par Cornelius Gemma, en 1572, était si brillante, qu'on la voyait à midi. Celle qui fut aperçue dans le serpentaire, par Kepler, en 1604, surpassait en éclat toutes les autres étoiles et les planètes

de, le triomphe de la philosophie inductive si éclatant, qu'il suffit d'une génération et des travaux d'un seul homme pour établir le système du monde sur une base inébranlable.

108. Nous allons essayer d'énumérer, d'exposer en détail les principaux degrés par lesquels on arrive à de justes, à de larges inductions, ainsi que les procédés à l'aide desquels l'esprit se dépouille successivement, dans la recherche des lois naturelles, des superfluités qui s'attachent aux faits particuliers, et gênent la perception des points de ressemblance et de liaison qu'ils ont entre eux. Nous exposerons les rapports qui pourront s'offrir à nous dans un travail de cette importance, en procédant d'une manière méthodique, et en notant avec soin les moyens qui ont constamment réussi, en indiquant comment on doit les entendre, les adapter aux cas qui peuvent s'offrir. C'est une espèce d'induction mentale qui n'est en elle-même ni d'une médiocre utilité ni d'une faible étendue, puisqu'en l'employant elle seule, nous pouvons atteindre une connaissance plus intime que celle que nous avons maintenant des lois qui mènent à la découverte de la vérité et des règles auxquelles peut se réduire l'invention. En procédant ainsi, nous commençons avec l'expérience elle-même considérée comme surcroît de connaissance d'objets et de faits individuels.

CHAPITRE IV.

DE L'OBSERVATION ET DE LA RÉUNION DES FAITS.

109. La nature nous offre deux sortes de sujets de contemplation dans le monde extérieur : les objets, et l'action qu'ils exercent les uns sur les autres. On conclura sans peine, de ce que nous avons dit au sujet de la sensation, que nous ne savons des objets eux-mêmes que ce que nous apprennent les impressions qu'ils font sur nous, impressions qui sont le résultat de certaines actions, de certaines opérations dans lesquelles se trouvent en jeu et les objets sensibles et les parties matérielles de nous-mêmes. Ainsi notre observation de la nature extérieure est bornée à l'action réciproque que les objets matériels ont les uns sur les autres, et aux faits, c'est-à-dire à l'association des phénomènes ou apparences. Nous n'apprenons rien en reconnaissant qu'une chose est noire ; mais si nous reconnaissons en même temps qu'elle est fluide, nous acquérons au moins la certitude que la couleur noire n'est pas incompatible avec la fluidité , et nous nous avançons ainsi, quoique de peu de chose, vers une connaissance plus intime de ces deux qualités. Ainsi, quand nous voulons résoudre un phénomène en de plus simples, ou déterminer quelle est la marche ou la loi de la nature sous telle contingence générale donnée, la première chose est de réunir une suffisante quantité de faits bien connus, ou de produire des

exemples convenables. Le sens commun indique ce procédé, qui donne les moyens d'envisager le même sujet sous plusieurs points de vue. Plus les faits qu'on présente diffèrent à tous autres égards de celui qui est en discussion, plus ils sont décisifs. Les points qui sont en désaccord forment ainsi un contraste qui fait mieux ressortir ceux qui coïncident.

110. Les seuls faits qui puissent servir de base aux recherches physiques sont ceux qui, dans les mêmes circonstances, se reproduisent d'une manière invariable et uniforme. La chose est évidente : car, s'ils n'ont pas ce caractère, ils ne peuvent être considérés comme lois. Ils manquent de cette universalité qui les met à même d'entrer comme élémens dans la constitution de ces axiomes généraux que nous avons pour but de découvrir. Si, toutes choses égales d'ailleurs, on n'obtient pas constamment, invariablement le même résultat, c'est qu'il y a caprice (c'est-à-dire intervention arbitraire de l'agence mentale), ou que les circonstances qui nous paraissent identiques ne sont pas réellement les mêmes. Dans l'un et l'autre cas, nous pouvons présenter ces faits comme curieux, comme susceptibles d'une explication qui révélera quelque incident encore inaperçu ; mais nous ne pouvons nous en prévaloir dans nos recherches. Aussi, toutes les fois que nous apercevons quelque phénomène frappant, devons-nous d'abord nous enquérir comment il se développe, sous quelles circonstances il a lieu, s'il se re-

produira toujours quand elles se présenteront.

111. Les circonstances qui accompagnent un fait, quel qu'il soit, sont donc les traits qu'on doit recueillir avec le plus de soin, au moins jusqu'à ce qu'on ait acquis la preuve qu'elles n'ont sur lui aucune influence, jusqu'à ce que l'expérience ait démontré qu'il en est indépendant. Ainsi, quand on observe, qu'on rapporte un fait entièrement nouveau, on ne doit omettre aucune circonstance qui mérite d'être notée, de crainte qu'elle n'ait avec lui une liaison étroite, que son omission ne réduise l'expression implicite d'une *loi de la nature* au simple exposé d'un *événement historique*. La chute des aérolithes, par exemple, est quelquefois accompagnée d'éclairs qui s'échappent des nuages, et d'une détonation qui ressemble à celle du tonnerre. Ces circonstances, le coup subit, la destruction qui en résulte, les firent prendre longtemps pour un effet de la foudre; mais on ne tarda pas à reconnaître combien on s'était mépris. On s'aperçut que l'éclair et le bruit émanent d'un *petit nuage* isolé dans un *ciel serein*, circonstance qui n'a jamais lieu dans les orages, mais qui est sans doute intimement liée avec la véritable origine des aérolithes.

112. Une observation comprend deux parties distinctes : 1° la description exacte de l'objet observé et de toutes les particularités qu'on peut supposer avoir avec lui quelque rapport naturel; 2° l'exposition véritable et fidèle de toutes ces circonstances. Comme nos sens sont

les seuls intermédiaires par lesquels nous recevons les impressions des faits, il faut avoir soin, pendant l'observation, de les tenir tous en activité, afin que rien de ce qui peut les affecter ne leur échappe. Si le tonnerre, par exemple, frappait la maison que nous habitons, il faudrait noter quelle espèce de feu nous avons vu, si c'est une flamme, des étincelles ou un zig-zag brisé, quelle direction il affectait, à quels objets il s'attachait, quelle était sa couleur, quelle a été sa durée, etc. Il faudrait indiquer l'espèce de son qui se fesait entendre, si c'était une explosion, un bruissement, un éclat passager qui a crû, s'est affaibli par degrés, etc. Il faudrait dire s'il répandait de l'odeur et s'il en exhalait, faire connaître si elle était sulfureuse, métallique, ou si elle était simplement le produit des substances qui ont été consumées. Il faut enfin indiquer si on a éprouvé quelque choc, quelque sensation particulière, senti dans la bouche quelque saveur étrange. Il faut encore, outre les effets du choc, exposer toutes les circonstances qui peuvent l'attirer, le produire, le modifier, telles que la présence de conducteurs, les objets environnans, l'état de l'atmosphère, les données du baromètre, celle du thermomètre, etc., et la disposition des nuages. Ces diverses circonstances connues, reste la question de savoir comment la maison a été frappée, car enfin elle peut l'avoir été parce qu'un éclair a jailli à une assez grande distance de la *terre aux nuages*, par suite de ce qu'on appelle choc en retour.

113. Un physicien raconte, dans le Journal philosophique d'Edimbourg (1), qu'il a été engagé dans une suite de recherches sur la nature chimique d'un acide par la saveur amère qu'il remarqua dans un liquide. La chimie est pleine de faits semblables.

114. Si les phénomènes sont passagers, s'ils sont un peu complexes, qu'ils laissent peu de temps à l'observation, il ne faut pas attendre que l'impression qu'ils ont faite soit affaiblie; il faut de suite noter ce qu'ils ont de curieux, raffraîchir sa mémoire en se plaçant autant que possible dans les mêmes circonstances. Il faut se porter sur les lieux pour discuter la relation qui les décrit, il faut interroger avec soin tout ce qui reste des traces qui les rappellent. Cette attention est surtout nécessaire quand on n'a pas vu soi-même, qu'on n'a que recueilli, présenté les observations d'autrui; elle l'est encore plus si ces observations sont d'individus de peu de lumières ou à préjugés, qu'elles retracent des phénomènes rares, tels que le passage d'un météore, une chute d'aérolithes, un tremblement de terre, etc.

115. Dans tous les cas qui admettent la numération ou le mesurage, il est de la dernière importance d'obtenir des nombres précis, soit qu'il s'agisse d'une évaluation de temps, d'espace, ou de toute autre quantité. La plus légère omission de ce genre expose aux illusions des sens, et

(1) Edimb., Phil. Journ., 1819, vol. 1, p. 8.

peut produire les erreurs les plus graves. C'est ainsi que dans les pays montagneux on se trompe constamment dans l'estimation des hauteurs et des distances, et l'on ne se corrige de ces fausses appréciations que pour donner dans l'excès contraire. Mais ce n'est pas seulement à préserver d'évaluations inexactes que sert la précision numérique ; elle est véritablement l'ame de la science, la pierre de touche à laquelle on reconnaît la vérité des théories, l'exactitude des expériences. C'est au défaut de précision dans les quantités que doivent être attribuées les méprises et la confusion de la chimie de Sthall, confusion qui s'est évanouie comme la rosée du matin dès qu'on a senti que tout devait être pesé, mesuré, déterminé avec rigueur. La chimie est surtout une science de quantités. Rappeler les découvertes auxquelles l'a conduite la simple détermination des poids et mesures serait, en quelque sorte, exposer son histoire. Nous ne citerons que la loi des proportions définies qui détermine la composition de chaque corps de la nature par la proportion en poids des élémens qu'il renferme.

116. C'est, en effet, un caractère des premières lois de la nature de prendre la forme d'un rapport de *quantités* précises. Ainsi la loi de la gravitation, la vérité la plus universelle à laquelle la raison humaine soit parvenue, n'exprime pas simplement le fait général de l'attraction que tous les corps exercent les uns sur les autres; elle n'exprime pas seulement ce vague énoncé que l'action

de cette force croît comme la distance augmente, mais elle fixe exactement le rapport numérique dans lequel elle décroît, de manière que si on le connaît pour une distance, on peut le calculer rigoureusement pour toute autre. Ainsi les lois de la cristallographie, qui bornent les formes que prennent les substances naturelles, quand rien n'entrave leur puissance d'agrégation, à des figures géométriques précises avec des angles et des proportions fixes, ont le même caractère essentiel d'une rigoureuse expression mathématique, sans lequel on ne pourrait jamais en tirer de conclusion particulière exacte.

117. Mais pour arriver aux lois de cette espèce, il est évident que chaque résultat doit être précis, rigoureux, avoir toute la force d'un énoncé numérique, et que les observations elles-mêmes qui servent, en définitive, de base à toutes les lois, doivent avoir la même propriété. Aucun de nos sens, néanmoins, ne nous met à même de faire une exacte comparaison des quantités. Le nombre, à la vérité, je parle du nombre entier, est de leur ressort, parce que nous pouvons compter; mais peser, mesurer, se faire une idée précise des parties fractionnaires par leur moyen seul est impossible. On trouverait difficilement une différence entre vingt livres et vingt livres plus ou moins quelques onces. On trouverait plus difficilement encore le rapport qu'il y a entre une once d'or et cent grains de coton en les balançant dans les mains. Prenons un autre exemple. L'œil

ne peut juger de la proportion des différens degrés de clarté, même lorsqu'il les voit à côté les uns des autres. Qu'est-ce donc s'il les voit à distance, si les circonstances ne sont pas les mêmes? Quand nous contemplons ces nuages que dore le soleil couchant, qui se montrent comme baignés de lumière, tout resplendissans de flammes, ce n'est pas sans peine que nous nous persuadons que ces nuages sont ceux même qui, à midi, passaient inaperçus, qui présentaient un aspect blanchâtre, et qu'ils ne doivent qu'à la position où ils se trouvent cette teinte rougeâtre qui les rend si brillans dans une grande étendue des vapeurs atmosphériques, et qui perdent par là quelque chose de leur lumière. Il en est de même de nos évaluations du temps, de la vitesse et de toutes les autres quantités. Elles sont beaucoup trop vagues pour qu'on puisse en déduire quelque conclusion rigoureuse.

118. Dans cette conjoncture, on est obligé d'avoir recours aux instrumens, c'est-à-dire, aux inventions qui remplacent les impressions incertaines des sens par les précises impressions des nombres, et réduisent tout mesurage à un calcul. On établit d'abord des étalons de poids, de dimensions, de temps, etc., et on imagine des machines pour les répéter, autant qu'on le veut, d'une manière exacte et facile, et compter combien de fois un étalon pris pour unité est contenu dans la chose, que ce soit poids, espace, temps ou angle qu'on veut mesurer. S'il y a quelque fraction, on l'éva-

lue comme une nouvelle quantité en parties aliquotes du premier étalon.

119. Si chacun n'avait pour but, dans ses recherches, que sa satisfaction personnelle ; s'il ne raisonnait que sur ses observations particulières, les étalons qu'il adopterait, si toutefois il en adoptait, les inventions qu'il mettrait en œuvre seraient chose peu importante. Mais s'il veut, ce qui est préférable, que ses travaux passent à la postérité, il est évident qu'il a un avantage immense à employer un étalon commun et susceptible de résister à l'action du temps. On concevra aisément combien le choix, la vérification de ces étalons sont difficiles, si l'on réfléchit que, seulement pour s'assurer de la permanence d'une unité semblable, il faut le comparer avec d'autres qui peuvent être inexacts ou tout au moins avoir besoin de vérification.

120. Ici on ne peut appeler à son aide que la permanence présumée des grandes lois de la nature, permanence qui, du reste, est garantie par l'expérience, par l'idée que nous avons de la composition générale et de la fixité de tout ce qui fait partie de la masse que nous habitons. La rotation uniforme que le globe accomplit sur son axe nous fournit une mesure du temps que rien n'autorise à considérer comme variable. Nous pouvons même, si nous en jugeons par d'autres périodes que fournissent les révolutions des planètes autour du soleil, la regarder comme n'ayant subi aucune altération depuis les époques les plus an-

ciennes dont il est fait mention dans l'histoire. Les dimensions de la terre offrent, pour mesurer l'espace, une unité naturelle qui possède toutes les qualités désirables, et les recherches de dynamique, sur son attraction combinée avec sa rotation, nous mettent à même d'obtenir, au moyen du pendule, un autre étalon invariable, plus savant et moins simple, il est vrai, dans son origine, mais d'une vérification plus prompte, et ayant le grand avantage de pouvoir servir de contrôle à l'autre. Le premier, c'est-à-dire, la mesure directe des dimensions de la terre, est l'origine du mètre qui nous sert d'unité linéaire; le second, celle du yard anglais. On peut, théoriquement parlant, adopter l'un ou l'autre; mais si l'on considère que, dans le premier cas, la *quantité directement mesurée* est une longueur qui se trouve plusieurs millions de fois unité finale, et que, dans le second, elle est presque l'unité même, on ne peut hésiter à donner la préférence au mètre, parce que, s'il s'est glissé quelque erreur dans le procédé à l'aide duquel on le détermine, elle se subdivise dans le résultat final, tandis que la plus légère méprise dans l'évaluation du pendule se multiplie à mesure qu'on fait usage de l'unité.

121. L'admirable invention du pendule donne le moyen de diviser le temps jusqu'à l'infini. Une horloge n'est autre chose qu'un mécanisme qui sert à compter les oscillations de cet instrument, et comme une vibration commence exactement quand l'autre finit, il n'y a aucune partie du temps de

gagnée ni de perdue dans la juxta-position des unités qu'on nombre ainsi; en sorte qu'on peut connaître ainsi la fraction du jour précise que mesure chacune de ces unités.

122. C'est à cette propriété particulière, à l'aide de laquelle on fait *sans erreur* la juxta-position de ces unités de temps et de poids qu'on doit la précision avec laquelle on multiplie, on subdivise le temps et le poids (1). On ne peut en faire autant pour l'espace, quelle que soit celle des méthodes connues dont on fasse usage ; de sorte que les moyens que nous avons de les subdiviser sont beaucoup moins précis. Le beau principe de répétition imaginé par Borda fait exception, mais n'est pas néanmoins exempt de la source d'erreurs dont il s'agit. La méthode de double pesée, que nous devons au même savant, fournit un exemple de la comparaison directe de deux poids égaux indépendante de toutes les causes d'erreur qui peuvent affecter ces sortes d'opérations. Avant qu'on connût cette élégante méthode, les instrumens ne donnaient, selon la remarque de Biot, aucun moyen exact de déterminer le poids d'un corps.

(1) Le principe abstrait de répétition en fait de mesure, c'est-à-dire de juxta-position d'unités sans erreur, peut s'appliquer à une multitude de cas où les quantités doivent être déterminées avec une minutieuse exactitude. Il est facile de l'employer en chimie pour déterminer l'étalon atomique du poids des corps. A l'aide de ce procédé, les déterminations chimiques pourraient marcher de pair avec celles que fournit l'astronomie.

123. Il ne suffit pas de posséder un étalon de cette espèce, il faut construire une mesure matérielle, véritable, et en tirer des copies exactes; c'est, du reste, chose facile : ce qui l'est moins, c'est de le conserver intact de siècle en siècle; car, si nous ne transmettons pas à la postérité les unités de mesures telles que nous les avons employées nous-mêmes, nous ne lui léguerons qu'à demi les résultats de nos travaux. C'est un point que l'on néglige, et pour lequel, cependant, on devrait prendre quelque sage mesure.

124. Mais si nos mesures de quantité sont aussi susceptibles d'erreurs, comment nos observations peuvent-elles avoir cette exactitude numérique qui doit faire la base des lois dont la perfection, la qualité distinctive consistent dans une expression rigoureusement mathématique ? La réponse est facile; d'abord cette erreur, qui est en quelque sorte inhérente aux moindres observations, nous pouvons toujours assigner des limites qu'elle ne saurait dépasser, ensuite l'étendue de cette *latitude d'observation* est d'autant plus faible que les instrumens dont on fait usage sont plus parfaits, et qu'on apporte plus de soins dans leur emploi. Elle est presque insignifiante dans les évaluations qu'on fait aujourd'hui. On peut même en quelque sorte l'affaiblir à volonté; il n'y a qu'à répéter un nombre de fois suffisant l'opération, la faire dans des circonstances diverses, et prendre la moyenne des résultats. De cette manière, l'erreur se reproduit en sens inverse, et finit par

se compenser. Ce n'est pas tout ; quand on raisonne sur des observations, on doit toujours tenir compte de l'existence et de la somme à laquelle peut s'élever l'inexactitude des évaluations de quantité. On ne doit jamais perdre de vue les limites où elle pourrait affecter les théories. Si on s'appuie sur des observations qui ne soient pas en harmonie avec les lois générales, on doit avoir soin de ne considérer les conclusions qu'on en déduit que comme conditionnelles, aussi loin qu'elles peuvent être affectées par ces inévitables imperfections, et quand enfin on est arrivé au plus haut point, qu'on est parvenu aux axiomes qui admettent des raisonnemens généraux et déductifs, la question, qu'ils soient ou qu'ils ne soient pas viciés par des erreurs d'observation, reste encore à décider, et doit être soumise à une vérification nouvelle. Ce point sera le sujet d'une discussion particulière quand il sera question de la vérification des théories et des lois de probabilités.

125. Quant au journal d'observations, il ne doit pas seulement être circonstancié, il doit encore être *fidèle*, c'est-à-dire, qu'il doit contenir tout ce qui a été observé, mais pas autre chose. On peut, sans le vouloir, sans s'en apercevoir même, altérer les observations qu'on y consigne. Il suffit pour cela de mêler à un fait vrai les vues, le langage d'une théorie inexacte. Si on dit, par exemple, en décrivant les effets de la foudre, « le tonnerre a frappé avec violence le côté d'une maison, et a pénétré dans la muraille, » on établit un fait qu'on n'a pas

vu, on porte le lecteur à croire qu'il s'agit d'un projectile solide ou pondérable. La forte odeur de soufre qu'on dit quelquefois accompagner la foudre est un reste de la théorie qui considérait le tonnerre et l'éclair comme l'explosion d'une espèce de poudre aérienne composée d'exhalaisons sulfureuses et nitreuses. Il y a quelques sujets, surtout, qui sont tels que la description de ce qu'on voit réellement est toujours mêlée de ces faux aperçus de théorie. L'ancienne chimie était si imbue de ses erreurs, qu'elle fesait peu de cas des expériences les plus belles et les plus laborieuses. Il n'y a pas très long-temps encore qu'il était souvent extrêmement difficile, à raison de cette circonstance, de reconnaître, en géologie, quels étaient les faits observés. Ainsi, Faujas Saint-Fond, dans son ouvrage sur les volcans de la France centrale, décrit avec une sorte de précision minutieuse des cratères qui n'ont jamais existé que dans son imagination. A moins de falsifier les faits, un observateur ne saurait faire de faute plus grave.

126. Lorsque des branches particulières de science ont pris une certaine extension, acquis une certaine consistance, la tâche de l'observateur et celle du théoricien deviennent tout-à-fait distinctes. L'un aime à suivre le développement d'un fait, l'autre se plaît à méditer sur ses causes; mais cela ne serait pas, que le principe de la division du travail les emporterait encore. La chose est heureuse; car, sans cette diversité d'esprit, cette variété de goût, il est douteux que les hautes sciences

eussent jamais atteint le degré de perfection où elles sont parvenues. A mesure que les lois prennent de l'extension, les observations particulières perdent de leur influence ; elles ont besoin d'être de plus en plus délicates, de plus en plus nombreuses pour reprendre crédit. Les grandes théories de l'astronomie, par exemple, sont tout-à-fait dégagées d'observations pratiques.

127. Pour bien observer, néanmoins, il faut une grande étendue de connaissances. Il faut non seulement être habile dans la branche qu'on cultive, mais encore dans toutes celles qui peuvent mettre à même d'apprécier, de neutraliser les causes étrangères de perturbation. Muni d'une instruction semblable, on ne laissera échapper aucune de ces minutieuses indications qui (telle est la subtilité de la nature) lient souvent entre eux des phénomènes qui paraissent n'avoir absolument rien de commun. On doit recueillir jusqu'aux moindres circonstances qui seraient en opposition avec les théories reçues ; car ce sont communément autant d'indices qui conduisent à des découvertes. La déviation que produit sur l'aiguille aimantée un fil de fer électrisé a sans doute eu lieu bien des fois, d'une manière sensible, en présence d'hommes qui se livraient à des expériences galvaniques, et qui étaient entourés de tous les appareils qu'elles exigent; mais il fallait l'œil exercé d'un savant tel que Oersted pour saisir l'indication, la rapporter à sa cause, et lier ainsi deux grandes branches de science. La découverte de la

polarisation de la lumière par réflexion est due à la remarque que fit Malus de la disparition de l'une des images d'une fenêtre du Luxembourg, qu'il examinait à travers un prisme doublement refringent, comme le soleil à son déclin l'inondait de lumière.

128. Il est de la plus haute importance de profiter, pour assembler, réunir des faits, de tous les avantages que présentent l'industrie, l'activité que développe partout la diffusion des connaissances. Il n'y a personne d'un peu instruit qui ne puisse, s'il le veut, ajouter quelque chose d'essentiel à la masse commune. Il suffit pour cela d'observer avec ordre et méthode, la classe de faits qui a le plus frappé son attention, ou que sa position l'a mis à même d'étudier avec plus d'avantages. Citons un ou deux sujets qui ne peuvent être avancés que par les observations d'un grand nombre de personnes placées à de longues distances les unes des autres. La météorologie est une des branches de la science les plus compliquées, mais aussi les plus importantes. C'est en même temps une de celles qui peut le plus profiter par les soins d'un homme qui observe avec une attention et une sagacité convenables. Quels avantages n'a pas tirés la géologie de l'activité de quelques individus qui, laissant de côté tout aperçu théorique, se sont bornés à réunir les échantillons que présentent les pays qu'ils ont visités! Il n'y a pas une branche de science, quelle qu'elle soit, qui ne puisse, si elle propose des questions simples, obtenir une masse

de précieuses informations ; il n'y a pas d'homme qui, placé dans une position à fournir un renseignement utile, à résoudre un problème qu'on lui pose, ne se hâte de le faire.

CHAPITRE V.

DE LA CLASSIFICATION DES OBJETS ET DES PHÉNOMÈNES NATURELS. — DE LA NOMENCLATURE.

129. Les objets, les rapports que présente la nature sont immenses, et nous ne pourrions les embrasser dans toute leur étendue si une sage distribution ne suppléait à notre insuffisance. Nous sommes obligés de les ranger par classes qui n'en offrent à la fois qu'un petit nombre à nos méditations, de les former par groupes que lient des traits généraux de ressemblance qui peuvent, sous le point de vue où nous les envisageons, être considérés comme individuels. Il faut, pour saisir un sujet si vaste, pour entreprendre un travail qu'on puisse regarder comme un aperçu général, systématique de la nature, connaître, si ce n'est d'une manière exacte, au moins approximative, les élémens qu'elle renferme et les combinaisons qui en résultent. Il faut que ceux de ces corps qui, sous quelque rapport que ce soit, paraissent avoir de l'importance, soient distingués par des noms qui, non-seulement servent à les graver dans la mémoire, mais puissent constituer des points de repaire autour desquels se groupent

les données qu'apportent les travaux de chaque jour. Le nom que reçoit un objet, qu'il s'agisse d'une chose naturelle, d'un phénomène ou d'une suite de faits, de rapports considérés sous un point de vue particulier, fait toujours époque dans son histoire. Il ne sert pas seulement à le rappeler sans périphrase dans la conversation, dans les écrits ; il fait plus, il le constitue comme chose à part. Il consacre son existence, l'indique à l'examen, en forme une espèce de terme commun qui sert à classer, à lier entre eux tous les faits qui ont quelque analogie.

130. Un nom provisoire, un nom puisé dans le langage ordinaire peut suffire pour atteindre ce but ; mais s'il se présente une multitude d'objets qui doivent être rapportés à une classe ; si ces objets ne présentent pas de caractère bien net, de différences bien tranchées, il faut recourir à une nomenclature plus systématique, plus régulière, dont les noms retracent ce que les individus, dont une classe se compose, ont de commun, ont de différent. Il faut que le rapport direct qu'il y a entre le nom et l'objet qu'il représente concoure matériellement à la solution du problème : « étant donné l'un, trouver l'autre. » On voit de suite à quel point ceci peut devenir nécessaire si l'on considère combien chaque branche de science un peu étendue renferme d'objets individuels ou, mieux, d'espèces qui demandent une désignation spéciale. La botanique, par exemple, en compte 80 à 100,000 ; l'entomologie à peu près autant ; la chi-

mie étudie les propriétés des corps auxquels donnent naissance les principes combinés deux à deux, trois à trois, etc.; ces corps forment déjà une masse énorme. Cependant chaque jour en amène de nouveaux, chaque jour en voit éclore qui n'existaient pas la veille, et auxquels il faut donner des noms. Les objets d'astronomie sont à la lettre aussi nombreux que les étoiles, et quoiqu'il n'y en ait pas au-delà de 100 à 200 qui aient besoin de recevoir une dénomination particulière, néanmoins le nombre dont on est obligé de s'occuper d'une manière spéciale dépasse de plus de cent fois cette quantité, et tous doivent figurer dans les catalogues, si ce n'est par des noms, du moins par des indications équivalentes.

131. La nomenclature est ainsi une chose des plus importantes; elle nous empêche de nous noyer dans les détails, de nous plonger dans une inextricable confusion. On n'éprouve heureusement aucun obstacle à la faire dans les grandes branches de science où elle est plus indispensable, où les objets à classer sont plus nombreux. La multitude de ceux-ci donne même la facilité de les grouper, de les subdiviser, d'établir des classes assez tranchées pour recevoir des noms et de les subdiviser elles-mêmes en d'autres dénominations qui se rattachent, se rapportent aux premières, ou même se combinent avec elles. La manière dont procèdent les botanistes, les entomologistes, les chimistes, montre ce qu'on peut faire en ce genre quand les caractères sont distincts. Il y a

des branches cependant où la chose n'est pas sans difficulté. On en éprouve surtout lorsque les espèces qu'on doit distinguer ne présentent dans les propriétés communes qu'une différence de dégré, ou que les nuances vont insensiblement se perdre les unes dans les autres. Peut-être des sujets semblables ne sont-ils pas assez connus pour recevoir une nomenclature systématique ; peut-être devrait-on se borner à l'appliquer aux groupes qui présentent des caractères évidemment naturels et génériques, et continuer pour les autres de faire usage de dénominations triviales jusqu'à ce que, mieux étudiés, ils soient susceptibles d'une classification systématique.

132. En effet, sous un point de vue systématique, la nomenclature est peut-être plus un résultat qu'une cause de connaissances étendues. Chacun, pour discourir plus commodément d'une chose, peut lui donner le nom qu'il juge convenable ; mais lui assigner une dénomination qui la classe dans un système, exige qu'on connaisse ses propriétés, et le système doit être assez large, assez régulier pour qu'elle puisse prendre la place qu'elle doit avoir, et n'être pas rejetée dans une autre. Il est douteux, néanmoins, que ces nomenclatures si déliées, si subtiles, soient favorables aux progrès des sciences. Si celles-ci étaient arrêtées, les systèmes de classification assigneraient à chaque objet le rang qu'il doit avoir dans la classe à laquelle il appartient d'une manière plus saillante, et celui-ci prendrait dans cette classe un

nom qui serait désormais invariable. Mais tant qu'il n'en sera pas ainsi, tant que chaque jour dévoilera de nouveaux rapports, nous ne devons insister qu'avec réserve sur l'établissement, l'extension des classes qui, envisagées comme base d'une nomenclature rigoureuse, ne laissent pas de présenter quelque chose d'artificiel. Nous ne devons pas surtout confondre la fin avec les moyens, sacrifier les convenances, les traits distinctifs à la manie de la classification. Toute nomenclature fondée sur des classifications artificielles est nécessairement sujette à varier, et je ne sais quel avantage peut compenser le désordre que produit un changement de noms consacrés par l'usage. Dans la nature, un seul et même objet fait partie d'un nombre infini de systèmes différens : un même individu entre dans une multitude inouïe de groupes plus ou moins importans, suivant les différens points de vue sous lesquels on l'envisage. C'est pourquoi on peut imaginer autant de systèmes de nomenclature qu'on découvre de modes de classification, et cependant il serait à désirer que la même chose reçût partout le même nom, fût connue partout sous la même dénomination. En conséquence, dans tous les sujets où ne s'offrent pas des chefs de classification simples, naturels, la nomenclature doit être un assemblage de noms bien choisis, courts, *sans signification*, et une fois reçue, quelle qu'elle soit, elle vaut mieux que toute autre.

133. Il n'y a pas de science où les désordres qu'en-

traîne la manie des nomenclatures se soient faits plus cruellement sentir que dans la minéralogie. Les minéraux simples, admis par les minéralogistes n'excèdent pas quelques centaines, et néanmoins il n'y en a pas un qui ne soit désigné par quatre ou cinq noms. La chose est des plus fâcheuses. Aucune dénomination n'a le temps de prendre racine; chacun de ceux qui écrivent sur cette science fait justice de la nomenclature qui est admise, et en propose une autre à sa place. Le désordre a été porté au dernier point par un ouvrage, du reste, plein de mérite sous d'autres rapports, et qui, par conséquent, fait autorité. Les noms les plus généralement admis, ceux qui s'étaient maintenus au milieu de la confusion, qui avaient pénétré, avaient été adoptés dans le langage ordinaire, qui désignaient des *espèces* trop définies pour exposer à des méprises, ont été inopinément transformés en dénominations génériques, étendus à des groupes qui n'ont de commun que les traits qui servent de base à une classification arbitraire, à une classification qui se joue des rapports naturels les plus importans (1).

134. Les classifications qui aident au progrès des sciences sont tout-à-fait différentes de celles qui servent de bases aux systèmes artificiels de nomenclature. Elles se gènent, se contrarient et ont

(1) Dans le système dont il s'agit, l'iolite, l'obsidienne prennent le nom de quartz; la plombagine, le chlorite, l'uranite, celui de mica, etc. (Voy. le Système de minéralogie de Moss.)

également l'ambition d'embrasser tous les objets de la nature dans un réseau étroit et compact de rapports, de dépendances mutuels. Aussitôt qu'un certain nombre de choses manifestent quelque analogie, quelque ressemblance, quelles soient corps, phénomènes ou lois, elles sont, par ce fait seul, constituées en groupes ou classes. A celles-ci se joignent d'autres objets du même genre, et les substances qui entrent dans la composition du monde, se trouvent groupées en familles naturelles. C'est ainsi que la chimie a ses groupes d'acides, d'alcalis, de sulfures, etc., la botanique ses euphorbes, ses ombellifères, etc. C'est encore ainsi que les phénomènes se rangen sous des traits généraux de ressemblance; tels sont en optique ceux qui se rapportent à la classe des couleurs périodiques, à la double réfraction, etc. Ces ressemblances une fois saisies, c'est à l'in duction à les généraliser, à les énoncer en propo sitions abstraites.

135. Mais toute classe formée sur une ressemblance positive de caractères, ou sur une analogie distincte, emporte la conséquence d'une classe négative qui n'offre plus trace de ressemblance ou même présente un caractère opposé. Ce n'est pas tout. Il y a des classes où une qualité donnée suit une progression décroissante. Or, il est important de distinguer les cas, de s'assurer si l'opposition est réelle ou si elle n'est qu'apparente, s'il s'agit d'une qualité qui va s'affaiblissant jusqu'au point où elle devient imperceptible. La transparence et l'o-

pacité, par exemple, semblent tout-à-fait opposées au premier abord. Cependant, si on les examine de plus près, qu'on suive les dégradations que présente la première dans les substances naturelles, on reconnaît que, loin d'être l'opposée de la seconde, elle n'en est que le dernier terme. Si on envisage les corps sous le rapport du poids ou de la pesanteur spécifique, on n'en trouve pas un qui en soit affranchi, pas un qui présente l'opposé de la gravitation, qui ait une légèreté positive. D'un autre côté cependant, il y a des électricités opposées, des pôles magnétiques contraires; parmi les agens chimiques, les uns ont des propriétés acides, les autres des propriétés alcalines; les plateaux de cristal de roche déterminent des rotations positives et négatives sur les plans de polarisation des rayons de lumière : tout cela, et divers autres exemples, prouvent qu'il n'y a pas seulement négation, mais encore opposition véritable de qualités. Ces modes de classification ont chacun leur importance. L'un exerce une influence utile sur les procédés d'induction, en ce qu'il fait souvent jaillir des rapports de la correspondance des échelles d'intensité respective : l'autre les fait sortir de leur contraste.

136. Il y a aussi une très grande distinction à faire entre les classes qui sont fondées sur un trait de ressemblance entre des individus très distincts, et celles qui reposent sur une foule d'analogies que présentent des objets dont la différence est néanmoins très frappante sous plus d'un

point de vue. Si, par exemple, nous prenons pour titre de classification la transparence incolore, nous grouperons ensemble les objets les plus disparates, tels que l'eau, l'air, le diamant, l'esprit de vin, le verre, etc. D'un autre côté, les familles chimiques d'alcalis, de métaux, etc., fournissent des groupes qui présentent, à plusieurs égards, des propriétés différentes, mais se confondent sous d'autres qui les font considérer comme ayant entre eux une relation naturelle. Nous cherchons ainsi à déterminer les causes qui produisent la ressemblance ou à trouver celles qui déterminent la différence.

CHAPITRE VI.

DU PREMIER DEGRÉ D'INDUCTION. — DÉCOUVERTE DES CAUSES PROCHAINES. — LOIS DU PLUS FAIBLE DEGRÉ DE GÉNÉRALITÉ ET LEUR VÉRIFICATION.

137 La première chose à laquelle s'attache un esprit philosophique quand un phénomène se présente, c'est à *l'expliquer* ou à le rapporter aux causes immédiates qui l'ont produit. S'il ne peut y parvenir, il doit chercher à le généraliser, à le comprendre avec d'autres phénomènes du même genre, dans l'expression de quelque loi. Un jour peut-être, lorsque la science sera plus avancée, ce moyen permettra de pénétrer ce qui échappe encore.

138. L'expérience ayant fait connaître la manière dont un phénomène dépend d'un autre dans

une foule de cas, on se trouve pourvu d'une masse d'antécédens, de causes prochaines qui suivent les progrès de la science, et sont susceptibles lorsqu'elles sont diversement modifiées de produire une grande multitude d'effets, outre ceux qui originellement les ont fait connaître. C'est à ces causes que Newton a donné le nom de (*causæ veræ*), causes véritables, c'est-à-dire de causes reconnues pour avoir une existence réelle dans la nature, et ne pas être de simples hypothèses, de pures fictions de l'esprit. Rendons la différence sensible par un exemple :

On a assigné diverses causes aux coquillages qu'on trouve dans les rochers à des hauteurs plus ou moins considérables au dessus du niveau de la mer. Les uns ont attribué ces productions à une vertu plastique qui appartient au sol ; les autres à la fermentation. Ceux-ci ont supposé qu'elles étaient dues à l'influence des corps célestes ; ceux-là au passage fortuit de pélerins chargés de leurs bourdons, ou aux oiseaux qui vivent de poissons à coquille. Enfin les géologues modernes les ont attribuées à de véritables mollusques qui ont vécu, péri au fond des eaux, et à l'altération du niveau relatif de la terre et de la mer. Or, la vertu plastique, l'influence des corps célestes, sont de pures fictions. La dissémination attribuée aux pélerins est réelle, elle peut même expliquer comment on trouve quelques coquillages çà et là dans les passages fréquentés ; mais elle ne saurait être considérée comme cause de

l'effet qu'on lui assigne. La fermentation est en général une cause réelle, quand elle existe toutefois, mais on ne peut l'envisager comme celle qui produit les coquillages dans les roches, d'abord parce qu'on n'a jamais observé production semblable et qu'ensuite les roches ni les pierres ne subissent de fermentation. Quant aux poissons à coquille qui vivent, périssent au fond de la mer, et laissent leurs dépouilles dans la vase où elles se stratifient, c'est un fait qui se répète chaque jour; il en est de même du lit où elles s'accumulent. Nous savons qu'il tend à s'élever au niveau du sol, à se convertir en terre sèche. Nous en avons la preuve sous les yeux. Nous voyons même qu'il s'exhausse avec une telle force, et sur une si vaste échelle, qu'il nous est impossible de ne pas considérer ce dépôt comme une véritable cause.

139. Prenons un autre exemple, que nous emprunterons encore à cette science si justement réputée populaire. On ne peut méconnaître le grand changement qui s'est opéré dans le climat général des vastes contrées du globe, si ce n'est de la terre entière. On ne peut non plus contester l'abaissement qu'a subi la température. C'est un fait admis par les géologues, et qui résulte de l'examen des débris d'animaux, de végétaux des premiers âges que renferment les couches. Quelles en sont les causes? On en assigne plusieurs. Les uns considèrent le globe comme une masse qui, d'abord en fusion, va continuellement se refroidissant. D'autres pensent que les premiers volcans avaient une acti-

vité bien supérieure à celle dont jouissent ceux qui existent aujourd'hui, et attribuent la différence de température qu'on observe à celle de la chaleur qui s'échappe de ces foyers dans une proportion plus faible qu'elle ne l'était d'abord. Ni l'une ni l'autre de ces opinions ne saurait être admise dans le sens qu'on lui donne. Nous n'avons aucune preuve du refroidissement que suppose l'une, ni de l'activité sur laquelle l'autre repose. On a cru voir une cause plus plausible, dans l'influence qu'exerce la distribution de la terre et de la mer sur la surface du globe (1). Le changement que produisent à la longue, dans cette distribution, la dégradation des vieux continens, la formation des nouveaux, est un fait qu'on ne saurait contester; et l'influence que ces révolutions exercent sur les climats des régions particulières, si ce n'est sur le globe entier, est un résultat que confirme tout ce que nous connaissons à cet égard. C'est là du moins une cause sur laquelle on peut raisonner, quoi-

(1) Principes de Geologie par Lyell, vol. I. Fourrier, membre de l'Académie des sciences, tom VII, page 592.

L'établissement et le progrès des sociétés humaines, l'action des forces naturelles, peuvent changer notablement et dans de vastes contrées, l'état de la surface du sol, la distribution des eaux et les grands mouvemens de l'air. De tels effets sont propres à faire varier dans le cours de plusieurs siècles, le degré de la chaleur moyenne; car les expressions analytiques comprennent des coefficiens qui se rapportent à l'état superficiel, et qui influent beaucoup sur la valeur de la température.

qu'on ne puisse, tant que la matière n'est pas complètement éclaircie, décider si les changemens qui s'opèrent justifient la conclusion dans toute son étendue, où même y conduisent véritablement.

140. A cet exemple, nous pouvons en ajouter un autre qui a tous les caractères d'une véritable cause ; nous le puiserons dans le fait astronomique de la diminution lente, actuelle de l'excentricité de l'orbite de la terre autour du soleil comme une cause générale affectant la *température moyenne du globe entier*, et comme une cause dont l'effet est également inévitable et susceptible d'être, du moins jusqu'à un certain point, évalué d'une manière exacte; cette diminution d'excentricité mérite considération. Il est évident que la température moyenne de tout le globe en tant qu'elle est maintenue par l'action du soleil à un plus haut degré que celui qu'elle atteindrait, si cet astre venait à s'éteindre, doit dépendre de la quantité moyenne des rayons solaires qu'elle reçoit, ou ce qui revient au même, de la quantité totale qui lui en arrive dans un temps donné. D'une autre part, la longueur de l'année est invariable, quelles que soient les fluctuations du système planétaire. Il résulte de là que la somme annuelle des rayons solaires, toutes choses égales d'ailleurs, détermine le climat général de la terre. Or, il n'est pas difficile de faire voir que cette somme est en raison inverse du petit axe de l'élipse que cette planète décrit autour du soleil, considéré comme peu variable ; que par

conséquent, le grand axe restant toujours constant, comme nous savons qu'il l'est en effet, et l'orbite tendant chaque jour à s'approcher du cercle, le petit axe augmente la somme moyenne des rayons solaires, reçue par la masse terrestre, doit diminuer maintenant. C'est là une cause réelle, directe et d'une généralité suffisante pour rendre compte des phénomènes.

141. Toutes les fois qu'un phénomène se présente, nous cherchons naturellement à le rapporter à l'une ou à l'autre de ces causes dont l'expérience a constaté l'existence, et fait connaître l'aptitude à produire des faits du genre de ceux que nous observons. Nous y parvenons plus ou moins bien suivant 1° que ces causes sont plus ou moins nombreuses, plus ou moins variées; 2° suivant que nous sommes plus ou moins habiles à les faire servir à l'explication des phénomènes; 3° suivant que le nombre des phénomènes analogues que nous avons pu réunir, ou dont nous sommes parvenus à rendre compte, est plus ou moins grand, plus ou moins lié avec ceux qui s'offrent à nous.

142. Nous voyons par là combien il est important d'avoir une certaine masse d'exemples ou de phénomènes analogues; l'explication de l'un mène naturellement à celle de l'autre, et l'on arrive ainsi à la solution du tout. Si l'analogie de deux faits est étroite, frappante, et que la cause de l'un soit manifeste, on ne peut guère refuser d'admettre que l'autre est dû à l'action d'une cause analogue,

quoiqu'elle soit peu saillante. Prenons une fronde pour exemple. Quand nous voyons la pierre dont elle est chargée décrire autour de la main un orbite circulaire, tendre la corde et la projeter au loin, dès qu'on lâche un des bouts, nous ne pouvons balancer à admettre qu'elle est retenue par la tension de la corde, c'est-à-dire par une force dirigée vers le centre : car nous sentons que nous exerçons réellement une force de ce genre, nous avons là la *perception directe* d'une cause : quand nous voyons un grand corps, tel que la lune, faire une révolution circulaire autour de la terre, nous sommes forcés d'admettre quelque retenue dans son orbite, non, il est vrai, par un lien matériel, mais par une force analogue à celle qui opère dans l'autre cas par l'intermédiaire de la corde, par une force qui tend constamment au centre. Nous nous pénétrons ainsi à chaque instant de l'existence de causes qui n'agissent que sous un voile qui nous dérobe leur action directe.

143. En général, nous ne devons jamais perdre de vue que le mouvement, qu'il soit imprimé ou modifié, est constamment le produit d'une force ; que par conséquent les forces de la nature se manifestent, se mesurent par les mouvemens qu'elles déterminent. Ainsi la force du magnétisme se révèle aussi bien par la déviation de l'aiguille aimantée, par la trémulence d'une aiguille ordinaire placée au-dessus d'un aimant, que par la ténacité avec laquelle elle adhère au contact, et qu'on ne surmonte jamais qu'à l'aide d'un certain effort.

Il en est de même des courans électriques. Les traces qu'ils laissent sur une surface de vif-argent, ont rendu sensible l'existence et la direction de forces très intenses que développe le circuit électrique, dont, sans elle, on n'eût pas soupçonné l'existence (1).

144. Mais quand la cause du phénomène ne se présente pas d'une manière sensible, qu'elle n'est pas désignée par une forte analogie, comme dans les cas qui ont été cités plus haut, on n'a d'autre ressource que de réunir, de discuter les exemples de même espèce; c'est-à-dire de former une classe de faits qui peuvent se ranger à la suite du phénomène qu'on étudie, d'examiner les points communs qu'ils présentent, et ceux par lesquels ils diffèrent. Cet examen fera infailliblement connaître la cause qui les produit. Si on croyait en apercevoir plusieurs, il faudrait essayer de trouver, et si on ne pouvait trouver, de *produire des faits nouveaux*, qui, distincts de ceux qu'on aurait déjà, rentrassent néanmoins dans la question qu'on s'efforce d'éclaircir. Ce serait le cas de recourir à ce que Bacon appelle des *exemples cruciaux*, c'est-à-dire à des phénomènes qui mettent à même de décider entre deux causes qui ont chacune des analogies en leur faveur. Nous sentons ici combien l'expérience est utile, combien elle diffère de la passive observation. Nous fesons une expérience d'espèce cruciale, quand nous formons

(1) Trans. Phil., 1824.

de nouvelles combinaisons et que nous mettons en œuvre des causes dont les unes seront exclues et les autres admises. Nous fesons une expérience cruciale quand l'accord ou le désaccord des phénomènes qu'elle produit avec ceux qu'on discute a pour but de décider l'opinion que nous devons en prendre.

145. Quand on a une grande masse de faits dont on recherche la cause, et qu'on abandonne les règles générales qui doivent guider, faciliter les investigations, il ne faut pas oublier la relation de cause et d'effet qui les lie et qu'on veut surtout découvrir. Ces caractères sont :

1° Une connexion invariable et surtout une invariable antécédence de cause et de conséquence d'effet, à moins de quelque circonstance qui intervienne et la détruise. Il faut néanmoins observer que, dans un grand nombre de phénomènes naturels, l'effet se produit graduellement, et que la cause va croissant en intensité, de manière que l'antécédence de l'une, et la conséquence de l'autre, deviennent difficiles à établir, quoique, du reste, elles soient fort réelles. D'un autre côté, l'effet suit souvent la cause d'une manière si instantanée qu'on ne peut saisir l'intervalle qui les sépare. Il est, en conséquence, souvent fort difficile de dire quel est, de deux phénomènes qui ont constamment lieu ensemble, celui qui est la cause, celui qui est l'effet.

2° Absence constante d'effet, dans l'absence de la cause, à moins d'intervention de quelqu

autre cause capable de produire le même résultat.

3° Accroissement ou diminution de l'effet quand la cause éprouve un accroissement ou une diminution d'intensité dans les cas qui en admettent.

4° Rapport de l'effet avec la cause dans tous les cas où celle-ci n'a rien qui l'entrave.

5° Suppression de l'effet avec celle de la cause.

146. Ces caractères nous conduisent aux observations suivantes, qu'on peut considérer comme autant de propositions applicables aux cas particuliers ou, mieux, comme des règles de philosophie : 1° Si dans un groupe de faits il s'en trouve un qui ne présente pas une particularité donnée ou qui en présente une opposée, cette circonstance ne peut être la cause cherchée.

147. 2° Une circonstance que reproduisent tous les faits peut être la cause que l'on cherche ou tout au moins, un effet collatéral de la même cause. Si cette coïncidence est la seule que présentent ces faits, cette possibilité devient une certitude. S'ils en offrent plus d'une, celles-ci peuvent être des causes concourantes.

148. 3° On ne peut pas nier l'existence d'une cause qui a pour elle un concours de fortes analogies, quoiqu'on soit hors d'état de dire comment elle produit son effet, ou qu'on ne puisse même concevoir comment elle existe dans les circonstances où elle se fait sentir. En pareils cas, on doit plutôt en appeler à l'expérience, quand elle est possible, que de décider *à priori* que la cause n'est

pas véritable. On doit même essayer de la rendre apparente.

149. Par exemple, nous voyons que le soleil est éminemment lumineux, et toutes les analogies portent à croire qu'il est animé d'une chaleur très-intense. Comment la chaleur produit-elle de la lumière? nous l'ignorons. Comment une chaleur semblable peut-elle être maintenue? nous ne le savons pas davantage. Nous ne pouvons néanmoins contester la conclusion.

150. 4° Les faits contraires ou opposés sont aussi instructifs pour la découverte des causes que ceux qui leur sont favorables.

151. Prenons un exemple. Mettons une certaine quantité d'acier et de limaille de fer dans un vase clos et disposé sur l'eau : elle diminue de volume, une partie se combine avec le fer et produit la rouille. Si on examine alors ce qui reste dans le vase, on trouve que ce résidu est également impropre à entretenir la flamme et la vie animale. Ce fait contraire prouve que le principe qui les soutient l'un et l'autre réside dans cette partie de l'air, qui s'unit au fer et le rouille.

152. On rend très-souvent les causes sensibles en disposant les faits suivant l'ordre d'intensité dans lequel certaines circonstances se manifestent. Cela n'est cependant pas rigoureusement exact, parce que des causes qui contrarient ou modifient l'effet agissent souvent simultanément.

153. Citons un exemple. Les sons ne sont autre chose que des impulsions que l'air transmet à nos

oreilles. S'il en apporte une série d'égale force dans des intervalles de temps égaux, que ces impressions soient d'abord lentes, puis, peu à peu, plus rapides, l'impression sourde, en premier lieu, produit ensuite une sorte de mouvement, puis un bruit confus, et, prenant par degré le caractère d'une note musicale, elle s'élève de plus en plus jusqu'à ce qu'enfin elle soit trop aigüe pour que l'oreille la saisisse. Et nous concluons du rapport qu'il y a entre la hauteur de la note musicale, la rapidité avec laquelle les impulsions se renouvellent, que la sensation des diverses hauteurs des notes musicales est due à ces différens degrés de vitesse avec lesquels les impulsions parviennent à nos oreilles.

154. 6° Que des causes de cette espèce, c'est-à-dire, des causes qui contrarient ou modifient, peuvent subsister inaperçues, et arrêter les effets de celles qu'on cherche, dans des cas qui, d'après leur action, se rangeraient dans la classe des faits favorables qu'on peut, par conséquent, souvent faire disparaître des exceptions, en éloignant les causes contraires ou en tenant compte de leur action. Cette remarque acquiert une grande importance (et c'est souvent le cas) quand une exception saillante, mais unique, surgit au milieu d'une masse de faits qui déposent unanimement en faveur d'une cause.

155. Ainsi, on a trouvé en chimie que la qualité *alcaline* des bases alcalines et terreuses est due à la présence de l'oxigène combiné avec tel ou tel

corps, qui constitue une série particulière de métaux. Cependant, l'ammoniaque forme une exception remarquable, puisqu'elle est composée d'azote et d'hydrogène. Mais ici se trouvent des indices presque sûrs que cette exception n'est pas réelle, qu'elle est due à des circonstances qu'on ne peut encore bien apprécier.

156. 7° Si nous pouvons trouver ou produire nous-mêmes deux faits qui coïncident exactement dans tous les points, hors un, et diffèrent dans celui-là seul, son influence, s'il en a, dans la production du phénomène, devient sensible par cela même. Si cette particularité se rencontre dans un fait et ne se présente pas dans l'autre, la production ou la non-production du phénomène prouvera si elle est ou non la seule cause. La chose se verra mieux encore si cette particularité se manifeste, d'une autre manière, dans les deux cas, et empêche ainsi l'effet de se produire. Si, au contraire, l'absence ou la présence de cette particularité n'exerce d'influence que sur le *degré* ou l'intensité du phénomène, on peut seulement conclure qu'elle agit comme cause concourante ou comme condition avec quelque autre qu'il faut chercher ailleurs. Dans la nature, il est très-rare de trouver des faits qui ne diffèrent qu'en une circonstance et coïncident dans toutes les autres. Si, au contraire, on recourt à l'expérience, il est facile de les produire. C'est là, du reste, la grande explication des *expériences de recherches* dans la physique. Ils acquièrent d'autant plus d'impor-

tance et donnent des résultats d'autant plus nets qu'ils approchent davantage de cette condition (de coïncider dans tous les points, hors un), attendu que la question devient plus saillante et la réponse plus décisive.

157. 8° Si on ne peut complètement faire disparaître la circonstance dont on veut apprécier l'influence, on doit chercher des cas où elle présente de grandes différences dans la manière dont elle agit. Si l'on ne peut y parvenir, il faut faire en sorte d'affaiblir ou d'accroître son action au moyen de quelque circonstance nouvelle qui d'elle-même paraisse *en état* de produire cet effet, et obtenir ainsi la preuve indirecte de l'influence qu'elle exerce. Mais alors il ne faut pas oublier que la preuve que l'on obtient de la sorte est indirecte, et que la circonstance qu'on a fait intervenir peut avoir une influence directe sur elle ou en modifier quelque autre.

158. 9° Quand les phénomènes sont compliqués, qu'ils sont le produit de plusieurs causes, soit concordantes, soit opposées ou indépendantes entre elles, on peut aisément les simplifier. On peut isoler l'effet de celles qui sont connues, autant du moins que la nature de la question le comporte, au moyen de l'induction ou à l'aide de l'expérience, et réduire le phénomène à une sorte de *résidu* dont il faut chercher l'explication. Ce n'est qu'à la faveur de ce procédé que la science, dans l'état où elle est parvenue, peut faire des progrès. La plupart des phénomènes que nous

offre la nature sont très compliqués, et quand on les a disséqués, qu'on a fait le triage qui vient d'être indiqué, ce qui reste se présente constamment sous la forme d'un phénomène à la fois neuf, et propre à conduire aux plus importantes conclusions.

159. Je citerai un exemple: le retour de la comète que le professeur Encke a annoncé devoir se reproduire plusieurs fois de suite; la parfaite coïncidence de la position assignée par le calcul et de celle qu'a donnée l'observation pendant une des périodes où l'astre était visible, nous conduisent à admettre que la gravitation vers le soleil et les planètes est la cause unique et suffisante de tous les phénomènes que présente l'orbite qu'elle décrit; mais quand l'effet de cette cause est bien évalué, qu'il est déduit avec soin du mouvement observé, on trouve qu'il reste encore un *phénomène résidu* que, sans cette méthode, on n'aurait jamais aperçu. C'est une petite anticipation sur le temps de ses réapparitions ou une diminution de son temps périodique dont la gravité ne rend pas complètement compte, et dont par conséquent il faut chercher la cause. Une anticipation semblable peut être déterminée par la résistance d'un milieu disséminé à travers les régions célestes, et comme il y a d'autres bonnes raisons de croire que c'est là une véritable cause, c'est à elle qu'on l'a attribuée.

160. Cette dernière observation est d'une telle importance que nous ajouterons encore un exem-

ple ou deux. M. Arago ayant suspendu une aiguille aimantée par un fil de soie, et l'ayant mise en mouvement, remarqua qu'elle arrivait plus vite au repos quand elle oscillait au-dessus d'un plateau de cuivre. Il y avait là deux causes qui pouvaient produire cet effet : d'abord la résistance de l'air qui affaiblit et éteint à la longue tout mouvement qui s'accomplit dans ce gaz ; ensuite le défaut de mobilité parfaite dans le fil de soie. Mais l'effet de ces deux causes était exactement connu à l'aide de l'observation faite en l'absence du cuivre : il était évalué, déduit, et le phénomène résidu consistait dans le fait que le cuivre lui-même développait une influence retardatrice. Ce fait, une fois constaté, conduisait rapidement à une classe de rapports tout-à-fait neufs, tout-à-fait inattendus. Ajoutons un autre exemple. S'il est vrai, comme Fourrier le croyait démontré, que les régions célestes ont une température indépendante du soleil qui n'est pas de beaucoup inférieure à celle de la congélation du mercure, et qui est bien supérieure aux froids artificiels qu'on est parvenu à produire, on peut l'attribuer à deux causes. L'une est indiquée par l'auteur que nous venons de nommer, c'est la radiation des étoiles ; l'autre peut se trouver dans l'éther, dans le milieu élastique dont il a été question dans le paragraphe précédent. Les phénomènes de lumière, la résistance qu'éprouvent les comètes nous autorisent à penser qu'il remplit l'espace. On peut même croire par analogie qu'il a, comme tous les milieux élastiques

connus, une température, une chaleur spécifique qui lui sont propres, et qu'il peut communiquer aux corps qu'il enveloppe. Maintenant, si nous considérons que la chaleur rayonnée par le soleil suit la même proportion que la lumière émise par cet astre, et que nous pensions pouvoir admettre que les lois qui régissent la chaleur solaire régissent aussi celle que dégagent les étoiles, l'effet de la radiation de celles-ci sur la température de l'espace sera aussi inférieur à celui de la radiation du soleil que la lumière d'une nuit sans lune l'est à celle d'un midi équatorial, c'est-à-dire, qu'elle sera incomparablement plus faible; mais en accordant à cette cause tout ce qu'elle peut produire, il y aurait encore un résidu considérable qu'il faudrait attribuer à la présence de l'éther.

161. Plusieurs des nouveaux élémens de la chimie sont liés à l'examen des *phénomènes résidus*. C'est ainsi, entre autres, qu'a été découverte la lithine. Arfwedson, qui en est l'auteur, observa un *excès de poids* dans le sulfate que contenait un minéral qu'il avait soumis à l'analyse; il rechercha à quoi tenait cette circonstance et trouva le nouveau principe qu'il a fait connaître. C'est également ainsi, qu'en étudiant les *résidus des grandes opérations des arts*, on a successivement trouvé l'iode, le brome, le selenium et les nouveaux métaux qui accompagnent le platine dans les expériences de Wollaston et de Tennant. Ce fut aussi une heureuse pensée qu'eut Glauber, d'examiner les résidus que chacun jetait au loin.

162. Enfin, nous devons observer que la découverte d'une cause *possible*, par la comparaison de cas divers, doit conduire à l'une de ces choses : 1° la découverte d'une cause réelle, de son mode d'action qui rende complètement raison des faits ; 2° l'établissement d'une loi abstraite qui montre deux phénomènes d'espèce générale comme invariablement liés entre eux, et garantisse que, si l'on en connaît un, on ne peut manquer de trouver l'autre. Une relation de cette espèce, une relation invariable est elle-même un phénomène d'un ordre plus élevé qu'aucun fait particulier, et quand on en a découvert quelques-uns, on peut recommencer à les classer, à les combiner, les examiner, chercher les causes qui les produisent, ou découvrir des lois plus générales encore, et ainsi de suite.

163. Montrons, par exemple, comment on procède en cas semblable. Supposons que c'est de la rosée que nous voulons trouver la cause. Nous la séparons de la pluie, de l'eau que versent les brouillards, et nous restreignons le terme à ce qu'il signifie véritablement, c'est-à-dire à l'apparition spontanée de l'humidité dont se chargent les substances exposées à l'air libre dans un temps sec. Les gouttelettes dont se tapissent un métal, une pierre qui reçoit une bouffée d'haleine, celles qui se déposent sur les parois d'un verre rempli d'eau bien fraîche placé dans un air chaud, celles qui se montrent sur la surface intérieure des vitrages quand la pluie, la grêle, abaissent brusquement

la température extérieure, celles qui coulent le long des murs quand le retour de la belle saison vient suspendre les gelées, sont autant de phénomènes analogues, de phénomènes qui ont un point commun ; savoir, une température comparativement plus basse que celle de l'air ambiant. (Règle 2, § 147.)

164. Dans le cas de la rosée de nuit, est-ce là une *cause réelle?* L'objet recouvert de gouttelettes est-il à une température véritablement plus basse que celle de l'air? On serait tenté de le croire ; cependant cela n'est pas et ne saurait être. Mais les analogies sont pressantes, unanimes, et, d'après la règle 3, § 148, nous ne devons pas repousser les indications qu'elles nous présentent. La vérification est d'ailleurs facile à faire. Il n'y a qu'à prendre deux thermomètres, l'un qu'on met en contact avec la substance qu'humecte la rosée, l'autre un peu plus loin pour le soustraire à son influence. L'expérience a été fréquemment faite. La question a souvent été reproduite, et la réponse a été constamment affirmative. Toutes les fois qu'un objet se couvre de rosée, il est plus froid que l'air. Là est, par conséquent, une circonstance *concomittante invariable*, mais la basse température est-elle l'effet ou la cause de la rosée? C'est une observation générale que la rosée est toujours accompagnée de refroidissement, et l'opinion commune est que cette circonstance doit plutôt être envisagée sous le premier aspect que sous le deuxième. Il faut, par conséquent, réunir encore

des faits, ou, ce qui revient au même, varier les circonstances; puisque, chaque exemple qui se présente sous une face nouvelle est un fait nouveau, et que nous devons surtout noter les cas contraires ou négatifs (Règle 4, § 150), c'est-à-dire ceux où il n'y a pas de rosée.

165. Or la rosée ne se forme pas sur les *métaux polis;* mais elle se dépose en abondance sur la surface supérieure du verre, dans quelques cas même elle s'accumule sous l'inférieure, circonstance qui ne permet pas de croire (Règle 1, § 146) qu'elle vienne du ciel, comme il semble naturel de le penser. Si l'on fait usage de métaux polis et de verres polis, le contraste du résultat qu'on obtient prouve que la nature du corps n'est pas sans influence sur le phénomène. Il faut, par conséquent, autant que possible, ne diversifier que la substance. Cette diversification donne naturellement une *échelle d'intensités* (Règ. 5, § 152.) Elle donne encore un autre résultat : elle fait voir que les substances polies qui conduisent mal la chaleur sont celles qui se chargent le plus de rosée, et que celles qui conduisent bien la première sont celles qui prennent le moins la seconde. Nous trouvons là une loi du premier degré de généralité. Mais si nous essayons des surfaces qui, loin d'être polies, soient raboteuses, nous trouvons que la loi est suspendue (Règ. 5, § 152.) Ainsi, du fer brut, surtout s'il est peint ou noirci, se couvre d'une rosée plus abondante que le papier verni. La nature de la surface a donc une véritable in-

fluence. Si par conséquent nous éprouvons le même corps en variant sa surface (Règ. 7, § 156), nous obtenons une autre échelle d'intensité. Les surfaces qui rayonnent le plus fortement sont celles qui prennent plus de rosée. Nous trouvons ainsi une loi aussi générale que la première par la comparaison de deux classes de faits dont l'une se rapporte à la rosée et l'autre à la radiation de la chaleur. L'influence qui appartient à la *substance* et celle qui tient à la *surface* nous conduisent à examiner celle de la *texture*. Nous rencontrons encore ici de grandes différences; nous trouvons une troisième échelle d'intensité; échelle qui prouve que les substances d'une texture ferme, serrée, telles que les pierres, les métaux, etc., prennent difficilement la rosée, tandis que celles qui ont un tissu lâche, comme la laine, le velours, le coton, l'édredon, etc., s'en chargent avec la plus grande facilité. Ces substances sont précisément celles qui conviennent davantage aux vêtemens, c'est-à-dire celles qui empêchent mieux la déperdition de la chaleur, ou qui froides au dehors, restent chaudes au dedans.

166. Enfin on peut observer, entre autres preuves négatives (§ 150), que la rosée n'est jamais abondante dans les lieux couverts, et qu'elle est nulle dans les *nuits nuageuses*. Mais si les nuages se dissipent, ne fût-ce que pour un instant, elle se forme, s'accumule rapidement. Ici encore, se révèle une cause qu'on ne peut reconnaître (§ 145), On voit que les nuages sont une condition essen-

tielle, ou, ce qui revient au même, que les nuages, que les objets environnans, agissent comme *causes contraires*. La chose est d'autant plus palpable, que la rosée qui se forme pendant les intervalles où le ciel est limpide, se dissipe aussitôt qu'il se recouvre de nuages. (Reg. 4, § 150).

167. Quand on est parvenu à rassembler toutes ces inductions partielles, et qu'on veut en tirer une conclusion générale, on considère, 1° que toutes les conclusions qu'on en peut déduire supposent un fait commun, le refroidissement de la surface du corps exposé à la rosée, au-dessous de la température de l'air. Les surfaces qui rayonnent davantage, celles qui soutirent avec difficulté la chaleur des corps qui les entourent, sont naturellement celles qui refroidissent le plus, si quelque circonstance favorise leur émission sans aider à réparer les pertes qu'elle entraîne. Or, la limpidité du ciel est cette circonstance. Tous ceux qui s'occupent de la chaleur savent qu'elle se dégage incessamment de tous les corps, et que la radiation rend d'une part ce qu'elle emporte de l'autre. Les nuages et les objets environnans agissent par conséquent comme des causes opposées, en restituant la totalité, ou du moins une grande partie de la chaleur que le rayonnement disperse, et il n'y a réellement de perdu que celle qui se dissipe par les vides que présente l'espace. Ainsi, nous arrivons peu à peu à la cause prochaine de la rosée. Nous la trouvons dans la surface qui perd la chaleur plus vîte qu'elle n'en soutire au sol, ou qu'elle n'en reçoit par le rayon-

nement. Elle devient ainsi plus froide que l'air, et condense la vapeur d'eau dont il est chargé.

168. Nous avons pris pour exemple la théorie de la rosée qu'a publiée le docteur Wells (1), parce que c'est une des recherches expérimentales, où l'induction a été employée avec le plus d'adresse. L'espace ne nous permet pas d'en faire ressortir toute la sagacité, mais nous recommandons vivement ce petit ouvrage aux élèves, c'est un modèle qu'ils ne peuvent trop méditer.

169. Dans l'analyse que nous venons de faire, la rosée est rapportée à deux phénomènes généraux, la radiation de la chaleur, et la condensation de la vapeur. La cause du premier phénomène exige de hautes, de pénibles recherches, et l'on peut dire qu'elle est tout-à-fait inconnue; celle du deuxième forme aujourd'hui une branche de physique très importante. Dans un cas semblable, quand nous sommes parvenus à un dernier fait, nous regardons un phénomène comme pleinement expliqué. Ainsi, une branche nous paraît à la fin au point où elle se marie au tronc, et un bourgeon à celui où il se confond avec la branche; ainsi un ruisseau conserve son nom et son importance jusqu'à ce qu'il se perde dans quelque affluent plus considérable, ou qu'il se jette dans la rivière, qui le verse dans l'Océan. Ceci suppose toujours cependant que l'admission d'un tel fait, ainsi que les

(1) Wells, sur la rosée.

lois qui s'y rapportent, rend parfaitement compte de *toutes les circonstances* qu'il présente. Il en est de même de ceux qui, développés dans le cours de l'induction, nous l'ont fait connaître; de ceux qui ont été négligés ou étudiés avec moins de suite. La radiation eût été une chose nouvelle que l'induction nous l'eût rendue sensible, et sans doute elle eût aussi dévoilé plusieurs de ses lois.

170. Il ne faut donc pas, quand on se livre à l'étude de la nature, s'inquiéter de la manière dont on parvient à la connaissance de faits généraux. Il suffit de les constater avec soin quand ils sont découverts. Le reste importe peu. Voyons comment se vérifient les inductions.

171. Si dans l'induction chaque cas individuel a été apprécié, discuté, on peut être assuré qu'il se trouvera convenablement représenté dans la conclusion finale. Mais telle est la tendance de l'esprit humain à la spéculation que, s'il aperçoit une sorte d'analogie entre quelques phénomènes, il croit aussitôt avoir une cause, une loi, et ne pousse pas plus loin ses recherches, en sorte que nos principales inductions ne doivent généralement être envisagées que comme une série d'élans et de chutes, comme une suite de conclusions déduites de quelques cas et vérifiées sur plusieurs.

172. En conséquence, toutes les fois qu'on pense être arrivé par la voie de l'induction à la connaissance de la cause prochaine d'un phénomène ou d'une loi de la nature, la première chose à faire est d'examiner avec soin tous les cas de même es-

pèce qu'on a rassemblés. Il faut s'assurer si effectivement la cause en rend bien compte, si la loi les renferme réellement. Trouve-t-on une exception, il faut en prendre note pour la soumettre plus tard à un nouvel examen, pour l'étudier quand on croira pouvoir en assigner la cause, ou en tenant compte de l'effet produit, négliger l'exception même. S'il y en avait plusieurs, cependant, qu'elles fussent variées, de physionomies différentes, la conclusion qu'on aurait obtenue commanderait moins de confiance, et perdrait naturellement de son importance en perdant de sa généralité.

173. Nous devons considérer dans cette vérification, si la cause ou la loi à laquelle nous sommes conduits, est déjà admise, reconnue comme une cause, une loi générale dont la nature est bien comprise, et dont le phénomène qui nous occupe n'est qu'un cas particulier qui s'ajoute à ceux qu'on connaissait déjà, ou si elle est nouvelle, moins générale, moins reçue. Si la loi est nouvelle, nous devons nous en tenir à une simple vérification, surtout si cette vérification établit que les cas qu'on examine sont bien ceux que la loi comprend. Si celle-ci est établie, la marche qu'on doit suivre dans la vérification est beaucoup plus sévère. Il faut suivre l'action de la cause d'une manière plus distincte, plus précise, indiquer les modifications qu'elle subit dans chaque cas ; il faut évaluer son action, faire voir qu'elle rend compte de tout, du moins

tant qu'il ne survient pas de cause qui la modifie.

174. Arrivé à ce point, on peut chercher le phénomène résidu, appliquer le procédé dont nous avons parlé au paragraphe 158. Si l'induction est bonne, bien entendue, ce qui reste à expliquer quand on compare la conclusion qu'on en déduit avec des cas particuliers dans les circonstances où ils se présentent, est un phénomène de ce genre, et doit à son tour devenir le sujet d'un raisonnement d'induction pour en découvrir la cause ou la loi. C'est ainsi que nous pouvons dire que nous voyons les faits avec les yeux de la raison; c'est ainsi que nous arrivons sans cesse à la connaissance de nouveaux phénomènes, de nouvelles lois qui gisent sous la surface des choses, et donnent naissance à la création de nouvelles branches de science qui s'éloignent de plus en plus de l'observation commune.

175. L'astronomie physique en fournit de nombreux et éclatans exemples. Citons-en un. On sait que les planètes sont retenues dans leur orbite autour du soleil, et les satellites autour de leurs planètes par une force d'attraction qui décroît comme le carré des distances augmente, et on vérifie cette loi en déduisant pour chaque cas particulier les mouvemens qui doivent avoir lieu, en les comparant avec ceux qui s'effectuent réellement. Cette comparaison prouve l'existence de la loi de gravitation, et son aptitude à rendre raison des principaux mouvemens que chaque corps accomplit dans le système du monde. Mais elle laisse

à expliquer quelques petites déviations qui se présentent dans ceux des planètes, et quelques-unes qui sont même assez considérables dans celui de la lune et des autres satellites: ce sont là des phénomènes résidus dont il reste à trouver les causes. On a étudié les premières avec soin, et on est enfin parvenu à découvrir les secondes. On a reconnu qu'elles tiennent à l'action mutuelle que les planètes exercent les unes sur les autres, et à l'influence perturbatrice du soleil sur les mouvemens des satellites.

176. Mais une loi de la nature n'a pas ce degré de généralité qui la rend propre à servir de base à des inductions plus générales, si elle n'est pas *universelle* dans son application. Nous ne pouvons nous en prévaloir pour étendre nos vues au-delà du cercle des faits d'où nous l'avons déduite, si nous n'avons éprouvé sa portée, si elle ne nous met à même de dire avant l'expérience ce qui arrivera dans des circonstances analogues à celles qui nous occupent, si, en un mot, nous ne nous sommes rangés au nombre de ceux qui la combattent, si nous n'avons vainement tenté de lui trouver des exceptions. Elle n'a de valeur, elle ne prend d'importance qu'en raison de la manière dont elle résiste à une si rude épreuve. La première chose à faire quand on veut vérifier une induction est donc de chercher à l'étendre à des cas que, dans le principe, on n'avait pas en vue, à varier les circonstances dans lesquelles les causes agissent, afin de s'assurer si leur action est géné-

rale, et à pousser l'application de nos lois aux cas extrêmes.

177. On peut citer comme un modèle en ce genre l'induction qui conduisit Galilée à conclure que la puissance accélératrice de la pesanteur est la même pour tous les corps ; qu'elle agit indifféremment sur toutes les masses quelles qu'elles soient, grandes ou petites. Il vérifia cette induction en laissant tomber simultanément du sommet d'une tour élevée des substances de nature et de poids très différens, qui toutes achevèrent leur chute dans le même temps, à très peu de chose près: circonstance qu'il attribua, avec raison, à la différence de résistance que l'air oppose à la chute des corps graves, suivant qu'ils pèsent plus ou moins. On n'aurait pu à cette époque constater par le fait la justesse de cette conjecture, soumettre à l'expérience des corps légers, comme du liége, des plumes, du coton, etc., à cause de la grande résistance que l'air leur opposait dans leur chute. On n'avait alors aucun moyen d'isoler cette cause de perturbation. Ce ne fut qu'après l'invention de la machine pneumatique qu'on pût soumettre cette loi à l'épreuve. On fit le vide, et on abandonna à elles-mêmes une pièce d'or et une barbe de plumes qu'on avait disposées au-dessous de la partie supérieure de l'appareil, et l'une et l'autre achevèrent leur chute au même instant.

178. Si la loi qu'on vérifie est *quantitative*, il ne faut pas se borner, pour établir qu'elle est générale, à la soumettre à l'épreuve dans les circons-

tances les plus variées, il faut encore que chaque épreuve soit mesurée, faite avec précision. Les moyens qu'on emploie doivent eux-mêmes être choisis de manière à répéter, à multiplier un assez grand nombre de fois la déviation, s'il y en a, pour la rendre sensible.

179. Supposons, par exemple, que nous avons à vérifier la loi suivante : *la pesanteur d'un corps est en raison directe de sa masse,* ce qui est une autre manière d'exprimer la loi de Galilée, dont nous parlions tout à l'heure. Le temps que met à sa chute un corps qui tombe d'une hauteur peu considérable ne peut être mesuré avec assez de précision pour en établir la justesse; mais, si nous pouvons le répéter un très-grand nombre de fois sans *rien perdre, sans rien gagner* dans les intervalles, et que la somme totale de ces temps répétés soit comptée avec une montre, si nous pouvons en même temps faire que la résistance soit exactement la même pour tous les corps soumis à cette épreuve, nous aurons une expérience beaucoup plus décisive que celle de Galilée, et qui sera évidemment plus exacte. Or, tout cela, Newton l'a fait d'une manière fort ingénieuse. Ce grand homme choisit les corps qui diffèrent le plus à tous égards ; tels sont l'or, le verre, la laine, l'eau, le froment, etc. Il en prit des poids égaux, les renferma dans un pendule creux (1), mesura le temps que le pendule ainsi chargé met-

(1) Principia, liv. 3, prop. 6.

tait à faire un certain nombre d'oscillations : les poids tombaient et s'élevaient alternativement dans chacune de ces oscillations, sans perte de temps, et parcouraient *identiquement* les mêmes espaces. De cette manière, s'il y avait eu quelque différence dans la chute ou dans l'ascension, quelque insignifiante qu'elle eût été en elle-même, elle serait à la fin devenue sensible. Or, comme on n'en a découvert aucune par ce procédé délicat, on peut considérer la loi comme vérifiée sous le rapport de la généralité et de l'exactitude. Cette vérification cependant, n'est rien, comparée à celles qu'on apporte dans les phénomènes astronomiques, où les déviations, s'il en existait, s'accumuleraient, non pendant un petit nombre d'heures, mais pendant de milliers d'années.

180. Rien ne prouve, cependant, rien n'atteste mieux qu'une induction est large, bien entendue, que les vérifications qui jaillissent spontanément, qui viennent des points d'où on devait le moins les attendre. C'est mieux encore lorsque celles-ci se présentent d'abord d'une manière hostile. Un fait semblable est irrésistible, et porte avec lui un ascendant qu'aucun autre ne saurait avoir. Ainsi, pour citer un exemple, Mitscherlitz avait annoncé la loi suivante : les élémens chimiques dont tous les corps sont formés peuvent être classés en groupes distincts qu'il appelle isomorphes, et ces groupes ont entre eux un tel rapport, que les composés similaires qui résultent de la combinaison d'individus appartenant à deux, trois, quatre, etc., d'entre

eux, affectent dans leur cristallisation les mêmes formes géométriques. Cette curieuse, cette importante loi paraissait avoir une exception remarquable. Suivant Mitscherlitz, les acides arsénique et phosphorique sont des combinaisons similaires qui se trouvent dans son domaine. Leurs produits devaient donc, lorsqu'ils s'unissent à l'eau, à la soude, cristalliser sous les mêmes formes. Cependant, il n'en était pas ainsi. Les arseniates et les phosphates en présentaient de tout-à-fait différentes. L'anomalie paraissait évidente, lorsqu'un chimiste anglais, M. Clarke, examinant ces deux sels avec soin, découvrit qu'ils ne présentaient point la composition similaire qu'exige la loi de Mitscherlitz. L'exception disparut alors. C'était quelque chose. Clarke ne s'arrêta pas là, néanmoins. Il poursuivit ses recherches, et parvint à former un nouveau phosphate de soude qui ne contenait pas la même proportion d'eau et présentait la même composition que l'arseniate. Il le fit cristalliser, et trouva que les cristaux avaient identiquement la forme de ceux que fournit l'arseniate. Il vérifia ainsi d'une manière frappante, et tout-à-fait inattendue, la loi dont il s'agit, ou, comme il l'appelle, la loi de l'isomorphisme.

181. On trouve souvent dans des recherches tout-à-fait différentes de celles qu'on poursuivait, la confirmation la plus inattendue et la plus frappante des lois qu'on a établies par l'induction. La transmission du son en offre un exemple remarquable, dans le développement de la chaleur

que produit la compression. Les recherches qu'on avait faites sur la cause qui le produit avaient conduit au sujet de son mode de transmission à des résultats d'où l'on pouvait déduire sa vitesse dans l'air. On soumit celle-ci au calcul ; et quand on compara les nombres qu'on avait obtenus avec ce qui se passe dans la nature, on trouva que l'accord était suffisant pour montrer la coïncidence générale de la cause et du mode de propagation assignés, mais n'expliquait pas *tout* l'effet produit. Il restait à rendre compte d'un excès de vitesse qui pendant long-temps embarrassa les savans. Enfin, Laplace pensa que cet excès pouvait tenir à la chaleur développée dans la condensation que produisent nécessairement les vibrations de l'air qui transmettent le son. Il vérifia la chose, et trouva à la fois dans ses calculs la preuve de sa conjecture et de l'exactitude de la loi dans des circonstances que l'imitation ne peut modifier.

182. Il y a dans l'extension qu'on donne aux inductions, une chose qui fait constamment sur l'esprit une profonde impression ; souvent même elle produit une sensation de surprise et de nouveauté qui lui donne une importance bien au-dessus de celle qu'elle a véritablement : c'est la transition du petit au grand, ou du grand au petit, la première surtout. Il est si beau de voir, par exemple, une expérience faite dans un verre de montre, avec un chalumeau, réussir dans une grande fabrication, sur des masses considérables de matière, ou dans le sein d'un volcan, sur des

millions de pieds cubes de lave, que nous oublions que ces grandes masses ne sont que des amas de petites quantités telles que celles qui étaient renfermées dans le verre de montre, et dans les globules des chalumeaux. Nous voyons les immenses intervalles qui séparent les étoiles, les planètes, laisser place à une foule de phénomènes, donner passage à la lumière, à la chaleur, aux mouvemens curieux, compliqués, qui ont lieu entre elles. Nous examinons avec plus de soin, et nous voyons les systèmes sidéraux qui sans doute ne sont ni moins étendus, ni moins complexes que le nôtre, apparaître dans un petit espace (attendu la distance où ils sont de nous), et former des groupes ressemblant à des corps d'apparence substantielle, ayant forme et figure. Néanmoins, nous reculons avec une sorte d'incrédulité, nous ne pouvons nous défendre de surprise quand on nous demande pourquoi nous ne pourrions concevoir que les atomes d'un grain de sable n'auraient pas entre eux, toute proportion gardée, autant de distance qu'en ont les étoiles, pourquoi il ne se passerait pas entre ces atomes des phénomènes aussi compliqués, aussi merveilleux que ceux qui se reproduisent sans cesse dans le ciel. Cependant, celui qui se livre à l'étude de la nature rencontre à chaque instant des faits qui portent la pensée d'une extrême à l'autre. Il trouve, par exemple, que le phénomène de la propagation des vents est régi par les mêmes lois que la propagation du mouvement dans

dre peuvent être assimilés à la simple communication de l'étincelle électrique, et ceux qui accompagnent les tremblemens de terre aux frémissemens d'un fil métallique ; il voit, en un mot, que les distinctions de grand et de petit s'évanouissent dans la nature. Il est heureux pour l'homme qu'il en soit ainsi, et que les lois qu'il peut découvrir, vérifier dans sa petite sphère, lui profitent quand il les applique sur une plus grande échelle. Ce n'est qu'à la faveur de cette circonstance qu'il peut s'immiscer d'une manière efficace dans les opérations de quelque étendue, et qu'il prend toute son importance dans la création

183. Mais ce n'est pas à cela que se bornent les avantages de l'induction. Il faut, pour retirer tous ceux qu'elle peut produire, la suivre dans ses dernières conséquences, l'appliquer aux cas qui semblent avoir le moins de rapports avec le sujet qu'on discute. Chaque observation ajoute à la masse de nos connaissances, et nous fournit les moyens de les accroître encore, d'explorer la partie des phénomènes qui jusque-là nous avait échappé. On ne peut assez insister auprès des jeunes gens, assez leur répéter qu'il n'y a pas un fait de philosophie naturelle qui n'exige, pour être pleinement, complètement expliqué, le concours de plusieurs sciences, si ce n'est de toutes. Il faut en excepter les grands phénomènes de l'astronomie; mais cela tient à ce qu'ils se passent sur une échelle immense, qu'ils sont régis par une des forces les plus générales, les plus

énergiques de la nature; que tous les agens subalternes, que toutes les causes secondaires se perdent dans l'ensemble, s'évanouissent dans le mouvement commun; mais il n'en est pas ainsi des phénomènes plus intimes qui nous entourent. Dans quelle complication des branches de la science ne sommes-nous pas conduits par la considération d'un phénomène, comme la pluie, ou la flamme, ou une foule d'autres qui se passent incessamment sous nos yeux? Aussi est-il à peu près impossible d'arriver à une loi un peu générale dans quelque partie que ce soit; mais elle nous fournit les moyens d'arriver à une foule d'autres, d'arriver à ceux qui sont les plus éloignés du point d'où nous sommes partis, de telle manière que, lorsqu'on s'embarque dans quelque recherche physique, on ne peut assigner le terme où l'on arrivera.

184. Cette remarque s'applique surtout au procédé inverse, au procédé de déduction à l'aide duquel on suit une loi jusque dans ses dernières conséquences. Mais il est important d'observer que, pour mener à bien des recherches, il faut tantôt faire usage de l'*induction*, tantôt employer la *déduction*. On n'escalade pas de prime-abord les sommités qui couvrent la science. La voie qui mène à ces hauteurs escarpées est tortueuse, difficile. Il faut monter, descendre, faire des haltes, établir des stations; la tâche n'est pas de celles qu'on exécute de plein saut. En d'autres termes, il n'y a rien de si instructif, de si propre à conduire

à des points de vue généraux, que de presser une loi dans ses dernières conséquences. La découverte d'une nouvelle loi, d'un nouveau fait ultérieur, ou même d'un fait qui en revêt momentanément l'apparence, est comme la découverte d'un nouvel élément en chimie. Ainsi le sélénium avait à peine été observé par Berzelius dans les mines de Fahlun, qu'il se montrait déjà dans les matières sublimées de Stromboli, dans les rares et curieux produits des mines de Hongrie. Il en est de même de toute nouvelle loi, de tout fait général. On ne l'annonce pas sur un point qu'on le discerne sur une foule d'autres, qu'on s'étonne de ne l'avoir pas observé plus tôt. On s'en empare partout; une lumière inattendue jaillit sur les parties de la science qui étaient encore dans l'obscurité, qui même avaient été abandonnées de désespoir.

185. Nous avons déjà parlé (178) de la vérification des lois quantitatives; mais elles sont si importantes en physique, que nous ne pouvons nous dispenser d'entrer dans quelques détails sur la nature des inductions qui les font connaître. Dans leurs degrés les plus simples ou les moins généraux (les seuls dont il soit maintenant question), elles expriment d'ordinaire quelque rapport numérique entre deux quantités qui dépendent l'une de l'autre, soit comme faits collatéraux d'une cause commune, soit comme résultat de l'effet produit par cette cause dans des circonstances numériques déterminées. La loi de réfraction,

par exemple, que nous avons exposée précédemment (§ 22) exprime, par une relation très simple, la quantité de la déviation angulaire que subit un rayon de lumière quand l'angle qu'il fait avec la surface refringente est connu, c'est-à-dire que, tant que la substance refringente ne change pas, le sinus de l'angle que le rayon incident fait avec une perpendiculaire à sa surface, et celui de l'angle fait par le rayon réfracté avec la même perpendiculaire, ont un rapport constant. Or, pour arriver par induction à des lois de cette espèce, quand une des quantités dépend de l'autre, ou varie avec elle, il suffit d'avoir une série de mesures exactes, précises, de bien connaître l'état des circonstances que l'on assigne ou que l'on cherche. Ici, néanmoins, la forme mathématique de la loi étant de la plus haute importance, on doit donner la plus grande attention aux *cas extrêmes,* ainsi qu'à tous ces points où le plus petit changement qui survient dans une quantité entraîne dans l'autre une variation correspondante. Ces résultats doivent être consignés dans une table où les données croissent rapidement depuis le terme le plus bas jusqu'au plus élevé dont ils soient susceptibles. Cette table prend plus ou moins la forme d'une loi mathématique, suivant qu'on manie l'analyse avec plus ou moins d'habileté. Une chose facilite souvent la découverte de ces sortes de lois d'une manière singulière. C'est l'étude d'une classe de phénomènes, dont il sera question plus tard sous le titre d'exemples collectifs (§ 194), où la

nature de l'expression mathématique dans laquelle la loi doit être énoncée est désignée par la figure de quelque courbe.

186. Au surplus, si l'induction n'embrasse pas une série de cas qui renferment toute l'échelle des variations que peuvent subir les quantités dont il s'agit, l'expression mathématique ainsi obtenue ne peut être envisagée comme la véritable; si l'échelle, au contraire, est peu étendue, l'extension qu'on donne à la loi, l'application qu'on en fait aux cas extrêmes, peuvent entraîner d'assez graves erreurs. L'air, par exemple, est un fluide élastique, un fluide tel, qu'enfermé dans un espace clos et soumis à une pression, il diminue de volume. On conclut d'un grand nombre d'expériences où il a été réduit à la moitié, au tiers, au cinquantième de son volume, « que la densité de l'air est proportionnelle à la force comprimante », ou que son volume est en raison inverse de cette force. On trouve encore que même chose a lieu quand on le raréfie, qu'on affaiblit la pression qu'il supporte dans des limites fort étendues. Il est néanmoins impossible, dans l'acception rigoureuse du mot, d'admettre que ce soit là la véritable loi, car, s'il en était ainsi, la condensation de l'air n'aurait pas de bornes; et cependant, en jugeant par analogie, nous avons toute raison de croire qu'avant d'atteindre le terme que la réduction dont il s'agit suppose, il se liquéfierait, si même il ne prenait la forme solide.

187. Les lois qu'on fait d'une manière directe,

ou en résumant en formules mathématiques les résultats fournis par un nombre de mesurages plus ou moins grand, sont appelées « empiriques. » Les travaux que le docteur Young a publiés (*Transactions philosophiques pour* 1826) sur les tables de mortalité, nous fournissent un bel exemple de ces sortes de lois. Ce sont des *inductions non vérifiées;* on ne doit les admettre, s'en servir qu'avec réserve. Hors des limites qui circonscrivent les données dont on les a déduites, elles ne méritent aucune confiance, et même dans ces limites il faut les discuter, voir jusqu'*à quel point* elles représentent les faits qu'elles expriment, c'est-à-dire qu'il faut s'assurer si la différence que présentent les résultats qu'elles produisent et les quantités qu'on éprouve, peut être attribuée à une erreur d'observation. Quand elles ont été soumises à ce sévère examen, elles prennent plus de poids. Souvent même, quand elles ont été vérifiées théoriquement par des procédés de déduction (comme nous l'expliquerons dans le chapitre suivant), elles sont reçues comme des lois de la nature, et donnent la sanction la plus sûre, la plus éclatante dont les théories soient susceptibles. Les plus beaux exemples qu'on ait en ce genre sont les grandes lois des mouvemens planétaires, que Kepler a déduites en comparant les observations entre elles, sans être le moins du monde aidé par la théorie. Ces lois sont celles-ci : Les planètes décrivent des ellipses autour du soleil; chacune d'elles décrit autour du centre de

cet astre des aires égales dans des temps égaux ; dans les orbites des différentes planètes, les carrés des temps des révolutions sont en raison du cube des distances. Tels furent les résultats de cet inconcevable travail de calcul et de comparaison. Le labeur qu'ils avaient coûté était immense, mais les conséquences qu'ils emportaient l'étaient aussi. Ils jetaient les bases du système de Newton, et le mettaient à l'abri de toute attaque. D'une autre part, les lois empiriques deviennent, quand on les étend au-delà des limites que comportent les observations dont elles sont déduites, une source de fâcheuses méprises. Les formules que l'expérience a données, jusqu'à ces derniers temps, sur l'élasticité de la vapeur, sur la résistance des fluides et autres sujets semblables, se sont trouvées défectueuses, inexactes, dès que la théorie a voulu s'en servir.

188. Un fait à la fois heureux et remarquable, c'est que la plus courte et la plus directe de toutes les inductions est celle qui a conduit, pour ainsi dire, de prime-abord, aux plus hautes lois de la nature; j'entends celles de la force et du mouvement. Rien ne peut être plus simple, plus précis, plus général que l'énoncé de ces lois; et, comme je l'ai déjà observé, l'application aux faits particuliers dans la méthode déductive n'a d'autres bornes que celles des mathématiques. Il semblerait, d'après cela, que la dynamique n'est pas une science d'induction, qu'elle n'est qu'un sujet de raisonnemens *à priori*, comme la géométrie. Il

en serait effectivement ainsi si les méthodes analytiques étaient parfaites, que toutes les données fussent exactement connues. Malheureusement nous n'en sommes pas là. Nous en sommes même si loin, que, dans plusieurs des branches de dynamique les plus intéressantes, les mathématiques sont insuffisantes. C'est surtout ce qui a lieu pour les mouvemens des fluides. On met les problèmes en équations; on démontre que celles-ci renferment des solutions; mais les équations sont elles-mêmes si peu traitables, si pénibles, qu'on n'en est pas plus avancé. Elles ne présenteraient pas, d'ailleurs, ces difficultés, qu'il faudrait encore recourir à l'expérience pour établir les *données* sur lesquelles sont fondées les applications particulières. L'analyse mathématique donne sans doute de grands moyens de représenter les données de toute espèce de cas et de déterminer ensuite par la comparaison des résultats avec le fait, ce que ces données doivent être pour expliquer les phénomènes observés; mais, sous quelque point de vue qu'on envisage la chose, il n'en faut pas moins revenir à l'expérience toutes les fois qu'il s'agit d'explication. Il le faut, lors même qu'on regarde les principes généraux comme suffisamment établis sans elle. Dans tous les cas semblables nous devons recourir à nos procédés d'induction et considérer les branches de dynamique où on les emploie comme purement expérimentales. Nous obtenons de la sorte un immense avantage. Les conclusions distinctes auxquelles ont conduit les

principes dynamiques abstraits se vérifient partout avec éclat ; quand l'induction nous a livré un de ces résultats, nous ne pouvons nous empêcher de sentir combien elle est sûre, combien elle est convenable.

189. La nécessité d'en appeler à l'expérience dans tout ce qui se rapporte au mouvement des fluides en grand, était depuis long-temps sentie. Newton qui a posé les premières bases de l'hydrodynamique (c'est ainsi que s'appelle cette branche de science), l'avait reconnue lui-même, et avait donné l'exemple en fesant une suite d'expériences exactes, laborieuses, sur la résistance qu'ils déploient dans le mouvement. Venturi, Bernoulli, d'autres savans encore, ont appliqué la même méthode aux mouvemens des fluides dans les tubes, dans les canaux, et les frères Weber ont publié tout récemment d'excellentes recherches expérimentales sur les phénomènes que présentent les ondes. Une des plus grandes, des plus heureuses tentatives néanmoins qui aient eu lieu pour amener dans le champ de l'expérience une branche importante et jusqu'à présent bien obscure de la dynamique, est celle qui a été faite par Chladni et Savart sur le son et les mouvemens vibratoires en général. Il est à désirer que même chose se fasse dans plusieurs autres qui sont presque aussi épineuses, et se prêtent tout aussi peu aux méthodes théoriques. Dans ces sortes de cas, l'induction et la déduction doivent s'éclairer mutuellement, se vérifier l'une l'autre. La théorie et l'expérience for-

ment, en se combinant, un moyen de découvertes bien supérieur à ce que produirait leur action isolée. Cet état est peut-être le plus intéressant que puisse présenter une branche de science, et celui qui promet le plus à l'investigation.

190. Nous ne pouvons terminer la division qui nous occupe sans faire mention des faits « prérogatifs » de Bacon. Il comprend sous cette dénomination des phénomènes caractéristiques choisis sur la masse de ceux que présente la nature, et qui, par leur nombre, leur complication, leur physionomie incertaine, sont plus propres à égarer qu'à diriger l'esprit dans la recherche des causes et des sources de l'induction. Les phénomènes choisis à raison de quelque trait qui frappe, qui imprime une espèce de tendance à la causalisation ou une aptitude particulière à la généralisation, Bacon les considère à juste titre comme privilégiés, comme ayant plus de force, méritant plus d'attention.

191. Nous avons déjà observé qu'en fesant nos inductions, nous sommes d'ordinaire conduits aux conclusions qui en dérivent par la force spéciale de deux ou trois faits marquans, bien plus que par l'impression que produit l'ensemble. C'est là ce qui rend indispensable une rigoureuse vérification. Telle est la propension de l'esprit humain que rien n'est plus ordinaire que de trouver des personnes toujours prêtes à assigner une cause à ce qu'elles voient, à assembler les choses les plus disparates par les analogies les plus étranges. Les esprits étant faits ainsi, il est évidemment de la

plus haute importance que les premières impressions qui les frappent soient produites par des choses qui sont de nature à donner de convenables inductions. Le malheur est qu'en philosophie naturelle le choix ne dépend pas de nous. Nous sommes obligés d'accepter les exemples, comme la nature nous les présente. Ils seraient même distribués par ordre qu'il faudrait encore les comprendre, les comparer les uns avec les autres avant de pouvoir dire quels sont ceux qui méritent le plus de considération. Après que tout cela sera fait, après que nous nous serons vainement donné beaucoup de peine, que nous aurons établi des groupes au hasard, il surgira un fait, il se présentera un phénomène imprévu qui éclaircira la matière avant même que nous ayons le temps de déterminer à quelle classe la prérogative appartient. Les lois de la cristallographie, par exemple, étaient obscures. La cause de ce phénomène l'était davantage encore quand Hauy laissa heureusement tomber un beau cristal de spath calcaire, et le brisa. Il chercha à en rajuster les fragmens, et s'aperçut que leurs facettes ne correspondaient pas avec celles du cristal lorsqu'il était intact, mais appartenaient à une autre forme. Il suivit l'indication que lui présentait un « fait éclatant » qu'avait produit une circonstance fortuite, et découvrit les belles lois du clivage et les formes primitives des minéraux.

192. L'avantage d'une classification semblable, quelque juste qu'elle soit, m'a toujours, je l'avoue,

semblé plus apparent que réel. Avant de ranger un fait dans un système, il faut en sentir la portée, et pour sentir l'une il faut connaître l'autre. Or, nous n'avons pas besoin, quand il est apprécié de nous enquérir d'où il tire son importance, d'où lui vient l'ascendant qu'il exerce sur nos décisions, pour en faire usage, l'employer dans nos inductions. Cependant, puisqu'on tient communément à cette partie de l'ouvrage de Bacon, nous donnerons des exemples pour montrer la nature de quelques-uns des principaux cas qu'il discute. Nous avons déjà fait mention de ce qu'il appelle « faits éclatans ». Dans ceux-ci la nature, ou la cause qu'on cherche (qui, dans le cas actuel, est la forme externe, ou la structure interne du cristal), « est mise à nu, isolée, et cela d'une manière éclatante, ou au plus haut degré qu'elle puisse l'être. » Des faits de cette espèce sont assurément décisifs; mais la difficulté en physique est d'en trouver de semblables, et non de mesurer leur force quand ils sont trouvés.

193. Les faits opposés sont les « clandestins », ceux où la nature cherchée se présente dans son état le plus faible et le plus imparfait. Bacon a donné lui-même un admirable exemple d'un fait clandestin dans la cohésion des fluides; fait qui nous éclaire sur la nature de la propriété, désignée sous le nom de consistance ou de solidité. Néanmoins la même finesse de distinction qui mit Bacon à même de saisir l'analogie qui lie les fluides aux solides par la propriété commune de

la cohésion lui aurait permis d'en déduire, si elle avait été bien envisagée, toutes les conséquences nécessaires pour se faire une idée juste de cette force; mais le rapport qu'elle a avec les faits clandestins, n'aide en aucune sorte à étendre, à mûrir le résultat final. Quand il est obtenu néanmoins, quand l'induction est complète, qu'elle a été vérifiée, cette classe de faits s'emploie fréquemment. Dans la réalité, elle n'est guère autre chose que celle des cas extrêmes dont il a été question § 177, qui, plaçant nos conclusions comme cela doit être dans des circonstances violentes, éprouve leur caractère et met leur vigueur à l'épreuve.

194. Les « faits collectifs, » dans la classification de Bacon, ne sont autre chose que des faits généraux ou lois un peu générales, et sont eux-mêmes les résultats de l'induction. Mais il y a une espèce de faits collectifs dont Bacon ne semble pas s'être occupé, et qui portent avec eux une instruction particulière. C'est celle où les cas particuliers qui s'offrent à nous sont assez nombreux pour que l'induction de la loi à laquelle ils sont soumis devienne l'objet d'une inspection oculaire. La forme parabolique, par exemple, que prend un jet d'eau qui jaillit par un trou rond, est un « fait collectif » des vitesses, des directions de toutes les particules qui le composent, *vues simultanément*, et qui nous conduisent sans peine à reconnaître la loi du mouvement d'un projectile. Les belles figures que dessine le sable répandu sur des plateaux réguliers de verre ou de métal mis

en vibration, sont encore des « faits collectifs » d'un nombre infini de points qui se tiennent en repos pendant que le reste est en vibration. Ils nous donnent ainsi un aperçu de la loi qui régit leur arrangement et leur distribution sur toute la surface. Les lemmiscates, si richement colorés qu'on aperçoit à travers les axes optiques des cristaux exposés à la lumière polarisée, nous fournissent un bel exemple du même genre; exemple qui indique l'expression mathématique générale de la loi qui règle leur production. Il est facile de voir l'importance des faits collectifs du genre de ceux-ci. Ils nous conduisent à une loi générale par une induction qui s'offre spontanément, et nous présente ainsi des points de repaire pour nos recherches. Si nous nous écartons de ceux-ci, il y a déjà un millier de pas de perdus.

195. Un bel exemple de fait collectif est celui du système de Jupiter ou de Saturne avec ses satellites. Il nous offre en miniature et d'un seul coup un système semblable à celui des planètes autour du soleil; système que nous sommes hors d'état de saisir, attendu que nous en fesons partie, et que, placés comme nous sommes, nous ne pouvons voir qu'en détail; système dont nous ne nous formons une idée générale que par les efforts lents, progressifs de la raison. La vue des *planètes circumjoves*, comme on les appelle, nous aide matériellement beaucoup à bien établir le système de Copernic.

196. Nous avons déjà parlé des « faits cruciaux ».

Nous avons dit que ces faits sont ceux qui donnent les moyens les plus prompts et les plus sûrs d'éliminer les causes étrangères, comme de décider entre des hypothèses rivales. Nous sommes naturellement enclins à faire des suppositions, à préjuger les phénomènes. Quels que soient néanmoins celles qui peuvent se présenter dans la nature, il est rare qu'il y en ait plus de deux ou trois qui nous occupent. Une des considérations qu'employait Bacon pour établir la classe cruciale est fort remarquable. Il ne proposait ni plus ni moins que de faire une expérience directe pour déterminer si la tendance des corps pesans à se précipiter était le résultat de quelque mécanisme qu'ils renferment en eux-mêmes, ou un effet de l'attraction de la terre « par sa masse corporelle comme par une collection de corps de même nature. » S'il en était ainsi, disait-il, il s'en suivrait que plus la distance serait faible, plus la force qui les sollicite serait énergique, et la vitesse qu'elle produit considérable. Plus ils seraient éloignés, plus l'une serait intense, moins l'autre serait rapide; et l'expérience qu'il propose consiste à comparer l'effet d'un ressort et celui d'un poids, en notant les mouvemens de deux horloges réglées et placées tour à tour au sommet des plus hauts édifices et dans les puits des mines les plus profondes. Par horloges, il n'entendait pas les horloges à pendule qui, à cette époque, n'étaient pas connues en Angleterre, mais les horloges à volant; en sorte que la comparaison, quoique grossière, n'était pas contraire aux

vrais principes de la mécanique. Son idée, en un mot, était de comparer l'effet d'un ressort avec celui d'un poids dans les mouvemens produits dans un temps donné sur des hauteurs et dans des mines. C'est exactement ce que viennent de faire les professeurs Airy et Whewell dans les mines de Dolcoath. Un pendule, c'est à dire un poids mis en mouvement par la gravité, a été comparé avec un chronomètre mu et réglé par un ressort. Bacon parle aussi dans son 37e aphorisme de la gravité comme d'une force incorporelle agissant à distance, et *exigeant du temps pour sa transmission ;* considération qui, il y a peu d'années, s'est présentée à Laplace dans une de ses plus délicates investigations.

197. Un fait crucial bien choisi, bien caractérisé, est quelquefois de la plus haute importance, lors, par exemple, que deux théories coïncidant, comme cela arrive assez souvent dans l'explication des grandes classes de phénomènes, différent sur un seul fait. La section qui suit en contient un bel exemple. Nous pouvons ajouter à ceux que nous avons déjà donnés de tels faits, celui de l'explication des réactifs chimiques qui, dans le plus grand nombre de cas, sont des expériences cruciales.

198. Les « faits fugitifs » de Bacon sont ceux dans lesquels la nature ou la propriété qu'on étudie est passagère, ou varie en degré, et fournit d'après le § 152, une indication de cause par une gradation d'intensité dans l'effet. Un de ces exemples est très heureux : c'est celui du papier qui est blanc quand

il est sec, qui le devient moins quand on l'humecte, et se rapproche plus de l'état de transparence par l'exclusion de l'air et l'admission de l'eau. » En lisant de semblables choses dans le *Novum Organum*, on serait tenté de croire que Bacon les a prises dans l'Optique de Newton, si cet ouvrage eût existé à l'époque où écrivait ce grand homme.

199. Les faits fugitifs, comme ceux que Bacon appelle « faits limitrophes », sont des cas dans lesquels nous pouvons suivre la loi qui semble régir toute la nature, celle de continuité, loi qui est exprimée par cette sentence si connue : *Natura non agit per saltum.* L'étude de cette loi, dans les cas où elle ne se manifestait pas d'abord d'une manière bien sensible, a donné lieu à une foule de découvertes physiques, et a conduit à la connaissance d'analogies, de relations intimes entre des phénomènes qu'on ne soupçonnait pas d'abord en avoir aucune.

200. Le phénomène, par exemple, que présente une feuille d'or qui laisse pénétrer une lumière vert-bleuâtre est un fait limitrophe entre la limpidité des corps transparens et l'opacité des métaux. La loi de continuité semblait inexacte. Il la confirme, il la prouve en montrant qu'un corps que l'on regardait comme un des plus opaques, admet lui-même une légère transparence. Il établit ainsi que l'une n'est pas une chose *contraire* ou *opposée* à l'autre, qu'elle n'en est que le dernier terme.

CHAPITRE VII.

DES PLUS HAUTS DEGRÉS DE GÉNÉRALISATION INDUCTIVE. — DE LA FORMATION ET DE LA VÉRIFICATION DES THÉORIES.

201. Les théories se forment comme les inductions particulières, comme les lois générales les moins étendues. L'observation des faits individuels donne naissance aux unes, et les autres sont le résultat de l'étude de ces lois, de celle des causes prochaines dévoilées par les travaux préparatoires, et considérées toutes ensemble comme constituant une nouvelle série de phénomènes qui appartiennent plus à la raison qu'aux sens, et dont chacun représente, sous une expression générale, une multitude de faits particuliers. La raison pure a, par conséquent, plus de marge quand elle tire ces hautes inductions que lorsqu'elle groupe un à un les premiers résultats que nous avons obtenus. L'esprit est moins surchargé et s'agite dans son élément. Ce qu'il étudie se perçoit d'une manière plus intime; il le perçoit moins par l'intermédiaire des sens, ou tout au moins il le perçoit comme s'il opérait sur les objets qui sont immédiatement de leur ressort. Il ne faut pas cependant supposer que dans la formation des théories, on puisse donner un libre cours à son imagination; qu'on puisse établir des principes arbitraires, admettre l'existence de causes fantastiques. On peut beaucoup oser quand on crée, qu'on forme une théorie. Néanmoins, la liberté dont on jouit à cet égard a ses limites. Ce n'est pas

la sauvage licence d'un esclave qui échappe à la chaîne, mais la réserve d'un homme sage qui sait se contenir dans de justes bornes. Le but final des plus hautes théories est le même que celui des plus belles inductions, et les moyens qui nous y mènent de la manière la plus sûre dans un cas sont aussi ceux qui réussissent le mieux dans l'autre.

202. Le but immédiat des théories physiques est l'analyse des phénomènes, la connaissance des procédés secrets que la nature emploie pour les produire. Cette connaissance gît en grande partie dans la découverte de la structure actuelle ou du mécanisme de l'univers et de ses parties, sur lesquelles, à l'aide desquelles ces procédés sont exécutés, et des agens qui concourent à les accomplir. Mais le mécanisme de la nature est communément monté sur une échelle qui est trop grande ou trop petite pour que nos sens puissent immédiatement l'apprécier; ses agens échappent à l'observation directe, et ne se manifestent que par leurs effets. C'est, par conséquent, une vaine entreprise que de vouloir assister à des opérations fondées sur des moyens semblables, de se promettre de pénétrer dans les lieux cachés, dans les laboratoires où elles s'effectuent. On a imaginé des microscopes qui grossissent plus de mille fois les dimensions *linéaires;* en sorte qu'un grain de sable, qui est à peine visible, peut paraître un million de fois plus volumineux. Quand on le considère néanmoins à travers l'objectif, la seule impression qu'il produise est celle d'un vaste fragment de roche. Sa

structure intime, qui détermine sa couleur, sa dureté et les propriétés chimiques nous échappe toujours ; l'expérience ne semble pas même nous avoir approché du but.

203. D'un autre côté, le mécanisme du grand système dont notre planète fait partie, échappe à l'observation immédiate par son immensité, et même par la lenteur de ses révolutions. Le mouvement d'une aiguille à minute n'est sensible qu'autant qu'on y fait une sévère attention, et celui d'une aiguille d'heure ne l'est pas du tout. Mais qu'est-ce que des instrumens de cette espèce sous le rapport de l'impression de lenteur qu'ils produisent sur nous, en comparaison d'un mouvement qui met un an, qui en met douze, trente, quatre-vingts à s'accomplir, comme est celui des planètes dans leurs révolutions autour du soleil ? Nous ne venons pas néanmoins à réfléchir aux dimensions linéaires de ces orbites (que cependant nous ne voyons pas, que nous ne pouvons mesurer que par des procédés longs, détournés, difficiles), que nous restons confondus à la vue de la rapidité de ces mouvemens qui nous semblaient si lents. Les voiles d'un moulin à vent nous offrent, en petit, un exemple de ce genre. A une certaine distance, on dirait qu'elles se meuvent à peine ; mais si l'on approche, on est surpris de la vitesse qui les emporte.

204. Les agens qu'emploie la nature pour agir sur les structures matérielles sont invisibles et ne se manifestent que par leurs effets. La chaleur di-

late la matière avec une force irrésistible. Mais qu'est-ce que la chaleur? On l'ignore encore. Un courant d'électricité qui s'écoule le long d'un fil de fer met en mouvement une aiguille magnétique placée à distance, mais, l'effet à part, on n'aperçoit pas de différence dans le fil, qu'il donne ou ne donne pas passage au fluide. Nous n'appliquons même le terme de courant à l'électricité, que parce que, sous certains rapports, elle nous rappelle quelque chose d'analogue à ce que présente un courant d'air ou d'eau. Il en est de même de la lune. Nous voyons qu'elle tourne autour de la terre, et comme à nos yeux elle n'est qu'une masse solide, que nous n'avons jamais vu de corps de cette espèce tourner autour d'un autre, à moins qu'il ne fût retenu par une force, ou contenu par un lien, nous concluons qu'il y a une force, qu'il y a un mode de liaison entre la lune et la terre. Quel est ce mode? Nous n'en avons aucune idée, nous ne pouvons pas même concevoir comment une telle force peut agir à distance, à travers le vide, ou du moins sur un fluide invisible. (*Voy.* § 148.)

205. Nous ne devons pas cependant perdre courage; chaque jour nous voyons l'industrie obtenir les plus beaux, les plus magnifiques résultats, à l'aide de moyens qui ne paraissent pas, au premier coup-d'œil, avoir le moindre rapport avec eux. Ainsi on place une feuille de papier sur un châssis, on la pousse, on la ramène, on la fait successivement passer sous une demi-douzaine de rouleaux, et on la trouve imprimée des deux côtés. D'où

vient ce labeur? quel agent le produit? Un peu d'eau mise en ébullition dans une chaudière. Comment cela se fait-il? comment l'eau développe-t-elle cette force puissante qui met tout l'appareil en jeu? Nous l'ignorons, et sans doute nous l'ignorerons long-temps encore.

206. Cela n'empêche pas d'avoir les idées les plus justes de toutes les opérations qui constituent le procédé. On voit des imprimeries; on se forme une théorie de l'impression, et, prenant la chose au point où l'action mécanique commence, à la chaudière de la machine à feu, on la vérifie pièce à pièce, on suit la disposition des roues, celle des presses, on examine avec soin la transmission du mouvement qui se fait de l'une à l'autre, et l'on peut enfin reconnaître si la théorie qu'on s'est faite est bonne, si on comprend bien l'ensemble de l'opération. On peut aller plus loin : on peut appliquer les principes de mécanique qu'on a puisés dans cette recherche à des objets tout-à-fait différens; on peut construire d'autres machines, les mettre en mouvement à l'aide du même moteur, et cependant ne pas arriver à une idée juste sur la source primitive de la force qu'on emploie, mais si on se plait à imaginer des théories, rien n'empêche de le faire. Il est même facile de concevoir comment deux hommes, qui ont le goût de ces sortes de spéculations, se livrent à des hypothèses très diverses sur l'origine de la puissance qui élève et abaisse alternativement le piston de la machine à feu. L'un, par exemple, peut soutenir

que la chaudière (nous supposons que tous deux ignorent ce qu'elle contient), est l'antre de quelque animal puissant qu'on ne connaît pas, et la chaleur, la consommation d'eau, de combustible, le sifflement, la fumée, et surtout la puissance développée, ne le laisseraient pas manquer d'analogies. Il soutiendrait, non sans apparence de raison, que là où il y a effet positif, concentration de matériaux, tous les signes, en un mot, de la vie, on n'est pas admis à contester l'existence de celle-ci, parce qu'on ne connaîtpas l'animal qui consomme ces matériaux. Il irait plus loin encore : il observerait, à bon droit, que le combustible se compose des ingrédiens même qui constituent la majeure partie des alimens dont se nourrissent tous les animaux, etc.; il pourrait se perdre ainsi dans ses conjectures, tandis que son confrère, s'il avait entrevu le feu, aperçu les causes de l'ébullition, se ferait une idée plus juste de l'opération, et construirait une théorie qui serait plus en harmonie avec les faits.

207. Or, rien n'est plus commun en physique que de rencontrer deux théories, quelquefois même davantage, sur l'origine d'un phénomène naturel. Prenons la chaleur pour exemple : l'un la considère comme une matière fluide, extrêmement subtile, qui pénètre tous les corps et peut même se combiner chimiquement avec eux. L'autre ne la regarde, au contraire, que comme un mouvement vibratoire, ou rotatoire, imprimé aux molécules constitutives des corps échauffés. Il s'étend en

considérations mécaniques ; il met une adresse singulière à prouver que cette hypothèse n'a rien qui soit incompatible avec les principes dynamiques. La même chose a lieu pour la lumière. Celui-ci veut qu'elle soit due à des particules véritables, qui émanent des corps lumineux sur lesquelles agissent des forces d'une intensité extrême, qui résident dans les substances qu'elles frappent. Celui-là la regarde comme le résultat d'un mouvement vibratoire imprimé aux molécules des corps lumineux, et communiqué à un milieu éthéré qui est extrêmement subtil, élastique, qui remplit tout l'espace, et qui est apporté à l'œil comme le son à l'oreille, par les ondulations de l'air.

208. Maintenant doit-on redouter de faire des hypothèses, de construire des théories, parce qu'on rencontre de telles alternatives, qu'on trouve des difficultés insurmontables? Nullement. *Est quodam prodire tenùs, si non datur ultra.* Les hypothèses sont aux théories ce que les causes intimes présumées sont aux inductions particulières. Elles nous portent à discuter les analogies, à soumettre à une investigation sévère tous les cas qui semblent avoir des rapports avec elles. Une hypothèse, bien conçue, si elle est fondée sur des aperçus donnés par des considérations générales, ne peut manquer de nous mettre à même d'étendre tout au moins nos généralisations d'un degré, de grouper ensemble, de renfermer plusieurs lois sous une expression plus universelle. Ce n'est-là, du

reste, qu'un faible aperçu des avantages que peut présenter une hypothèse. Il peut arriver (et c'est ce qui a eu lieu dans le cas de la doctrine ondulatoire de la lumière), que l'analogie, que les probabilités qui l'établissent soient telles qu'on ne puisse refuser d'admettre, ou qu'elle énonce ce qui a véritablement lieu dans la nature, ou que ce qui s'y passe, quel qu'il soit, en approche si fort qu'on ne puisse contester qu'il n'y ait une expression commune. Les phénomènes connus nous autorisent du moins à le croire. Et ce n'est pas seulement là une satisfaction d'amour-propre, c'est encore un résultat qui importe, pour les applications dont il est susceptible, pour les conséquences auxquelles il peut conduire, car, quelles que soient les conclusions qu'on déduise d'une hypothèse de ce genre, elles ont du moins une forte présomption en leur faveur. On est ainsi amené à tenter des expériences curieuses, à imaginer d'utiles expédiens auxquels, sans cette circonstance, on n'eut pas songé. Les uns et les autres ajoutent à la masse de nos connaissances; quelquefois même, si la pratique les sanctionne, au bien-être de la vie.

209. Quand on construit une théorie qui doit rendre un compte rationnel des phénomènes que peut présenter la nature, la première chose qui importe est de bien envisager les agens sur lesquels on la fonde ou les causes auxquelles il faut qu'en définitive elle se rapporte. Or, ces agens, on ne les choisit pas au hasard. Il faut avoir de jus-

tes motifs, des motifs donnés par l'induction, de croire qu'ils existent, qu'ils exercent une action sur les phénomènes analogues à ceux qu'on veut expliquer, ou qu'ils soient tels qu'on puisse constater leur présence, dans le cas dont il s'agit, par des signes non équivoques; ils doivent, en un mot, être de véritables causes (*veræ causæ*), dont on puisse non seulement établir l'existence et l'action, mais dont on puisse encore déduire les lois d'une manière directe, indépendante d'expériences disposées dans ce but, ou tout au moins se livrer, à cet égard, à des suppositions qui ne démentent pas ce qui se passe sous nos yeux, et que doit vérifier la coïncidence des conclusions que nous en avons tirées avec les faits. Nous supposons, par exemple, dans la théorie de la gravitation, qu'un agent tel qu'une force, une puissance mécanique agit sur un corps matériel qui se trouve en présence d'un autre et tend à les rapprocher. Il y a là une véritable cause (*vera causa*), car les corps pesans tendent tous plus ou moins vers la terre, exigent tous le déploiement d'une force pour paralyser cette tendance et se maintenir dans la position qu'ils occupent. Or, ce qui balance, ce qui centralise un poids est une force. Il y a plus; un fil à plomb qu'on abandonne à lui-même prend toujours la perpendiculaire; dans le voisinage d'une montagne considérable, il s'en écarte néanmoins, d'une quantité sensible, ce qui prouve qu'il y a une force qui agit sur lui et produit la déviation. Ce n'est pas tout; puisque la lune tourne autour de la terre,

il faut qu'elle soit attirée vers cette planète par une force, car, s'il n'en était pas ainsi, elle se mouvrait en ligne droite, sans tourner autour de la terre pour circuler dans son orbite et s'échapperait dans l'espace. La force que nous désignons sous le nom de force de gravité est donc une cause réelle.

210. Ce que nous avons ensuite à faire est d'étudier les lois qui règlent l'action des agens primaires, et nous avons trois moyens d'y parvenir : 1° en raisonnant par induction, c'est-à-dire en examinant tous les cas dans lesquels nous savons qu'ils agissent, en évaluant dans chacun d'eux, du moins autant que le permettent les circonstances, la somme ou l'intensité de l'effet produit, en rapprochant ces divers résultats, en généralisant les conséquences qui en résultent et arrivant enfin à ces lois qu'on poursuit ; 2° en formant une hypothèse hardie, en particularisant la loi, en la vérifiant, en la suivant dans ses conséquences et la comparant avec les faits ; ou, 3° en adoptant une méthode qui participe de l'une et de l'autre de celles qui viennent d'être exposées, en combinant les avantages et les défauts qu'elles présentent, c'est-à-dire en donnant aux lois qu'on veut découvrir une expression si générale qu'elle renferme un nombre indéfini de lois particulières, en pressant leurs conséquences par l'application de tous les principes généraux que le cas peut admettre, en les comparant l'un après l'autre avec tous les cas particuliers que nous connaissons, et enfin en modi-

fiant, en restreignant d'après cette comparaison l'énoncé général de ces lois, de manière qu'elles coïncident avec les résultats.

211. Ces trois méthodes présentent des avantages qui varient suivant les circonstances. Nous eussions désiré faire connaître les uns en appliquant les autres au cas de la gravitation, mais la chose serait longue; elle exigerait l'emploi des mathématiques; nous nous contenterons de remarquer que la dernière méthode dont il vient d'être question est celle qui, d'après les mathématiciens (ceux surtout qui font usage des modes généraux de représenter, de combiner les quantités, ce qui constitue la haute analyse), est en général plus sûre et plus susceptible d'application. Ils trouvent qu'elle peut être employée avec avantage dans les cas où des inductions, comme celles qui ont été décrites dans la dernière section, ont déjà conduit à des lois d'une certaine généralité, et que celle-ci est susceptible d'expression mathématique. Tel est, par exemple, le cas du mouvement elliptique d'une planète. C'est une proposition générale qui renferme le tableau d'un nombre indéfini de lieux particuliers où, d'après les lois qui régissent son mouvement, on est assuré de rencontrer l'astre à une époque ou à une autre. La loi de la force, par conséquent, doit être considérée comme rendant compte du phénomène.

212. Quant au premier procédé que nous avons indiqué, ce n'est, dans le fait, qu'une induction de l'espèce décrite dans le § 185, et toutes les re-

marques que nous avons faites lui sont applicables. L'adoption directe d'une hypothèse a, parfois, été employée avec succès. Nous citerons pour exemples les théories de Coulon et de Poisson sur l'électricité et le magnétisme, où des phénomènes d'une nature très compliquée, très intéressante, sont rapportés à l'action des forces attractive et répulsive, que régit une loi dont l'expression est tout-à-fait semblable à celle de la loi de gravitation. Mais la difficulté, la peine qu'on rencontre toujours dans les plus grandes théories à suivre une loi fondamentale dans ses conséquences éloignées, empêche qu'on ne fasse usage de cette méthode comme moyen de découvertes, à moins que l'analogie ou quelque autre considération ne nous porte à croire que la tentative sera heureuse ou que nous n'ayons été conduits par des inductions partielles à des lois particulières qui la désignent naturellement.

213. Dans ce cas, la loi prend tous les caractères d'un phénomène général, résultant d'une induction de phénomènes particuliers, mais non vérifiée par comparaison avec tous les phénomènes particuliers ni étendue à tout ce qu'elle peut renfermer. (Voyez § 171.) C'est la vérification de ces sortes d'inductions qui constitue la théorie dans l'acception la plus large de ce mot, et qui embrasse une estimation de l'influence de toutes les circonstances qui peuvent modifier l'effet de la cause dont nous cherchons à vérifier les lois. Revenons à notre exemple. Des inductions particu-

lières tirées du mouvement de plusieurs planètes autour du soleil, et de ceux des satellites autour de leurs planètes, etc., nous ont conduits à la conception générale d'une force attractive qui s'exerce d'une molécule à l'autre, dans tous les corps qui emplissent l'espace, conformément à la loi que nous désignons sous le nom de gravitation. Si nous voulions vérifier cette induction, il faudrait faire abstraction de la loi, considérer tout le système comme soumis à son influence, comme lui obéissant implicitement et ne contrariant nullement son action. Nous apercevons alors une suite de circonstances modifiantes qui nous avaient échappé lorsque nous cherchions à nous élever de l'analyse des faits particuliers à une loi générale. Nous sentons que toutes *les planètes* doivent *s'attirer entre elles*, qu'elles doivent se pousser hors de l'orbite qu'elles décriraient si le soleil seul agissait sur elles. Comme l'induction n'a jamais tenu compte de circonstances semblables. il reste à constater la justesse de la méthode, ce qui ne peut se faire qu'en déterminant d'une manière exacte la somme de la déviation que produit cette nouvelle classe d'actions mutuelles. Or, la tâche n'est pas facile, ou plutôt c'est la plus difficile dont puisse être chargé le génie de l'homme. Elle a néanmoins été accomplie par la simple application des lois générales de la dynamique, et le résultat (sans aucun doute un des plus beaux, un des plus satisfesans qu'on puisse obtenir) est que toutes les déviations

observées dans les mouvemens de notre système, qui se présentent, dans le travail à l'aide duquel nous nous élevons des faits particuliers à une conclusion générale, comme des exceptions (§ 154), ou comme des phénomènes résidus qui attendent de nouvelles recherches (§ 158), ne sont que des conséquences immédiates des actions mutuelles dont il vient d'être question. Comme telles, elles ne sont ni des exceptions ni des faits résidus, mais le résultat des règles générales, des traits essentiels dans l'énoncé du cas, sans lesquels l'induction ne serait pas exacte et la loi de la gravitation tout-à-fait fausse.

214. Dans la théorie de la gravitation la loi est tout en tout; elle s'applique elle-même et produit directement le résultat (A). Mais, dans plusieurs autres cas, nous n'avons pas seulement à considérer les lois qui régissent les actions des causes dernières, nous avons encore à tenir compte d'un système de mécanisme, ou d'une structure de parties dont l'intervention rend leurs effets sensibles. Ainsi, dans la délicate, la curieuse théorie électrodynamique d'Ampère, l'attraction ou la répulsion mutuelle de deux aimans se ramène à un phénomène plus général, l'action réciproque des courans électriques, conformément à une certaine loi fondamentale; mais pour ramener ce cas dans le domaine de la loi, Ampère est obligé de supposer une structure, ou mécanisme particulier, qui constitue un corps à l'état magnétique, c'est-à-dire qu'il suppose qu'autour de chaque particule

du corps circule constamment, dans une certaine direction, un petit courant de fluide électrique.

215. Tout cela, je le veux, est bien complexe, bien artificiel ; mais si cette structure, ou toute autre, fût-elle dix fois plus compliquée, permet de présenter un grand nombre de faits sous un point de vue général, si elle les fait entrer dans un système, si elle met à même de raisonner du connu à l'inconnu, de prévoir les phénomènes avant qu'ils se consomment, je ne vois pas pourquoi on refuserait de l'admettre. Quand nous examinons les opérations de la nature, que nous pouvons étudier par parties, que nous pouvons comprendre, nous trouvons que rien n'est plus artificiel, dans la plus stricte signification de ce mot. Prenons, pour exemple, la structure de l'œil ou d'un squelette d'animal : quelle complication ! quel artifice ! Dans l'un un *muscle transparent*, une lentille formée de surfaces elliptiques, une ouverture circulaire capable de se dilater, de se contracter, tout en conservant sa forme. Dans l'autre un châssis dont la charpente est des plus curieuses, charpente dans laquelle ne se montre ni une seule ligne droite ni une seule courbe géométrique connue; et néanmoins toute systématique, toute construite d'après des règles qui défient nos recherches. Examinons un minéral cristallisé; nous pouvons, en quelque sorte, le disséquer, et, par conséquent, nous assurer de sa structure interne. Elle ne manque ni part ni de complication. On peut assurer, il est

vrai, que ces apparences ne sont au fond que le produit de quelque chose que nous trouverions très simple si nous le connaissions; mais on aurait pu en dire autant de la machine à feu, de ses mouvemens les plus compliqués, avant même d'avoir fait aucune recherche sur sa nature, d'avoir acquis aucune notion sur la source de sa puissance.

216. En discutant néanmoins le mérite d'une théorie, on ne doit pas trop rechercher si elle établit d'une manière satisfaisante ou non un procédé ou un mécanisme particulier; car nous ne pouvons jamais avoir à cet égard qu'une preuve indirecte, celle qui repose sur les résultats auxquels elle conduit. Ce qui, dans l'état actuel des choses, est beaucoup plus important, c'est de savoir si elle représente véritablement tous les faits, si elle renferme toutes les lois que l'observation et l'induction nous ont fait connaître. Une théorie qui remplit ces conditions permet de hasarder une hypothèse de mécanisme ou de structure, qui en peut devenir une partie essentielle. Mais, si on en excepte un petit nombre de cas, nous sommes bien éloignés d'en être à ce point. Cependant on ne peut, avant d'être à ce terme faire un grand fond sur des hypothèses semblables. On ne peut les considérer que comme de simples échafaudages qui aident à formuler les lois générales; en user autrement, « serait prendre l'échafaud pour la base. » Envisagées sous ce point de vue, les hypothèses sont souvent d'un immense usage. La facilité à les créer, si on ne s'en rend pas esclave, qu'on puisse les

abandonner, les rejetter quand elles ont fait leur temps, est une des plus précieuses qualités que possède un philosophe ; mais aussi se laisser dominer par des aperçus théoriques, se mettre en opposition avec les faits, est une preuve péremptoire d'inaptitude.

217. Il n'y a pas de doute cependant que la méthode la plus sûre, lorsqu'on peut la suivre, est de s'élever par des inductions fondées sur les lois et les faits, de loi en loi, remarquant, à mesure qu'on avance, comment des lois qu'on avait d'abord envisagées comme isolées, sans rapport entre elles, deviennent des cas particuliers, soit les unes des autres, soit d'une loi plus générale, confondues sous le point de vue d'où nous cherchons à les envisager. Un exemple rendra plus clair ce que je veux dire : c'est une loi générale que tous les corps chauds projettent ou *rayonnent* la chaleur dans toutes les directions (nous ne prétendons pas par là que la chaleur soit une substance actuelle, lancée par les corps chauds, nous voulons seulement dire que les lois de la transmission de la chaleur à des objets placés à distance, sont semblables à celles qui règlent la distribution des molécules qui s'échappent dans toutes les directions), que les autres corps, dont la température est moins élevée, et qui sont placés dans le voisinage, s'échauffent *comme s'ils* recevaient la chaleur ainsi radiée. Il y a plus : tous les corps solides qui s'échauffent dans un point, *conduisent* ou distribuent

la chaleur qu'ils reçoivent sur ce point, à travers leur masse entière. Ils la transmettent ainsi de deux manières : ils la rayonnent et la conduisent ; deux modes qui ont sans doute des lois particulières, et, suivant toute apparence, bien différentes. Supposons que nous prenions deux corps de même substance, l'un chaud, l'autre froid, et que nous les rapprochions de plus en plus : à mesure que la distance qui les sépare diminue, le plus froid s'élève de température, et la chaleur qui lui vient du plus chaud, lui est transmise suivant les *lois de la radiation*. Cette chaleur passe ensuite de la molécule qui la reçoit à la suivante ; elle pénètre toute la masse et se répartit suivant les lois *de la conductibilité*. Continuons d'affaiblir la distance, plaçons les corps de manière qu'ils soient légèrement en contact. Comment s'opérera alors la transmission de la chaleur ? Sans doute par la radiation ; car dans ce cas encore, il y a intervalle, il y a séparation. Mais si on les repousse l'un contre l'autre, il est évident qu'elle ne peut plus s'opérer que par conductibilité. Ils suivent le mouvement de la pression, ils se rapprochent à mesure qu'elle augmente ; ils se confondent et ne forment plus qu'une même masse. Les choses amenées à ce point, la loi de continuité dont nous avons parlé (§ 199), nous autorise à croire que ce mode de communication change de nature, que le passage d'un contact léger à une sorte de fusion détermine un autre genre de transmission. Mais à quel point a lieu ce changement ? Nous pouvons

d'autant moins le dire que les molécules des corps les plus solides ne viennent jamais réellement en contact. Les lois de la conductibilité et de la radiation semblent donc dépendre les unes des autres. Les premières ne paraissent même être que les cas extrêmes des dernières. Si donc nous voulons bien comprendre ce qui se passe, ou quel est le procédé de la nature dans la lente communication de la chaleur à travers la substance d'un corps solide, nous devons baser nos recherches sur ce qui a lieu à distance et pousser les lois auxquelles nous sommes conduits jusqu'à leurs limites.

218. Quand deux théories divisent les savans, et que toutes deux rendent également compte d'une multitude de faits, une expérience qui fournit une indication cruciale pour décider entre elles, est d'une haute importance. Et, comme elles sont fondées sur les lois générales, nous pouvons non-seulement en appeler aux cas particuliers, mais encore recourir à des classes de faits tout entières. Nous pouvons choisir, parmi les incidens qu'ils présentent, ceux qui sont de nature à faire sentir quelle est celle des deux opinions qui est bien ou mal fondée. Fresnel cite un curieux exemple de cette espèce, et cet exemple le fixa sur la question qui divisait les savans depuis l'époque de Newton et d'Huyghens, au sujet de la nature de la lumière. (§ 107). Si on place l'une sur l'autre deux glaces qui ne sont pas parfaitement polies, et dont l'une ou toutes les deux ont une convexité imperceptible, on aperçoit entre elles de belles, de vives

couleurs, qui, contemplées à travers un verre rouge, présentent alternativement l'apparence de bandes noires et brillantes. Les bandes se forment entre les surfaces en contact apparent, de manière qu'on peut employer, au lieu d'un plateau de verre plat pour la surface supérieure, un instrument de verre triangulaire, appelé prisme, et regarder à travers le plan incliné qui est le plus voisin de l'œil; disposition qui empêche la lumière réfléchie par la surface supérieure de se mêler à celle qui est réfléchie par les surfaces en contact. Or, les bandes colorées s'expliquent dans les deux théories, et sont invoquées par l'une et l'autre comme des faits qui les appuient et les confirment. Mais elles diffèrent dans une circonstance suivant celle des deux qu'on adopte pour en rendre compte. D'après la doctrine d'Huyghens, les intervalles qui séparent les anneaux brillans doivent paraître *absolument noirs,* et d'après celle de Newton, ils sont *mi-brillans* quand on les contemple à travers un prisme. Fresnel vérifia cet incident dès qu'il aperçut les conséquences qu'entraînaient les théories, et il en présenta le résultat comme décisif en faveur de celle qui envisage la lumière comme une conséquence des vibrations d'un milieu élastique.

219. On s'élève d'une manière plus convenable aux théories par la considération des lois générales, et on les vérifie d'une manière plus sûre en les comparant avec des faits particuliers, parce qu'on vérifie ainsi toute la suite de l'induction depuis le premier terme jusqu'au dernier. Mais dans ce cas,

il faut que la comparaison porte sur des faits choisis, de telle sorte qu'ils renferment toute espèce de cas, qu'ils comprennent les extrêmes, et soient en assez grand nombre pour présenter une probabilité raisonnable de découvrir l'erreur. Une simple coïncidence numérique dans une conclusion finale, quelque frappante qu'elle soit, quelque important que soit le sujet, ne saurait suffire. La théorie du son de Newton, par exemple, conduit à une expression numérique pour sa vitesse actuelle, qui ne diffère que très peu de celle que fournit la théorie développée par Lagrange, et qui, en tenant compte de certaines considérations qu'il a négligées, s'accorde avec le fait. Cette coïncidence, néanmoins, n'est pas une vérification des vues générales de Newton sur la matière, vues qui sont défectueuses dans un point essentiel, comme l'a parfaitement établi le grand géomètre que nous venons de nommer. Cet exemple doit suffire pour nous inspirer de la réserve et faire sentir que la vérification des théories doit reposer sur une grande masse de faits.

220. Mais, d'un autre côté, si une théorie résiste à cette épreuve, si elle soutient cette large comparaison, peu importe la manière dont elle a originairement été formée. Quelque étranges, quelque inadmissibles même que semblent, au premier abord, les données qu'elle se fait, si elle conduit, par des raisonnemens légitimes, à des conclusions qui s'accordent bien avec les nombreuses observations qui ont été faites à dessein dans une assez

grande variété de circonstances, pour embrasser tous les faits dont elle doit rendre compte, on ne peut refuser de les admettre, ou si l'on balance à les considérer comme des vérités démontrées, on ne peut au moins refuser de les accepter d'une manière provisoire jusqu'à ce que celles-ci soient établies. Si elles suffisent pour rendre compte des phénomènes connus, il n'est pas probable qu'elles n'en n'expliquent pas davantage, et si toutes les conclusions auxquelles elles conduisent se sont trouvées exactes quand on les a vérifiées, il est présumable qu'il en sera de même pour celles qu'on n'a pas soumises à l'épreuve ; de manière que si on les rejetait en masse, on rejetterait toutes les découvertes auxquelles elles peuvent mener.

221. La plupart des théories ont la prétention de rendre compte du procédé que suit la nature dans la production d'une classe quelconque de phénomènes. Les unes les rapportent à des lois générales, les autres les attribuent à l'action de causes générales que modifient diverses circonstances. Mais pour appliquer ces lois, pour suivre l'action de ces causes dans le cas dont il s'agit, nous avons besoin de connaître ces circonstances, nous avons besoin d'avoir ces données. Or, la plupart ne nous sont connues que par l'observation, et nous avons l'air de tourner dans un cercle vicieux, puisque, d'un côté, nous avons recours à l'observation pour établir une partie de nos conclusions théoriques, et que, de l'autre, nous établissons la théorie elle-même, en la comparant

avec les faits. Un exemple résoudra cette difficulté. La loi la plus générale qui ait été découverte, en chimie, est que toutes les substances élémentaires ne peuvent se combiner qu'en proportions fixes ou définies en poids ; qu'elles ne peuvent s'unir arbitrairement ; en sorte que, lorsque deux corps sont placés dans des circonstances convenables, ils ne se combinent pas entièrement si leurs poids ne sont pas dans une certaine proportion déterminée. L'un ou l'autre laisse un résidu qui échappe à la combinaison. Supposons maintenant que nous avons trouvé une substance qui présente tous les caractères extérieurs d'un corps homogène ou sans mélange, mais que l'analyse nous fait voir être composé de soufre et de plomb dans la proportion de 20 parties du premier et de 130 du second. Supposons encore que nous voulons savoir s'il doit être regardé comme une vérification ou comme une exception de la loi des proportions définies. La question, dans ce cas, se réduit à s'assurer si la proportion de 20 à 130 est ou n'est pas cette proportion fixe et définie (ou une d'elles, s'il y en a plus d'une qui soit possible), dans laquelle le plomb et le soufre se combinent conformément à la loi dont il s'agit. Or, une question semblable ne peut être resolue, si on s'en tient à la loi prise dans la généralité. Il est clair que, si on la particularisait, si on restreignait son expression au soufre et au plomb, elle indiquerait quelles sont les proportions fixes dans lesquelles ces deux corps peuvent se combiner ; c'est-à-dire que nous

avons besoin de certaines données, de certains nombres qui les distinguent de tous les autres, et qu'il faut connaître pour pouvoir appliquer la loi générale au cas particulier. Il faut, pour avoir ces données, consulter l'observation, et si nous avions recours à celle de la combinaison réciproque des deux corps dont il s'agit, nous tournerions sans doute dans un cercle vicieux. Mais il n'en est pas ainsi. La détermination de ces données numériques est déduite d'expériences faites à dessein sur une foule de combinaisons diverses. Celle qui nous occupe se trouve dans le nombre; mais elle n'y est pas nécessairement, et comme toutes, quoique indépendantes les unes des autres, s'accordent à donner les mêmes résultats, on peut les considérer avec assurance comme parties du système. Ainsi, la loi des proportions définies, quand on l'applique à l'état actuel de la nature, exige deux énoncés distincts, l'un qui exprime une loi générale de combinaison, l'autre qui particularise les nombres qui conviennent aux divers élémens dont se composent les corps naturels ou données de la nature. Si on consulte les tables des poids atomiques, on trouvera en regard du soufre le nombre 16, et en regard du plomb 104 (1); et comme 20 est à 130 dans le même rapport que 16 à 104, il en résultera que la combinaison dont il s'agit vérifie la loi.

222. La grande importance des données physi-

(1) Thompson, Premiers Principes de chimie.

ques de cette espèce, et l'avantage de les avoir bien déterminées, deviendra sensible, si on considère que la liste de ces données, combinée avec la loi générale, fournit les moyens de déterminer d'un seul coup la proportion exacte des élémens de tous les composés naturels, dès que le rang qu'ils tiennent dans le système est connu. Le nombre des corps simples qu'admet aujourd'hui la chimie s'élève de 50 à 60, et, à mesure que la science s'étend, elle en découvre de nouveaux. Or, du moment que le nombre correspondant à une nouvelle substance est déterminé, nous avons toutes les proportions dans lesquelles elle peut entrer en combinaison avec les autres, de manière qu'une expérience faite avec soin pour déterminer ce nombre, équivaut réellement à autant d'expériences qu'il y a de combinaisons binaires, ternaires, etc., dans lesquelles la nouvelle substance peut entrer comme élément.

223. On ne peut assez insister sur l'avantage qu'il y a d'avoir des données physiques exactes. Sans cela, les théories les plus soignées sont peu de chose. Il est, en effet, bien peu important de savoir d'une manière abstraite que le soleil et les planètes s'attirent proportionnellement à leurs masses et en raison inverse du carré de leurs distances. Mais, connaissons-nous les données de notre système, avons-nous un aperçu exact (peu importe de quelle manière il nous parvient), des distances, des masses et des mouvemens dont il se compose ? Nous pouvons prédire tous les mouve-

mens qu'éprouveront ses différentes parties, tous les changemens qu'il subira pendant des milliers d'années. Nous pouvons même nous reporter aux temps passés ; nous pouvons rappeler des phénomènes qu'on a négligés, dont on n'a gardé aucun souvenir, et qui néanmoins ont laissé des traces ineffaçables, dans l'influence qu'ils ont exercée sur l'état de la nature dans notre globe, et sur ceux des autres planètes.

224. La preuve que les données sont justes se trouve dans la vérification de la théorie entière dont elles font partie, dès que celle-ci est adoptée. La comparaison avec l'observation, qui nous met à même de décider de la vérité d'un principe abstrait, nous permet en même temps de reconnaître si la valeur que nous avons attribuée à nos données s'accorde avec l'état actuel de la nature. Si l'une n'est pas en harmonie avec l'autre, il devient important de s'assurer si cette valeur ne peut pas être corrigée, de manière à faire coïncider les résultats de la théorie avec les faits. Il résulte de là que plus celle-ci devient parfaite, plus la détermination des données doit être exacte. Des déviations qui, dans une première, dans une approximative vérification, auraient été regardées comme insignifiantes cessent de l'être quand on est parvenu à un certain degré de précision. Une différence entre la place que le calcul assigne à une planète et celle que lui donne l'observation, différence dont Kepler n'eût pas tenu compte en vérifiant la loi du mouvement elliptique, serait con-

sidérée aujourd'hui comme fâcheuse pour la théorie de la gravité, à moins qu'il ne fût prouvé qu'elle tient à quelque erreur de données numériques de notre système.

225. Les observations qui sont de nature à déterminer promptement, exactement les données physiques sont, par conséquent, celles qu'il importe le plus de faire avec rigueur et persévérance. C'est pour cela que, dans plusieurs circonstances, elles deviennent une affaire nationale. C'est pour cela qu'on élève, qu'on entretient des observatoires et qu'on envoie des expéditions au loin. Dans ce cas, elles sont presque exclusivement bornées à l'astronomie. Et véritablement on ne voit pas pourquoi les observations sont aussi restreintes.

226. Les données physiques qui doivent être employées comme élémens de calcul dans les grandes théories demandent plus de rigueur, plus d'exactitude qu'une simple observation. Elles le demandent, non-seulement à raison de leur importance comme donnant les moyens de représenter une multitude indéfinie de faits, mais parce que, dans la foule de combinaisons qui peuvent avoir lieu, ou dans les changemens que les circonstances peuvent éprouver, il est possible qu'il se présente des cas où une erreur insignifiante dans l'une des données peut prendre un développement immense dans le résultat final qui doit être comparé avec l'observation. Ainsi, dans le cas d'une éclipse de soleil quand la lune entre très oblique-

ment dans le disque de l'astre, la plus faible erreur dans le diamètre de l'un ou de l'autre peut en produire une considérable dans le temps pour lequel le commencement de l'éclipse est annoncé. On doit remarquer que ces conjonctures sont de toutes, celles où les observations sont les plus propres à la détermination des données. En effet, comme une petite erreur dans celles-ci en produit dans ces sortes de cas une grande dans la chose observée, de même, une légère inexactitude commise dans une observation qui a pour but de connaître la valeur des données, n'en peut produire qu'une insignifiante dans le calcul inverse d'après lequel ces dernières doivent être déterminées par l'observation. Cette remarque s'étend à toute espèce de données physiques et ne doit jamais être négligée quand l'objet qu'on se propose est la détermination des données avec le plus grand degré de précision.

227. Mais comment obtenons-nous par l'observation des données plus sûres que l'observation même ? Comment concluons-nous la valeur de ce que nous ne voyons pas avec plus de certitude que celle des quantités que nous voyons, que nous mesurons ? C'est au nombre d'observations que nous devons cet avantage. Quelle que soit l'erreur que renferme l'une d'elles, il n'est pas probable que cette erreur se répète dans le même sens ; en sorte que, lorsque nous prenons la moyenne d'une certaine masse d'observations (à moins qu'il n'y ait une cause constante qui agisse imperturbable-

ment dans un sens ou dans l'autre), nous ne pouvons manquer d'approcher très près de la vérité, et même, en supposant une source de mécompte, d'obtenir une approximation qu'on ne saurait attendre d'une simple observation, qui peut être influencée par cette cause d'erreur.

228. Cette utile, cette précieuse propriété des moyennes d'un grand nombre d'observations, qui nous approche de la vérité plus que ne saurait le faire aucune d'elles, lui donne une haute importance dans toutes les recherches physiques qui exigent de l'exactitude. On ne saurait croire avec quelle rapidité une certaine masse d'observations individuelles égalise les fluctuations et fait disparaître les déviations. La hauteur moyenne du mercure dans le baromètre en est un frappant exemple. On sait qu'elle mesure la pression de l'air, et que ses variations sont connues. Néanmoins si on l'observe régulièrement chaque jour, et qu'à la fin de chaque mois on prenne la moyenne des hauteurs, on reconnaîtra que ses fluctuations ne sont pas, à beaucoup près, aussi grandes qu'elles le paraissent. Si on continue ces observations une ou deux années, on trouve que les moyennes coïncident avec la plus parfaite exactitude. Cette puissance d'égalisation que possèdent les moyennes nous met à même, en détruisant les fluctuations qui sont irrégulières ou accidentelles, de rendre sensibles celles qui sont réellement régulières, qui reviennent d'une manière périodique, qui, plus faibles que quelques-unes des acciden-

telles, ne deviennent jamais apparentes qu'à l'aide de ce procédé. Ainsi, si on observe la position du baromètre quatre fois par jour, qu'on répète cette opération pendant quelques mois, et qu'on prenne les moyennes, on voit qu'il y a journellement une fluctuation régulière très peu considérable ; que le mercure s'élève et s'abaisse deux fois en vingt-quatre heures. C'est par des procédés semblables que nous pouvons nous assurer qu'une simple observation (à moins d'une heureuse coïncidence), ne peut nous donner une idée, jamais une connaissance certaine du véritable *niveau de la mer*, sur un point quelconque de la côte, ou la hauteur à laquelle l'Océan se tiendrait, si les vents, les flots ou les marées ne l'agitaient sans cesse. C'est cependant un sujet important, et sur lequel il serait à désirer qu'on eût une longue série d'observations faites à divers points, sur les côtes des principaux continens, des îles dont se compose le globe.

229. Dans tous les cas où il y a un rapport direct et simple entre le phénomène observé et la seule donnée sur laquelle il repose, chaque observation fournira une valeur de cette quantité, et la moyenne de toutes (sous certaines restrictions) sera la valeur exacte. Je dis sous certaines restrictions : car, si les circonstances dans lesquelles se font les observations ne sont pas semblables, elles ne peuvent également être favorables à l'exactitude, et il serait mal de confondre les unes avec les autres. Dans des cas de ce genre comme dans

tous ceux où les données sont assez nombreuses, assez compliquées pour ne pas admettre une détermination unique et isolée (ce qui se rencontre continuellement), on est forcé d'entrer dans des considérations très-minutieuses et souvent très-compliquées, relativement à l'exactitude probable des résultats ou aux limites dans lesquelles l'erreur est *probablement* comprise. On est obligé d'avoir recours à une branche délicate et curieuse de recherches mathématiques, appelée doctrine des probabilités , dont l'objet, comme son nom l'indique, est de soumettre au calcul les chances de probabilité que présente une conclusion quelconque, de manière à nous mettre à même de rendre plus que conjectural le degré de confiance qu'on peut placer en elle.

230. Pour donner une idée générale des considérations que ces sortes de supputations embrassent, supposons qu'une personne tire au pistolet sur un but collé le long d'un mur placé à trente pas. Nous pouvons admettre , en général , qu'elle touchera l'un et manquera l'autre au premier coup ; mais nous ne pouvons hasarder une conjecture sur la quantité dont elle approchera du but si nous ne connaissons pas son habileté. Or, pour l'apprécier, il n'y a pas de meilleur moyen que de lui laisser tirer une centaine de coups, et de marquer les points frappés par la balle, Supposons que cela a été fait ; supposons que le but a été atteint une ou deux fois; que le mur l'a été souvent ; qu'il a été touché un certain nombre de fois à un pouce

du but, un certain nombre d'autres de un à deux pouces, et ainsi de suite; enfin, qu'il l'a été une ou deux fois à quelques pieds. Voilà à quels résultats nous supposons le tireur parvenu. Quelle idée pouvons-nous sur cela nous faire de son habileté? A quel point pouvons-nous supposer, sans courir trop forte chance, qu'atteindra le coup suivant? Les lois de probabilité nous mettent à même de le dire. Mais allons plus loin. Admettons, avant de mesurer les distances que le but a été jeté au loin, et que nous sommes appelés, sur les marques dont le mur est chargé, à dire où se trouvait sa place. Il est clair qu'aucune espèce de raisonnement ne saurait la désigner avec certitude, et néanmoins il y en a une qui présente plus de probabilité. Or, ce cas est absolument celui où se trouve un observateur, un astronome, par exemple, qui aurait à déterminer la situation exacte d'un corps céleste. Il fixe son télescope, obtient une série de résultats qui ne coïncident point entre eux, mais qui cependant s'accordent tous dans certaines limites, à l'exception, toutefois, de quelques-uns qui dévient beaucoup de la moyenne générale. C'est d'après ces résultats qu'il doit désigner le point qu'il regarde comme la place la plus probable de l'étoile au moment où il la considère. C'est précisément ainsi que les choses se passent dans le calcul des données physiques: quand on n'a pas deux résultats qui s'accordent exactement, mais que tous tombent dans certaines limites plus ou moins rapprochées, comment se guider pour prendre une

conclusion à leur égard? Il est évident que tout système de calcul qu'on peut montrer conduire nécessairement à la conclusion la plus probable, là où l'on ne saurait obtenir de certitude, n'est pas sans importance. Cependant, comme cette doctrine forme une des applications les plus difficiles et les plus délicates qu'on puisse faire des mathématiques à la philosophie naturelle, nous nous en tiendrons, pour le moment, à ce peu de mots.

231. Nous avons essayé, dans ce qui précède, de faire connaître l'esprit des méthodes auxquelles les sciences naturelles sont redevables des vastes, des immenses progrès qu'elles ont faits depuis quelques siècles. Ce que nous avons surtout eu en vue, c'était de convaincre la jeunesse qui s'occupe d'études, que toutes les branches de la philosophie naturelle dépendent les unes des autres; qu'elles sont animées du même esprit, soumises aux mêmes méthodes de recherches. On ne peut l'embrasser tout entière, on est obligé de la diviser, de la suivre dans ses parties. Nous donnerons dans la suite de cet ouvrage une idée sommaire des progrès qui ont été faits dans les différentes branches dans lesquelles elle peut être subdivisée avec le plus d'avantages. Nous essaierons également de donner une idée générale de la nature de chacune de celles-ci, et des rapports qu'elles ont avec les autres. Dans le cours de cette discussion, nous aurons fréquemment l'occasion de montrer l'influence de ces principes généraux que nous avons tenté d'exposer.

Nous ne la développerons, néanmoins, qu'à mesure que l'occasion s'en présentera, sans nous engager dans une analyse régulière de l'histoire de chacune de ces parties envisagée sous ce point de vue. Une analyse de cette espèce serait sans doute utile, précieuse, mais elle dépasserait les limites dans lesquelles nous devons nous renfermer. Nous ne désespérons pas, néanmoins, que ce grand, cet important travail ne s'exécute quelque jour.

TROISIÈME PARTIE.

DE LA SUBDIVISION DES SCIENCES PHYSIQUES EN BRANCHES DISTINCTES, ET DES RELATIONS QUE CELLES-CI ONT ENTRE ELLES.

CHAPITRE I.

DU PHÉNOMÈNE DE LA FORCE ET DE LA CONSTITUTION DES CORPS NATURELS.

232. L'histoire naturelle peut être considérée sous deux points de vue très-différens : elle peut être envisagée : 1° comme une série de faits, un assemblage de corps dont l'examen, l'analogie et la combinaison nous initient à la connaissance de l'ordre que suit la nature, et des agens qu'elle emploie pour arriver à ses fins, ce qui donne lieu à toutes les sciences; 2° elle peut être considérée comme une masse de phénomènes dont il s'agit de rendre compte, d'effets qu'il faut déduire de leurs causes, de matériaux qui nous sont confiés pour appliquer nos principes à des objets utiles. L'histoire naturelle, envisagée sous l'un ou l'autre de ces points de vue, est donc l'origine et le but des sciences physiques. Comme la nature nous offre, confondus, pêle-mêle, les élémens de toutes nos connaissances, nous devons chercher à les dégager, à les isoler, à les présenter sous la forme

qui leur est propre. Nous sommes ainsi appelés à résoudre ce problème si important et si complexe : étant donné un effet, ou une série d'effets, déterminer la cause qui les a produits. Les principes sur lesquels repose une telle recherche sont ceux qui constituent la relation qu'il y a de l'un à l'autre, telle qu'elle existe par rapport à nous. Ce sont les lois qui les énoncent, la manière dont on les applique qu'on a essayé de développer dans les pages qui précèdent. Il reste maintenant à exposer, d'une manière sommaire, les résultats auxquels ont conduit les recherches, soit par rapport à la découverte des agens naturels, soit par rapport à la manière dont s'exerce leur action.

233. Le premier grand agent que nous offre l'analyse des phénomènes naturels, celui qui se présente le plus souvent, et d'une manière plus saillante, est la force dont l'action se manifeste 1° par la destruction d'une force opposée, et, par conséquent, la continuation de l'équilibre ; 2° par la production du mouvement.

234. La matière, ou ce je ne sais quoi, qui nous rend les corps sensibles, se présente à nous avec deux qualités générales qui, au premier abord, semblent contradictoires, l'activité et l'inertie. Son activité est prouvée par la puissance dont jouit un corps d'en mettre un autre en mouvement, d'obéir à une impulsion étrangère, de céder même à sa propre influence. Son inertie est démontrée par la propriété que possède chaque objet,

de persévérer dans l'état où il se trouve, à moins que quelque force, quelque choc extérieur ne le déplace. Cette contraction, néanmoins, n'est qu'apparente. La force est la cause, le mouvement l'effet produit. Dire, donc, que la matière est inerte, ou a de l'*inertie*, comme on s'exprime, ce n'est dire autre chose, si ce n'est que la cause s'est épuisée à produire son effet, et qu'elle ne peut, si elle ne se renouvelle, le produire une deuxième, une troisième fois. On peut, sous ce point de vue, concevoir l'équilibre comme la production continuelle de deux effets opposés, qui se paralysent incessamment.

235. Quoiqu'il en soit, cette différence donne naissance à deux grandes divisions de la science des forces qui sont communément connues sous les noms de statique et de dynamique; ce dernier terme, qui est général et que nous avons employé dans son acception la plus étendue, est habituellement restreint à la doctrine du mouvement, en tant qu'il est produit ou modifié par une force. Chacune de ces grandes divisions se subdivise à son tour suivant que l'on considère l'équilibre ou le mouvement de la matière dans les trois états distincts sous lesquels elle se présente dans la nature, solide, liquide et aériforme. Peut-être devrait-on encore ajouter, comme un moyen terme entre les deux premiers, celui de visqueux, dont l'étude est obscure, difficile, mais présente le plus haut intérêt.

236. Les principes de la statique et de la dyna-

mique ont été arrêtés par Newton : comme ils sont généraux, qu'ils s'appliquent à chaque cas, ils résolvent, ainsi que nous l'avons observé, tous ceux que peuvent rencontrer les méthodes de déduction qui servent à rendre raison des phénomènes ou à en calculer les effets. Ainsi, ils embrassent toutes les questions qui peuvent s'élever au sujet du mouvement et du repos des plus petites, comme des plus grandes masses. Mais les inductions, auxquelles ils conduisent, diffèrent entièrement suivant qu'on les applique à des quantités de matière de grandeur sensible ou à ces molécules tenues, si toutefois elles ne sont indivisibles, dont se composent les corps. Les recherches qui ont pour objet cette dernière modification de la matière, sont extrêmement ardues, attendu qu'elles se compliquent forcément des diverses hypothèses qu'on peut faire sur la constitution intime des corps.

237. D'un autre côté, celles qui se rapportent à l'équilibre et aux mouvemens des masses sensibles de matière peuvent heureusement être dirigées de telle sorte, qu'il est inutile de recourir à aucune hypothèse particulière sur la structure des corps. Ainsi, en raisonnant sur l'application des forces à une masse solide, on suppose que les parties, dont celle-ci est formée, sont inaltérablement liées entre elles, peu importe comment elles sont réunies. Il suffit que cette condition soit satisfaite, pourvu qu'aucune de leurs molécules ne puisse être déplacée sans mettre

toutes les autres en mouvement, de manière que leur situation relative ne puisse être changée. Telle est la notion abstraite du solide que le mécanicien emploie dans ses raisonnemens. Les autres conséquences, qu'on peut tirer des principes que nous avons indiqués, s'appliqueront de droit aux corps naturels, mais ne s'y appliqueront, néanmoins, qu'autant qu'ils se plieront à cette définition. Il faut le dire, cependant, il n'y a pas de substance qui la vérifie exactement. Il n'y en a pas dont les molécules soient absolument incapables de céder les unes à l'égard des autres. Mais la déviation dont elles sont susceptibles est si peu de chose, que, pour l'ordinaire, elle est véritablement incapable de troubler les résultats. Du reste, on peut presque toujours mesurer son influence dans les cas où elle en exerce. De là, deux sous-divisions de l'application des raisonnemens mécaniques aux masses solides. Ceux qui se rapportent à l'action des forces sur les corps flexibles ou élastiques, et sur ceux qui sont inflexibles ou rigides : on comprend, sous cette dénomination, tous ceux dont la résistance à la flexion, à la brisure est telle, qu'on n'a pas à craindre d'erreur matérielle en l'employant.

238. Nous disons de même, quand il s'agit de l'action des forces sur une masse fluide, que toutes les parties de celle-ci sont parfaitement libres les unes à l'égard des autres. Si nous allons plus loin, que nous regardions un fluide comme incompressible, les conséquences auxquelles donne lieu une

telle hypothèse, ne seront exactes qu'autant qu'on rencontrera de fluides semblables dans la nature, et il n'y en a pas; mais, pratiquement parlant, la résistance qu'ils opposent dans le plus grand nombre de cas, à la compression, est si grande, que les choses se passent comme s'ils n'y étaient pas sujets du tout. Les mêmes principes généraux nous mettent à même, dans les autres cas, de faire des recherches spéciales sur ce point. De là, la division des fluides en compressibles et en incompressibles que font les mécaniciens, les derniers n'étant que la limite extrême des premiers.

239. Ne nous proposant ici que de rechercher quelle est la constitution actuelle de la nature, nous regarderons tous les corps ainsi qu'ils le sont réellement, comme plus ou moins flexibles, plus ou moins propres à céder. Nous sommes sûrs qu'aucun d'eux ne remplit entièrement l'espace qu'il paraît occuper, attendu qu'il n'en est pas un qui, soumis à l'action d'une force suffisante, ne puisse être *comprimé* ou réduit à un moindre volume, et qui ne soit susceptible de reprendre entièrement, comme l'air, les liquides, ou en partie comme la plupart des solides, les dimensions qu'il avait d'abord, si la force qui les a altérés est détruite. Quand c'est sur l'air qu'on opère, on peut, pour ainsi dire, pousser indéfiniment la condensation. Et, non seulement cet air reprend son volume dès que la force qui le comprime cesse d'agir, mais il se dilate encore au-delà de toute limite,

si on diminue, à l'aide d'une machine pneumatique, la pression qu'il éprouve à la surface de la terre, pression qui tient au poids de l'atmosphère. Nous sommes ainsi amenés à conclure que les molécules d'air sont naturellement élastiques, et qu'elles ont à s'éloigner les unes des autres une tendance qui ne peut être balancée que par l'action d'une force, qu'il est lui-même une force de nature répulsive. Néanmoins, comme il est pesant, et que la gravitation est une propriété générale de la matière, il n'est pas douteux que cette tendance répulsive n'ait une limite, et que, si les molécules d'air sont portées au-delà d'une certaine distance, leur force de répulsion ne cesse d'agir, et ne fasse place à l'attraction. Cette limite se trouve probablement à une très grande élévation au-dessus de la surface de la terre. C'est le terme où finit l'atmosphère.

240. Ce que nous pouvons seulement conclure à l'aide de ce raisonnement ou de considérations analogues, les liquides l'établissent clairement. Tous, quoiqu'à un faible degré, sont compressibles : tous reprennent leurs premières dimensions dès que la force qui les a comprimés cesse d'agir ; mais ils ne peuvent se dilater (par des moyens mécaniques), et ne manifestent aucune tendance, tant qu'ils restent liquides, à dépasser une certaine limite. C'est pour cela qu'ils prennent une surface déterminée pendant qu'ils sont en repos ; que leurs parties opposent à toute séparation une résistance considérable, et don-

nent ainsi naissance au phénomène de la *cohésion des liquides*.

241. Dans l'air comme dans les liquides, les molécules se meuvent librement les unes à l'égard des autres, ce qui aurait difficilement lieu si elles n'étaient séparées et indépendantes. On a conclu de là et des considérations qui précèdent qu'elles ne se touchent pas, mais qu'elles sont maintenues entre elles à des distances déterminées par l'action constante des deux forces d'attraction et de répulsion qui sont supposées se balancer, se faire équilibre à la distance ordinaire des molécules, mais l'emportent l'une par rapport à l'autre, suivant le déplacement relatif que subissent celles-ci.

242. Il n'en est pas ainsi dans les solides. Le mouvement de leurs molécules entre elles n'est pas libre. Il est toujours fortement entravé, souvent même il est détruit. Dans quelques-uns, comme dans les métaux, l'argile, le beurre, la pression, le choc produisent des changemens de configuration lents et gradués, mais considérables; dans d'autres, la moindre tentative pour altérer les formes au-delà d'une limite fort rapprochée, suffit pour déterminer une fracture. Il résulte de là que la structure intime des solides doit nécessairement modifier les résultats généraux des forces attractive et répulsive, en tant qu'on les envisage pour rendre compte des phénomènes qu'ils présentent. Néanmoins, la cohésion de leurs molécules, l'énergie avec laquelle elles résistent au déplacement suffisent pour établir l'existence

de ces forces, quelle que soit l'obscurité qui enveloppe encore la manière dont elles agissent.

243. Cette division des corps en gaz, en liquides et solides donne lieu à trois branches de mécanique, dans chacune desquelles les principes généraux d'équilibre et de mouvement ont un mode d'application particulier; savoir, la pneumatique, l'hydrostatique, et ce qu'on pourrait peut-être appeler sans impropriété la stéréostatique.

Pneumatique.

244. La pneumatique s'occupe de l'équilibre et du mouvement des fluides aériformes, quelle que soit la pression à laquelle ils sont soumis, la densité et l'élasticité dont ils jouissent. Le poids de l'air, la pression qu'il exerce sur tous les corps qui se trouvent à la surface de la terre, étaient tout-à-fait inconnus aux anciens, et furent aperçus par Galilée à l'occasion d'une pompe aspirante qui refusait de porter l'eau au-dessus d'une certaine hauteur. Jusque-là on supposait que ce liquide ne s'élevait que par suite d'une horreur qu'on attribuait à la nature pour le vide; horreur qui le précipitait dans les tuyaux pour remplir l'espace que l'aspiration avait dépouillé d'air. Mais si une telle horreur avait existé et qu'elle eût eu la force d'élever l'eau d'un pied, il n'y avait pas de raison pour qu'elle ne l'élevât pas de deux, de trois, d'une quantité indéfinie. Il n'y en avait aucune pour qu'elle cessât brusquement d'agir, qu'elle refusât de porter l'eau à une plus grande

élévation, quelque forte que fût l'aspiration, dès qu'on l'avait, par un moyen quelconque, élevée au-dessus de la hauteur ordinaire.

245. Galilée cependant admit d'abord l'explication commune. Il admit que l'horreur de la nature pour le vide n'était pas assez forte pour porter l'eau au-dessus de trente-deux pieds. Plus tard il supposa que la véritable cause du phénomène résidait dans la pression que l'air exerce sur la surface du liquide; mais cette cause ne fut bien établie que lorsque son élève Torricelli eut eu l'heureuse idée de la vérifier par l'expérience, de substituer à l'eau un liquide beaucoup plus pesant, le mercure. Il n'aspira pas l'air, il employa une méthode plus sûre. Il remplit un long tube de vif-argent et le renversa dans un bain de même métal. La colonne mercurielle baissa et se fixa à vingt-huit pouces. De la sorte, il fut établi d'une manière irrécusable que la suspension du vif-argent dans le tube (qui n'était pas autre chose que le baromètre ordinaire) était due à une cause extérieure qu'on ne pouvait méconnaître. Ses fluctuations suivant celles de l'atmosphère achevèrent de démontrer que c'était bien à la pression de l'air extérieur sur la surface du mercure dans le réservoir qu'était dû l'effet qu'on avait si gratuitement attribué à l'horreur de la nature pour le vide.

246. La découverte de Torricelli fut d'abord mal accueillie; elle fut même repoussée; mais enfin une expérience décisive, imaginée par Pascal, vint

mettre un terme à la discussion. Cet homme célèbre remarqua que, si le poids de l'air ambiant était la cause directe de l'élévation du mercure, il devait être mesuré par la somme de cette élévation; que, par conséquent, si l'on portait un baromètre sur une haute montagne, et qu'on parvînt ainsi au-dessus d'une certaine masse d'air, la pression serait plus faible, et par suite la longueur de la colonne beaucoup moindre. Si, au lieu de la pression, c'était l'horreur du vide qui soutenait le mercure, l'élévation devait être la même, que le tube fût sur la montagne, ou qu'il se trouvât dans la plaine. Peut-être l'effet décisif de l'expérience qu'il fit faire à ce sujet sur le Puy-de-Dôme, haute montagne de l'Auvergne, contribua plus puissamment, que tout ce qui avait été fait jusqu'alors, à fortifier la tendance qu'on commençait à manifester pour les recherches expérimentales.

247. Cette découverte fut immédiatement suivie de celle de la machine pneumatique qu'on doit à Otton van Guerike, de Magdebourg. Ce savant semble s'être proposé de rechercher si le vide pouvait ou ne pouvait pas exister, et, pour s'en assurer, il essaya de le produire. L'imperfection de sa machine ne lui permit pas d'épuiser ses réservoirs; il ne réussit qu'à diminuer la quantité d'air qu'ils renfermaient. Cependant, les curieux effets qu'il obtint excitèrent vivement l'attention, et portèrent l'illustre Boyle à poursuivre des expériences qui, grace à ses travaux, à ceux de Hauksbée, de Hooke, de Mariotte et autres, ont

fait connaître la loi de l'équilibre de l'air sous des pressions diverses. Ces découvertes ont été plus tard étendues aux diverses espèces de fluides aériformes dont la chimie a révélé l'existence, et qui conservent l'état gazeux sous une pression artificielle. Elles l'ont même été à ceux que peuvent produire les liquides réduits en vapeur par l'application de la chaleur, aussi long-temps qu'ils conservent cet état.

248. La manière dont la loi d'équilibre d'un fluide élastique, tel que l'air, peut être considérée comme l'effet de la répulsion mutuelle de ses molécules, a été étudiée par Newton, et l'énoncé de la loi, telle qu'elle a été exprimée par Mariotte, « que la densité de l'air ou la quantité d'air contenu dans le même espace est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la pression que supporte ce fluide, » a été récemment vérifiée, dans les limites les plus étendues, à l'aide d'expériences directes, par une commission nommée à cet effet par l'Académie des sciences. Cette loi contient le principe de solution de toute question dynamique qui peut se présenter relativement à l'équilibre des fluides élastiques. Elle peut, par conséquent, être envisagée comme un des premiers axiomes de la pneumatique.

Hydrostatique.

249. Les principes de l'équilibre des liquides, en comprenant sous ce nom les fluides qui, quoique libres, ne se dilatent pas au-delà de certaines li-

mites, sont à la fois simples et peu nombreux. Les premiers résultats qu'on obtint à cet égard sont dus à Archimède. Ce savant établit le fait général que le poids que perd un solide immergé dans un liquide est précisément égal à celui du volume de liquide qu'il déplace. Il est étrange qu'on n'ait pas immédiatement conclu de ce resultat que le poids qu'on disait être perdu de la sorte n'était que contrebalancé par la pression de bas en haut, et que, par conséquent, une portion d'un liquide quelconque, entouré de tous côtés par un liquide de même espèce, pèse réellement en occupant sa place. Le contraire, néanmoins, s'établit, et ce préjugé ne se dissipa que lorsque la philosophie expérimentale, introduite par Galilée, fit justice de cette masse d'erreurs, d'absurdités qui avaient cours dans les écoles.

250. La loi hydrostatique de l'*égale pression des liquides dans tous les sens* avec les conséquences qu'elle entraîne, est une suite immédiate de la parfaite mobilité de leurs particules les unes à l'égard des autres, mobilité qui fait que chacune d'elles tend à céder à un excès de pression. Arrêtée par Newton, elle est devenue un des principes les plus utiles et les plus féconds de la science physico-mathématique de l'équilibre des masses fluides. Elle donne les moyens de suivre dans ses effets l'action d'une force qui agit sur un point quelconque d'un fluide. Elle s'applique aussi bien aux fluides expansibles qu'aux liquides, et si l'on fait usage de la géométrie dans des questions de ce

genre, elle dispense de ces investigations si minutieuses et si pénibles auxquelles on est conduit quand on veut chercher le mode dont les molécules agissent individuellement les unes sur les autres.

251. Sous un point de vue pratique, cette loi est remarquable par les applications directes dont elle est susceptible. La distribution immédiate, parfaite d'une pression appliquée sur une partie quelconque d'une surface fluide, quelque peu considérable qu'elle soit, à travers la masse entière, nous met à même de communiquer dans un *instant quelconque* la même pression à un nombre indéfini de ses parties, par la simple augmentation de la surface du fluide, ce qui peut se faire en augmentant simplement les dimensions du vase. Il y a plus : si le vase est construit de telle sorte qu'une grande partie de la surface se meuve ensemble, les pressions qui s'exercent sur toutes les parties semblables se réuniront et formeront une masse de forces simultanées qui pourra indéfiniment s'accroître. La presse hydraulique, inventée par Bramah, ou mieux exécutée par lui d'après les données de Stevin, est construite sur ce principe. Une petite quantité d'eau est poussée par une pression suffisante dans un vase déjà plein, et pourvu d'une surface mobile ou piston très-développé. Avec un mécanisme semblable, il faut que quelque chose cède. La grande surface du piston multiplie la pression à un point tel, que rien ne peut résister à sa violence. Elle déracine les ar-

bres, fait sauter les piliers, comprime les tissus de laine et de coton, et les réduit aux plus faibles dimensions. Le foin que consomme la cavalerie peut aussi être ramené à un volume qui permette de l'empiler sans peine sur les transports.

252. Les liquides diffèrent des fluides aériformes par leur *cohésion*, qu'on peut regarder comme une espèce d'acheminement à l'état solide, ainsi que le fesait Bacon (193). Il est, en effet, difficile de ne pas admettre que la solidité, la fluidité et l'état gazeux ne sont autre chose que des points saillans dans la transition graduelle que les corps subissent d'un terme extrême à l'autre. On ne peut contester non plus que, quelque prononcés que soient ces points saillans, ils ne peuvent se détacher brusquement, mais doivent se confondre par des nuances insensibles. Les diverses expériences du baron Cagnard de la Tour en offrent un commencement de preuve (199). Il n'en est pas de la cohésion des liquides comme de celle des solides. Elle n'est pas modifiée par leur structure, au point que la mobilité de leurs particules en masses soit détruite (si ce n'est dans le cas où ils touchent presque à l'état solide, comme ceux qui sont visqueux). Loin de là, les deux qualités sont habituellement réunies, et donnent naissance à une multitude de phénomènes aussi curieux que complexes.

253. Un des plus remarquables est l'attraction capillaire, ou la capillarité, comme on l'appelle quelquefois. Chacun a remarqué que l'eau adhère au verre. L'élévation de la surface générale du li-

quide aux points où il est en contact avec le vase qui le renferme, la forme d'une goutte à l'extrémité d'un solide, sont autant d'exemples d'attraction capillaire; si on plonge dans l'eau un tube de verre dont le diamètre ne dépasse pas celui d'un cheveu, le liquide s'élèvera à une certaine hauteur, et prendra une surface concave à sa partie supérieure. Curieux effet qui est dû, sans aucun doute, à l'action simultanée de l'affinité que le verre exerce sur l'eau, et à la cohésion qui lie les molécules de ce liquide entre elles; mais le mode d'action de ces deux causes est aussi obscur que complexe; quoique les recherches de Laplace et celles de Young aient dissipé une partie de l'obscurité qui couvre ce sujet difficile, il en faut encore de nouvelles pour qu'on puisse se flatter de le bien saisir.

254. La capillarité et la cohésion des liquides prouvent que les molécules, dont ils se composent, exercent les unes sur les autres une affinité mutuelle. L'élasticité dont elles jouissent établit aussi qu'elles sont pourvues d'une puissance de répulsion qui se développe quand elles sont plus rapprochées que leur état ordinaire ne le comporte. Comparée à celle de l'air, la compression des liquides est si faible, quelle que soit la force dont on fait usage, qu'on ne peut se dispenser de conclure que cette répulsion est beaucoup plus considérable dans l'un que dans l'autre; mais elle est en retour balancée par une plus puissante force d'attraction. La résistance que les liquides op-

posent à la compression est telle, qu'on peut généralement les regarder comme incompressibles; opinion en quelque sorte établie par la célèbre expérience faite à Florence et où l'eau fut soumise à une pression telle, qu'elle suinta à travers les pores d'une sphère d'or. Des recherches plus récentes néanmoins, et dont nous sommes redevables à Canton, à Perkins, à Oersted, etc., ont établi le contraire. Elles ont même déterminé la quantité de la compression.

255. La question des mouvemens des fluides, soit liquides ou gazeux, est infiniment plus compliquée que celle de leur équilibre. Quand les déplacemens se font avec lenteur, on peut supposer sans invraisemblance que c'est la loi de l'égale distribution de pression qui les régit. Mais quand ils sont vifs, que leurs molécules se mêlent brusment les unes aux autres, il n'est pas aisé de concevoir comment une telle distribution peut avoir lieu. Il y a d'ailleurs des phénomènes qui semblent conduire à une conclusion opposée.

256. Des difficultés d'une nature beaucoup plus grave ne permettent pas de faire une application régulière des principes généraux de la mécanique à ce sujet. Ces difficultés tiennent à l'excessive complication des recherches mathématiques auxquelles cette investigation conduit. C'est Newton qui, le premier, a essayé de déduire des principes dynamiques les lois qui régissent les mouvemens des masses fluides. Il jeta ainsi les fondemens de l'hydrodynamique. Mais ce n'est qu'au temps où

vivait d'Alembert que la méthode de réduire toute question de cette espèce à une pure recherche mathématique fut bien comprise. Les cas, au surplus, où elle peut être appliquée d'une manière satisfesante sont peu nombreux en comparaison de ceux où les recherches expérimentales, comme on l'a déjà dit (189), sont préférables. Tel est, par exemple, celui de la résistance qu'opposent les fluides aux corps qui les traversent, dont la connaissance importe tant à l'architecture navale, à l'artillerie. Tel est aussi, parmi les sujets pratiques qui sont fondés sur cette branche de science, l'usage des voiles dans la navigation, la construction des moulins à vent, des roues à eau, la transmission de ce liquide à l'aide de tubes, de canaux, la construction des ports, des bassins, etc.

Nature des solides en général.

257. La constitution intime des solides est probablement très-compliquée, et nous ne pouvons nous flatter de la bien connaître. Quelques expériences récemment faites sur les dimensions des fils de métal violemment tirés ont établi qu'ils peuvent jusqu'à un certain point être dilatés par la tension, et sont également susceptibles d'être comprimés par la pression, mais beaucoup moins que les liquides. Ordinairement, quand ils sont trop étirés, ils cassent et refusent de se réunir, ou s'ils sont comprimés outre mesure ils se contractent tout-à-fait et ne reprennent plus leurs dimensions. Ainsi le bois peut être dentelé par le

choc; les métaux peuvent devenir plus durs, plus pesans quand on les martelle ou qu'on les passe au laminoir. Le langage ordinaire admet, au sujet de la dureté, de l'élasticité et autres propriétés semblables, une sorte de confusion qu'il n'est pas inutile de dissiper. La dureté est cette disposition qui rend les parties d'un solide si difficiles à déplacer entre elles. Ainsi l'acier est plus dur que le fer, le diamant l'est beaucoup plus qu'aucune autre substance, mais la compressibilité de l'acier ou les limites dans lesquelles il cédera à une pression donnée et reviendra ensuite à ses dimensions premières, n'est pas de beaucoup au-dessous de celle du fer doux. Celle de la glace est presque la même que celle de l'eau.

258. Nous regardons le caoutchou comme un corps très élastique : il l'est en effet, mais d'une autre manière que l'acier. Ses particules peuvent éprouver des déplacemens considérables sans que la dislocation qu'elles subissent devienne permanente. Quand cette substance est déformée, néanmoins, elle reprend sa configuration, mais faiblement. D'une autre part, si ce corps était renfermé dans un espace qu'il remplit, de telle sorte que ses molécules ne pussent pas éprouver de déviation latérale, il opposerait sans aucun doute une vive résistance à la compression. Il nous présente donc un exemple de deux espèces d'élasticité réunies dans la même substance, l'une qui tend à restituer sa configuration déformée; c'est la plus faible. L'autre qui cherche à rétablir ses dimensions tel-

les qu'elles étaient d'abord; c'est la plus énergique. Toutes deux cependant tiennent à la même cause, toutes deux se rapportent aux mêmes principes. La première n'est dans le fait qu'une modification de la seconde, attendu que l'effort du ressort d'acier, quand il est tendu, pour reprendre sa position primitive, est dû précisément à ces forces qui donnent à l'acier sa dureté et le mettent à même de supporter la compression, de résister à la fracture.

259. La résistance que les corps solides opposent au choc ou à l'effort que l'on fait pour les écraser, est différente de la dureté d'un solide ou cette propriété qui lui fait supporter sans rompre les chocs les plus puissans; elle est tout-à-fait distincte de la dureté avec laquelle on la confond communément. Elle consiste dans un certain jeu de molécules qu'assemble une forte cohésion générale, et s'allie avec divers degrés d'élasticité. La malléabilité est une autre propriété des solides, des métaux surtout. Elle diffère encore de la tenacité et gît dans la facilité qu'ils ont à changer de formes sans éprouver de fracture pour subir les nouvelles comme sans faire d'efforts pour revenir aux anciennes.

260. La tenacité est aussi une proprieté qui tient plus à la cohésion des molécules dont se composent les solides qu'à la résistance qu'ils opposent au choc. Elle consiste dans la puissance avec laquelle ils résistent à un effort qui tire leurs parties en sens opposé; tandis que l'autre espèce de

résistance à la séparation dont ils jouissent, est singulièrement contrebalancée par leur disposition à communiquer à travers leurs couches l'action du choc. La tenacité d'un solide est, par conséquent, la mesure directe de la cohésion de ses molécules, et la meilleure preuve de l'existence d'une force semblable.

Christallographie.

261. On ne peut supposer que ces propriétés, que d'autres encore existent dans les solides sans une disposition correspondante dans la structure intérieure de ceux-ci. Qu'ils aient un tel mécanisme, que leur constitution intime soit aussi curieuse que complexe, les phénomènes de la cristallographie le prouvent assez. Cette branche si intéressante et si belle est toute récente, si on la compare aux autres parties de l'histoire naturelle. On savait de toute antiquité que diverses substances affectent certaines formes. Pline ne l'ignorait pas, puisqu'il décrivit celles du quartz et du diamant; mais ce n'est qu'à l'époque où Linnée parut qu'on donna une attention sérieuse à ce sujet. Ce savant observa cependant et décrivit avec soin les formes cristallines d'une foule de substances, il les considéra même comme un caractère si positif des solides qui les prenaient, qu'il supposa que chaque forme était due à un sel particulier. Romée de l'Isle poussa plus loin l'étude des formes cristallines qu'affectent les corps. Il constata le premier, la constance des angles sous lesquels se rassem-

blent leurs faces. Il fit plus ; il remarqua que plusieurs d'entre eux se présentaient sous des formes diverses, et conjectura, le premier, que ces formes devaient se réduire à une qui était propre à chaque substance, et que modifiaient les lois géométriques. Bergmann partant d'un fait que lui avait fourni son élève Gahan, fit un pas de plus, et montra comment une espèce au moins de cristaux, peut être construite à l'aide de lames minces, rangées dans un certain ordre, et suivant certaines règles de superposition. Il se méprit en déduisant des conséquences justes et générales de cette observation, qui, bien envisagée, est la base de la loi la plus importante de la cristallographie ; celle qui lie la forme primitive avec les autres formes que peut présenter la même substance. On peut se faire une idée de ce qu'on entend par cette espèce de rapport que présente une forme avec une autre, en considérant une pyramide construite de pierres cubiques, disposées en couches dont chacune est isolément une bande carrée de l'épaisseur d'une des pierres. Ces couches placées l'une sur l'autre, horizontalement, et décroissant régulièrement de grandeur de la base au sommet, donnent lieu à une forme pyramidale à surface cannelée. Si les lames sont assez minces pour que les cannelures échappent à l'œil, la pyramide semblera unie et parfaite.

262. Peu de temps après, et sans avoir connaissance des travaux de Gahan et de Bergmann, l'abbé Haüy, frappé de la fracture accidentelle d'un

beau groupe de cristaux, fit l'observation que nous avons rapportée (67). Il en déduisit des conséquences plus rigoureuses; il la suivit dans tous ses détails, développa les lois générales qui régissent la superposition des couches de molécules dont il suppose tous les cristaux formés; lois qui nous mettent à même, la forme primitive une fois connue, d'indiquer à l'avance celles qu'ils peuvent affecter et qui prennent en conséquence la dénomination des formes dérivées ou formes secondaires. Mohs et autres ont, depuis, imaginé des procédés, des systèmes qui aident à dériver ces formes les unes des autres. Ils ont corrigé quelques erreurs que trop d'empressement à généraliser avait fait commettre, et ont avancé, par leurs recherches, la connaissance des formes que la nature et l'art peuvent donner aux diverses substances.

263. On peut aisément se faire une idée de la manière dont différentes formes de même espèce peuvent dériver de la variété de figures des dernières particules qui les composent. Il suffit de considérer ce qui arriverait si les briques qui entrent dans la construction d'un édifice, au lieu de dessiner un parallèlepipède rectangle, étaient obliques dans une ou deux directions. Supposons, par exemple, que chacune de ces briques, lorsqu'elle est posée horizontalement sur une de ses faces ayant ses deux plus grandes arêtes dirigées du nord au sud et ses deux faces tournées vers l'est et l'ouest, soit dans une position verticale, tandis que celles qui regardent le nord et le sud sont inclinées vers

le sud. Une maison construite avec de telles briques présenterait une inclinaison dans le même sens, c'est-à-dire vers le sud. Si, en outre, nous supposons que les faces orientale et occidentale des briques, au lieu d'être verticales, sont inclinées vers l'est, la maison présentera une inclinaison semblable, et les quatre arêtes, au lieu d'être verticales, plongeront vers le sud-est. Une pyramide construite avec les mêmes briques, et dont les côtés de la base seraient dirigés vers les quatre points cardinaux, n'aurait pas son sommet situé verticalement au-dessus du centre de la base. Il serait placé au-dessus d'un point situé au sud-est de ce même centre, et les faces de la pyramide opposées au sud et à l'est seraient plus inclinées à l'horizon que les deux autres.

264. Quelle que soit la manière dont on peut concevoir que les molécules d'un cristal adhèrent et forment masse entre elles, il est impossible de repousser l'idée d'une forme déterminée qui leur est commune. Toute autre supposition serait véritablement incompatible avec la similitude parfaite qu'elles présentent sous tous les autres rapports, et que les phénomènes chimiques ont démontrée. Il ne faut pas perdre de vue, néanmoins, que cette idée, quelque plausible qu'elle soit, est en quelque sorte hypothétique, et que les lois de la cristallographie, telles qu'elles ont été déduites de l'observation, sont entièrement indépendantes de toute supposition de cette espèce, ou même de l'existence des atomes.

265. Il y a plus : la constitution interne des corps solides, quelle qu'elle soit, qui est indiquée par les formes déterminées qu'ils affectent, par leur clivage plus facile dans des directions que dans d'autres, et par l'éclat que présentent leurs surfaces planes quand ils se brisent, ne peut manquer d'avoir une grande influence sur leurs rapports avec les agens extérieurs, ainsi que sur leurs mouvemens internes et l'action réciproque de leurs molécules entre elles. La division des corps en cristallisés et non cristallisés, ou cristallisés d'une manière imparfaite, est donc de la plus grande importance, et presque tous les phénomènes dus aux causes naturelles qui agissent dans d'étroites limites comme sur le mécanisme immédiat des substances solides, sont singulièrement modifiées par la structure cristalline de celles-ci. Ainsi, la direction des rayons lumineux qui traversent les corps transparens solides et les propriétés qu'ils contractent dans le passage sont entièrement liées avec cette structure. Les expériences de M. Savart ont également prouvé qu'il en est de même pour la puissance de résistance qu'elles opposent aux forces extérieures, puissance d'où dépend leur élasticité. D'après ces expériences, les substances cristallisées résistent à la compression avec divers degrés d'énergie, suivant la direction que suit la force qui agit sur elles. Tous les phénomènes qui tiennent à leur élasticité sont modifiés par cette cause, ceux surtout qui se rapportent aux mouvemens vibratoires et à la transmission du son.

266. Il n'est pas douteux que des modifications qui tiennent également à la structure interne des cristaux n'aient lieu dans toutes les branches de la physique. Le professeur Mitscherlich a fait des recherches sur celle qui s'occupe de l'action de la chaleur sur les substances. On sait depuis long-temps que tous les corps sont dilatés par la chaleur, et que cette loi ne présente aucune exception tant qu'on se borne à considérer le volume de celui qui est soumis à son action. Ainsi, une tige de fer rouge est à la fois plus longue et plus épaisse quand elle est chaude que quand elle est froide. Cette différence de dimension, qui est peu de chose en elle-même, peut néanmoins être rendue sensible et devenir importante dans la pratique. Ainsi, le mercure employé dans un thermomètre ordinaire occupe plus d'espace quand il est chaud que quand il est froid; et, comme il est renfermé dans un globe de verre (qui se dilate aussi, mais dans une proportion beaucoup moindre), il est obligé de s'élever dans le tube. Ces faits et d'autres de même espèce sont connus depuis long-temps. On a mesuré la somme de la dilatation d'une foule de corps soumis à l'action de la chaleur, et on en a dressé des tables. Mais personne n'avait soupçonné ce fait important, que dans les corps cristallisés la dilatation a lieu avec des circonstances toutes différentes de ce qui se passe pour ceux qui ne le sont pas. Mitscherlich a fait voir que ces sortes de substances se dilatent différemment dans les différentes directions. Il a même

reconnu un cas dans lequel la dilatation dans un sens est accompagnée de contraction dans un autre. Cette observation, la plus importante qui ait été faite depuis long-temps dans la pyrométrie, ne peut néanmoins être considérée que comme le premier anneau d'une série de recherches qui promet une abondante moisson de faits nouveaux, ainsi que l'éclaircissement de quelques-uns des points les plus obscurs et les plus intéressans de la théorie de la chaleur.

267. D'après ce qui précède, il est clair que si nous considérons les corps solides comme des collections de molécules ou d'atomes liés entre eux et contenus par l'action continue des forces d'attraction et de répulsion, nous ne pouvons supposer que ces forces agissent, au moins dans les substances cristallisées, d'une manière égale dans toutes les directions. De là l'idée de la *polarité* dont nous voyons un exemple en grand dans l'aiguille magnétique ; mais nous pouvons concevoir l'action comme s'exerçant sous des formes modifiées sur les atomes des solides ou même des fluides, et produisant tous les phénomènes que ceux-ci présentent dans leur état cristallisé, soit entre eux, soit avec la lumière, la chaleur, etc. Il n'est pas difficile, si on donne carrière à son imagination, de concevoir comment des atomes attractifs et répulsifs, unis ensemble par un lien inconnu, peuvent former des machines ou des molécules composées qui jouiraient de plusieurs des propriétés que nous attribuons à la polarisation. On a fait

diverses hypothèses ingénieuses ; mais au point où nous en sommes, il est prudent de ne les prendre que pour ce qu'elles valent, et de regarder la polarité de la matière comme un des derniers phénomènes auxquels conduit l'analyse de la nature dont nous devons rechercher les lois avant de vouloir en pénétrer les causes ou dévoiler la manière dont elle se manifeste.

268. L'attraction, la répulsion que les molécules ont les unes pour les autres, ainsi que leur polarité, soit qu'on la regarde comme une propriété originelle ou dérivée, sont des forces qui, agissant avec une grande énergie et dans des limites très-étroites, doivent être considérées comme les principes sur lesquels reposent la constitution immédiate de tous les corps, et plusieurs des actions qu'ils exercent entre eux. Ce sont ces forces que l'on comprend sous la dénomination générale de forces moléculaires. On a essayé de confondre l'attraction moléculaire avec la gravité que toute matière exerce sur toute autre matière ; mais cette idée est repoussée par les faits.

CHAPITRE II.

DE LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT A TRAVERS LES CORPS — DU SON ET DE LA LUMIÈRE.

269. La propagation du mouvement à travers les corps, soit que ce mouvement soit produit par une simple impulsion, comme un choc, soit

qu'il soit le résultat d'une impulsion fréquemment et régulièrement répétée comme dans le cas d'un mouvement vibratoire, est entièrement due aux forces moléculaires, et c'est d'une propagation de ce genre que dépendent le son, et très-probablement la lumière. Pour concevoir comment le mouvement se transmet à travers une substance, qu'elle soit solide ou fluide, il suffit d'examiner ce qui se passe lorsqu'on fait onduler l'eau le long d'une corde tendue ou sur une surface tranquille. Chaque partie de la corde ou de l'eau reçoit successivement une tendance analogue à celle de la force qui la frappe. Elle cède, se déplace, revient au point d'où elle est partie : quand l'une cesse de se mouvoir, celle qui la touche s'ébranle, et offre le même mouvement de va-et-vient. Ce déplacement successif peut paraître lent, fatiguant à décrire ; mais prenons le son dans sa transmission à travers l'air : nous aurons à remarquer, 1° que l'air qui est le corps en mouvement est extrêmement léger, et pourvu d'une élasticité très-grande, de manière que la force qui propage le mouvement, ou par laquelle les molécules adjacentes sont ébranlées, poussées les unes sur les autres, est très-considérable comparativement à la quantité de matière qu'elle déplace. Il en est de même, et à un degré plus grand encore pour les liquides et les solides : car dans ceux-ci les forces élastiques sont plus considérables proportionnellement au poids qu'elles ne sont dans l'air.

270. Les anciens avaient quelques notions géné-

rales sur la manière dont le son se propage à travers l'air; mais c'est Newton qui le premier chercha à analyser ce phénomène et réussit à l'expliquer. Il considéra l'air comme un corps élastique, prouva que l'effet de chaque impulsion était de condenser le fluide qu'elle frappait dans la direction du choc. L'air frappé, réagissait à son tour, refoulait la masse qui l'avait déplacé, et chassait en même temps celle qui était à sa partie opposée. Chaque molécule était ainsi choquante et choquée, avançait et reculait tour à tour. Ce beau résultat fut mêlé de quelques erreurs qui furent signalées par Cramer, mais qui ne furent saisies, corrigées, que lorsque Lagrange et Euler firent de ce sujet difficile l'objet de leurs recherches. Ces méprises, du reste, ne sauraient porter atteinte à la gloire de Newton. La théorie mathématique de la propagation du son, des mouvemens de vibration et d'ondulation, est une des plus épineuses que présente la science. Les recherches des géomètres les plus habiles n'ont pu l'éclaircir. Chaque jour ce sont encore de nouveaux travaux, de nouvelles difficultés, et chaque jour nous pouvons nous convaincre combien nous sommes éloignés de pouvoir déduire des premiers principes tout ce que renferment même les cas les plus simples.

271. Quand une impulsion, quelle qu'en soit l'espèce, est transmise par l'air à nos oreilles, elle produit l'impression de son. Si cette impression est uniforme, régulière ; qu'elle se succède d'une

manière rapide, elle donne celle d'une note de musique, attendu que le ton de la note dépend de la rapidité de la succession (v. art. 153). Le sentiment de l'harmonie est aussi fondé sur le retour périodique d'impulsions coïncidentes qui frappent l'oreille, et nous donne peut-être le seul exemple d'une sensation agréable dont on peut rendre compte.

272. L'acoustique ou la science du son devient ainsi une branche de physique très-étendue. Elle est même une de celles qui a été le plus anciennement cultivée. Pythagore, Aristote, n'ignoraient ni la manière dont le son se transmet à travers l'air, ni la nature de l'harmonie. Comme branche de science, néanmoins, comme doctrine indépendante de sa délicieuse application à la musique, c'est tout au plus si l'on peut dire que l'acoustique existait avant que Bacon, Galilée, Marsenne, Wallis, fissent de la nature des lois qui la régissent l'objet de leurs recherches expérimentales; que Newton, que Lagrange et Euler les soumissent à l'analyse; mais aussi depuis cette époque ses progrès, sous ce double rapport, ont été rapides, continuels. Une curieuse, une belle méthode d'observations, due à Chladni, consiste à saupoudrer de sable les surfaces de corps dans un état de vibrations sonores, et d'examiner les figures qu'il dessine. Cette méthode, qui permet de suivre de l'œil tous les mouvemens qui lui sont imprimés, a été perfectionnée encore dans ces derniers temps par M. Savart, auquel nous devons

une suite de belles expériences sur tout ce qui se rapporte au son. Le sujet, cependant, est loin d'être épuisé : il y a peu de branches de physique qui soient plus attrayantes et se lient à plus d'objets. On peut même croire par analogie qu'il n'est pas sans rapports avec l'optique.

Lumière et vision.

273. La nature de la lumière a toujours été enveloppée de doute et d'obscurité. On peut dire que les anciens n'avaient pas même d'opinion arrêtée à cet égard, à moins qu'on ne regarde comme telle l'idée qu'ils ont émise que les corps éloignés ne peuvent entrer en communication que par un intermédiaire, et que, par conséquent, il doit y avoir quelque chose entre l'œil et la chose vue. Quel était ce quelque chose ? ils n'ont hasardé à cet égard que d'informes, que de vagues conjectures. Les uns supposaient que l'œil émettait lui-même des rayons ou des émanations d'une espèce inconnue, mais à l'aide desquels il saisissait les objets qui se trouvaient à distance ; la conception n'était pas heureuse ; car elle n'explique pas pourquoi on ne voit pas dans les ténèbres ; elle ne rend pas compte, en un mot, de l'office de la lumière dans la vision. D'autres imaginaient que tous les objets visibles projettent constamment, et dans toutes les directions, une sorte de ressemblance ou de spectre qui produit, lorsqu'il parvient à l'œil, une impression qui retrace ces objets. Quelque vague, quelque nébuleuse que soit une telle hypothèse,

elle attribue aux corps une puissance et à la lumière une dispersion en tout sens. Ses propriétés sont l'une et l'autre indépendantes de l'œil, et séparent les phénomènes de la *lumière* de ceux de la *vision*.

274. Newton a adopté cette idée ; mais au lieu de spectre ou de ressemblance, il suppose des objets lumineux qui projettent dans toutes les directions des molécules d'une ténuité extrême, (elles doivent l'être en effet, puisque, animées d'une vitesse aussi énorme (voy. 17), elles ne mettent pas en pièces les objets qu'elles frappent). Il suppose que ces molécules obéissent aux forces attractives et répulsives qui résident dans tous les corps, et celles-ci ne s'étendent qu'à une très-faible distance de leur surface. L'action de ces forces les fait dévier de leur mouvement rectiligne avant même qu'elles n'arrivent au contact des corps. Elles rebroussent en arrière, sont réfléchies par les forces répulsives avant de les atteindre, ou bien elles pénètrent dans les intervalles que les molécules laissent entre elles, comme on peut se représenter un oiseau qui voltige à travers les branches d'un arbre. Elles subissent toute leur influence, et prennent, lorsqu'elles cessent d'être dans leur sphère d'activité, une direction que détermine la position de la surface d'émersion par rapport à la ligne qu'elles ont décrite.

275. Cette hypothèse, qui fut discutée, analysée par Newton, fournit, à l'aide des lois dynamiques

qu'il avait déjà appliquées avec tant de succès aux mouvemens des planètes, une explication non-seulement plausible, mais juste, mais claire, de tous les phénomènes *usuels* de lumière connus de son temps. Cette théorie rend aussi parfaitement compte des belles découvertes de l'auteur sur les différentes réfrangibilités qui appartiennent aux rayons différemment colorés. Il suffit d'admettre dans les molécules une différence de vitesse qui produit dans l'œil la sensation de diverses couleurs. Si les propriétés de la lumière se fussent bornées à celles-ci, il eût été inutile de recourir à d'autres hypothèses.

276. Huyghens publia à peu près, vers la même époque, une hypothèse bien différente. Il pensait que la lumière a la même origine que le son ; qu'elle est due à la communication d'un mouvement vibratoire qui passe du corps lumineux à un fluide éminemment élastique. Ce fluide qui, suivant lui, remplit l'espace, est moins condensé dans les limites qu'occupe la matière, et cela dans un rapport qui varie avec la nature des substances. Ainsi, à une émanation, il substitue des ondulations ou des vibrations propagées dans tous les sens, à partir du corps lumineux à travers ce milieu ou cet éther comme il l'appelle. Huyghens, qui était lui-même un habile mathématicien, suivit plusieurs conséquences de cette hypothèse, et montra qu'elle se plie aussi bien aux lois ordinaires de la réflexion et de la réfraction que celle de Newton ; mais elle n'est pas aussi satisfesante lors-

qu'il s'agit de rendre compte, de ce qu'on peut considérer comme le premier de tous les faits optiques, la production des couleurs dans la réfraction ordinaire de la lumière par le prisme ; phénomène dont la théorie de Newton donne une explication à la fois élégante et complète, et dont la découverte forme une des plus grandes époques que présentent les annales de la science expérimentale. Cette difficulté, qui a été souvent opposée à la doctrine d'Huyghens, si elle n'est encore entière, n'est du moins qu'imparfaitement résolue.

277. Il ne manque pas, cependant, d'autres phénomènes pour éprouver encore la justesse de ces hypothèses. La diffraction ou l'inflexion de la lumière, découverte par Grimaldi, jésuite de Bologne, semble indiquer qu'il faut, pour que les rayons lumineux se dévient de leur mouvement rectiligne, qu'ils passent près d'un corps quel qu'en soit l'espèce. Ces phénomènes qui sont très-beaux, très-curieux, furent minutieusement étudiés par Newton. Ce grand homme les attribua à l'action des forces répulsives qui s'étendent à une distance sensible de la surface des corps. Cette explication, les faits connus de son tems autorisent du moins à le dire, paraît aussi satisfesante qu'on avait raisonnablement droit de l'exiger. Elle le semble beaucoup plus que tout ce qu'aurait pu fournir l'hypothèse d'Huyghens, qui, on ne peut le nier, paraissait hors d'état de rendre compte de ces phénomènes.

278. Une autre espèce de phénomènes optiques,

qui avaient commencé de fixer l'attention quelque temps avant que Newton parût, et que l'une des théories n'explique pas mieux que l'autre, est celle des couleurs que présentent les couches minces, qu'elles soient liquides, comme dans le cas des bulles de savon, ou gazeuses comme dans celui de deux glaces qui ne sont séparées que par un peu d'air. Ces couleurs furent étudiées par Newton avec un soin, une attention dont la philosophie expérimentale n'avait pas encore d'exemple à cette époque. Ces soins furent portés si loin qu'aujourd'hui même il y a peu de recherches qui pussent soutenir la comparaison à cet égard. Le résultat de cette pénible investigation fut une théorie d'une nature singulière, qu'il basa sur ce qu'il appelle *accès de facile transmission et de facile réflexion,* et qui suppose que chaque rayon lumineux passe périodiquement dans son trajet par une suite d'états tels qu'ils le disposent alternativement à pénétrer la surface du corps sur lequel il tombe, ou à rebrousser et se réfléchir. La manière la plus simple de concevoir cette hypothèse est de considérer chaque molécule de lumière comme un petit aimant qui tourne sur lui-même, tout en fesant son trajet, et présente ainsi alternativement son pôle attractif et son pôle répulsif. Quand c'est par celui-ci qu'il approche de la surface d'un corps, il y a répulsion ou réflexion. Quand c'est, au contraire, par celui-là qu'il vient en contact, il y a attraction. Newton, cependant, évita soigneusement d'énoncer sa

théorie sous cette forme ou sous toute autre de ce genre. Il se borna à des termes généraux ; aussi ses partisans ont-ils assuré confidemment que la doctrine des accès de facile réflexion et de facile transmission, telle qu'il l'avait présentée, n'est au fond autre chose que l'énoncé des faits Au surplus, s'il en était ainsi, toute autre théorie qui rendrait compte des mêmes phénomènes, devrait, en définitive, se confondre avec celle de Newton. Mais, comme nous venons de le dire, ce n'est pas le cas, et cet exemple doit nous rendre extrêmement réservés dans l'exposition des lois physiques sur l'emploi des termes qui peuvent envelopper dans leur signification la moindre chose de théorique, si nous ne voulons pas que de nouvelles recherches viennent détruire ou tout au moins modifier cette exposition.

279. Une troisième espèce de phénomènes qui fut également découverte pendant que Newton était encore engagé dans ses recherches d'optique, est celle que présentent les cristaux doués de la double réfraction. Nous avons exposé en quoi elle consiste. Le fait observé par Erasme Bartolin, dans le spath d'Islande, fut étudié par Huyghens, qui en détermina les lois, et le rapporta avec une adresse, un succès rares à sa théorie de la lumière. Il lui suffit, pour cela, d'ajouter une nouvelle hypothèse à celle qu'il avait déjà faite, de donner à son milieu éthéré, contenu dans le cristal, une constitution telle qu'il pût transmettre une impulsion plus promp-

tement dans un sens que dans un autre; comme si, par exemple, nous supposions un son qui serait propagé avec divers degrés de vitesse dans une direction verticale et horizontale.

280. La double réfraction produite par le spath d'Islande est accompagnée de quelques circonstances remarquables. Elles furent observées par Bartolin, par Huyghens et par Newton, et conduisirent celui-ci à cette idée singulière, qu'un rayon de lumière, après son émergence d'un cristal de cette espèce, acquiert des faces, c'est-à-dire, qu'il contracte des propriétés qui tiennent à l'espace environnant, et qu'il les conserve pendant le reste de son trajet. C'est à ces propriétés que doivent être rapportés tous les phénomènes aussi compliqués que curieux, que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de *polarisation*. Ces résultats semblaient si extraordinaires et se présentaient sous un jour si peu favorable aux recherches, qu'on les négligea comme d'un commun accord. Newton paraissait satisfait d'avoir établi qu'ils sont incompatibles avec la théorie d'Huyghens, sans chercher à prouver qu'ils s'expliquent avec la sienne.

281. Depuis l'époque de Newton jusqu'au commencement du siècle qui s'écoule, si l'on excepte une découverte, on a peu ajouté aux notions que l'on avait déjà sur la nature de la lumière. Il est vrai que, d'après son inappréciable application, on ne saurait assigner à cette découverte une place assez élevée dans les annales, soit de l'art, soit de

la science. Je veux parler du principe du télescope achromatique que l'on doit à une discussion qui s'était élevée au sujet de quelques recherches théoriques entre le célèbre Euler, le savant suédois Klingenstiern et l'opticien Dollon. Le premier avait été conduit à admettre que l'instrument était possible; le troisième l'exécuta, exemple mémorable, quoique ce ne soit pas le seul de la puissance du génie. Un géomètre isolé, perdu dans ses abstractions, jette au monde, dont il est en quelque sorte séparé, d'inappréciables aperçus (1).

282. L'explication du mécanisme de l'œil et de la manière dont s'opère la vision que nous fournit la connaissance des lois optiques, est aussi complète, aussi satisfesante que celle de la sensation du son que nous percevons à l'aide de la transmission du mouvement par le moyen de l'air. La chambre obscure, inventée, en 1560, par Baptiste Porta, donna la première idée de la manière dont les images des objets extérieurs parvenaient à l'œil; mais ce ne fut que long-temps après que Kepler, auquel on doit l'immortelle découverte de ces grandes lois qui régissent les périodes et les mouvemens des planètes, expliqua clairement les fonctions que remplit chaque partie de l'œil dans

(1) Il ne paraît pas douteux néanmoins qu'un amateur du nom de Hall, n'eût construit un telescope achromatique avant qu'Euler ni Dollon ne s'occupassent de cet instrument.

l'acte de la vision ; de là à l'invention du télescope, du microscope il semblait n'y avoir qu'un pas; mais ce pas fut fait bien plus par hasard que par dessein prémédité. Et la réinvention que fit Galilée du télescope sur la simple description qu'on lui donna de ses effets, fournit une nouvelle preuve que nous avons toujours devant nous un vaste champ d'applications pratiques; souvent il suffit, pour les faire, d'être convaincu qu'elles sont possibles, comme l'établit encore la découverte du télescope achromatique.

283. Le petit instrument avec lequel Galilée fit ses belles découvertes avait au plus la force d'un télescope ordinaire tel qu'on les fait aujourd'hui ; il fut bientôt perfectionné, et atteignit, dans les mains d'Huyghens, une puissance très-considérable, mais aussi des dimensions gigantesques. Ce fut pour les réduire, pour diminuer l'énorme longueur qu'exigeaient ces sortes d'instrumens, sans néanmoins atténuer leur puissance, que Grégory, que Newton imaginèrent le télescope réflecteur, dont la force dépasse sans doute l'idée que s'en étaient faite les inventeurs.

284. Le télescope, tel qu'on l'exécute aujourd'hui, peut assurément être rangé parmi les plus hautes, les plus délicates productions de l'art, comme celle où l'homme est en quelque sorte parvenu à rivaliser avec la nature, et si, par l'invention de cet instrument, il n'a pas conquis un nouveau sens, il a du moins donné à un de ceux qu'il possédait déjà une puissance telle, qu'on peut le considérer com-

me nouveau. Le télescope, cependant, ne paraît pas avoir atteint la dernière perfection. Il est du reste difficile d'assigner des limites à celle-ci, quand on considère les immenses progrès que fait chaque industrie, et la délicatesse qu'on apporte dans la mise en œuvre, ainsi que les inventions, les combinaisons que chaque jour voit éclore (1).

285. Après être restée long-temps stationnaire, l'optique reprit son cours vers la fin du dernier siècle, et ne s'est pas ralentie depuis. L'impulsion fut donnée par le célèbre Wollaston, qui soumit à un nouvel examen, et vérifia les lois de la double réfraction dans le spath d'Islande annoncées par Huyghens. L'attention avait été rappelée sur ce sujet. Laplace lui appliqua la théorie de Newton, dissipa une partie du mystère qui enveloppe ce phénomène singulier. Ce résultat, qui était tout-à-fait inattendu à cette époque, peut être considéré comme un des plus heureux travaux qu'il ait faits. Ces recherches avaient pris de l'intérêt. L'institut voulait les encourager, et ce fut dans un Mémoire, couronné en 1810, qu'un officier du génie, Malus, annonça la découverte de la *polarisation de la lumière* par la réflexion ordinaire à la surface d'un corps transparent.

(1) Nous voulons parler des combinaisons achromatiques récemment imaginées par MM. Barlow et Rogers, et des verres denses dont Faraday vient de faire connaître la fabrication. Voy. Trans. Phil., Par. 1830.

286. Malus reconnut qu'un rayon de lumière, lorsqu'il est réfléchi par un corps semblable et sous un angle donné, acquiert précisément les propriétes singulières qu'il contracte dans la double réfraction, et que Newton avait exprimées en disant qu'il possède des accès. Ce fut la première circonstance qui dévoila le rapport qui lie ces phénomènes jusque là si mystérieux avec ceux que produisent les modifications ordinaires de la lumière. Elle fit aussi soupçonner qu'il n'était pas impossible de ramener les uns et les autres dans les limites, si ce n'est d'une entière explication, du moins dans celles d'une théorie plausible ; ce qui prouve combien est juste la remarque de Bacon, qu'il n'y a pas de phénomène naturel qui puisse s'expliquer isolément d'une manière satisfesante, que tous se tiennent, que tous s'éclairent les uns par les autres.

287. Ces phénomènes furent aussitôt étudiés en France par Malus et Arago ; en Angleterre, par Brewster, et les lois qui les régissent furent recherchées avec un soin proportionné à leur importance. On découvrit alors une autre classe de phénomènes non moins extraordinaires ; c'était une série de couleurs les plus belles et les plus vives, tout-à-fait semblables à celles qu'avait observées Newton dans des couches minces, gazeuses ou liquides, mais infiniment plus développées, plus éclatantes que présentaient certaines substances cristallisées lorsqu'elles étaient divisées en lames minces, suivant des directions particulières, et exposées à un rayon

de lumière polarisée. Un examen attentif de ces couleurs, fait par Wollaston, Biot et Arago, mais surtout par Brewster, fit presque aussitôt découvrir une série de phénomènes optiques si variés, si brillans, si évidemment liés avec tout ce qui tient à la structure intime des corps cristallisés, qu'ils excitèrent une attente générale. On éprouvait cet intérêt que l'on éprouve lorsqu'on sent qu'on est sur la voie de quelque grande découverte, et qu'on se promet de voir incessamment jaillir quelques-uns de ces faits éclatans qui portent la lumière sur ce qui est obscur, rangent sous les lois générales, ce qui paraissait en être une exception.

288. Cette attente ne fut pas trompée. Young avait établi, vers 1801, un principe qui, envisagé comme loi physique, est d'une beauté, d'une simplicité, d'une étendue d'applications qui n'a pas d'égale. Considérant la manière dont les vibrations de deux sons de musique, qui arrivent simultanément à l'oreille, affectent cet organe, et produisent une impression de son ou de silence suivant qu'ils coïncident ou sont opposés dans leurs effets; il pensa que la même chose devait avoir lieu pour la lumière, si la théorie, qui l'assimile au son, est fondée. Il conclut, en conséquence, que de deux rayons qui émanent du même corps, s'échappent au même instant, et arrivent au même point par des routes différentes, l'un doit renforcer ou détruire en totalité ou en partie les effets que l'autre produit, suivant que le trajet qu'ils

ont parcouru est plus ou moins long : que deux lumières puissent se combiner dans quelques circonstances, de manière à produire de l'obscurité, c'est une chose qui semble étrange, et qui est cependant littéralement vraie. Elle a même été depuis long-temps constatée par Grimaldi comme un fait singulier, et dont on ne peut rendre compte. Les expériences de Young qui ont établi ce principe, qui est connu en optique sous le nom d'interférence des rayons de lumière, sont aussi simples, aussi satisfesantes que le principe lui-même est beau ; mais les déductions qui le mettent hors de doute, comme tiré de l'explication qu'elles donnent de phénomènes qui semblent avoir si peu de rapport avec eux, le sont plus encore. Les couleurs des couches minces de Newton furent les premiers phénomènes dont l'auteur chercha à rendre compte, à l'aide de son principe ; le succès fut complet. Il l'appliqua à ceux de la diffraction, dont un habile géomètre français, Fresnel, a aussi donné une explication convenable, même pour les cas que l'hypothèse de Newton semblait hors d'état de résoudre.

289. Une simple et belle expérience, faite par Arago et Fresnel sur les interférences de la lumière polarisée, mit ces savans à même d'étendre la loi de Young aux couleurs que produisent les lames cristallisées sur un rayon de lumière polarisée. Ils trouvèrent ainsi la clé des difficultés qui compliquent ces magnifiques phénomènes. Il ne manquait plus maintenant, pour établir une

théorie rationnelle de la double réfraction, que de trouver une hypothèse à l'aide de laquelle on put concevoir que la lumière se propage à travers le milieu élastique qu'on suppose la transmettre, d'une manière qui ne fût en contradiction ni avec les faits ni avec les lois générales de la dynamique. Cette idée essentielle, sans laquelle on n'eût rien fondé que d'incomplet, fut fournie par Young. Ce savant déclara, avec une sagacité qui eût fait honneur à Newton lui-même, que, pour adapter la doctrine d'Huyghens aux phénomènes de la polarisation, il fallait admettre que la propagation de l'impulsion du rayon lumineux à travers l'éther s'opérait d'une manière différente de celle dont un rayon sonore se transmet dans l'air. Dans le dernier cas, les molécules d'air *avancent* et *reculent*, dans le premier, il faut supposer que l'éther éprouve des oscillations latérales.

290. Fresnel partit de cette idée, et réussit à établir une théorie de la polarisation et de la double réfraction si heureuse par la manière dont elle se plie aux faits, dont elle coïncide avec les résultats d'expérience auxquels on n'arrive que par l'analyse la plus délicate, qu'il est difficile de ne pas l'admettre pour véritable, si elle ne l'est pas. Elle présente au moins le système le mieux conçu que la science puisse offrir. Quoi qu'il en soit, du reste, tant qu'elle servira à grouper les faits les plus nombreux et les plus variés; qu'elle permettra de chercher des analogies, de déduire des rapports, quelle que soit l'hypothèse sur laquelle elle

est basée, quelles que soient les présomptions que l'on pourra faire valoir sur la structure et le mode d'action, on l'envisagera toujours comme une conception qui tend à agrandir nos connaissances.

291. Il y a plus; il n'est pas impossible que la théorie de Newton, si on la combine avec celle d'Huyghens, ne conduise à quelque explication plausible de phénomènes dont elle ne peut encore assigner la cause. M. Biot pense que les molécules de lumière sont animées, ainsi que nous l'avons dit, d'un mouvement de rotation autour de leur axe. Il n'a fait usage de cette supposition que dans des limites très-bornées ; mais elle pourrait s'étendre, et, si l'on admettait seulement l'émission régulière de particules lumineuses à des intervalles de temps égaux, dans des états de mouvement semblables, à partir du point d'émission, ce qui n'est pas se mettre trop au large, on aurait une explication plausible de tous les phénomènes de l'interférence de la lumière, sans recourir à l'éther.

292. L'examen optique des substances cristallisées nous fournit un nouvel exemple de l'appui que les sciences se prêtent dans leur marche. Les infatigables recherches de Brewster et autres ont montré que tous les phénomènes dus à la polarisation de la lumière, dans son passage à travers les substances cristallisées, fournissent des données précieuses sur la structure des cristaux eux-mêmes, et forment ainsi un des caractères les plus utiles pour s'assurer de leur organisation interne.

C'est Newton qui, le premier, indiqua de quelle importance pouvait devenir, comme caractère physique, comme indice d'autres propriétés, l'action d'un corps sur la lumière. Mais les données fournies par la polarisation comme moyen de recherches expérimentales, sont plus graves, plus importantes ; on peut dire qu'elles nous ont dotés d'une espèce de sens intellectuel qui nous met à même de scruter les dispositions de ces admirables structures que la nature élève avec une délicatesse qui échappe à nos conceptions, une symétrie et une beauté qui excitent toujours l'admiration. L'optique n'est pas moins utile, sous ce point de vue, à la minéralogie, à la cristallographie, qu'elle ne l'a été à l'astronomie par l'invention du télescope, à l'histoire naturelle par celle du microscope. Les rapports qu'on a découverts entre les propriétés optiques des corps et leurs formes cristallines, leurs propriétés chimiques ont fourni de beaux, de nombreux exemples des lois générales qu'on a établies à l'aide d'une induction laborieuse et pénible. Elles fournissent une nouvelle preuve de la simplicité de la nature qui se manifeste lentement à travers une masse confuse de faits particuliers dans lesquels on n'entrevoyait d'abord ni ordre ni liaison.

CHAPITRE III.

DES PHÉNOMÈNES COSMIQUES.

Astronomie et mécanique céleste.

293. L'astronomie, ainsi que nous l'avons observé dans la première partie de cet ouvrage, avait fait, comme science d'observation, de grands progrès parmi les anciens. C'est même la seule branche de physique à laquelle on peut dire qu'ils se soient véritablement appliqués. Les souvenirs qui s'étaient conservés d'Egypte et de Chaldée leur fournissaient les moyens de calculer les mouvemens du soleil et de la lune avec assez d'exactitude, pour prévoir les éclipses. L'observation leur avait fait connaître quelques cycles remarquables ou périodes d'années dans lesquelles les éclipses lunaires se reproduisent à peu près dans le même ordre. C'etait peut-être, si l'on considère l'imperfection des moyens dont ils mesuraient le temps et l'espace, tout ce qu'on pouvait attendre de cette époque. A ces méthodes grossières succédèrent plus tard des vues plus philosophiques qui eussent amené d'importans résultats, si elles n'avaient été presque aussitôt abandonnées.

294. Mais la philosophie d'Aristote établit, en principe, que les mouvemens célestes sont réglés par des lois qui leur sont propres, et n'ont aucun rapport avec celles qui gouvernent la terre. En

tirant ainsi une ligne de démarcation entre la mécanique céleste et la mécanique terrestre, il plaça l'une hors du champ des recherches expérimentales; il empêcha les progrès de l'autre, en posant des principes fondés sur des remarques, recueillies à la hâte, qui ne méritaient pas même le nom d'observations. L'astronomie continua, en conséquence, pendant des siècles, d'être une pure science de souvenirs où la théorie n'entrait pour rien, si ce n'est pour essayer de concilier les inégalités des mouvemens célestes avec une prétendue loi de révolution circulaire et uniforme qu'on regardait comme seule compatible avec la perfection du du mécanisme céleste. De là une masse informe, si ce n'est contradictoire de mouvemens hypothétiques du soleil, de la lune, des planètes en cercles dont les centres étaient placés dans d'autres cercles qui l'étaient eux-mêmes dans d'autres, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'enfin, l'observation devenant plus exacte et les épicycles se multipliant sans cesse, l'absurdité d'un système si confus devint palpable. On exprima des doutes, et les sarcasmes d'Alphonse de Castille (1252) leur donnèrent une force qu'ils n'eussent pas obtenue sans cela, à une époque où les hommes osaient à peine se hasarder à penser. Enfin, Copernic promulgua sa théorie, ou plutôt reproduisit celle de Pythagore. Il plaça le soleil au centre de notre système, et donna à l'astronomie une simplicité qui contrastait avec l'entortillage dont on l'avait chargée jusque là.

295. Un élégant écrivain (1), que nous avons déjà eu occasion de citer, a exposé, d'une manière nette, succincte, les notions confuses qui ont été si long-temps répandues au sujet de la constitution de notre système, ainsi que la difficulté qu'on a éprouvée à se faire une idée juste de la disposition de ses parties. Nous le voyons, dit-il, non en *plan*, mais en *section*. La raison en est que notre point d'observation git dans le plan général; que la notion que nous cherchons à nous former du système du monde n'est pas celle de sa section, mais de son plan. C'est comme si nous essayions de lire un livre, ou *de parcourir*, d'embrasser un pays sur la carte, en tenant l'œil de niveau avec le papier. Nous pouvons seulement juger directement de la distance des objets par leur grandeur, ou, mieux, de leur changement de distance par leur changement de grandeur; nous ne pouvons même distinguer que d'une manière indirecte les positions relatives où ils se trouvent de celles où ils nous semblent placés. Or, les variations de grandeur apparente que présentent la lune, le soleil, sont trop peu considérables pour qu'il soit possible de les mesurer sans faire usage du télescope, et le corps des planètes est si faible qu'il échappe à l'œil nu.

296. Le système de Copernic une fois admis, cette difficulté disparaît : ce n'est plus qu'un simple problème de géométrie et de calcul qui consiste

(1) Jackson, Lettres sur divers sujets.

à déterminer, d'après les positions observées d'une planète, son orbite réelle autour du soleil, ainsi que les autres circonstances que présente son mouvement. C'est ainsi que Kepler procéda pour l'orbite de Mars, qu'il reconnut être une ellipse dont le soleil occupe un des foyers. Il essaya d'étendre cette loi à toutes les planètes, et reconnut qu'elle s'appliquait également à toutes. Ce résultat et d'autres non moins remarquables, qui sont désignés dans les ouvrages sous le nom de lois de Kepler, constituent le plus beau, le plus important système des rapports géométriques qui ait jamais été découvert à l'aide de l'induction, et sans le secours d'aucun aperçu théorique. Ces lois comprennent les mouvemens de toutes les planètes, et nous mettent à même d'assigner leur lieu dans leurs orbites à une époque quelconque, passée ou future, sans tenir compte de leurs mutuelles perturbations, pourvu qu'on sache résoudre certains problêmes qui sont purement géométriques.

297. Ce ne fut cependant que long-temps après Kepler qu'on reconnut l'importance réelle des lois qu'il avait découvertes. Envisagées en elles-même, elles offraient, il est vrai, un bel exemple de l'harmonie, de la régularité avec lesquelles sont disposées toutes les parties du grand œuvre de la création, ainsi qu'un contraste étrange avec l'échafaudage de cycles et d'épicycles qui les avait précédées. Mais là semblait se borner l'avantage. On reprocha même à Kepler, et non sans une sorte de raison, d'avoir rendu plus difficile le

calcul de la position des planètes, attendu que les ressources de la géométrie étaient insuffisantes alors pour résoudre les problèmes qu'amenait la stricte application de ses lois.

298. Le premier résultat de l'invention du télescope et de l'application de cet instrument aux recherches astronomiques par Galilée, fut la découverte du disque et des satellites de Jupiter, système qui offre une belle miniature de celui dont il fait partie, qui présente, au premier aspect, cette disposition qu'on ne discerne dans le système planétaire lui-même qu'à l'aide de l'œil de la raison, de l'imagination (voy. 195). Kepler eut la satisfaction de voir que la loi qu'il avait reconnue exister entre les temps des révolutions et les distances des planètes au soleil, avait encore lieu dans le mouvement des satellites autour de leurs planètes; preuve qu'elle n'est pas une simple règle empirique, et qu'elle repose sur la nature même du mouvement planétaire.

299. On opposa à la doctrine de Copernic, que, si elle était vraie, Vénus devrait apparaître quelquefois avec la configuration que la lune présente avant d'atteindre son plein. Il en convint, et ajouta même que, si elle s'offrait jamais à nous, elle nous apparaîtrait ainsi. On peut aisément se faire une idée de quel étonnement on fut saisi, quand on vit le télescope confirmer cette prédiction, et qu'on aperçut cette planète avec la configuration que lui avaient également assignée l'auteur

du nouveau système et ceux qui le combattaient. L'histoire de la science n'offre peut-être qu'une concordance de cette espèce. Quand Hutton publia sa théorie de la consolidation des roches par l'application de la chaleur à une profondeur considérable au-dessous du lit de l'Océan, on lui objecta que, quelque chose qui arrivât pour les autres, il ne pouvait en être ainsi pour celles qui sont de nature calcaire; que le feu, loin de consolider la craie, devait infailliblement la décomposer et la réduire à l'état de chaux; que l'acide carbonique devait se dégager et ne laisser, pour résidu, qu'une substance infusible qui était même hors d'état de s'aglutiner par la chaleur. Le géologue répondit que la pression sous laquelle se passait le phénomène suffisait pour empêcher le dégagement du gaz, et que celui-ci, ne pouvant se répandre dans l'air, était, à son tour, en état de donner à la chaux la fusibilité dont elle manquait. Cette prévision ne tarda pas à se convertir en certitude. James Hall réussit à déterminer la fusion du marbre, en opérant sous une forte pression, sans permettre au gaz acide carbonique de se dégager.

300. A travers ses vagues, ses bizarres spéculations sur les causes des mouvemens dont il avait si bien et si laborieusement déduit les lois, Kepler avait entrevu que celle de l'inertie de la matière s'appliquait aux grandes masses que renferme le ciel, comme à celles qui couvrent la terre. Galilée, de son côté, avait, par sa puissante argumentation, par le ridicule dont il les couvrait, donné

le coup de grâce aux dogmes d'Aristote qui avaient élevé une barrière entre les lois du mouvement céleste et celles du mouvement terrestre. Il avait aussi contribué, par ses recherches sur celles qui régissent la chute des corps, la marche des projectiles, à jeter les bases d'un véritable système de dynamique, à l'aide duquel on peut déterminer les mouvemens d'après les forces qui les causent, et les forces d'après les mouvemens qu'elles produisent. Hooke alla plus loin encore. Il établit si nettement le mode dont les planètes sont retenues dans leur orbite par l'attraction du soleil, qu'on ne peut douter que si l'habileté du mathématicien eût égalé la sagacité du philosophe, et que ses travaux eussent été moins variés, moins divers, il ne fût arrivé à la loi de la gravitation.

301. Mais tout ce qui avait été fait dans ce genre avant Newton, ne peut être envisagé, pour ainsi dire, que comme des tentatives qui avaient pour but de lever les premières difficultés, comme des travaux préparatoires qui étaient destinés à mettre ce grand homme en état de développer toute la puissance de son génie. Aussi profond mathématicien que physicien habile, il sut trouver des méthodes nouvelles, des méthodes inconnues, pour étudier les effets des causes, que sa pénétration était parvenue à saisir. Remontant, par une suite d'inductions serrées, compactes aux premiers axiomes de la dynamique, il réussit à en déduire une explication complète de tous les

grands phénomènes astronomiques, à rendre compte de plusieurs de ceux même qui ont moins d'importance et sont plus obscurs. Les mathématiques n'étaient pas assez avancées, à cette époque, pour lever les difficultés que présentait ce vaste problème. Tout était à créer pour le résoudre. Mais, loin de le rebuter, cette circonstance ne fit que redoubler son courage, lui fournir l'occasion de développer les ressources de son génie. Les moyens employés ne pouvaient mener au but. Il sut en trouver en lui-même : il inventa la méthode des fluxions, connue aujourd'hui sous le nom de calcul différentiel, et fournit ainsi des moyens de recherches qui sont à ceux dont on fesait précédemment usage ce que la machine à vapeur est aux puissances mécaniques qu'elle a remplacées. Nous avons parlé des résultats d'optique qu'obtint Newton ; ses découvertes astronomiques attestent la force d'esprit dont l'avait doué la nature. Mais les soins de détail, la patience dont il donna l'exemple, ne sont pas moins dignes d'admiration. De quelque côté que nous tournions nos regards, nous sommes forcés de nous incliner devant son génie. Nous ne pouvons lui refuser une vénération que personne, dans les sciences, n'obtint jamais. Son époque est celle où la raison atteignit, sous ce rapport, une entière maturité. Tout ce qui avait été fait jusque-là peut être comparé aux tentatives imparfaites de l'enfance, ou aux essais d'une adolescence pleine de sève, mais encore inhabile. Quant aux

travaux qui ont suivi, quelque grands, quelque prodigieux qu'ils soient, ils ne sauraient être mis en balance avec ceux qui sont consignés dans les Principes.

302. Newton montre, dans ce grand ouvrage, que tous les mouvemens célestes connus de son temps sont la conséquence de la loi, « que deux molécules de matière s'attirent en raison directe du produit de leur masse, et en raison inverse du carré de leur distance. » Partant de ce principe, il explique comment l'attraction qui s'exerce entre les grandes masses sphériques dont notre système se compose, est réglée par une loi dont l'expression est exactement semblable; comment les mouvemens elliptiques des planètes autour du soleil et des satellites autour de leurs planètes, tels que les a déterminés Kepler, se déduisent comme des conséquences nécessaires de la même loi, et comment les orbites des comètes elles-mêmes ne sont que des cas particuliers des mouvemens planétaires. Passant ensuite à des applications plus difficiles, il fait voir comment les inégalités si compliquées du mouvement de la lune tiennent à l'action perturbatrice du soleil, comment les marées naissent de l'inégalité de l'attraction que le soleil et la lune exercent sur la terre et l'Océan qui l'entoure. Il fait voir, enfin, comment la précession des équinoxes n'est qu'une conséquence nécessaire de la même loi.

303. Les successeurs immédiats de Newton eurent assez à faire à vérifier ses découvertes, à

étendre, à perfectionner ses méthodes de calcul qui sont devenues une source inépuisable de connaissances. La découverte faite par Leibnitz, découverte simultanée, mais indépendante, d'une méthode de recherches tout-à-fait semblable à celle de Newton, en même temps qu'elle devenait l'objet d'une rivalité nationale qui ne peut maintenant que faire pitié, stimulait les géomètres du continent, les excitait à la cultiver, et lui imprimait un caractère plus indépendant de l'ancienne géométrie à laquelle Newton s'était spécialement attaché. La chose fut heureuse, car on reconnut bientôt (on doit excepter, toutefois, les travaux de Maclaurin, qui furent continués plus tard, avec la même élégance, par le professeur Robinson, d'Edimbourg) qu'il en était de la géométrie de Newton comme de l'arc d'Ulysse, que personne ne pouvait tendre, hors ce prince. On vit que, pour étendre les méthodes de l'auteur des Principes au-delà des limites où il les avait portées, il fallait les dépouiller de ces formes antiques dont il s'était plu à les revêtir. Les compatriotes de Newton n'osèrent hasarder la chose, et portèrent la peine de leur timidité. Simples spectateurs des efforts que chaque jour éclairait, ils restèrent étrangers aux recherches physico-mathématiques qui se poursuivaient avec la même vivacité en France et en Allemagne.

304. Les recherches que Newton légua à ses successeurs étaient véritablement immenses. Il leur laissa le soin de déduire les conséquences

de la loi de la gravitation; de rendre compte de toutes les inégalités des mouvemens des planètes et de ceux de la lune, qui sont beaucoup plus compliqués, et nous importent davantage; de trouver, ce que lui-même n'avait jamais essayé de faire, une démonstration de la stabilité et de la permanence de notre système, au milieu des influences qu'exercent sur lui les perturbations intérieures auxquelles il est sujet. Ce travail et la gloire qui devait le suivre étaient réservés au siècle suivant, et furent successivement partagés par Clairault, d'Alembert, Euler, Lagrange et Laplace. Le sujet, néanmoins, est si vaste, les recherches qu'il exige sont hérissées de tant de difficultés, qu'il faudra plus d'une génération encore pour les résoudre. Les découvertes récentes des astronomes ont, d'ailleurs, fourni matière aux investigations des géomètres. Elles ont soulevé une difficulté qui surpasse de beaucoup tout ce qui s'était présenté jusqu'ici. Notre système s'est enrichi de cinq planètes, dont quatre ne sont connues que depuis le commencement du siècle. Celles-ci ont peu d'analogies avec les autres, et présentent des difficultés de théorie qu'on ne soupçonnait pas jusque-là. Et, cependant, quelques comètes à très-court période qu'on a récemment découvertes, et qui décrivent, comme les planètes, des ellipses autour du soleil, en présentent de plus graves encore. Mais, loin de s'épuiser, les ressources de la géométrie moderne semblent croître avec les obstacles; et déjà on peut

compter parmi les successeurs de Lagrange et de Laplace, une foule de noms qui promettent de se rendre non moins célèbres dans les annales des recherches physico-mathématiques, que ceux qui les ont devancés.

305. Les positions, les figures et les dimensions de toutes les orbites planétaires sont connues; les variations qu'elles subissent de siècle en siècle en grande partie déterminées. On sait que tous les changemens que peuvent produire les planètes, en réagissant les unes sur les autres dans un espace de temps indéfini, sont périodiques, c'est-à-dire qu'ils croissent jusqu'à une certaine limite qui n'est jamais bien étendue, et décroissent ensuite. L'action que les élémens, dont le système se compose, exercent entre eux, ne peut ni le bouleverser ni le détruire; elle le tient dans une oscillation continuelle autour d'un certain état moyen dont il ne saurait s'éloigner, au point de courir risque de se désorganiser. Les recherches de Laplace, celles de Lagrange ont, entre autres, mis hors de doute que la distance moyenne de chaque planète au soleil est absolument invariable, et par conséquent la durée de ses révolutions périodiques. D'après ces grandes découvertes, nous pouvons, du point que nous occupons dans le temps, nous porter à une époque éloignée de l'avenir, et prédire, sans crainte de nous tromper, quel sera alors l'état de notre système.

306. Une énumération, une description exacte des étoiles fixes contenues dans les catalogues, une connaissance précise de leur position, sont les

seuls moyens que nous ayons de constater les changemens dont elles sont susceptibles, et les mouvemens qu'elles éprouvent entre elles sont trop faibles pour leur faire perdre l'épithète de fixes, et néanmoins suffisans pour produire une variation sensible dans la suite des siècles. Avant l'invention de la boussole, le navigateur les prenait pour point de direction pendant la nuit, et il n'avait besoin, pour régler sa course, que de connaître médiocrement quelques-unes des principales. Hyparque est le premier astronome qui eut l'idée de former un catalogue qui constatât l'état du ciel, afin, dit Pline, que la postérité pût s'assurer non-seulement si les étoiles naissent et meurent, mais encore si elles changent de place, si elles croissent ou décroissent. Son catalogue, qui contenait plus de mille étoiles, fut dressé environ 128 ans avant J.-C. Ce fut en discutant les observations qu'il avait faites, celles qu'avaient faites ses prédécesseurs, qu'il reconnut ce mouvement lent, général, qu'on voit pousser toutes les étoiles vers l'Orient, quand on rapporte leurs positions à celle de l'équinoxe; phénomène qui est connu sous le nom de précession des équinoxes, et que Newton explique en l'attribuant à un mouvement dans l'axe de la terre produit par l'attraction du soleil et de la lune.

307. On a dressé, depuis Hyparque, divers catalogues d'étoiles fixes. De ce nombre est celui de Ulugh-Begh, construit en 1437; il comprenait près de mille étoiles, et mérite d'être signalé comme production d'un prince souverain qui joi-

gnait ses travaux à ceux de ses astronomes. Celui de Tycho-Brahé est également digne d'être rappelé. Formé en 1600 et chargé de 777 étoiles, il devait son origine à un phénomène du genre de celui qui fixa l'attention d'Hyparque. Dans des temps moins éloignés, des astronomes pourvus des meilleurs instrumens que fournit leur époque, établis dans des observatoires, magnifiquement dotés par les souverains, les gouvernemens des diverses nations de l'Europe ont travaillé et travaillent encore, à l'envi les uns des autres, à étendre leurs catalogues et à déterminer avec précision le lieu de chaque étoile.

308. La distance des étoiles fixes est telle, que toutes les tentatives qu'on a faites n'ont pu jusqu'à présent lui assigner de limite. Les astronomes cependant n'ont cessé de chercher à la déterminer, soit en prenant pour unité les dimensions du système particulier que forment le soleil et les planètes, soit en prenant celles de la terre même. Plusieurs ont cru y être parvenus ou du moins avoir fourni des bases pour décider une si importante question; mais les phénomènes sur lesquels ils s'appuyaient étaient dus à des causes différentes de celles auxquelles ils les rapportaient, ou à des erreurs qui tenaient à l'imperfection des instrumens qu'ils employaient, ou enfin à l'inexactitude des observations elles-mêmes.

309. La seule chose qui pût nous donner aujourd'hui un aperçu de la distance des étoiles fixes, serait un changement annuel de sa position appa-

rente, qui serait produit par le mouvement de la terre autour du soleil, connu sous le nom de *parallaxe annuelle*, et qui n'est pas autre chose que la mesure de la grandeur apparente de l'orbite de la terre vue de l'étoile. Plusieurs observateurs se sont imaginés qu'ils avaient trouvé une valeur appréciade cette parallaxe; mais, à mesure que les instrumens astronomiques se sont perfectionnés, le nombre qu'ils avaient assigné a été successivement réduit dans des limites plus serrées, plus étroites. On s'est même assuré que cette valeur était du même ordre que l'erreur que les instrumens peuvent entraîner. Que conclure de là ? que la quantité dont il s'agit est trop peu considérable pour que, dans l'état des choses, on puisse l'évaluer d'une manière exacte, et que par conséquent la distance des étoiles est telle, que l'imagination la plus hardie n'ose lui assigner un terme. Mais ces excessives dimensions en supposent d'autres non moins prodigieuses, car si les étoiles se trouvent placées à des distances inouies, elles doivent avoir un volume immense ; elles doivent égaler, surpasser même celui du soleil, former peut-être les centres d'autres systèmes planétaires, ou avoir une destination qui n'a rien d'analogue autour de nous, dont nous ne pouvons nous faire une idée d'après les corps qui nous entourent.

310. Les catalogues publiés à diverses époques ont donné lieu à des rapprochemens curieux. On a comparé les variations d'éclat, de position, que présentent les étoiles: on a reconnu qu'il y en a qui

perdent, qui recouvrent périodiquement leur lustre; que plusieurs ont disparu sans laisser même de traces visibles avec les plus puissans télescopes. A mesure que la construction des instrumens d'astronomie et d'optique s'est perfectionnée, la connaissance du ciel s'est étendue. On a mieux suivi le cours des astres; on l'a calculé avec plus de précision. La position des étoiles principales que renferme l'hémisphère Nord et une grande partie de celles du Midi sont si bien connues aujourd'hui qu'on ne peut manquer de découvrir si elles ont quelque mouvement propre. C'est, en effet, ce qui a lieu dans un grand nombre de cas.

311. Ce n'est néanmoins que dans ces derniers temps qu'on s'est occupé des petites étoiles d'une manière spéciale, et il est hors de doute que, tôt ou tard, cette étude conduira aux résultats les plus curieux et les plus importans. L'examen qu'on a fait de ces étoiles avec de bons télescopes, le soin qu'on a mis à déterminer exactement leur position à l'aide d'instrumens délicats, ont produit des masses d'observations, des catalogues considérables, où se trouvent déjà des milliers d'étoiles que l'œil nu ne peut discerner. Cet examen a conduit à la découverte d'une foule de faits importans, curieux; il a révélé l'existence de classes entières de corps d'une nature telle, qu'elle autorise toutes les suppositions qu'on peut faire sur l'étendue et la construction de l'univers.

312. Parmi les corps nouveaux les plus remarquables peut-être sont les étoiles doubles, ou étoi-

les qui paraissent simples à l'œil nu, ou avec un faible télescope. Mais, considérées avec un très fort instrument, elles présentent deux masses presque unies ensemble qui décrivent la plupart, des ellipses régulières l'une autour de l'autre, et obéissent, autant qu'on a pu s'en assurer, aux mêmes lois qui régissent les mouvemens planétaires. Rien n'est plus propre à donner une haute idée de l'échelle sur laquelle sont construits les cieux que ces magnifiques systèmes. Quand on voit ces corps immenses réunis par couple, décrire, sans doute en vertu de la loi de gravitation qui régit toutes les parties de notre système, ces immenses orbites qu'ils sont des siècles à parcourir, nous admettons à la fois qu'ils ont dans la création un but qui nous échappe, et que nous sommes arrivés au point où l'intelligence humaine est forcée d'avouer sa faiblesse, de reconnaître que l'imagination la plus riche ne peut se former du monde une conception qui approche de la grandeur du sujet.

Géologie.

313. Les recherches d'astronomie physique sont tout-à-fait insuffisantes pour nous faire remonter à l'origine de notre système, ou nous reporter à une époque où son état différait dans quelque partie essentielle de ce qu'il est maintenant. Ni les causes qui agissent aujourd'hui, ni nos calculs, quelque loin que nous les poussions pour

évaluer leurs effets, ne nous mettent à même de saisir dans les phénomènes généraux du système planétaire, soit une preuve de commencement, soit un indice de fin. Les géomètres, comme nous l'avons déjà dit, ont démontré que, quelles que soient les fluctuations qui peuvent survenir dans les élémens des orbites des planètes à raison de leur attraction mutuelle, l'équilibre général des diverses parties dont le système se compose se maintiendra toujours, et que toute déviation d'un état moyen sera périodiquement compensée. Mais ni les recherches de l'astronomie physique ni celles de la géologie ne nous autorisent à regarder notre système, ou le globe que nous habitons, comme ayant une durée éternelle. Loin de là, il y a dans sa constitution physique des circonstances qui indiquent, quoique d'une manière obscure, éloignée, une origine, une formation. Ainsi, par exemple, la figure de la terre n'est pas sphérique, mais elliptique, et l'attraction qu'elle exerce est telle, que nous sommes obligés d'admettre qu'elle est plus dense à l'intérieur qu'à l'extérieur, et que cette densité croît avec une sorte de régularité de la surface au centre. Et cette augmentation a lieu en couches elliptiques autour du centre; circonstances qu'on pourrait difficilement concevoir, sans un dépôt successif de matériaux qui permettent à la pression de se transmettre librement d'une partie à l'autre, lors même que nous hésiterions à admettre un état de fluidité primitive.

314. Mais on ne peut tirer de ces indications aucune conclusion bien distincte. Et si on se livre à quelques conjectures sur le premier état du globe, sur la succession d'événemens qui ont pu de loin en loin changer la forme, la condition de sa surface, il faut se renfermer dans des limites beaucoup moins étendues, se borner à des sujets plus accessibles que la création du monde, les causes qui ont déterminé de sa figure. Ces sortes de questions étaient, il est vrai, celles qu'affectionnaient autrefois les géologues; mais, depuis un demi-siècle, cette branche de connaissances a pris une autre direction et s'est peu à peu rangée au nombre des sciences inductives. Ceux qui la cultivent ne se se fatiguent plus à imaginer des théories sur la manière dont la terre est sortie du chaos, sur la série de transformations par lesquelles elle a passé. Ils se bornent à recueillir, à étudier ce qui reste d'indices de son ancien état, à rassembler les preuves d'une vie, d'une habitation primitive qu'attestent les débris organisés qui sont stratifiés, conservés dans ses couches.

315. Des indices semblables ne sont ni vagues, ni peu nombreux. Ils peuvent sans doute, si on les adopte aveuglément, conduire à des méprises; mais, en somme, ils ont une signification claire, satisfesante. Ils prouvent d'une manière incontestable que tous ou presque tous les continens actuels ont été anciennement submergés, qu'ils ont reçu les débris de terres qui n'existent plus, qu'ils sont devenus le réceptacle des fragmens

d'animaux, de plantes que renfermaient les eaux qui les recouvraient, des résidus que le lavage enlevait aux terres.

316. On a successivement découvert, étudié une partie de ces débris, et leur examen a fourni la preuve de l'existence primitive d'un état de nature animée, tout-à-fait différent de celui que le globe nous présente aujourd'hui, et d'une époque antérieure à celle où il est devenu l'habitation de l'homme. Il y a mieux : il nous a fourni la preuve d'une série de périodes de durées inconnues, pendant lesquelles la terre et la mer ont été chargées de formes de vie animale et végétale qui ont successivement disparu, ont fait place à d'autres, celles-ci à de nouvelles races qui s'approchaient de plus en plus de celles qui vivent aujourd'hui et renfermaient des espèces qui n'ont plus d'analogues.

317. Ces débris d'un état primitif de nature ainsi merveilleusement conservés comme d'anciennes médailles, de vieilles inscriptions dans les ruines d'un empire, fournissent une sorte de chronologie grossière à l'aide de laquelle on peut faire, des couches successives où on les trouve, autant d'époques plus ou moins définies et toutes caractérisées par quelques circonstances qui nous mettent à même de reconnaître des dépôts d'une période quelconque, quelle que soit la partie du monde où on la découvre. Jusqu'à présent, l'ordre de succession dans lequel ces dépôts ont été formés, paraît avoir été le même dans tous les points du globe.

318. Plusieurs des couches qui portent avec elles la preuve qu'elles ont été déposées au fond de la mer, qu'elles l'ont été, comme la chose est naturelle, d'une manière horizontale, se trouvent inclinées, quelquefois même verticales. Elles présentent des traces de violence, dans leurs inflexions, dans leur fracture, dans la dislocation de parties qui, autrefois, étaient contiguës, elles en présentent même dans l'existence de ces vastes collections de fragmens brisés qui témoignent des efforts employés pour déterminer au moins quelques-uns des changemens qui ont eu lieu.

319. Parmi les roches, il y en a qui portent avec elles la preuve qu'elles sont dues à un dépôt sous-marin, et d'autres qui montrent, au contraire, qu'elles sont le produit de volcans ou de tout autre mode d'action ignée. Les exemples de cette espèce se rencontrent dans toutes les parties de la terre, dans toutes les couches, en si grand nombre et sur une telle échelle, qu'on peut regarder les volcans, les tremblemens de terre comme autant de causes qui ont concouru à ces destructions de niveau, à ces violentes dislocations dont nous trouvons des traces à chaque pas.

320. En tout cas, les géologues ne cherchent plus à expliquer ces changemens comme ils le fesaient autrefois. Ils ne recourent plus à des causes hypothétiques, telles qu'un déplacement de l'axe de rotation de la terre qui soulève la mer et inonde le continent, en altérant la position du petit et du grand diamètre du sphéroïde, ni aux ma-

rées produites par l'attraction de comètes qui s'approchent brusquement très-près du globe, ni à aucune autre hypothèse de ce genre. Ils cherchent à se tenir à l'étude rigoureuse des causes qui agissent au moment même. Ils cherchent à s'assurer d'abord jusqu'à quel point elles peuvent rendre compte des faits observés, et expliquer d'une manière plausible les effets qui, envisagés comme phénomènes résidus, ne s'adaptent pas aux théories. Cela une fois fait, du moins en partie, nous pouvons prononcer avec plus de sécurité sur la nécessité d'admettre une longue série d'effroyables, de désastreuses catastrophes, de cataclysmes: nous pouvons mieux décider, s'il est nécessaire, de recourir à cette suite d'époques de confusion, de violence, que quelques géologues regardent (peut-être avec raison) comme indispensables pour rendre compte de la configuration du globe; nous saurons distinguer les effets dont la production exige la brusque application d'efforts rudes, convulsifs, et ces révolutions, peut-être tout aussi vastes, qui sont dues à des forces aussi puissantes si elles ne le sont pas davantage, mais moins irrégulières, et distribuées de manière à ne donner lieu à aucun de ces interrègnes d'anarchie et de chaos que nous sommes disposés à considérer (peut-être à tort) comme deux ombres qui obscurcissent l'ordre, l'harmonie de la nature.

321. Mais apprécier exactement les effets des causes dont s'occupe la géologie n'est pas chose fa-

cile. Il n'y a pas de moyen *à priori*, de procédé déductif à l'aide duquel on puisse évaluer la somme de l'érosion annuelle, par exemple, que produisent sur un continent les agens météoriques, la pluie, les vents, la gelée, etc. On peut encore moins affirmer jusqu'où s'étend la destruction que la violence de la mer porte sur les côtes, la quantité de laves que vomissent chaque année les volcans sur toute la surface du globe ou autre effet semblable. Consulter l'expérience sur tous ces points est une chose longue, pénible, si on veut le faire avec soin, et qui pourra induire en erreurs graves, si on le fait avec négligence, d'une manière incomplète. Il faut beaucoup donner à l'hypothèse, au tact qui souvent en tient lieu, et la devance. Cela ne dispense pas, néanmoins, de faire tous les efforts possibles pour éclaircir des points qui seuls sont en état de faire de la géologie, sinon une science expérimentale, au moins une science de cette espèce d'observations actives, actuelles, qui s'en approche le plus quand on ne peut recourir à l'expérience.

322. Prenons un exemple; cherchons à résoudre cette question : « Dans quelle direction ont lieu aujourd'hui les changemens produits dans le niveau relatif des continens et des mers? » Si nous nous en tenons à l'expérience partielle, c'est-à-dire, si nous nous bornons aux données que nous possédons au sujet des traces que la mer a anciennement laissées, aux sondages, etc., nous ne recueillons qu'une masse de données plus ou moins

exactes, mais insuffisantes. Il est clair qu'il n'y a d'autre moyen de résoudre le problème que de déterminer par des observations précises, faites avec soin, des stations convenables placées sur les points de la côte où se trouvent des traces naturelles qui ne soient pas susceptibles de varier dans l'espace d'au moins un siècle, la véritable élévation de ces traces au-dessus du niveau moyen de la mer, et de multiplier suffisamment ces stations sur toute la surface du globe, pour que les résultats qu'elles produisent soient véritablement utiles. Or, l'opération n'est pas aisée. Elle demande trop d'exactitude; car le niveau moyen de la mer ne peut être déterminé par une seule observation, non plus que la hauteur moyenne du baromètre à une station donnée, attendu qu'elle est affectée par les fluctuations périodiques des marées, par celles que produisent accidentellement les vents, les ondulations et les courans. Néanmoins, si on avait un instrument approprié à cet usage, qu'il fût simple, facile, soumis à des règles précises, on aurait bientôt, si des observateurs étaient répandus sur le globe, une masse de données précises. Elles formeraient un point de départ pour la génération suivante et constitueraient la base de la seule espèce d'argumens qui puissent être décisifs dans des sujets semblables.

323. La géologie, attendu la grandeur et la beauté des objets dont elle s'occupe, doit être placée dans l'échelle des sciences immédiatement après l'astronomie. Comme l'astronomie, elle ne mar-

che, elle n'avance qu'à l'aide des observations qu'ont accumulées les siècles. Mais ici se borne l'analogie ; car, considérée dans toute son étendue, c'est au plus si l'on peut dire que les observations qui lui servent de base sont ébauchées. Il y a néanmoins entre elles une différence qui est tout à l'avantage de la dernière. On ne peut dans l'astronomie faire revivre le passé ni anticiper sur l'avenir; l'observation est par conséquent bornée à un simple fait et à un instant unique. Dans la géologie, au contraire, les faits sont toujours subsistans ; on peut les examiner, les réexaminer encore, les étudier chaque fois qu'on le veut, et ils n'exigent pour livrer toutes les indications qu'ils renferment, que d'être interrogés avec persévérance, avec discernement. Il n'y a malheureusement qu'une bien petite partie du globe qui ait été examinée en détail avec soin. Cette petite partie n'a même été étudiée que dans son écorce; car on ne peut considérer que comme des égratignures les excavations qui ont été faites; attendu que les mines les plus profondes qui aient été percées ne s'étendent pas à la dix millième partie de la distance qui sépare la surface du centre de la terre. Les indications déduites d'un examen si limité ne peuvent naturellement être considérées que comme provisionnelles, si ce n'est cependant dans des cas remarquables où les grandes formations se présentent,sans exception, dans le même ordre, sur des points fort éloignés. Il n'en peut néanmoins long-temps être ainsi. L'esprit de suite avec

lequel on se livre depuis quelques années à ces recherches a amené les plus heureux résultats, et conduit à une foule de découvertes surprenantes et inattendues. L'investigation en est devenue plus vive, plus animée. On a étudié l'Angleterre, les continens, les îles ; on a interrogé jusqu'à l'Inde, et partout on a recueilli des renseignemens précieux.

324. Il est à désirer que les gouvernemens donnent toutes les facilités, tous les encouragemens possibles aux recherches, aux tentatives qui se font dans les diverses branches des sciences. C'est le seul moyen d'étendre, de perfectionner les notions que nous avons sur l'état actuel de la surface du globe, sur celui des animaux, des végétaux, des mers, des continens anciens. C'est aussi le seul qui puisse compléter les connaissances que nous possédons sur ceux qui existent aujourd'hui, sur l'influence que les changemens de climats, de nourriture, etc., produisent sur eux.

CHAPITRE IV.

DE L'EXAMEN DES PRINCIPES MATÉRIELS QUI CONSTITUENT LE MONDE.

Minéralogie.

325. L'étude de l'histoire et de la structure du globe, l'examen des fossiles que renferment ses couches, nous conduisent naturellement à considérer les matériaux dont il se compose. L'his-

toire de ces matériaux, leurs propriétés, comme objets de recherches philosophiques, leur application aux arts utiles, aux embellissemens de la vie, ainsi que les caractères qui les distinguent les uns des autres, constituent la minéralogie dans son acception la plus étendue.

326. Il n'y a pas de branche de science qui ait avec les autres autant de points de contact, et qui lie entre eux plus de sujets de recherches. Elle fournit des notions précieuses au géologue, au chimiste, à l'opticien, au cristallographe, au physicien; elle est le champ de la plupart des plus importantes découvertes. Cependant, si on en excepte la chimie, il n'y a pas de branche de connaissances qui ait subi plus de révolutions, qui ait présenté une plus grande variété de formes. Elle était, on peut le dire, à peine connue des anciens, et rien n'était, encore tout récemment, plus imparfait que ses descriptions; plus artificiel, plus mal conçu que ses classifications. On avait, il est vrai, donné quelque attention aux minéraux qui ont de l'importance dans les arts, qui servent dans l'économie domestique, ou dont on extrait les métaux. On les avait examinés sous le rapport de leur utilité, de leur valeur commerciale, mais jusqu'au moment où l'on étudia leurs formes cristallines, où l'on reconnut qu'elles déterminaient leurs caractères, il n'y avait pas un minéralogiste qui pût véritablement rendre compte de la différence que présentaient deux minéraux.

327. Ce ne fut que lorsque l'analyse chimique

eut acquis un certain degré de précision, qu'elle fut devenue susceptible d'une application générale, qu'on commença à sentir toute l'importance de la minéralogie comme science, qu'on se fit une idée nette du rapport qu'il y a entre les caractères extérieurs d'une pierre et les ingrédiens dont elle se compose. De tous ces caractères cependant, aucun ne se présentait d'une manière si tranchée, si distincte que la forme cristalline. Géométrique au plus haut degré, elle fournit, comme on pouvait naturellement le supposer, la preuve la plus décisive du rapport nécessaire qu'il y a entre elle et la composition intime de la substance. On ne saisit néanmoins toute l'importance de ce caractère qu'au moment où l'on reconnut le rapport qu'il a avec la texture ou le clivage d'un minéral. Il fallut même alors, de nombreux, de frappans exemples de la sagacité avec laquelle Haüy et d'autres minéralogistes célèbres annonçaient, d'après la mesure des angles des minéraux qui jusque-là avaient été confondus ensemble, les différences qu'on devait trouver dans leur composition chimique; annonces qui toutes avaient été vérifiées par l'expérience qu'on ne sentait pas encore le véritable prix de ce caractère; ce qui tenait en grande partie à l'importance que les minéralogistes allemands mettaient aux caractères extérieurs, tels que l'aspect, le toucher, le poids, la couleur, et autres propriétés de ce genre qui sont peu susceptibles, si on en excepte le poids, d'une évaluation exacte, et qui

peuvent varier matériellement dans différens échantillons du même minéral. Peu à peu cependant, on sentit la nécessité de tenir compte d'un caractère si tranché. On la sentit surtout lorsqu'on eut remarqué que ce même signe qui indiquait le rapport intime qu'il y a entre la forme extérieure et la structure intérieure, donnait au minéralogiste le moyen de réduire toutes les formes dont un minéral est susceptible, à un type général ou forme primitive, et le mettait à même de rendre compte d'une manière élégante et théorique des formes définies qu'il affecte.

328. Une simple, une élégante invention de Wollaston, le goniomètre réflecteur, donna une nouvelle impulsion à cette manière de voir, en mettant chacun à même d'examiner les plus petits fragmens d'un cristal brisé, de connaître, de vérifier ce caractère essentiel qui, dans le système d'Haüy, constitue l'identité d'un minéral. L'emploi d'une méthode si prompte et si exacte conduisit rapidement à d'importans résultats, ainsi qu'à une distinction plus minutieuse d'espèces minérales qu'on eût encore obtenue. L'analyse chimique confirma ce qu'avait annoncé la théorie, et imprima à tous ces résultats un caractère qu'ils n'avaient jamais eu.

329. Cependant, les progrès de l'analyse chimique ont conduit à l'importante conclusion que tout composé susceptible de prendre l'état solide, le prend toujours sous une forme cristalline déterminée. Les progrès qu'a faits l'optique ont

montré, d'une autre part, que la forme cristalline, fondamentale au moins dans le cas des corps transparens, produit une série de propriétés optiques non moins curieuses qu'importantes relativement aux affections de la lumière, dans son passage à travers ces sortes de substances. Ainsi, sous quelque forme qu'on l'envisage, ce caractère a acquis une nouvelle importance, et l'étude des formes cristallines des corps, en général, prend celle d'une branche de science séparée, indépendante, dont les formes géométriques du monde minéral ne constituent qu'un cas particulier. La minéralogie reste, cependant, comme branche d'histoire naturelle, distincte de l'optique et de la cristallographie. Le minéralogiste est satisfait; il pense avoir accompli sa tâche, si ce n'est sous le rapport de l'histoire naturelle, au moins sous celui de l'arrangement, de la classification, quand il a donné une description d'un minéral, telle qu'on puisse le distinguer de tout autre, que la description mette chacun à même, dans quelque lieu qu'on rencontre un minéral semblable, de lui donner son nom, de lui assigner une place dans son système, et qu'on n'ait qu'à recourir à son livre pour trouver tout ce que le chimiste, l'opticien, le lapidaire ou l'artiste peuvent désirer savoir. Ce n'est pas, au surplus, entreprise facile. A peine si les plus habiles minéralogistes, malgré de pénibles recherches, l'ont accomplie. On peut apprécier les difficultés qu'elle présente, par le petit nombre de minéraux simples, ou minéraux à carac-

tères bien tranchés, bien nets qui ont été obtenus jusqu'ici. Et cela ne paraîtra pas étonnant, si l'on considère que la masse de roches, de pierres qui entrent dans la couche extérieure du globe, ne se compose d'autre chose que du *détritus* de vieilles roches, dans lequel les fragmens et la poussière d'une infinie variété de substances sont mêlés en une foule de proportions différentes, et de manière à braver la séparation. Plusieurs de ces roches, si composées néanmoins, se présentent souvent avec une uniformité de caractère assez grande pour recevoir des noms et d'utiles applications. A la vérité, sous le dernier rapport, les minéraux de cette espèce surpassent de beaucoup tous les autres; ils méritent, par conséquent, attention, comme objets d'histoire naturelle, quelque difficile qu'il puisse être de leur assigner une place dans quelque classification artificielle que ce soit.

330. La rareté des minéraux simples est plus apparente que réelle; et l'on ne peut douter que le nombre ne s'en étende avec les recherches des cristallographes et des chimistes. On ne peut pas non plus douter que, dans le travail de la nature, il ne se forme incessamment, dans tous les genres, des composés qu'on ne connaissait pas encore. Aussi, remarque-t-on que les laves, les scories que vomissent les volcans, sont des réceptacles où l'on découvre, à chaque instant, de nouveaux produits minéraux, tandis que les formations primitives, comme disent les géologues, qui ne présentent aucun signe d'où l'on puisse inférer

qu'elles sont dues à la destruction d'autres substances, sont aussi très remarquables par la beauté, la netteté des caractères de leurs minéraux.

331. On éprouve une grande difficulté à classer les substances minérales, d'après leur composition chimique; et cette difficulté tient à ce qu'on rencontre dans plusieurs échantillons de minéraux qui, sous d'autres rapports, sous celui de la forme entre autres, semblent devoir être considérés comme identiques, des principes étrangers à la composition de leur espèce; quelquefois même on les rencontre en assez grande proportion pour qu'on ne puisse attribuer leur présence à des impuretés accidentelles. Cette circonstance, quelques anomalies observées dans la classification des minéraux d'après leurs formes cristallines, qui semblent établir que la même substance peut accidentellement se présenter sous deux formes distinctes, comme aussi quelques coïncidences remarquables entre les formes de corps tout-à-fait différens sous le rapport chimique, ont donné récemment naissance à une branche de cristallographie aussi curieuse qu'importante. L'isomorphisme de certains groupes d'élémens chimiques nous a déjà fourni un exemple qui prouve comment les inductions se vérifient quelquefois d'une manière inattendue (voyez 180). Les lois, les rapports qui se trouvent ainsi inopinément mis en saillie, forment une des parties les plus curieuses et les plus intéressantes de la science moderne. Elles promettent un vaste champ aux recherches de la chi-

mie et de la minéralogie. Elles ont déjà fourni une foule de beaux exemples de cette marche progressive qui fait disparaître les anomalies, rentrer dans l'expression générale des lois physiques, des résultats qui semblaient incompatibles avec elles, et confirmer ces lois par les faits même qui, au premier abord, paraissaient devoir les renverser. Rien n'est, en effet, plus remarquable que de voir les principes que chimistes et minéralogistes regardaient comme un embarras, comme le produit de quelque circonstance fortuite, appelés à appuyer la théorie, à la venger du reproche, qu'on lui adressait, de mal interpréter l'expérience, d'arranger les résultats.

Chimie.

332 La chimie s'occupe de la constitution intime des corps, non sous le rapport de leur *structure*, ou de la manière dont leurs parties sont disposées les unes à l'égard des autres, mais sous celui des *matériaux* ou des ingrédiens dont ces parties se composent. Un corps solide peut être envisagé comme un édifice plus ou moins régulièrement, plus ou moins artificiellement construit, et dont les matériaux, le travail, peuvent être considérés séparément; dont le dernier même peut être détruit par la violence, sans que le premier subisse la moindre altération dans sa nature. Celui-ci disparaîtrait que tout le changement que subirait celui-là se bornerait à une autre disposition. Les liquides, les fluides aériformes présentent une struc-

ture moins variée; ils se dispersent, se dissipent même avec beaucoup plus de facilité. Néanmoins, ils offrent la même diversité de principes; et cette diversité leur donne des propriétés qui diffèrent extrêmement entre elles.

333. L'activité inhérente à la matière est établie non-seulement par la production du mouvement que déterminent les attractions, les répulsions mutuelles des masses éloignées ou contiguës, mais encore par les changemens, les transformations que subissent différentes substances par une simple mixtion. Si on ajoute de l'eau à de l'eau, du sel à du sel, la quantité seule est accrue, la qualité n'éprouve aucune altération. Dans ce cas, l'action des molécules est purement mécanique. Si, au contraire, on prend une poudre bleue et une poudre jaune, parfaitement sèches, et qu'on les mêle, qu'on les incorpore bien ensemble, on obtient une poudre verte; mais cet effet est simplement produit par le mélange de la lumière bleue et de la lumière jaune, qui sont réfléchies indépendamment, séparément par les molécules de chacune de ces deux poudres. Le microscope en fournit la preuve; car, si l'on examine le mélange, on discerne parfaitement les grains bleus et jaunes, on les voit séparés sans altération. Si on fait la même expérience avec des liquides colorés et susceptibles de se mêler sans exercer entre eux d'action chimique, on obtient également une couleur composée; mais, dans ce cas, l'emploi du microscope ne fait découvrir aucun des ingré-

diens. La raison en est simple : les molécules sont trop tenues et le mélange trop intime, pour qu'on puisse rien discerner. A la longue, cependant, et à l'aide du microscope, en prenant les poudres grain à grain, on peut parvenir à isoler les substances dont elles se composent. Mais, quand les liquides sont mêlés, il n'y a plus de séparation mécanique praticable; les molécules sont si petites qu'elles échappent à toutes les recherches. Ce composé, néanmoins, doit encore être consideré comme un simple mélange, comme un mélange dont les propriétés sont intermédiaires entre celles des liquides qui le composent. Il s'en faut, cependant, qu'il en soit ainsi pour tous les liquides. Quand deux solutions parfaitement limpides, l'une de potasse, par exemple, et l'autre d'acide tartarique, sont mêlées en proportions convenables, il se forme une grande quantité de substance saline, qui se précipite au fond du vase où se fait le mélange. Cette substance n'a aucun rapport avec la potasse ni avec l'acide tartarique; le liquide qui la surnage n'offre ni la saveur ni aucune des autres qualités sensibles qui appartiennent aux ingrédiens mélangés; il diffère complètement de l'un et de l'autre. Il y a évidemment ici plus qu'un mélange, il y a changement dans la nature intime des ingrédiens, et production d'une substance qui n'existait pas auparavant. Et cette substance est due à l'union des ingrédiens qu'on a mis en contact; car, si on l'examine, on trouve qu'il n'y a eu aucune perte, que le poids

du mélange est la somme des poids des substances mêlées. La potasse et l'acide tartarique ont, cependant, disparu, et le poids du nouveau produit est exactement égal à celui de l'acide tartarique et de la potasse employés, pris ensemble, à l'exception d'une petite quantité qu'on peut même recueillir au moyen de l'évaporation. Ces deux corps sont, par conséquent, combinés et adhèrent ensemble avec une force de cohésion suffisante pour faire passer un liquide à l'état solide; et, pour déployer cette force, il n'a fallu que mettre en contact les deux substances à l'état de solution.

334. L'objet de la chimie est d'étudier ces changemens, et autres de cette espèce, de rechercher le phénomène inverse, celui où une substance est résolue en deux, trois etc., qui présentent des propriétés différentes de celles dont elle jouit elle-même, ou dont jouissent quelques-uns des produits auxquels elle a donné naissance. Elle recherche, elle analyse tout ce qui peut exercer sur elles quelque influence, tout ce qui peut déterminer, modifier ou suspendre leur action, soit que cette influence soit exercée par la chaleur ou par le froid, le temps et le repos, par l'agitation, la pression, ou par un des agens que nous avons étudiés, tels que l'électricité, la lumière, le magnétisme, etc.

335. La violente activité que prennent tout-à-coup des substances qui sont communément inertes, les merveilleuses, les soudaines transforma-

tions dont elle s'occupe, et surtout la lumière qu'elle jette sur une foule d'opérations qui s'accomplissent chaque jour sous nos yeux, ont contribué à rendre la chimie une des branches de science les plus populaires comme une des plus utiles et des plus étendues. Aucune ne s'est développée avec plus de force dans le cours du siècle dernier, aucune n'a plus contribué à développer, à perfectionner les autres. Une des principales causes peut-être de sa popularité, c'est qu'on la regarde comme celle de toutes qui est la plus complètement expérimentale, et ses théories sont en général plus faciles et d'une prompte application; elles ne demandent par conséquent pas grande contention d'esprit, et exigent encore moins ces profondes recherches qui appartiennent aux mathématiques. Le simple procédé de généralisation inductive fondé sur l'examen de faits nombreux, et présentant tous un véritable intérêt intrinsèque, a suffi le plus souvent pour conduire d'une manière claire et directe aux lois les plus élevées qu'on ait obtenues. Mais, d'un autre côté, ces lois, quand elles sont établies, ne peuvent, si on excepte des cas très limités, mener à la connaissance déductive des faits particuliers qu'on étudie, à moins qu'on ne procède avec une réserve extrême et qu'on ne recoure sans cesse à l'expérience comme moyen d'épreuve. Nous sommes ainsi fondés à regarder les *axiomes* de chimie, les véritables instrumens du raisonnement déductif, comme inconnus et devant l'être long-temps en-

core. Ce n'est pas la faute des chimistes, qui ont compté parmi eux des hommes du plus grand talent et de la plus admirable sagacité, mais celle du sujet qui est compliqué et de la multitude de causes diverses qui concourent à la production du plus simple phénomène.

336. L'histoire de la chimie (sur laquelle cependant nous ne nous étendrons pas), présente le plus grand intérêt pour ceux qui aiment à suivre la marche de l'esprit humain à travers les doutes et les méprises. Elle peut se diviser en plusieurs périodes : 1° celle des alchimistes, triste époque dans les annales des folies humaines; 2° celle des doctrines du phlogistique de Becher et de Stahl qui, pouvant choisir entre deux voies, prirent la mauvaise, comme si le génie de l'homme devait toujours porter avec lui la preuve de sa faiblesse. Cette théorie, appuyée sur de grands noms, des vues ingénieuses, des expériences plausibles, fut adoptée partout, et cependant ne répondit à aucun des appels qui lui furent adressés. Résultat qui ne tenait ni à de fâcheuses coïncidences, ni à des observations mal faites, mais à la nature de la théorie elle-même qui arrêta les progrès de la science, autant, toutefois, qu'une théorie peut arrêter la marche d'une science expérimentale. Elle plongea dans la perplexité ceux qui s'occupaient de recherches, elle jeta un faux air de contradiction sur leurs expériences, répandit la défaveur sur l'exactitude numérique et substitua aux vrais principes, à ceux qui agissent réellement

dans la nature, une multitude de causes imaginaires, d'aperçus fantastiques. Ainsi, il y a dans la combustion d'un combustible, qui ne se dissipe pas en fumée par l'action du feu, accroissement de poids; les cendres qu'il laisse pèsent plus qu'il ne pesait lui-même. A peine, néanmoins, donnait-elle quelque attention à un fait si grave. Elle supposait qu'il tenait à un dégagement de phlogistique ou principe de la combustibilité qu'elle considérait comme l'élément du feu même ou comme combiné en quelque sorte avec lui, et, partant, essentiellement léger. Or, cet accroissement de poids, on sait aujourd'hui qu'il est dû à l'absorption et à la combinaison d'un principe contenu dans l'air, l'*oxigène;* principe qui est essentiellement pesant. Elle ne fesait, sous le rapport du poids, aucune différence entre un corps pesant qui se fixe et un corps léger qui se dégage. Il y en a pourtant une capitale sous le point de vue philosophique, c'est que l'oxigène est un corps réel et que le phlogistique est une substance tout-à-fait imaginaire. Le premier est une cause véritable (*vera causa*); le deuxième n'est qu'un être de raison imaginé pour rendre compte de ce que l'autre explique beaucoup mieux.

337. La troisième période de la chimie, qu'on peut en quelque sorte appeler l'époque de la chimie moderne, date de 1786, de l'époque où Lavoisier, par une série d'expériences mémorables, renversa à jamais la théorie de Sthal, et fit de la chimie une science exacte, une science de nom-

bres, de poids et de mesures. Dès lors, elle n'a cessé de faire des progrès rapides, et aujourd'hui même ses développemens sont plus étendus qu'ils ne l'ont encore été. Les principaux traits qui caractérisent sa marche progressive peuvent être résumés sous les chapitres suivans :

1° La découverte des premiers, si ce n'est des derniers élémens de tous les corps, et l'accroissement du nombre de leurs principes qui va aujourd'hui de 50 à 60;

2° Le développement de la doctrine de Blake sur la chaleur latente avec la série de ses conséquences, qui renferme la théorie scientifique de la machine à vapeur;

3° L'établissement de la loi des proportions définies de Wenzel, loi fondée sur ses expériences, sur celles de Ricter, et qui, depuis, s'est fondue dans la théorie atomique de Dalton ;

4° La détermination précise des poids atomiques des différens élémens de la chimie, détermination qui est principalement due à l'admirable sagacité de Berzelius, ainsi qu'aux recherches des chimistes suédois, allemands, et à Thompson;

5° L'assimilation des gaz et des vapeurs, qui nous conduit à regarder généralement les premiers comme des cas particuliers des dernières; généralisation qui est due surtout aux expériences de Faraday sur la condensation des gaz, et à celles de Gay-Lussac et de Dalton sur les lois de leur expansion par la chaleur comparée avec celle des vapeurs;

6° L'établissement des lois de la combinaison des gaz et des vapeurs à volumes définis par Gay-Lussac;

7° La découverte des effets chimiques de l'électricité et l'action décomposante de la pile voltaïque par Nicholson et Carlisle; la recherche des lois que suit cette décomposition, par Berzelius et Hisinger; la décomposition des alcalis, par H. Davy, et les nouveaux, les énergiques agens qu'ont fournis à la chimie leurs bases métalliques;

8° L'application de l'analyse chimique à tous les objets dont se compose la nature organique et inorganique; la découverte de leurs derniers principes constituans, celle de quelques élémens prochains de la matière organique, et la reconnaissance des importantes distinctions qui semblent séparer entre elles ces grandes classes de corps;

9° Les applications de la chimie aux innombrables procédés des arts, et, entre autres objets utiles, à la découverte des principes médicaux essentiels des végétaux, ainsi qu'aux médicamens que fournit le règne minéral;

10°. L'établissement d'un rapport intime entre la composition chimique et la force cristalline, par Haüy, Vauquelin, avec les rectifications successives que ce rapport a subies par les travaux de Mitscherlich, Rose et autres, ainsi que les progrès des connaissances chimiques et cristallographiques.

338. Discuter ces divers chapitres en détail serait faire un traité de chimie; mais quelques observations sur deux ou trois d'entre eux ne seront pas déplacées. Elles le seront d'autant moins qu'elles portent sur les principes généraux qui régissent toute espèce de recherches. Nous remarquons d'abord au sujet de la découverte de nouveaux élémens, que la chimie philosophique ne prétend pas plus déterminer le principe essentiel dont les divers corps sont formés, le principe constitutif de l'univers, que l'astronomie ne prétend découvrir l'origine des mouvemens planétaires dans l'application d'une force projectile suivant une direction déterminée, ou la géologie remonter à la création de la terre. Quelques relations simples qui ont été découvertes dans les poids atomiques des corps semblent indiquer qu'il y a là un champ pour la spéculation, mais la chimie se borne à s'emparer de quelque fait marquant que nous révèle le hasard ou le progrès des sciences. La multiplication des corps élémentaires envisagés sous ce point de vue a paru un inconvénient à diverses personnes. Je ne partage pas, je l'avoue, cette manière de voir : ces corps, quels qu'ils soient, résistent avec force à la décomposition; ce sont, en outre, des ingrédiens qui ont une haute importance dans la nature, une importance telle qu'en tout état de choses on ne peut se dispenser de les étudier avec soin: semblables aux théorèmes particuliers de la géométrie, quoiqu'ils ne s'élèvent pas aux plus hauts

points de généralité, ils sont néanmoins susceptibles d'une application étendue, et méritent qu'on les examine, qu'on les suive dans toutes leurs conséquences. Si on parvient jamais à faire l'analyse de ces corps, on ne connaîtra les propriétés chimiques des nouveaux élémens qui se présenteront, que sur les notions qu'on se sera faites de ceux-ci ou autres composés de même espèce qu'ils auront pu former.

339. La théorie atomique ou la loi des proportions définies qui est la même chose, dépouillée de toute hypothèse, est peut-être après celle de la mécanique, la plus importante qu'on ait encore découverte, celle qui mérite le plus d'être étudiée. La simplicité qui la caractérise est extrême, et cette simplicité est elle-même une indication non équivoque du haut rang qu'elle tient dans l'échelle des vérités physiques. Aussi Dalton l'a-t-il de prime-abord et sur l'observation d'un petit nombre de faits, énoncée dans les termes les plus généraux. Il n'a point suivi la pénible voie de l'induction, il ne s'est point aidé de ces lois subalternes auxquelles il aurait dû avoir recours. C'est là un exemple et un des plus remarquables de l'effet de cette propension naturelle à généraliser et à simplifier que nous avons notée au § 171. Elle nous conduit quelquefois à des conclusions que restreignent, que détruisent de nouvelles expériences; mais en retour elle produit souvent les plus beaux et les plus éclatans résultats; des exemples semblables, des exemples qui montrent

les rapides, les immenses progrès que nous fesons d'un seul coup et presque sans effort de tête, sont de nature à nous faire bien augurer de l'avenir et nous convaincre qu'à mesure que l'on avance, les difficultés, au lieu d'augmenter, vont se dissipant.

340. Une conséquence immédiate de l'énonciation de la loi des proportions définies, dans sa forme la plus générale, est que les lois secondaires, celles qui limitent la généralité à des cas particuliers, qui diminuent le nombre des combinaisons abstractivement possibles et restreignent le mélange confus des élémens, sont encore à découvrir. Quelques restrictions de ce genre ont dans le fait été indiquées jusqu'à un certain point, mais elles ne l'ont pas été avec le soin que l'importance du sujet exige, et les chimistes ont là un vaste champ de recherches.

341. La détermination exacte des poids atomiques des élémens chimiques, de celui des autres unités physiques, forme une branche de recherches qui n'est pas seulement de la plus grande importance, mais qui est encore de la plus extrême difficulté. Indépendamment des motifs généraux qu'il y a de dévier de l'exactitude, à cet égard, il en existe un qui est particulier au sujet. Proust a insinué et Thompson a vivement saisi cette idée, que tous les nombres qui représentent des poids, constituent une échelle d'une grande étendue dont les extrêmes connus sont en proportion les uns

avec les autres, sont des nombres simples ou tout au moins des multiples de ces nombres. Si cette idée est fondée, elle ouvre des aperçus assez importans pour justifier tout ce que la vérification de la loi peut entraîner de travail et de peine. Mais, dans l'état des choses, l'analyse chimique, quelque déférence qui lui soit due, nous semble avoir besoin d'être plus sûre, plus ferme dans sa marche, car il ne paraît pas qu'elle puisse répondre d'une fraction qui excède 3 à 4 cent millièmes de la quantité sur laquelle on opère; du moins les résultats des plus habiles analistes, de ceux qui portent le plus de soin dans ces sortes d'expériences, présentent-ils constammment une différence considérable. Cependant, il faudrait tout au moins ce degré d'exactitude pour vérifier la loi d'une manière satisfesante dans les parties élevées de l'échelle.

342. Le simple énoncé d'une question de ce genre indique cependant une classe de phénomènes d'une espèce singulière, éloignée et d'un ordre très-haut, très-délicat, phénomènes qui n'apparaissent que dans un état de science avancé, non-seulement sous le rapport de la pratique, mais encore sous celui de la théorie. Nous voulons parler des phénomènes qui tiennent à des relations observées entre les données de la physique; relations qui montrent qu'ils ne sont pas des quantités prises d'une manière arbitraire, mais qu'ils reposent sur des lois, des causes qui peuvent à la longue devenir des moyens de découverte. Un exemple remar-

quable d'un rapport de ce genre, est la curieuse loi que Bode observa dans la progression des grandeurs de plusieurs orbites planétaires. Cette loi s'interrompt entre Mars et Jupiter. Il conjectura que cela tenait à ce qu'il manquait une planète dans cet intervalle, et cette conjecture se vérifia long-temps après de la manière la plus éclatante. On découvrit quatre nouvelles planètes dans cet espace, qui toutes avaient des orbites comme elles devaient en avoir d'après cette loi, à très-peu de chose près, et cette inexactitude pouvait tenir à des causes indépendantes de celles sur lesquelles repose la loi.

343. Il n'est pas hors de propos de remarquer ici que les progrès qu'a faits cette branche de la chimie, et l'exactitude que promet aujourd'hui l'analyse, sont dus en grande partie à une circonstance qui d'abord ne semblait pas de nature à exercer tant d'influence, à la découverte du platine. Sans les ressources que ce précieux métal a mises dans les mains des chimistes, on ne conçoit pas comment eussent pu se faire les expériences, les essais d'analyse qui ont tant accru la masse de nos connaissances. C'est une nouvelle preuve que les usages les plus importans, auxquels peuvent servir les objets naturels, ne sont pas ceux qui s'offrent les premiers. L'emploi le plus utile que l'homme pouvait tirer immédiatement de la lune, a été cinq mille ans à se découvrir. Même chose ne peut manquer d'avoir lieu encore. Même chose ne peut manquer d'arriver pour les objets que nous

connaissons, pour ceux que les progrès des sciences nous feront connaître. Nous pouvons donc regarder comme une espérance bien fondée, celle qui nous fait envisager un meilleur avenir, un avenir où tous les secrets de la nature nous seront dévoilés, où toutes ses lois nous seront connues.

CHAPITRE V.

DES FORMES IMPONDÉRABLES DE LA MATIÈRE.

De la chaleur.

344. Un des principaux agens de la chimie, un de ceux dont l'application, la conduite importent le plus au succès de ses recherches, et dont les lois les plus étendues se manifestent par des phénomènes chimiques, est la *chaleur*. Ce principe est sans cesse en action sous nos yeux. Il n'y a pas, pour ainsi dire, de procédé dans les arts utiles, dans les manufactures où il n'intervienne. Indépendamment de cet emploi si large, si varié; indépendamment de l'importance dont il est pour nous de connaître sa nature et ses lois, il nous présente un sujet de la plus intéressante spéculation, et cependant il n'y a guère d'agent physique que nous connaissions moins.

345. Le mot chaleur exprime généralement la sensation qu'on éprouve en approchant du feu. Sa signification est plus restreinte en physique;

elle n'indique que la cause, quelle qu'elle soit, de cette sensation et de tous les autres phénomènes que produit l'application du feu ou de tout autre agent analogue. Nous nous tromperions d'une étrange manière si nous prenions la sensation comme un indice de la présence de la cause dont il s'agit. Plusieurs corps produisent sur nos organes, et principalement sur ceux du goût, une impression de chaleur; mais ils produisent cet effet, parce qu'ils exercent sur eux une action chimique, et non parce qu'ils sont réellement *chauds*. Cette erreur de jugement a donné lieu à une confusion de langage qui a produit (1) dans la philosophie physique une foule de conclusions illogiques et absurdes. Il y a une multitude d'agens qui jouissent de la propriété de corroder, de noircir, de dissoudre ou sécher en partie des corps de toute espèce. Ils produisent sur eux des effets qui sont au fond très-différens, mais qui, à l'extérieur, ont à peu près l'apparence de ceux que détermine la chaleur, et par conséquent sont censés les brûler comme on dit dans le langage ordinaire. Une circonstance a encore contribué à accréditer cette erreur; c'est que quelques-uns de ces agens peuvent véritablement s'échauffer, dégager de la chaleur pendant qu'ils agissent sur les substances humides, parce qu'ils se combinent avec l'eau que celles-ci contiennent. Ainsi, la chaux, l'huile de vitriol, exercent une action corrosive très-puissante sur les substances

(1) Novum organum, 2e partie, tab. 2, 24, 30 etc.

animales et végétales, et s'échauffent vivement en se combinant avec l'eau. Elles sont, en conséquence, considérées dans le langage ordinaire comme des corps chauds de leur nature, tandis qu'envisagées physiquement, elles ne présentent rien que ne présentent les corps qui ont une organisation analogue.

346. La chaleur a jusqu'ici été étudiée d'une manière spéciale sous les chapitres généraux qui suivent :

1° Les sources ou les phénomènes qui l'accompagnent habituellement;

2° La transmission qui a lieu de ces sources aux substances capables de la recevoir, et de celles-ci aux autres, afin de découvrir les lois qui règlent sa distribution dans l'espace ou dans les corps qui l'occupent;

3° Dans les effets qu'elle produit sur nos sens et sur les corps auxquels elle se communique dans les divers degrés d'intensité, effets qui donnent le moyen de mesurer ces degrés;

4° Dans les rapports intimes qu'elle a avec les atomes de matière, rapports qui sont établis par son aptitude à prendre une chaleur latente dans certaines circonstances, et à former quelques combinaisons chimiques.

347. Les sources les plus ordinaires de la chaleur sont le soleil, le feu, la vie animale, les fermentations, les violentes réactions chimiques, le frottement, la percussion, le tonnerre, ou décharge électrique de quelque manière qu'elle soit pro-

duite, la subite condensation de l'air et autres si nombreuses et si variées, qui semblent destinées à faire voir le vaste rôle que ce fluide joue dans l'économie de la nature. Les découvertes des chimistes, cependant, ont rangé la plupart de celles-ci sous le titre général de combinaisons chimiques. Ainsi, le feu ou la combustion des corps inflammables n'est autre chose qu'une violente action chimique que détermine la combinaison de leurs élémens avec l'oxigène. La chaleur animale est également due à une action qui ne diffère pas extrêmement de la combustion, et dans laquelle le carbone du principe inflammable, qui se trouve dans le sang, s'unit avec l'oxigène que lui apporte la respiration, et se dégage par suite de cette combinaison. La fermentation n'est autre chose qu'un isolement de principes chimiques faiblement unis, qui se réunissent et forment une combinaison plus permanente. L'analogie entre le soleil et le feu terrestre est si naturelle, que Newton l'a choisie pour montrer la force irrésistible d'un rapport déduit de ce principe; mais la nature du soleil, le mode dont se maintient cette immense quantité de lumière et de chaleur sont enveloppés d'une obscurité que les découvertes de la chimie, de l'optique semblent accroître loin de la dissiper. Le frottement est une source de chaleur bien connue. Nous frottons nos mains entre elles pour les rechauffer, et nous graissons les essieux des voitures pour prévenir les accidens de feu que le frottement amène, et nous n'y réussissons pas toujours. On

n'avait, néanmoins, qu'une idée imparfaite de sa puissance pour dégager de la chaleur avec peu ou point de consommation de matériaux, jusqu'aux expériences directes qu'a faites le comte de Rumford; expériences qui semblent établir qu'on peut tirer des mêmes matériaux des quantités de chaleur indéfinies. La condensation de l'air par la pression des métaux, par la percussion, est une autre puissante source de chaleur. Ainsi on peut, avec quelque adresse, marteller le fer jusqu'à le porter au rouge, et une brusque condensation d'une certaine quantité d'air suffit pour enflammer une amorce.

348. Les plus violentes chaleurs qu'on ait obtenues ont été produites par les rayons solaires concentrés au moyen de lentilles, par la combustion d'oxigène et d'hydrogène mélangés dans les proportions exactement nécessaires pour faire de l'eau, par la décharge d'un courant continu, abondant d'électricité à travers un petit conducteur. Comme ces trois sources sont indépendantes l'une de l'autre, qu'elles peuvent être mises en action dans un espace très-borné, on ne voit pas pourquoi on ne les appliquerait pas toutes les trois sur le même point. Il est probable qu'on obtiendrait par ce moyen des effets qui surpasseraient tout ce qu'on a vu jusqu'ici en ce genre.

349. La chaleur se transmet par radiation entre les corps qui sont à distance ou par conductibilité entre ceux qui sont en contact ou entre les parties

contiguës d'un seul et même corps. On a étudié les lois de la radiation de la chaleur avec soin ; on a reconnu qu'elles présentent de frappantes analogies avec celles de la lumière sous certains rapports, et sous d'autres de singulières différences. Ainsi, la chaleur qui accompagne les rayons solaires se comporte, à tous égards, comme la lumière ; elle est soumise comme elle aux lois de réflexion, de réfraction et même de polarisation, ainsi que Bérard l'a fait voir. Et néanmoins elles ne sont pas identiques ; car W. Herschel a prouvé, par des expériences décisives, qu'ont encore vérifiées celles de Englefield, qu'il y a dans un pinceau solaire des rayons de chaleur qui ne sont pas lumineux, et des rayons de lumière qui ne sont pas calorifiques.

350. La chaleur radiée par les feux terrestres ou les corps *obscurément* chauds, quelle que soit la manière dont ils se sont échauffés, fût-ce même à l'aide des rayons du soleil, diffère tout-à-fait de la chaleur solaire par rapport à l'action qu'elle exerce sur les substances transparentes. Cette singulière différence, aperçue d'abord par Mariotte, devint le sujet des recherches de Scheele, qui trouva que l'une est interceptée, retenue par le verre, par les autres corps transparens dont elle élève la température, tandis que l'autre n'éprouvait aucun obstacle dans son passage, et ne produisait non plus aucune variation dans leur état thermométrique. Les expériences de Delaroche ont néanmoins établi plus tard que l'absorption

n'est complète que lorsque la source de chaleur est à une basse température; mais qu'à mesure que celle-ci s'élève, la chaleur radiée acquiert la faculté de pénétrer le verre, et s'étend d'autant plus que la chaleur du corps qui radie est plus intense. Cette découverte est très-importante, attendu qu'elle tend à établir que la chaleur terrestre et la chaleur solaire ont une nature commune. Elle établit encore que la température du soleil surpasse de beaucoup celle de la flamme.

351. Diverses théories ont été imaginées pour rendre compte de ces curieux phénomènes. Mais le sujet est difficile, il a besoin encore d'être éclairci et promet du reste d'amples découvertes à qui voudra l'étudier. La théorie jusqu'ici la plus plausible est celle de Prévost, qui considère tous les corps comme des points qui rayonnent sans cesse, projettent la chaleur dans tous les sens, en absorbent de même et tendent ainsi, dans un espace plus ou moins rempli d'objets à toutes les températures, à établir partout l'équilibre ou égalité de chaleur. Nous avons vu, § 167, l'application de cette idée à l'explication du phénomène de la rosée. Les lois de cette espèce de radiation ont été dernièrement le sujet d'une belle série d'expériences sur le refroidissement des corps à l'aide du rayonnement dans le vide, par MM. Dulong et Petit; ces expériences offrent quelques-uns des plus beaux exemples de l'investigation inductive des lois de quantité.

352. La communication de la chaleur entre des

corps en contact ou entre les différentes parties du même corps se fait par la conductibilité. Ce n'est dans le fait qu'un cas particulier de la radiation comme nous l'avons expliqué ci-dessus (217); mais ce cas est tellement particulier, qu'il exige qu'on étudie ses lois d'une manière isolée, indépendante. La considération la plus importante qui s'introduit dans cette recherche est celle du temps. La transmission à l'aide de la conductibilité se fait d'ordinaire avec une extrême lenteur, tandis que celle qui est produite par la radiation est, selon toute apparence, aussi prompte que la propagation de la lumière même. L'analyse des questions délicates, difficiles que soulève ce sujet, quand on cherche à le soumettre aux procédés géométriques, a été faite avec un admirable succès par Fourrier, qu'une mort récente vient d'enlever aux sciences. Cet habile philosophe, ce mathématicien profond a développé dans une série de mémoires présentés à l'Institut, les lois de la transmission de la chaleur dans l'intérieur des masses solides, placées sous l'influence de causes extérieures d'échauffement et de refroidissement. Il a surtout appliqué les résultats qu'il a obtenus aux conditions dont dépend le maintien de la température actuelle que présente la surface de la terre, à l'influence que peut avoir la chaleur centrale sur nos climats, ainsi qu'à la détermination de la somme actuelle de chaleur que nous recevons du soleil ou tout au moins de cette portion qui fait la différence des saisons.

353. Les principaux effets de la chaleur sont les sensations de chaud et de froid qu'on éprouve suivant qu'on en reçoit ou qu'on en perd ; la dilatation qui en résulte dans toutes les dimensions du corps où elle s'accumule, le changement d'état qu'elle produit en fondant les solides, en vaporisant les liquides; enfin les changemens chimiques qu'elle forme par les décompositions qu'elle produit dans les molécules intimes des diverses substances, de celles surtout dont se composent les substances du règne végétal et animal. Il faut ajouter à cela la production des phénomènes électriques dans certaines circonstances, lorsqu'elle agit sur les métaux et le développement de la polarité électrique dans les substances cristallisées.

354. Le froid a été considéré par quelques savans comme une propriété positive, comme l'effet d'une cause opposée à celle de la chaleur; mais cette idée paraît généralement abandonnée aujourd'hui. La sensation de froid s'explique tout aussi facilement par le dégagement de la chaleur que celle de chaleur par son absorption, et la théorie du double échange de Prévost rend parfaitement compte des expériences qu'on produit à l'appui de la radiation du froid. Une chose remarquable, néanmoins, c'est que les moyens que nous avons de produire un froid très-intense soient si bornés comparativement à ceux que nous possédons d'accumuler la chaleur. C'est un des plus forts argumens en faveur des doctrines de ceux qui soutiennent qu'il est possible d'épuiser celle que ren-

ferme un corps, de mettre celui-ci dans un état qui n'en présente pas du tout. Il faut cependant convenir que les méthodes connues de produire de la chaleur, sont principalement fondées sur les combinaisons chimiques. On peut par conséquent concevoir sans peine, que, pour obtenir des résultats frigorifiques analogues, il faudrait avoir des moyens de déterminer une désunion aussi étendue, aussi prompte entre les élémens que l'on dissocie, que ceux à l'aide desquels on a déterminé la combinaison qui a dégagé la chaleur étaient puissans. Or, on ne peut désunir des élémens qu'en les engageant dans une combinaison plus énergique, c'est-à-dire qu'on peut raisonnablement attendre qu'il y aura plus de chaleur produite dans la nouvelle combinaison qu'il n'y en aura de détruite par la décomposition dont il s'agit. La chimie ne fournit pas de moyens à moins qu'elle ne soit aidée par l'électricité, de détruire subitement l'union de deux principes, de les obtenir l'un et l'autre isolément. La soudaine expansion des gaz condensés, leur passage de l'état liquide à celui de vapeurs, qui est la plus puissante source de froid connue, présente une sorte d'analogie avec cette brusque séparation.

355. La dilatation des corps par la chaleur forme le sujet de cette branche de science qui est connue sous le nom de pyrométrie. Il n'y a pas un corps qui ne soit susceptible d'être plus ou moins pénétré par le calorique, et lorsqu'ils le sont, tous à quelques exceptions près, qui tiennent à des circon-

stances particulières, se dilatent, prennent une augmentation de volume qui varie de l'un à l'autre. Les gaz et les vapeurs sont ceux qui se dilatent davantage; les liquides viennent ensuite, puis les solides. La dilatation de ceux-ci a été étudiée avec soin à diverses reprises, mais surtout par Smeaton, Lavoisier, Laplace. Nous avons parlé (266) de la découverte si remarquable que Mitscherlich a faite à cet égard. La dilatation des gaz, celle des vapeurs a été examinée presqu'en même temps par Gay-Lussac et Dalton, qui ont reconnu chacun de son côté que tous se dilatent également.

356. La dilatation de l'air par la chaleur est de tous les moyens le plus général qu'on puisse employer pour mesurer les degrés de chaleur. Le thermomètre, tel qu'il fut d'abord construit par C. Drebell, était à air. Celui dont on fait communément usage aujourd'hui pour mesurer la chaleur est fondé sur la dilatation du mercure; les recherches de Dulong et Petit prouvent que les indications du deuxième coïncident exactement avec celles du premier dans les températures moyennes, mais celles qui sont plus élevées présentent une sensible, quelquefois même une très-considérable différence. Cet utile, ce commode instrument nous met à même d'estimer ou tout au moins d'identifier les degrés de chaleur et par conséquent de rechercher avec soin les lois de la transmission du calorique et ses autres propriétés. S'il était démontré que d'égales additions de chaleur produisent d'égales augmentations de dimensions dans

une substance quelconque, les indications du thermomètre donneraient une mesure véritable, assurée de la quantité que cette substance en renferme. Mais il n'en est pas ainsi. Nous sommes même dans une ignorance totale sur la manière dont les choses se passent à cet égard; ce qui complique singulièrement la théorie et entrave même les recherches expérimentales. C'est faute de ces notions préléminaires que les lois de la dilatation des fluides sont encore si obscures malgré tous les travaux de Gilpin, Blagden, Deluc, Dalton, Gay-Lussac et Biot.

357. L'effet de chaleur le plus remarquable, le plus important est la liquéfaction des substances solides et la conversion des liquides en vapeur. Il n'y a pas de solide connu, qui, à l'aide d'une chaleur suffisamment intense, ne puisse être fondu, gazeifié. L'analogie est même si large, si forte, qu'il est impossible de ne pas supposer que les corps qui sont liquides dans les circonstances ordinaires ne doivent cet état à la chaleur et ne se congèlent ou ne se solidifient dès qu'on abaisse convenablement leur température. Nous voyons cette conjecture se vérifier pour plusieurs quand l'hiver se fait sentir. D'autres exigent un froid plus vif, d'autres en demandent un plus sévère encore et ne se prennent que par le froid artificiel le plus intense; quelques-uns ont même résisté jusqu'ici à toutes les tentatives qu'on a faites pour les solidifier, mais le nombre en est peu considérable et décroît à mesure que les moyens de produire du froid se perfectionnent et s'étendent.

358. Une analogie semblable nous conduit à conclure que les fluides aériformes ne sont que des liquides tenus à l'état gazeux par la chaleur. Plusieurs ont été liquéfiés à l'aide du froid combiné avec une forte pression, et comme l'emploi de ces moyens va chaque jour se perfectionnant, le nombre des gaz qui résistent s'affaiblit aussi chaque jour; d'après cela, nous pouvons conclure que ceux qui se maintiennent encore céderont comme ont fait les autres. Nous sommes ainsi amenés à regarder comme un fait général que l'état liquide, l'état gazeux ou aériforme, sont un accident qui dépend tout-à-fait de la *chaleur;* que, sans cet agent, tout serait solide, et que, d'une autre part, il ne faut qu'une température suffisamment intense pour détruire la cohésion de toute espèce de substance et gazéifier tous les liquides.

359. Mais les corps solides se contractent par la soustraction de la chaleur; en même temps, ils deviennent plus durs, plus cassans, cédent moins à la pression, se prêtent moins au jeu des molécules qui produit la tension. Cette circonstance, la grande compressibilité des liquides, la compressibilité plus grande encore des gaz, nous autorisent à croire que c'est la chaleur, la chaleur seule qui tient les molécules des corps à cette distance respective qui est nécessaire pour que la compression soit possible; tout nous porte à penser que c'est elle qui produit l'élasticité, qu'elle agit comme une force opposée à l'attraction qui les pousserait au contact si rien ne la contrebalan-

çait, et les tiendrait dans un état d'immobilité, d'impénétrabilité absolue. Nous sommes conduits de la sorte à envisager la chaleur comme une des puissances modératrices de l'univers, à donner à toutes ses lois, à toutes ses relations un degré d'importance qui mérite d'être médité.

360. C'est Blake qui observa le premier, que, quand la chaleur liquéfie un solide ou qu'elle gazéifie un liquide, le liquide ou la vapeur qu'elle engendre n'est pas plus *chaud* que n'était le solide ou le liquide qui l'a produit, quoiqu'il y eût eu une grande quantité de chaleur dépensée à déterminer un effet semblable, que cette chaleur se fût combinée avec la substance.

361. Il en déduisit la conséquence que cette chaleur devient *latente* et sert à maintenir le nouvel état. Il prouva ensuite qu'elle redevient libre quand la vapeur se condense ou que le liquide se solidifie par la congélation. Cette grande découverte, celle de la différence des chaleurs spécifiques des différens corps, ou des quantités de chaleur nécessaires pour élever leur température d'un même nombre de degrés, sont autant de considérations qui portent à envisager la chaleur comme une substance matérielle, ainsi que la lumière avec laquelle, dans son état rayonnant, elle a tant d'analogie.

362. La chaleur latente n'a pas été étudiée avec tout le soin que semble mériter son importance pratique. C'est elle, en effet, qui est la base de la théorie des machines à feu, et l'on ne peut atten-

dre d'améliorations matérielles dans ce puissant instrument, qu'autant que l'on acquerra des notions plus étendues sur les chaleurs latentes des différentes vapeurs. Il n'en est pas ainsi des chaleurs spécifiques. A peine annoncées, elles étaient déjà l'objet des recherches de Irwine, et furent étudiées bientôt après par Lavoisier, Laplace, Crawford qui déterminèrent celles de plusieurs substances, soit solides, soit liquides ; elles le furent encore par Delaroche et Berard, et enfin, par Dulong et Petit. Le résultat de ces investigations fut une des lois physiques les plus simples, les plus élégantes, une loi qui se recommande par le plus parfait accord avec tout ce que nous connaissons de l'harmonie de lanature. Elle porte que les atomes de tous les élémens chimiques ont exactement la même capacité pour la chaleur, ou que tous sont également échauffés ou refroidis par d'égales additions ou d'égales soustractions de ce principe. Ce n'est qu'à l'aide de lois semblables que nous pouvons espérer de parvenir à la connaissance de la nature véritable de la chaleur et de ses rapports avec la matière pondérable.

Du magnétisme et de l'électricité.

363. Ces deux sujets si long-temps distincts, si long-temps étudiés comme des branches de sciences séparées se sont à la longue confondus. C'est peut-être le résultat le plus satisfesant que les sciences expérimentales aient encore obtenu. Tous les phénomènes de polarité, d'attraction,

de répulsion magnétiques se sont ainsi résolus en un fait général, que deux courans d'électricité qui se meuvent dans la même direction se repoussent et s'attirent lorsqu'ils se meuvent en sens contraire. Les phénomènes du magnétisme par communication et par influence, restent seuls inexpliqués, mais l'intéressante théorie qui a été développée par M. Ampère, sous le nom d'électro-dynamique, donne l'espérance que cette difficulté sera levée à son tour; et que tous ces phénomènes rentreront dans la théorie générale de l'électricité. Cela ne doit pas cependant empêcher de conserver au magnétisme son importance particulière comme branche distincte de recherches physiques, comme branche qui a des lois qui lui sont propres, des relations du plus haut intérêt pratique et qui doivent être étudiées tout à fait à part et indépendamment de toute origine électrique. Mais il ne faut pas seulement en agir ainsi; il faut faire plus. Il faut, si l'on veut tirer quelque fruit d'une étude semblable, procéder comme si cette origine était complétement inconnue et jusqu'à un certain point fort avancé diriger nos recherches d'après les mêmes principes inductifs que si cette branche de physique était absolument indépendante.

364. Le fer, ses oxides, ses alliages furent longtemps les seules substances qu'on envisagea comme susceptibles du magnétisme. L'aimant fut même cité par Bacon comme un exemple de cette classe de faits physiques qu'il appelle singu-

lièrs (*instantiæ monodicæ*). La découverte de la propriété magnétique du nickel qui, quoique inférieure à celle du fer, ne laisse pas encore d'être considérable, celle du cobalt qui est plus faible, celle du titane qui est à peine sensible, ont fait raison de cette limite imaginaire qu'on avait interposée entre le fer et les autres corps, et ont établi cette loi générale de continuité, dont la philosophie cherche à constater l'existence. Les dernières découvertes de M. Arago dont nous avons fait mention, § 160, ont achevé de généraliser cette idée. Elles ont prouvé qu'il n'y a pas de substance qui, placée dans des circonstances convenables, ne puisse donner des signes certains de vertu magnétique. Et afin de faire plus complètement disparaître cette ligne de séparation qui autrefois était si large, nous pouvons, grace à la découverte d'Oerstedt, rendre magnétique durant un temps quelconque un fil de métal quel qu'il soit; nous pouvons lui communiquer à volonté l'attraction, la répulsion, la polarité; nous pouvons même porter celle-ci à un degré d'intensité bien supérieur à ce qu'on eût osé se promettre des meilleurs aimans naturels.

365. Le magnétisme est remarquable sous un autre point de vue. Il offre un « éclatant exemple » de cette propriété de la nature qui est connue sous le nom de *polarité* (267). Les anciens ne paraissent pas avoir eu aucune notion de cette propriété du magnétisme et cependant ils n'ignoraient pas l'action qu'il exerce sur le fer. Dans les temps mo-

dernes, il est fait mention de cette propriété pour la première fois en 1180; il est probable néanmoins que les Chinois la connaissaient avant cette époque. Voici en quoi elle consiste; si un aimant est librement suspendu, une de ses extrémités se dirigera invariablement vers un point de l'horizon et l'autre vers le point opposé. S'il y en a deux de suspendus, ils se rapprocheront et réagiront entre eux; ils se déplaceront même et les choses auront lieu comme si les parties correspondantes se repoussaient, comme si celles qui sont disposées en sens inverse s'attiraient l'une l'autre directement. En variant convenablement l'expérience, on reconnaît que les choses se passent ainsi. Si on fait usage d'un petit aimant, qu'on le suspende en liberté et qu'on l'amène dans le voisinage d'un aimant plus considérable, le premier prend une position qui est déterminée par celle des poles du second par rapport à son point de suspension. Et on a reconnu que ces phénomènes, que d'autres encore qu'offrent les aimans dans les attractions et répulsions qu'ils exercent les uns sur les autres, s'expliquent très-bien en admettant l'existence de deux forces ou vertus qui résident dans les molécules des aimans, et dont l'une s'exerce à une extrémité, et l'autre à l'autre. Chaque molécule attire celles dans lesquelles gît la vertu opposée à celle qu'elle renferme, et repousse celles qui contiennent la vertu analogue à celle dont elle jouit. L'action qu'elles exerçent ainsi est en raison inverse du carré des distances qui les séparent.

366. La direction que prend un barreau ou une aiguille magnétisé, librement suspendu, diffère suivant les lieux. Dans quelques-uns elle va exactement du nord au sud, dans d'autres elle s'éloigne plus ou moins de cette ligne, et dans quelques autres enfin, l'aiguille se place perpendiculairement à cette première direction. Ce phénomène remarquable, qui est connu sous le nom de déclinaison de l'aiguille, et qui fut découvert en 1500 par Sébastien Cabot, est accompagné d'un autre appelé inclinaison, qui fut signalé par Robert Norman, en 1576. Il consiste dans une tendance que manifeste l'aiguille exactement balancée sur son centre lorsqu'elle n'est pas magnétisée à s'incliner, quand elle est devenue magnétique, vers un point situé au-dessous de l'horizon et dans l'intérieur de la terre. On a reconnu, en suivant la déclinaison et l'inclinaison sur toute la surface du globe, que ces phénomènes se passent, comme ils le feraient si la terre était un vaste aimant dont les pôles sont placés à une grande profondeur au-dessous de la surface, et, chose remarquable, animés d'un mouvement qui les déplace peu à peu, de manière que ni la déclinaison, ni l'inclinaison ne reste constamment la même pour le même point. Les lois de ce mouvemert sont inconnues; mais la découverte de l'électro-magnétisme a prouvé que le magnétisme terrestre n'est que le résultat de la circulation d'une grande masse d'électricité qui s'opère constamment autour du globe dans un sens qui cor-

respond en général avec celui de sa rotation, et a ainsi dissipé en très-gande partie l'obscurité qui enveloppait ces phénomènes. On à imaginé une foule de causes, soit géologiques, soit autres, qui peuvent produire des déviations considérables dans l'intensité de ces sortes de courans et en déterminer de partielles dans leur direction. Une inégale distribution des continens et des mers dans les deux hémisphères en affectant l'action de la chaleur solaire dans l'évaporation qui est probablement une des grandes sources de l'électricité terrestre, peut, on le conçoit aisément, modifier la tendance générale de ces courans et produire en eux des irrégularités suffisantes pour rendre compte des anomalies que présentent encore les phénomènes du magnétisme terrestre. Cette branche de science se lie de la sorte avec la météorologie, un des sujets de recherches physiques les plus difficultueux, mais les plus intéressans ; on commence à l'étudier avec soin, et bientôt peut-être on connaîtra des lois, des rapports, dont on n'a encore que des notions imparfaites.

367. La communication du magnétisme de la terre à un corps magnétique, ou d'un corps magnétique à un autre, s'opère à l'aide d'un procédé auquel on a donné le nom d'induction. Les lois et les propriétés du magnétisme ainsi transmises ont été étudiées avecbeau coup de succès et de persévérance pratiquement par Gilbert, Boyle, Knight, Wisthon, Cavallo, Canton, Duhamel, Rittenhouse, etc, et théoriquement par Aepi-

nus, Coulomb, Poisson. Ils l'ont été en Angleterre par Barlow, et Christie qui ont examiné avec soin les curieux phénomènes auxquels donnent naissance des masses de fer qu'on présente successivement en diverses positions par rotation sur un axe à l'influence du magnétisme terrestre. Le magnétisme des corps cristallisés (sans doute parce que ceux qui sont susceptibles d'une grande vertu magnétique sont très-rares) n'a pas dutout été étudié jusqu'ici; il est probable cependant qu'il présenterait les plus curieux résultats.

368. Les physiciens considèrent aujourd'hui l'électricité comme une de ces puissances universelles que la nature semble employer dans ses opérations les plus lentes et les plus importantes. Ce merveilleux agent que nous voyons agir en masse dans le tonnerre, traverser l'atmosphère en quantité plus faible, plus diffuse dans les aurores boréales, se trouve probablement en abondance dans chaque forme de matière qui nous entoure, mais ne se manifeste qu'à l'aide d'excitations particulières. La plus efficace est le frottement que nous avons déjà signalé comme une source de chaleur considérable. Il n'y a personne qui ne connaisse les étincelles qui se dégagent en pétillant d'un chat sur lequel on passe la main à rebrousse-poil. Ces étincelles peuvent, au moyen de procédés convenables, être accumulées sur des corps disposés pour les recevoir, et quoiqu'elles ne soient pas visibles, donnent naissance à une foule de phénomènes extraordinaires. Elles peu-

vent produire des attractions, des répulsions dans les corps, à distance, se transmettre de l'un à l'autre au moyen du contact ou en franchissant brusquement, violemment l'intervalle qui les sépare sous forme d'étincelle. Elles peuvent traverser avec une extrême facilité les métaux les plus denses et une foule de corps qu'on appelle conducteurs, mais elles ne peuvent en pénétrer d'autres, tels que le verre, l'air, qui, par cette raison, sont dits non-conducteurs. Elles produisent des secousses douloureuses, des mouvemens convulsifs, la mort même si elles sont assez intenses. Enfin, elles présentent en petit tous les effets de la foudre.

369. L'étude de ces phénomènes et celle des lois qui les régissent ont, jusque dans ces derniers temps, occupé les physiciens et constitué toute la doctrine de l'électricité. Il résulte de leurs recherches que tous ces phénomènes peuvent s'expliquer en supposant que l'électricité est un fluide rare, subtil, extrêmement élastique, qui tend nécessairement à se répandre et pénètre avec plus ou moins de facilité la substance des corps conducteurs, est plus ou moins complètement empêché par les autres. On suppose encore que ce fluide jouit d'une puissance d'attraction pour les molécules de toute matière pondérable, et en exerce une de répulsion sur les siennes. Pèse-t-il ou doit-il être envisagé comme une espèce de matière distincte de celle dont se composent les corps pondérables ? C'est une question si délicate, qu'il n'y a

encore aucune expérience directe qui permette de la résoudre. Cependant, l'inertie du fluide, comparativement à ses forces élastiques, paraît être si peu de chose, qu'on peut le considérer comme un fluide éminemment actif, comme un fluide qui obéit à toute espèce d'impulsion interne ou externe avec la plus grande facilité; comme un fluide, en un mot, dont la mobilité est tout-à-fait analogue à celle du milieu éthéré qui, dans la doctrine ondulatoire est supposé transmettre la lumière. Les propriétés de l'hydrogène, comparées à celles des gaz les plus denses, peuvent nous donner une idée de l'excessive mobilité de la pénétrante activité de cette espèce de fluide. L'électricité cependant doit être envisagée comme différant sous plusieurs points remarquables de tous ces fluides auxquels nous sommes habitués de donner l'épithète d'élastiques, tels que l'air, les gaz, les vapeurs. Dans ceux-ci, la force répulsive des molécules qui constitue leur élasticité peut être considérée comme ne s'étendant qu'à de très-petites distances, de manière qu'elle ne peut affecter que celles qui se trouvent à proximité les unes des autres, tandis que leur puissance attractive qui les soumet à la gravitation générale s'étend indéfiniment. Dans l'électricité, c'est l'inverse qu'il faut admettre. La force par laquelle ses molécules se repoussent mutuellement, s'exerce à une distance considérable. Sa puissance d'adhésion pour la matière pondérable ne se manifeste qu'à des distances si faibles qu'elles échappent à l'observation.

370. L'hypothèse d'un fluide unique qui, lorsqu'il est en excès sur un corps, tend constamment à s'échapper, à se remettre en équilibre en passant sur ceux qui peuvent en manquer, est celle qui se présente le plus naturellement à l'esprit. C'est aussi celle qu'adopta Franklin auquel nous devons des expériences qui nous ont fait connaître la véritable nature de la foudre. Elle fut plus tard développée, étendue par Aepinus, qui fit voir, le premier, comment les lois de l'équilibre d'un fluide semblable pouvaient se réduire à une pure question mathémathique; mais le déplacement du fluide est accompagné de phénomènes, et il y a dans quelques circonstances une perturbation d'équilibre qui oblige d'admettre l'existence de *deux fluides distincts* et opposés qui s'attirent l'un l'autre et se repoussent eux-mêmes. Chacun d'eux, au surplus, est susceptible d'adhérer aux substances matérielles, de se transmettre plus ou moins rapidement d'une molécule à l'autre. Dans l'état naturel, ces fluides sont censés combinés, saturés entre eux, mais ils peuvent être dégagés, accumulés isolément dans un corps. Il suffit qu'ils soient retenus, arrêtés par des substances qui ne sont pas conductrices. Quand le fluide est ainsi concentré, la répulsion qu'il exerce sur le fluide de même espèce ainsi que l'attraction qu'il développe pour celui d'espèce opposée que renferment les corps qui se trouvent dans le voisinage, tendent à troubler l'équilibre des deux fluides qu'ils contiennent, et à produire des phénomènes connus sous le nom d'électricité par in-

fluence. Quelque curieuse, quelque artificielle que paraisse cette théorie, on ne cite pas jusqu'ici de phénomène dont elle ne donne une explication plausible. Le plus souvent même elle rend compte des faits de la manière la plus satisfesante. Elle a un caractère qui est précieux dans une théorie, c'est d'admettre l'application des mathématiques aux conclusions qu'on peut en déduire. Il faut du reste en convenir, il est presque impossible sans cela d'établir la vérité d'une théorie. Aussi, la théorie mathématique de l'équilibre électrique, les lois de la distribution des fluides électriques sur les surfaces des corps où ils sont concentrés, ont-elles été étudiées avec soin par les géomètres les plus habiles, et sont-elles parvenues à un degré d'extension et d'élégance qui les place très-haut dans l'échelle des recherches physico-mathématiques, recherches fondées sur l'adoption d'une loi d'attraction et de répulsion semblable à celles de la gravité et du magnétisme, et qui, par la concordance générale des résultats avec les faits, les expériences instituées pour constater les lois dont il s'agit, sont réputées suffisamment démontrées.

371. Ce que l'électricité présente, sans aucun doute, de plus obscur, est de savoir comment a lieu primitivement la rupture d'équilibre à l'aide de laquelle le fluide est développé dans le princide, soit par lefrottement, soit par toute autre cause qu'on a reconnue produire cet effet. Les analogies, il est vrai, ne manquent pas; mais, il faut en convenir, jus-

qu'ici on n'a rien produit de décisif à cet égard et les conjectures ont trop souvent pris la place des véritables modes d'action auxquels une étude attentive des faits peut seule nous conduire.

372. Les physiciens connaissaient depuis longtemps les effets de l'électricité que nous avons rapportés plus haut, et savaient que, dans son brusque passage d'un corps à un autre, elle déchire, elle endommage les parties qu'elle traverse, et que, lorsqu'elle est abondante, elle produit tout ce que produit une chaleur intense, qu'elle fond, volatilise les métaux, embrâse les corps inflammables. Ils n'ignoraient pas non plus qu'elle détruit ou altère la polarité de l'aiguille magnétique; mais, comme on savait que la chaleur peut résulter du choc et de violens efforts mécaniques ; que le magnétisme est aussi influencé par les mêmes circonstances, ces effets étaient plutôt rapportés à ces causes qu'à quelque chose de particulier dans la nature du fluide; on les considérait plutôt comme les résultats indirects du mode d'action de l'électricité que comme les conséquences de sa nature. L'électricité, en un mot, semblait un nouvel exemple de ces sujets isolés, qui demandent à être étudiés à part, quand survinrent les découvertes de Galvani et de Volta. Elles mirent de nouveaux moyens à la disposition de la science. On put étudier à loisir, en détail, des phénomènes qui, jusque-là, ne s'étaient présentés que d'une manière fugitive. On dompta des forces que jusque-là on n'avait pu contenir; on les obligea

de distribuer leur énergie sur un temps indéfini, de régler leur action à la volonté de l'expérimentateur. On reconnut alors que l'électricité, en s'écoulant le long des conducteurs, produit une foule d'effets merveilleux dont on ne s'était pas douté jusque-là; que ces effets formaient des points de contact avec diverses autres branches de recherches, et jetaient une lumière nouvelle, inattendue, sur les plus obscures opérations de la nature.

373. L'histoire de cette grande découverte fournit un bel exemple de l'avantage qu'on peut tirer d'un phénomène insignifiant en apparence, et dont les principes reçus ne peuvent rendre compte au moment où on l'observe. Les mouvemens convulsifs d'une grenouille morte placée dans le voisinage d'une décharge électrique, qui appelèrent l'attention de Galvani sur ce sujet, avaient déjà été observés plus d'un siècle avant lui; mais on n'y avait vu qu'un indice de sensibilité particulière à cette excitation électrique qui tient à un reste de vitalité que la mort n'éteint pas immédiatement dans les êtres organisés. Galvani ne fut pas satisfait d'une explication semblable. Il analysa le phénomène, et, en recherchant toutes les circonstances qui l'accompagnent, il fut conduit à l'observation d'une excitation électrique particulière qui eut lieu quand le circuit fut composé de trois parties distinctes, d'un muscle, d'un nerf et d'un conducteur métallique; que chacune de ces parties se trouva en contact avec les deux au-

tres : l'excitation se manifesta alors par le mouvement convulsif du muscle. Il donna à cette contractation le nom d'électricité animale, nom malheureux, puisqu'il tendait à circonscrire les recherches dans la classe de phénomènes où la manifestation avait d'abord eu lieu. Mais cette circonstance qui, dans une autre époque, serait devenue fâcheuse, n'eut aucun inconvénient. L'impulsion était donnée. Volta s'empara avec ardeur du sujet ; il le généralisa, rejeta les considérations physiologiques dont l'avait chargé Galvani, et ne considéra la contraction des muscles que comme un moyen délicat de découvrir un développement d'électricité trop faible pour devenir sensible par aucune autre voie. Ce fut ainsi qu'il arriva à la connaissance d'un fait général, celui de la rupture de l'équilibre électrique par le simple contact de différens corps et la circulation d'un courant d'électricité dans une direction constante à travers un circuit composé de trois conducteurs différens. Il ne chercha plus qu'à accroître l'intensité de cet effet si délicat, si faible, et ne cessa ses recherches que lorsqu'il fut arrivé à la plus merveilleuse de toutes les inventions humaines, qu'il eut construit la pile qui porte son nom, résultat auquel il parvint à l'aide d'une suite d'expériences parfaitement conçues, et dont il y a peu d'exemples, si toutefois il y en a dans les recherches physiques.

374. Quoique dans l'origine la pile de Volta, comparativement aux immenses appareils qui ont été

construits plus tard, fut peu puissante, elle suffit, néanmoins, pour présenter l'électricité sous un point de vue bien différent de celui où on l'avait envisagée jusque-là, et pour manifester dans sa manière d'agir ces modifications particulières dont Volta a le premier rendu un compte satisfesant, en les rapportant à une augmentation de *quantité* et une diminution d'*intensité* dans le développement du fluide. Cette découverte ne resta pas long-temps stérile. On reconnut bientôt que le courant électrique produit, dans son passage à travers les liquides conducteurs, des décompositions chimiques. Cette importante observation paraît avoir été primitivement faite par Nicholson et Carlisle, qui reconnurent que l'eau était véritablement décomposée. Berzélius et Hisinger vinrent ensuite, et arrivèrent à un résultat plus important encore. Ils s'assurèrent que, dans les décompositions de ce genre, les acides et l'oxigène passaient au pôle positif, s'y accumulaient même, tandis que l'hydrogène, les métaux et les alcalis, se rendaient au pôle négatif. Tous étaient pendant le déplacement invisibles, neutralisés par l'action du courant électrique. Tous franchissaient dans cet état des espaces considérables, traversaient de fortes quantités d'eau ou autres liquides, et reprenaient toutes leurs propriétés naturelles dès qu'ils étaient au terme qu'ils devaient atteindre.

375. C'est dans cet état que Davy prit la question. Les affinités chimiques étaient interverties par l'action de la pile; il imagina de mettre cette

circonstance à profit, et de soumettre à l'énergie des immenses batteries de l'institution royale de Londres, les alcalis et les terres qui étaient généralement regardés comme des composés, mais qui avaient resisté à toutes les tentatives qu'on avait faites pour les réduire. Ils cédèrent, et la révolution que cette expérience entraîna dans la chimie fut entière, moins cependant sous le rapport des nouveaux élémens dont elle avait enrichi les sciences, que par la manière de concevoir la nature de l'affinité chimique. Celle-ci fut dès-lors envisagée d'après les aperçus de Davy, qu'adoptèrent les plus habiles chimistes, et surtout Berzélius, comme le résultat des attractions, des répulsions électriques. On admit que les corps avaient d'autant plus de tendance à se combiner, que leurs molécules se trouvaient dans une opposition électrique plus forte, plus intense, et qu'elles se déplaçaient d'autant plus vivement, que la différence de leur énergie était plus grande.

376. On soupçonnait depuis long-temps qu'il y avait une liaison entre le magnétisme et l'électricité, et on avait fait une foule de tentatives pour s'en assurer. Le phénomène des divers minéraux cristallisés qui deviennent électriques par la chaleur, et présentent, à leurs extrémités, des pôles opposés, offre une telle analogie avec la polarité du magnétisme, qu'il paraît presque impossible qu'il n'y ait pas quelque étroit rapport entre ces deux fluides. Le développement d'une polarité semblable dans la pile de Volta pousse à la même

conclusion. On a aussi fait diverses expériences pour s'assurer si une pile chargée ne manifeste pas quelque diposition à se placer elle-même dans le méridien magnétique, mais on avait passé une condition essentielle, celle de laisser la pile se décharger librement, condition qui ne s'est jamais présentée, sans doute, à aucun observateur. De tous les savans qui se sont livrés aux recherches dont il s'agit, celui qui a mis plus de constance, plus de tenacité dans ses investigations, est, sans contredit, Oerstedt. Il a échoué souvent, mais jamais il ne s'est rebuté. Enfin, il a obtenu le succès qui lui était dû ; il a découvert les admirables phénomènes de l'électro-magnétisme. Il y a eu dans sa persévérance quelque chose qui rappelle l'obstination de Christophe Colomb, la conviction qu'il portait avec lui de l'existence d'un nouveau monde, et l'histoire entière de cette belle découverte peut nous fournir une preuve de la confiance que méritent les grandes analogies, les traits qu'ont entre elles les grandes branches de science, quoique celles-ci ne présentent, du reste, aucune relation apparente. Elles nous montrent qu'il ne faut négliger aucune des circonstances qui dénotent une communauté d'origine.

377. Il est plus que probable que nous ne connaissons pas encore une foule de faits électriques du plus grand intérêt, que la pile de Volta nous dévoilera quelque jour. Les violens effets qu'elle produit sur le mercure que surnagent les liquides conducteurs, ont été attribués,

par le professeur Ermann, à une modification de l'affinité capillaire, mais un examen plus attentif a fait voir qu'ils doivent être considérés sous un point de vue bien différent ; qu'ils présentent un caractère plutôt dynamique que statique. Ils méritent, sous ce rapport, d'être soumis à de nouvelles recherches, d'être étudiés avec un soin spécial. Il en a été de même des relations de l'électricité avec la chaleur que présente le phénomène de ce qu'on nomme thermo-électricité. Elles promettent une récolte abondante de vues, de résultats nouveaux.

378. Parmi les effets d'électricité, découverts par Galvani et Volta, le plus remarquable, peut-être, est l'influence que ce fluide exerce sur le système nerveux. L'origine du mouvement musculaire est un de ces profonds mystères que, peut-être, on ne pénétrera jamais. Les physiologistes, cependant, ont beaucoup parlé d'un fluide subtil, d'un esprit qui s'écoulait le long des nerfs, du cerveau dans les muscles. La découverte de la rapide transmission de l'électricité à l'aide des conducteurs, les violens effets qu'elle produit sur les muscles répandus dans la charpente entière du corps humain, avaient naturellement conduit à cette idée, que le fluide nerveux, s'il existait véritablement, n'était autre chose que le fluide électrique. Mais depuis les découvertes de Galvani et de Volta, il n'est plus permis de s'y arrêter. Cette théorie ne présente pas le caractère d'une véritable cause ; elle n'est pas

plausible, car on ne saurait imaginer alors ce qui déterminerait la rupture de l'équilibre électrique dans le corps humain composé entièrement, comme il l'est, de conducteurs. Il semble même contraire aux lois de la communication du fluide d'en supposer. A tout cela, cependant, on pourrait citer un fait qui tend à prouver que cette rupture n'est pas impossible: c'est celui de la torpille, et autres poissons de même espèce; ce fait offre, au fond, tant d'analogies avec ceux que présente l'électricité, qu'il n'est guère possible de les rapporter à une autre cause, quoiqu'au choc près on ne puisse découvrir en eux ni étincelle, ni aucun autre indice de tension électrique.

379. On s'est assuré que l'effet que produit la torpille est dû à un système d'organes qui se composent de colonnes remplies, dans toute leur étendue, de petites membranes séparées entre elles par un fluide; mais on n'a pas encore rendu un compte satisfesant de son mode d'action, et il n'y a rien dans sa construction, ni dans la nature de ses élémens qui autorise à le regarder comme un appareil électrique. Mais la pile de Volta a fourni des analogies de structure et d'effet qui laissent peu de doute sur la nature électrique de l'appareil ou de la puissance de l'animal à déterminer, par un effet de sa volonté, le concours de conditions dont dépend son activité. Cette puissance reste, et probablement restera toujours mystérieuse, inexplicable; mais une fois qu'on a

admis qu'il existe dans l'économie animale une puissance de déterminer le développement d'une excitation électrique qui peut se transmettre le long des nerfs, une fois qu'on a constaté par de nombreuses, de décisives expériences que la transmission de l'électricité voltaïque le long des nerfs d'un animal, même privé de vie, suffit pour produire la plus violente action musculaire, il est tout simple de rapporter l'origine du mouvement musculaire, dans un corps vivant, à une cause semblable, et de regarder le cerveau, organe si merveilleusement constitué, et dont on n'a jamais assigné de mode d'action plausible, comme la source de la puissance électrique nécessaire.

380. Nous ne nous étendrons pas davantage sur les sujets physiologiques. Ils forment, il est vrai, une branche importante et du plus haut intérêt, mais le coup d'œil que nous jetons sur les sciences physiques est plutôt dirigé sur la nature inanimée que sur celle des mystérieux phénomènes de l'organisation et de la vie qui constituent la physiologie. L'histoire des productions animales et végétales du globe, comme fournissant des objets, des matériaux pour la commodité, l'usage de l'homme, et comme fondées sur des lois qui déterminent la distribution de la chaleur, de l'humidité et autres agens naturels à la surface, et les révolutions qu'il a subies, est étroitement liée avec le sujet que nous traitons. Elle appelle naturellement quelques remarques, mais celles-

ci ne doivent pas être assez étendues pour absorber l'attention du lecteur.

381. En *zoologie*, le rapport que présentent des modes de vivre et de se nourrir, avec des particularités de structure, a donné naissance à des systèmes de classification clairs et naturels. Les grands progrès de l'anatomie comparée nous ont mis à même de suivre l'échelle des organisations, dans toute l'étendue, pour ainsi dire, de la vie animée. Ce n'est pas que cette échelle ne présente des lacunes, mais les découvertes successives d'animaux autrefois inconnus contribuent chaque jour à les remplir. Les merveilles dévoilées par le microscope nous ont ouvert un monde nouveau, dans lequel on découvre avec étonnement les formes les plus légères réunies à la complication des formes les plus étranges. D'un autre côté, l'examen de ce qui reste d'un premier état de création atteste l'existence d'animaux qui surpassaient de beaucoup en grandeur ceux que la vie anime aujourd'hui ; il nous révèle plusieurs formes d'êtres qui aujourd'hui n'ont aucun analogue, et nous en signale plusieurs autres qui lient entre eux les genres qui existent maintenant. Les recherches de l'anatomie comparée, de la conchologie, ont jeté une vive lumière sur les sujets dont s'occupe le géologue. Elles l'ont mis à même, au moyen de quelques débris perdus çà et là dans les couches, de saisir des circonstances qui sont liées à la formation de ces couches mêmes qu'aucune autre induction ne lui aurait révé-

lées. C'est encore un exemple de cet appui mutuel que se prêtent les sciences qui semblent avoir le moins de rapports entre elles.

382. Plusieurs de ces observations s'appliquent à la *botanique*. Ses méthodes de classification artificielles, tout bien imaginées qu'elles sont, n'ont pas empêché les botanistes de chercher à grouper les plantes d'après des caractères communs, des caractères plus intimes que ceux sur lesquels reposent les systèmes de Linné, de Jussieu, etc., sur des caractères en un mot qui embrassent toutes les habitudes, toutes les propriétés des individus que l'on compare. La découverte que la chimie a récemment faite de principes particuliers qui caractérisent d'une manière spéciale certaines familles de plantes, nous donne l'espérance de voir accroître la masse des connaissances que nous avons déjà sur la botanique. Elle nous promet des données d'autant plus importantes que les principes dont il s'agit sont presque tous de puissans moyens médicaux, les ingrédiens même dont dépendent les vertus médicales des plantes. La loi de distribution des formes génériques des végétaux sur le globe est aussi devenue, dans ces derniers temps, un objet d'études pour les naturalistes, et la relation qu'elle présente avec les lois de climat constitue une des branches de recherches qui offrent le plus d'intérêt et ont le plus d'importance, mais aussi une de celles qui ont le plus besoin d'être étudiées. Elle forme la principale liaison entre la botanique et la géologie, et rend la

connaissance des végétaux fossiles d'une partie de la surface de la terre indispensable pour bien apprécier les circonstances où se trouvait celle-ci dans son ancien état. Aussi la botanique fossile est-elle cultivée avec une ardeur toujours croissante, et la flore souterraine d'une formation géologique est-elle étudiée avec presque autant de soin, de précision que la flore extérieure.

CHAPITRE VI.

DES CAUSES DU DÉVELOPPEMENT ACTUEL DES SCIENCES PHYSIQUES, COMPARÉ A LEURS PROGRÈS A UNE ÉPOQUE PLUS ANCIENNE.

383. Les lents progrès qu'ont faits les sciences physiques jusqu'à la fin du seizième siècle et le rapide développement qu'elles ont pris depuis cette époque, forment le contraste le plus étrange. Nous ne trouvons dans la première période que de légères améliorations faites à longs intervalles, qu'une complète indifférence qui livre les découvertes déjà faites à une sorte d'oubli, ou tout au moins les fait considérer plutôt comme des curiosités littéraires que comme des choses qui ont un intérêt, une valeur intrinsèques. Quelques individus apparaissaient de siècle en siècle, qui appréciaient leur importance, éprouvaient ce besoin de connaissances qui supplée à tout dans les esprits d'un ordre élevé. Mais, faute de direction dans les

études, faute de bien saisir le but qu'on voulait atteindre, d'apprécer les avantages que pouvaient donner des recherches liées, systématiques, et surtout l'apathie de la société pour tout ce qui ne se rapportait pas immédiatement aux objets de la vie, firent échouer ces tentatives accidentelles, les empêchèrent d'imprimer à la science une impulsion ferme, régulière. Elle se concentrait d'ailleurs dans une région trop peu accessible à l'intelligence ordinaire. Un tremblement de terre, une comète, un météore igné fixaient alors comme aujourd'hui l'attention générale et produisaient partout les conjectures les plus étranges sur les causes qui produisaient ces sortes de phénomènes; mais on ne supposait pas que les sciences pussent s'exercer sur des sujets communs, qu'elles s'occupassent d'arts mécaniques, qu'elles descendissent jusque dans les mines, les laboratoires. Il est difficile de penser néanmoins que toutes les indications de la nature soient passées inaperçues, ou qu'une foule de bonnes observations, de raisonnemens exacts, n'aient pas péri avant la découverte de l'imprimerie qui fournit à chacun le moyen de publier ses idées. Le moment vint enfin où l'étincelle électrique ne jaillit, ne brilla plus d'un éclat stérile. Chaque inspiration heureuse, chaque fait important fut soigneusement conservé, et bientôt il en résulta un faisceau de lumière inattendu. Le mouvement imprimé aux esprits se communiqua d'un bout de l'Europe à l'autre. La commotion fut si vive, les résultats qu'elle produisit

si étendus, qu'elle dépassa toutes les espérances que les hommes les plus ardens en avaient conçues. Les découvertes les plus étonnantes se succédèrent l'une à l'autre, et l'on ne peut citer une seule branche de science qui n'ait participé à ce vaste mouvement. Il n'en est pas une qui ne se soit étendue, ne se soit perfectionnée.

384. Une des causes principales d'un si heureux état de choses est cet immense développement de richesses et de civilisation qui crée le loisir, développe le goût des recherches intellectuelles, goût dont la marche progressive a déjà embrassé l'Europe presque entière, et que les établissemens qui s'étendent ou se multiplient répandront bientôt sur toute la surface du globe. Ce n'est pas ce goût, néanmoins, qui, se propageant, se fortifiant chaque jour davantage, a le plus avancé la science. Non; ce qui a principalement contribué à éclairer les diverses branches d'histoire naturelle, c'est plus de facilités, plus de moyens d'observations. C'est à cette considération que nous devons rapporter la prodigieuse extension que les sciences naturelles ont prise dans ces derniers temps; c'est à elle que nous rapporterons ces immenses acquisitions qu'ont faites et que font encore chaque jour les diverses branches de botanique et de zoologie. On sent, du reste, que les informations que peuvent recueillir les voyageurs les plus actifs et les plus éclairés, sont toujours bien inférieures à celles que rassemblent ceux qui vivent, observent sur place. Les premiers peuvent faire

des collections, réunir à la hâte quelques données, noter la distribution des formations géologiques dans les lieux où ils se trouvent, assister même au développement de quelque phénomène local; mais celui qui réside peut seul entreprendre une série d'observations régulières, telle que l'exige la détermination scientifique des climats, des marées, des variations magnétiques, et une foule de choses de cette espèce. Seul il peut entrer dans tous les détails de la structure géologique, rapporter chaque couche par une étude soignée, attentive des débris qu'elle renferme, à la véritable époque à laquelle elle appartient. Seul il peut noter les habitudes des animaux indigènes, les limites de la végétation, acquérir une connaissance exacte des richesses minérales du pays, et d'une multitude d'autres détails indispensables; pour avoir une idée complète du globe considéré dans son ensemble, ce qui constitue la base de ce qu'on doit entendre sous la dénomination de géographie physique. On ne doit pas non plus négliger les circonstances qui se présentent d'observer, de rappeler ces phénomènes extraordinaires qui ne reviennent qu'à de longs intervalles; l'instruction qu'ils produisent est d'autant plus importante qu'ils sont plus rares. Que ne pouvons-nous pas espérer si l'esprit de recherches se propage dans ces vastes contrées où la civilisation qui l'amène commence à pénétrer? Que ne devons-nous pas nous promettre d'esprits puissans mis en œuvre dans des circonstances tout-à-fait différentes, tou-

tes nouvelles, et sur une étendue de territoire qui dépasse si fort celle où jusqu'ici s'est déployé l'esprit humain ? A mesure que s'accroît le nombre de ceux qui cultivent les sciences, que s'agrandit l'espace où ils sont répandus, les communications deviennent plus nécessaires, plus essentielles. Il est important que plusieurs individus ne s'épuisent pas sur le même sujet, ne se livrent pas aux mêmes recherches; car, outre la perte de leur temps, ces travaux simultanés amènent encore des jalousies, des querelles qui sont toujours dommageables. Les méthodes d'observation allant d'ailleurs s'améliorant, se perfectionnant, il importe à la science qu'elles se propagent, se répandent avec le plus de rapidité possible. On s'anime par l'idée d'un intérêt commun, on s'exalte par le sentiment d'une existence mutuelle, on redouble d'efforts, d'activité, et cette noble émulation révèle, signale les méprises pendant qu'il en est temps encore.

385. Peut-être après l'établissement des institutions qui ont pour but les progrès des sciences en général, ou, ce qui est mieux encore dans l'état des choses, l'avancement de quelques branches spéciales, rien n'a-t-il plus contribué au développement des connaissances humaines que la publication des journaux scientifiques. Il n'est pas en Europe une nation qui n'en compte plusieurs, et la rapide, la générale circulation de ces écrits met les observateurs de tous les pays en communication intime de procédés et de méthodes. Cha-

cun sait le sujet qu'a traité son confrère, et les extraits qu'il renferme de temps à autre des plus importantes recherches que chaque jour voit consigner dans les volumineuses collections académiques, donnent un aperçu de ce qui a été fait et de ce qui reste à faire; ces sortes de programmes qui paraissent de temps en temps, ont une véritable influence sur les progrès futurs de chaque branche, influence tout-à-fait indépendante de l'instruction qu'ils renferment. Quant aux traités élémentaires, il est superflu d'insister sur leur utilité, sur les avantages qu'ils ne peuvent manquer de produire dans l'avenir. Ce n'est qu'en groupant, en simplifiant, en analysant de la manière la plus convenable et la plus claire les connaissances acquises par ceux qui nous ont devancés, que ceux qui nous suivront pourront jouir de celles que nous leur auront léguées.

386. Rien n'est plus propre à étendre, à développer les progrès des sciences, lorsqu'ils sont arrivés à un certain point, que la connaissance exacte des données physiques, ou de ces quantités normales, dont nous avons parlé plus d'une fois dans les pages qui précèdent (222). Cette connaissance nous met à même, non seulement d'apprécier l'exactitude des expériences, elle nous permet encore de corriger leurs résultats. Comme rien n'indique d'une manière plus certaine l'état d'une science à une époque quelconque, que le soin, le discernement qu'on apporte dans le choix de ces données, qui doivent

servir de base à l'application des théories, rien non plus ne profite davantage à la science que les recherches faites dans ce but, que les travaux entrepris pour construire des tables qui donnent les rapports nécessaires des élémens de théories, et l'état actuel de la nature dans toutes les branches dont elle se compose. Ce n'est qu'à l'aide de déterminations semblables que nous pouvons connaître quels changemens s'opèrent, à la longue, d'une manière imperceptible, dans l'ordre de choses qui existe, et plus ces déterminations sont exactes, plus la connaissance de ces variations est promptement acquise. Que ne saurions-nous pas maintenant, sur les mouvemens (comme on les appelle) des étoiles fixes, si les anciens avaient eu les moyens d'observations que nous possédons aujourd'hui, et qu'ils les eussent mis en œuvre comme nous les mettons?

387. Une chose qu'on ne doit pas oublier lorsqu'on récapitule les causes qui ont contribué au rapide essor qu'ont pris les sciences, est le perfectionnement que chaque jour apporte dans les moyens d'observation. Les instrumens sont mieux faits, plus susceptibles de mesurer, de préciser les quantités, plus appropriés à l'usage auquel on les destine. Pour qu'une observation soit profitable aujourd'hui, il faut qu'elle puisse être évaluée d'une manière exacte, et la rigueur ne saurait, à cet égard, être portée trop loin. Le degré de perfection, auquel on est parvenu, je ne dis pas dans les arts délicats, mais dans les appareils que tout

le monde peut se procurer, au moins dans les arts mécaniques, suppose les connaissances les plus étendues. Quelle vaste influence exerce un mode de mesurer prompt, rigoureux, convenable ? L'exemple du goniomètre réflecteur fera sentir jusqu'où elle peut aller. Cet instrument simple, peu coûteux, portatif, a changé la face de la minéralogie, a imprimé à cette branche de connaissances, jusque-là si vague, tous les caractères d'une science exacte.

388. Les moyens d'observer, de mesurer de petites quantités, sous le rapport du poids, de l'espace et du temps, sont arrivés à un point de perfection qui ne semble plus pouvoir être dépassé. On construit aujourd'hui des balances qui sont sensibles à un millionième du poids qu'il s'agit de déterminer. Or, trébucher à un millième de grain, est une chose prodigieuse dans l'espèce. La belle invention du sphéromètre, en substituant le tact à la vue, dans l'appréciation des petits objets, permet de porter, dans la détermination de leurs dimensions, toute la précision que peuvent exiger les recherches les plus délicates, de diviser rapidement un pouce en dix, en vingt mille parties. On peut, à l'aide du levier qu'emploient les opticiens allemands, porter la chose encore plus loin. Quant à la division du temps, la mécanique fournit les moyens de la pousser aux dernières limites. Au moyen d'horloges de chronomètres, telles qu'on les construit maintenant, l'erreur qu'on peut faire dans la subdivision d'un jour ne

peut pas dépasser quelques dixièmes de seconde, et si l'on veut pousser la subdivision plus loin encore, il y a des instrumens qui permettent de le faire, qui donnent les moyens d'apprécier des intervalles de 100e de 1000e de seconde. Si on compare la précision que donnent des moyens de ce genre avec celle que produisaient les instrumens grossiers, informes, dont on fesait encore usage au commencement du siècle dernier, on conçoit comment, en si peu de temps, les sciences qui sont fondées sur des mesures exactes, ont fait des progrès aussi rapides. Quelques délicates qu'elles soient, les déterminations physiques n'ont rien qu'on ne puisse atteindre, que les ressources dont on dispose aujourd'hui ne puissent résoudre. Il suffit de faire des quantités qu'on veut déterminer, des multiples des élémens qu'exige la théorie, pour atténuer d'autant l'influence des erreurs qui peuvent se glisser dans les résultats.

389. Quelles que soient les améliorations qui aient été récemment faites dans la confection des instrumens, sous le rapport de la convenance, comme sous celui de l'exactitude, c'est, néanmoins, la découverte de *méthodes* mieux entendues qui a le plus contribué à l'avancement de ces branches de sciences qui sont fondées sur de rigoureuses déterminations. La balance de torsion, si heureusement imaginée par Coulomb et Cavendisch, en est une preuve. Elle ne nous met pas seulement à même de rendre sensibles, elle nous permet en-

core de mesurer, de préciser des degrés de forces infiniment trop faibles pour affecter le moins du monde la balance ordinaire la plus délicate, lors même qu'il serait possible de la soumettre à son action. Le galvanomètre nous offre un exemple de même espèce. C'est un instrument qui sert à apprécier des forces électriques, qu'on n'a aucun autre moyen de constater, encore moins d'évaluer avec exactitude. On peut citer encore, s'il s'agit de quantités tout-à-fait minimes, la méthode indiquée par Arago et Fresnel, pour mesurer les puissances réfractives des milieux transparens, au moyen des phénomènes de la diffraction. La précision, dans ce cas, n'a d'autres limites que celles que veut y mettre l'observateur; elle ne dépend que de la patience, du temps qu'il consacre à l'expérience. L'hygromètre de Daniell présente un bel exemple de la manière dont on doit diriger l'observation sur les points qu'on cherche à éclaircir. Il fait voir comment on peut faire adopter un instrument qui substitue une indication fondée sur des principes rigoureux à une indication qui est purement arbitraire.

390. Voilà les principaux moyens qui peuvent changer l'aspect de la physique. Il ne faut pas, cependant, oublier ces hasards heureux, ces circonstances imprévues qui viennent inopinément révéler des principes qu'on ne soupçonnait pas. Boyle a intitulé un de ses essais « Grande ignorance des usages des choses naturelles, ou Il n'y a pas une chose dans la nature dont on connaisse toutes les

applications à la vie humaine (1). » L'histoire des arts n'est que le développement de cette idée. Les sciences prouvent chaque jour combien elle est juste. Les chances même qui promettent ces heureuses découvertes, loin de s'épuiser, semblent s'agrandir encore. Les phénomènes ordinaires, ceux qui passent incessamment sous nos yeux, ont, sans doute, été minutieusement étudiés ; les principes qui sont saillans, qui se révèlent eux-mêmes, ont été signalés, consacrés dans nos systèmes de science, mais la plus grande partie des phénomènes naturels est encore inexpliquée, chaque découverte dévoile des classes entières de faits qui, sans elle fussent restés inaperçues. Elle établit ainsi des rapports qui ouvrent à l'esprit philosophique un champ qui ne fait que s'étendre et où il est impossible de ne pas rencontrer quelques principes nouveaux, inattendus. Combien de chances de découvertes présente aujourd'hui la chimie avec cette multitude de combinaisons dont elle s'occupe, qu'elle n'offrait pas lorsqu'elle n'admettait que deux ou trois élémens, qu'elle ne s'exerçait que sur une vingtaine de substances dont les propriétés n'étaient pas même bien connues ! Combien d'exemples d'une substance ou d'une propriété nouvelle, qui a servi à développer, parmi les objets les plus vulgaires, des propriétés, des principes qui, sans cela, n'eussent jamais été découverts ? Pour en citer un, qu'y avait-il de plus

(1) Essai X, p. 185, in-fol. tom. 3.

commun dans un laboratoire, que le platine Qui se doutait qu'on en construirait une lampe qui brûlerait sans flamme ? Aurions-nous jamais, sans ce métal, connu ces phénomènes, ces produits de demi-combustion que nous a révélés cette belle expérience ?

391. Enfin, si on mesure ce qui a été fait, qu'on le compare à ce qui reste à faire encore, il est presque impossible de se défendre de l'idée que nous tenons sous-œuvre une entreprise dont les générations futures recueilleront les avantages (1). Nous sommes arrivés dans un petit nombre de cas à ces lois générales, d'où se déduisent des inductions directes, et qui nous donnent les solutions des phénomènes physiques comme d'autant de problèmes dont nous avions les élémens ; élémens qui n'exigeaient, pour être saisis, que de la sagacité. Nous avons atteint, dans un nombre de cas moindre encore, cet avantage du raisonnement abstrait qui est nécessaire pour mener à terme une tâche si ardue. La science reste donc immense, inexplorée : après un siècle et demi qui s'est écoulé depuis les découvertes de Newton, et pendant lequel toutes les branches de connaissances humaines ont été cultivées avec un zèle, avec une énergie qui n'ont pas été sans succès, nous nous trouvons encore dans la situation où il se trouvait lui-même ; nous sommes sur le bord d'un vaste océan ; nous pouvons recueillir quel-

(1) Jackson, les Quatre âges, p. 52.

ques-unes de ces productions si belles, si nombreuses, sans cesse poussées sur le rivage, et qui néanmoins ne s'épuisent jamais.

392. Cette considération, loin d'affaiblir notre courage, doit le stimuler, lui donner une nouvelle énergie. Le but est éloigné; mais nous avons la certitude de l'atteindre. Nous sommes sûrs d'obtenir enfin le prix que méritent seuls les efforts prolongés. « Ce n'est pas déprécier l'aptitude humaine que de la regarder comme incapable d'une tâche infinie, comme hors d'état d'épuiser un sujet infini (1). » Quel que soit l'état de ses connaissances, l'homme ne doit jamais craindre de risquer une tentative pour les accroître; il doit, au contraire, multiplier ses efforts, les renouveler sans cesse.

293. Un aperçu de la science véritablement utile est celui qui ne voit, qui ne cherche dans les progrès qu'elle fait chaque jour, que les moyens d'arriver à des lois générales, de renfermer les notions acquises dans des généralisations d'un ordre plus élevé. Ce point de vue est d'autant plus précieux, qu'il représente la science telle qu'elle est véritablement, c'est-à-dire, incomplète, hors d'état d'être entièrement fondue dans un système, ou embrassée par un seul esprit. Il ne faut pas perdre de vue, néanmoins, que, dans les limites où a été poussée l'expérience, on n'a pas fait un pas vers la généralisation qui n'ait été fait vers la

(1) Jackson, les Quatre âges, p. 90.

simplification. Ce n'est que lorsque nous nous sommes égarés dans les détails, que nous nous sommes engagés dans de vaines tentatives, dans de difficiles essais d'application où le raisonnement ne pouvait plus nous servir de guide, que la nature nous est apparue obscure, compliquée. Mais du moment où nous parvenons à la voir telle qu'elle est, que nous parvenons à l'envisager d'un point qui permet d'en embrasser une partie, quelque faible qu'elle soit, nous sommes frappés de sa simplicité, et nous éprouvons cette sorte de satisfaction que le vrai seul inspire.

FIN.

TABLE RAISONNÉE.

(Les chiffres de cette table indiquent les numéros des sections ou paragraphes.)

Acoustique, cultivée par Pythagore et Aristote, 272.

Æpinus, lois d'équilibre de l'électricité, 370.

Agricola, George, ses connaissances en minéralogie et en métallurgie, 103.

Air, compressibilité et élasticité de l'; limites de sa tendance répulsive, 239. Poids de l'; inconnu aux anciens, 244. Aperçu pour la première fois par Galilée, 245. Prouvé par un exemple crucial, 246. Equilibre de l', établi, 248. Dilatation de l', par la chaleur, 345.

Airy, ses expériences dans les mines Dolcoat, 196.

Alchimistes, avantages qu'on peut tirer de leurs travaux, 7.

Algèbre, 14.

Ampère, sa théorie électrodynamique, 214. Utilité (de), 215, 363.

Analyse des forces, 77. Du mouvement, 77. Des phénomènes complexes, 79.

Anaxagore, philosophie (de), 98.

Arago, ses expériences sur une aiguille magnétique et un plateau de cuivre, 160.

Archimède, ses applications pratiques, 64. Ses connaissances d'hydrostatique. 249.

Arfwedson, découverte de la lithine, 161.

Aristote, ses connaissances d'histoire naturelle, 101. Ses ouvrages d'abord méprisés, puis avidemment étudiés, 102. Sa philosophie renversée par les découvertes de Copernic, de Kepler et de Galilée, 105.

Arithmétique, 14.

Arts empiriques et scientifiques (différences entre les), 64. Remarques sur le langage, les termes ou les signes employés, 63.

Assurances sur la vie, utilité et abus (de), 47.

Astronomie, causes de la lenteur de nos progrès (en), 67. Théories et observations pratiques distinctes, 127. Il faut, pour bien observer, être initié dans les diverses branches de connaissances, 127. Cinq planètes ajoutées à notre système, 304. Position, figures et dimensions de toutes les orbites planétaires connues, 305.

Attraction capillaire ou capillarité étudiée par Laplace et Young, 253.

Bacon, services rendus à la philosophie naturelle

(par) 96. Son novum organum, 97.
Bartolin découvre les phénomènes que présentent les cristaux doublement réfringens, 279.
Beccher, ses doctrines phlogistiques, 336.
Bergmann, ses travaux dans la cristallographie, 201.
Bernouilli, expériences de, dans l'hydrodynamique, 189.
Biot, son hypothèse d'un mouvement rotatoire des molécules de lumière autour de leur axe, 291.
Black, découverte de la chaleur latente, 361.
Bode, loi observée dans la progression des amplitudes de plusieurs orbites planétaires, 342.
Borda, son invention pour la subdivision, 122.
Botanique, utilité de la, 382.
Boussole, 45.
Boyle, Robert, son enthousiasme pour les recherches scientifiques, 107. Perfectionnemens qu'il apporte dans la machine pneumatique, 247.
Bramah, presse de, principe de son utilité, 251.
Brewster perfectionne les lentilles pour les phares. 45. Ses recherches prouvent que les phénomènes que présente la lumière polarisée dans son passage à travers les cristaux, fournissent une indication sur les points les plus importans relatifs à la structure des cristaux, 292.
Cabot, Sébastien, découverte des variations de l'aiguille, 366.
Cagnard de la Tour, utilité de ses expériences, 257.
Chaleur, 204. Radiation et transmission de la, 217. On ne connaît pas la nature, 221. Points de vue divers, 223. Sources de, 347. Chaleur animale, id. chaleur solaire, différente de celle des corps chauds, 350. Principaux effets de, 357. Chaleur latente, 361. Chaleur spécifique, 362.
Causes prochaines, découvertes des, appelées *veræ causæ* par Newton, 138.
Chimie, assigne les causes d'action soudaine des poudres fulminantes, 57. Analogie des phénomènes complexes avec ceux de la physique, 83. Services rendus par l'analyse, 87. Axiomes de, analogues à ceux de géométrie, 86. Plusieurs élémens découverts dans l'investigation des phénomènes résidus, 161. Lois générales, 221. Exemple, id., 50 à 60 corps simples, 222.
Charbon, puissance calorifique, 50. Ce qui s'en consomme à Londres, 53.
Chimie de Stahl, causes de ses méprises, 115.
Chladni, expériences de dynamique, 189.
Chlore, ses propriétés désinfectantes, 45.

Clarke, expériences sur l'arseniate et le phosphate de soude, 180. Moyen de former un nouveau phosphate, id.
Climat, changemens de, 139.
Cohésion, 80.
Condensation, source de chaleur, 374.
Conductibilité, lois de la, 217.
Copernic, influence de ses découvertes sur la philosophie d'Aristote, 105. Ses doctrines, 299.
Corps, composition naturelle des, 232. Division des, en cristallisés et non cristallisés, 265.
Cristallographie, lois de la, 116. Figure déterminée de toutes les molécules d'un cristal, 265.
Connaissances, faits physiques démontrant leur utilité, 35. Diffusion des; avantages dont elles sont dans l'investigation de la nature, 128.
D'Alembert, perfectionne l'hydrodynamique, 256.
Dalton, théorie atomique, 339. Etude des gaz et des vapeurs, 355.
Davy, sir H., applique la pile voltaïque aux terres et aux alcalis, 375.
Déduction, utilité de la, 184.
De l'Isle (Romée), étudie les corps cristallins, 261.
Drumond perfectionne les lentilles pour les phares, 45.
Dynamique, son importance, 87, 235.
Eau, effets de la puissance de l', 55.
Economie politique, id.
Egypte, grande pyramide sa hauteur, son poids, surface qu'elle occupe à sa base, 52. Exactitude des souvenirs astronomiques, 293.
Elasticité, 80.
Electricité, peut-être la cause du magnétisme, 84. Son universalité, 368. Ses effets, id. Son énergie, 369. Son équilibre, 370. Détermine la décomposition chimique, 374.
Electricité animale, 373.
Empirique (loi), 187. Inconvéniens qui en résultent, id.
Enke annonce le retour d'une comète, 159.
Englefield, analyse des rayons solaires, 349.
Equilibre maintenu par force, 233.
Ermann, son opinion sur les effets du circuit voltaïque, 377.
Etalon de mesure, nécessité d'un, 118. Lois de la nature employées comme telles, 120.
Euler, perfectionnement de la théorie de Newton sur le son, 270.
Expériences, sources de la connaissance des lois de la nature, 67.
Faits, observation des, 109.

Faujas, Saint-Fond, cratères imaginaires, 125.
Fils métalliques, masques magnétiques, 146.
Fluides, lois du mouvement des fluides, 189. Compressibilité des, 238. Examen des mouvemens des, plus compliqués que ceux de l'équilibre, id.
Fluides aériformes, liquides tenus à l'état de vapeur, 358.
Force, analyse de la, 77. Cause du mouvement, 142. Phénomène de forces moléculaires, 268.
Foudre, 111. Choc en retour, 112.
Fourrier pense que les régions célestes ont une température indépendante du soleil, peu inférieure à celle de la congélation du mercure, 160. Analyse des lois de la conductibilité et de la radiation de la chaleur, 352.
Franklin, ses expériences sur l'électricité, 370.
Fresnel, son explication mathématique des phénomènes de la double réfraction, 23. Perfectionnement des lentilles pour les phares, 45. Son opinion sur la nature de la lumière, 218. Ses expériences sur l'interférence de la lumière polarisée, 288. Théorie de la polarisation, 290.
Froid, propriétés du, 354.
Frottement, source de chaleur, 374.
Galilée, célébrité de, 64; son exposition de la philosophie d'Aristote, 101. Réfutation de cette doctrine, 104. Puissance accélératrice de la gravité, 177. Poids de l'atmosphère, 244.
Galvani, ses découvertes en électricité, 372. Application aux animaux, 373.
Gay-Lussac, examen des gaz et des vapeurs, 355.
Généralisation par induction, 80.
Géologie, 313. Son rang comme science, 323.
Géométrie, axiomes de; appel à l'expérience, 86.
Gilbert, ses connaissances sur le magnétisme et l'électricité, 103.
Gravitation, loi de la, axiome physique d'une très-haute espèce, 88.
Grèce, philosophes de la, leur habileté d'abstraction, 97. Leur caractère, 98. Philosophie, 100.
Grimaldi découvre la diffraction de la lumière, 277.
Harmonie, sens de, 272.
Head, capitaine, anecdote, 75.
Herschel, analyse des rayons solaires, 349.
Hipparque, son catalogue d'étoiles, 306.
Hollande, moulins à vents, desséchement du lac de Harlcem, 55.
Homme considéré comme être d'instinct, 1, de raison et de spéculation;

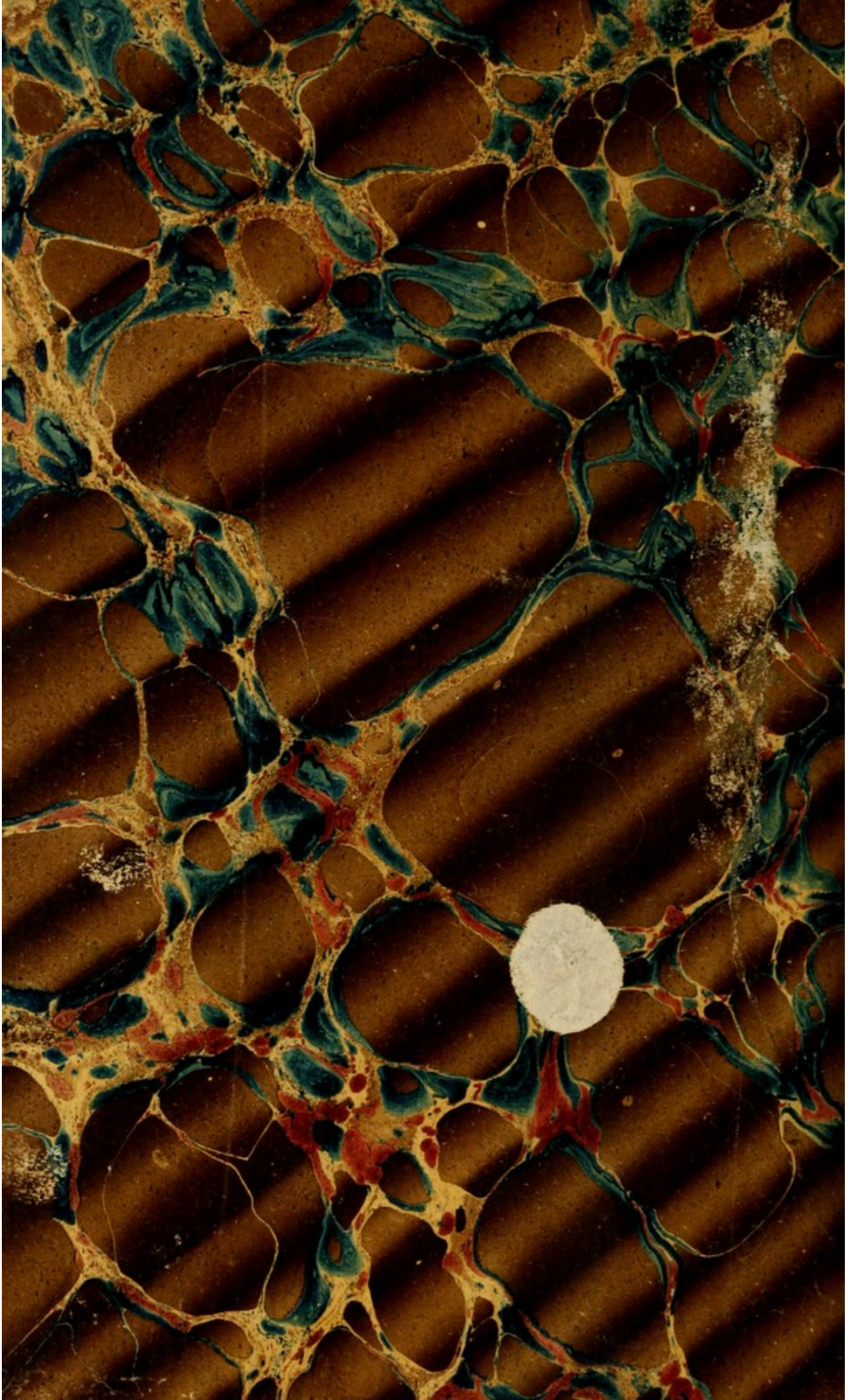
avantages qu'il tire de l'étude des sciences, 5. Nécessité pour lui d'étudier les lois de la nature. 6.
Hooke; 107.
Huyghens, sa doctrine sur la lumière, 218. Lois de la double réfraction, 280.
Hydrostatique, premier pas vers la connaissance de, fait par Archimède, 249. Loi de l'égale pression des liquides, 250.
Hypothèses, conditions qu'elles doivent remplir, 209. Usage et abus, 216.
Induction, comment on la forme, 95. Comment on l'étend, 109. Vérification, 170. Exemples tirés de l'astronomie, 175. Doit être suivie dans toutes ses conséquences, 183. Nature des inductions à l'aide desquelles on arrive aux lois de quantité, 185.
Inertie, 234.
Iode, découverte de l', 43. Application au traitement du goître, id.
Isomorphisme, loi de l', 180.
Kepler, influence de ses découvertes sur la philosophie d'Aristote, 105. Lois du système planétaire, 187, Preuves du système newtonien, id.
Lagrange, améliorations faites à la théorie de Newton, 270. Recherches astronomiques, 305.
Lampe de sûreté, 45.
Laplace, explication de la vîtesse du son, 181. Recherches astronomiques, 305. Expériences sur la dilatation des corps par la chaleur, 355. Chaleur spécifique, 362. Chaleur latente, id.
Lavoisier, travaux chimiques, 337. Expériences sur la dilatation des corps par la chaleur, 355. Recherches sur la chaleur spécifique, 362.
Liquides, cohésion, attraction et répulsion des molécules, 240. Diffèrent des fluides aériformes par leur cohésion, 251. Expériences de Florence, de Canton, de Perkins, Oerstedt, etc., 254. Obscurité des lois de dilatation, 356.
Linnée, connaissances des substances cristallines, 261.
Logique, 14.
Lois inductives, 180. Générales, 210. Empiriques, 187.
Lumière, réfraction de, 22. Double réfraction de, id. Polarisation de, 280
Lumière et vision, ignorance des anciens à cet égard, 273.
Lyell, principes de géologie, 139.
Magnétisme produit par l'électricité, 84. Offre un «exemple éclatant» de polarité, expériences, 365.
Malus decouvre la polarisation de la lumière, 127, 286.

Mariotte, loi de l'équilibre des fluides élastiques, récemment vérifiée par l'Académie, 248. Différence qu'il trouve entre la chaleur que donne le soleil et celle que produisent les autres corps, 350.
Matière, indestructibilité de, divisée par le broiement, 31. Par le feu, id. Dilatée par la chaleur, 204. Inertie de, 313. Polarité de, un des derniers phénomènes auxquels l'analyse nous conduit, 267. Activité inhérente à, 333. Causes de la polarité de, 335. Formes impondérables de, 344.
Mesure, étalon, difficulté de la préserver d'altération, 123. Comment doit être prise, 124.
Mécanique pratique, 58.
Mètre, 120.
Microscopes, puissance des, 204.
Minéralogie, inconnue aux anciens, 67. Arrêtée par la manie des nomenclatures, 132. Avancée par les progrès de l'analyse chimique, 329.
Minéraux, simples, sont peu nombreux en apparence, 330. Difficulté de les classer, 331.
Mitscherlich, loi d'isomorphisme, 180. Ses expériences sur l'expansion des substances par la chaleur, 266.
Mouvement, 77. Simplicité et précision des lois du, 188.
Nature, lois de la, 27. Harmonie qu'elles présentent, avantage de les étudier, 33. Économie qu'on en tire, 59. Comment elles doivent être envisagées, 92, 93.
Nature, objets de la, énumération et nomenclature, utile dans l'étude de, 129.
Newton fonde l'hydrodynamique, 189. Sépare la statique de la dynamique, 235. Examine la loi de l'équilibre des fluides élastiques, 248. Lois d'hydrostatique, 250. Analyse du son, 270. Hypothèse sur la lumière, 274. Examen des bulles de savon, 277. Accès de facile transmission, 278. Ses principes, 301. Ses successeurs, sa géométrie, 303.
Nomenclature, importance de la, 130. Préjudiciable à la minéralogie, 132.
Norman, Robert, découverte de l'inclinaison de l'aiguille, 366.
Objets, et leur action mutuelle, 109.
Observation, passive et active, 67. Nécessité d'acquérir des données physiques précises, 227. Prouvée par le baromètre, 228.
Oerstedt, ses découvertes sur l'électricité et le magnétisme, 127. Électromagnétisme, 376.

Opacité, 200.
Os secs, magasins de substances nutritives, 59.
Otton, van Guericke, invention de la machine pneumatique, 247.
Paracelse, 103.
Pascal, expériences sur le poids de l'air, 246.
Pendule, 120.
Phares, 45.
Phénomènes, analyse des, 76. Procédé de la nature dans la production des, 77. Analyse de phénomènes complexes, 79. Comment découvrir la cause d'un, 88. Phénomènes cosmiques, 293.
Philosophie naturelle, les reproches qu'on lui fait sont mal fondés, 5. Avantages que produit l'étude de la, 7.
Phlogistique (doctrine) de Becher et de Stahl, 336.
Physique, axiomes de, analyse de, 94.
Planètes, 195.
Platine, découverte du, 343.
Pline connaissait le quartz et le diamant, 261.
Pneumatique, 244.
Poids atomique des élémens chimiques, 341.
Poudre à canon, son invention, 45. Agens mécaniques, 56.
Précision numérique, nécessité de la, 115.
Préjugés de l'opinion et des sens, 68.
Prevost, sa théorie de la chaleur, 351. Sa théorie des échanges, 354.
Probabilités, théorie des, 229.
Prout, dr, son opinion sur les poids atomiques, 341.
Pyrométrie, 355.
Pythagore, philosophie de, 98.
Quinine, sulfate de, 45.
Radiation de la chaleur, lois de, 217.
Règles pour se guider dans les recherches, 145.
Répulsion dans les fluides et les solides, 241.
Rosée, causes de la, 163. Effet sur différentes substances, 165. Nuages favorables à sa production, 166. Cause générale, 169.
Rumford, expériences sur la poudre à canon, 56.
Savart, expériences sur les solides, 265. Recherches sur le son, 272.
Science abstraite, n'est pas indispensable pour l'étude des sciences physiques, 14.
Sciences physiques, nature et objets des, 26. État des, avant Galilée et Bacon, 96. Causes des progrès qu'elles ont faits dans ces derniers temps, 383.
Sciences naturelles, cause et effet, 66.
Sciences et arts, remarques sur le langage des, 63, 64.
Sensations, cause des, 82.
Sens, ne peuvent servir à comparer les quantités, 117.
Seringapatham, moyen d'exploiter les carrières, 39.

Smeathon, expériences sur la dilatation par la chaleur, 355.
Soleil, caractère de la chaleur du, 350.
Solides transparens, développent les couleurs périodes quand ils sont exposés à la lumière polarisée, 99.
Solides en général, nature des, 257. Constitution des, compliquée, 258; se liquéfient par la chaleur, 357.
Son, musical, analyse du, 76. Moyen de connaître le, 79. Propagation du, à travers l'air, 269. Analyse de Newton, 270.
Souvenirs de Caldée, 293.
Substances, toutes sujettes à la dilatation par la chaleur, 266.
Temps, division du, 126, 127.
Terre, diminution de son excentricité autour du soleil, 140.
Thalès, philosophie de, 98.
Théorie, comment apprécier la valeur d'une, 206. Doit être déduite de l'observation des lois générales, 219. Doit expliquer les phénomènes de la nature, 221.
Théorie atomique, 339. Avantages de la, 339.
Thompson, son opinion sur les poids atomiques, 341.
Thermomètre. 356.
Thermo-électricité, 378.
Toricelli, ses expériences sur le poids de l'atmosphère, 245.
Ulugh-Begh, son catalogue d'étoiles, 307.
Vaccine, succès de la, 44.
Vent, effet de la puissance du, 55.
Vision et lumière, ignorance des anciens à cet égard, 273.
Volta, ses découvertes en électricité, 372. Pile électrique de, 373.
Whewell, ses expériences, 196.
Wells, sa théorie de la rosée, 168.
Wollaston vérifie les lois de la double réfraction dans le spath d'Islande, 285. Invente le goniomètre, 328.
Young, expériences sur l'interférence des rayons de lumière, 288.
Zoologie fossile, 381.

QD14
865 h



28 **Hoefer** (F.) La Chimie enseignée par la biographie de ses fondateurs, R. Boyle, Lavoisier, Priestley, Scheele, Davy, &c., *Paris*, 1865, *quarter morocco*, *pp.* 136-164 devoted to Priestley, *bound with* : HERSCHEL (J. F. W.) Discours sur l'étude de la Philosophie Naturelle, *Paris*, 1834 8s 6d

Accession no.

Author HC

Hoefer, J.C.
La chimie

Call no.

History
STACKS