

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES  
Publiées par M. L'abbé MOIGNO

PREMIÈRE SÉRIE. — N° 45<sup>e</sup>

---

# L'UNITÉ DYNAMIQUE

DES FORCES ET DES PHÉNOMÈNES DE LA NATURE

OU

L'ATOME TOURBILLON

PAR

M. Félix MARCO

PROFESSEUR DE PHYSIQUE AU LYCÉE CAVOUR A TURIN

Omnium effectuum natur. hujus causae  
conciipiuntur per rationes a chemicas  
nisi velimus omnem spem alicere li-  
quid in physicis intelligendi.

EGENIUS, *Tractatus de Inan*  
Amstelædam, 1727, p. 2.

---

PARIS  
A LA LIBRAIRIE DES MONDES,  
RUE DU DRAGON, 18,  
ET CHEZ M. GAUTHIER-VILLARS,  
35, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS 35

1875



# L'UNITÉ DYNAMIQUE

DES FORCES ET DES PHÉNOMÈNES DE LA NATURE

---

SAINT-DENIS. — IMPRIMERIE CH. LAMBERT.

---





## PRÉFACE DE L'ÉDITEUR.

---

Je publie avec bonheur cette synthèse dynamique des forces et des phénomènes de la nature, coordonnée et rédigée par un physicien très-érudit et penseur profond, parce qu'elle est comme le terme et le couronnement des aspirations incessantes de ma longue vie scientifique.

Jeune encore, j'avais appris d'Euler et d'Ampère que l'attraction universelle, si fatalement acceptée et enseignée pendant près de deux siècles comme la plus grande réalité du monde, en dépit des absurdités que sa conception entraîne, n'est qu'un être fictif, ou tout au plus une force explicative, en ce sens qu'un grand nombre de phénomènes ont lieu dans la nature comme si les masses, les molécules ou les atomes des corps s'attiraient.

Plus tard, je vis très-clairement, et je fus un des premiers à affirmer que dans le monde matériel ou physique tout entier les seuls êtres en jeu sont la MATIÈRE et le MOUVEMENT; que les forces multiples invoquées par les physiciens et les chimistes n'étaient que des êtres de raison, dont il fallait chercher la cause dernière dans la matière en mouvement; qu'à l'attraction universelle elle-même il fallait substituer une impulsion causée par le mouvement vibratoire de l'éther ou fluide lumineux.

Le Sage, de Genève, avait ébauché cette théorie, et ce fut un beau jour pour moi que celui où un jeune confrère, M. l'abbé Leray, caché cependant dans une pieuse solitude, tout à fait en dehors du centre du mouvement scientifique, m'apporta pour les éditer ses RECHERCHES SUR LA CONSTITUTION ET LES MOUVEMENTS DE LA MATIÈRE, dans lesquelles, complétant la théorie de Le Sage, il déduit mathématiquement de la pression exercée par l'éther la raison et la loi de la gravitation universelle, et va jusqu'à démontrer que la loi de la pesanteur, en raison inverse du carré de la distance, n'est qu'une première approximation.

Ce n'était encore qu'un premier pas; mais voici que M. Pline Chase, des Etats-Unis, sortant des abstractions de l'analyse, arrive à passer aux chiffres, *la pierre de touche* de la vérité des théories, et déduit de la force vive des vibrations de l'éther le plus grand nombre des données numériques des mouvements des corps célestes.

M. Félix Marco achève de son côté cette grande synthèse, non plus mathématiquement mais physiquement, avec autant d'habileté que de bonheur. Le nombre des forces et des phénomènes qu'il embrasse est très-grand, la table des chapitres et des paragraphes de son petit volume le prouve éloquemment. Après avoir nettement déliné chaque phénomène, il montre d'une manière très-séduisante comment il est le résultat immédiat du jeu

de l'atome tourbillon, qu'il nous fait saisir aussi bien qu'il est possible, dans ses deux formes essentielles : l'atome tourbillon éthéré, l'atome-tourbillon matériel, condensation dynamique des atomes de l'éther. Je n'oserais pas affirmer que la raison dernière ainsi assignée à chaque phénomène soit absolument nette et lucide; on reste forcément encore, quelque fois, dans un certain vague; mais, et c'est un très-grand mérite, ce petit volume résume parfaitement toute la physique moderne; et il fait pénétrer l'esprit, bien plus qu'on ne pouvait l'espérer, dans la nature intime de chaque phénomène. Je l'ai lu avec un bien vif intérêt, en corrigeant le style et les épreuves, et je suis sûr qu'il intéressera non moins vivement ceux qui le liront avec attention. J'ose ajouter qu'ils seront vivement surpris eux-mêmes des progrès qu'ils auront faits en le lisant.

On peut donc regarder aujourd'hui comme absolument certain que le fluide lumineux ou éther, infiniment tenu, mais infiniment élastique, dont les molécules ou atomes animés de vibrations très-rapides font des excursions infiniment petites et infiniment nombreuses, est la matière première et la cause effective des attractions apparentes ou explicatives des corps célestes ou terrestres, de la condensation de la matière, de la formation des mondes stellaires et planétaires, de tous les phénomènes en un mot du monde physique.

Moïse était donc divinement inspiré quand dans sa merveilleuse cosmogonie, dont la science, hélas ! ne nous a pas encore révélé tous les secrets, immédiatement après le chaos, et alors que le moment est venu de le faire cesser, en organisant la matière nébuleuse ou l'abîme, il fait intervenir la lumière : *FIAT LUX*.

Il était donc aussi divinement inspiré l'auteur du livre des *Proverbes*, quand il mettait dans la bouche de la sagesse éternelle ces magnifiques paroles, qu'une science parvenue à ses dernières limites pourra seule nous faire comprendre pleinement ! « Les abîmes n'étaient pas encore que j'étais déjà conçue... Il n'avait pas encore fait la terre et les fleuves, il n'avait pas encore donné à la terre ses gonds (on savait donc, trois mille ans avant Copernic et Galilée, que la terre tournait ?) quand il s'apprêtait à organiser les cieux ; quand, par une certaine loi (d'attraction apparente causée par une impulsion réelle) et par le mouvement gyrotoire, il donnait aux abîmes (amas de matière nébuleuse) leur circonvallation et leurs formes ; quand il condensait la matière éthérée et étendait le firmament (la matière firmamentive de Tyndall), j'étais avec lui arrangeant tout !!! »

L'auteur de *l'Imitation* a dit presque au début de son beau livre : « Celui qui voit tout dans l'unité, qui attire tout vers l'unité, qui réduit tout à l'unité, celui-là peut se vanter d'avoir trouvé la paix, et se reposer en Dieu qui est l'unité absolue, celui qui est, celui en qui et par qui nous vivons, nous nous mouvons, nous sommes ! » Ce petit volume, dans sa modeste sphère, fera faire un pas vers cette suprême félicité.

F. MOIGNO.

## PRÉFACE DE L'AUTEUR

---

En 1867, je publiai à Turin un volume de 230 pages sous ce titre : *Principii della teoria meccanica dell' elettricità e del magnetismo* (Principes de la théorie mécanique de l'électricité et du magnétisme). Je fis imprimer plus tard différents mémoires dans divers journaux scientifiques, et surtout dans le journal *les Mondes* de l'infatigable abbé Moigno. Quoiqu'ils n'aient pas fait une grande sensation, on me permettra de rappeler leurs titres et les mentions dont ils ont été l'objet :

I. *Explication de l'influence de la lune sur la terre* (LES MONDES, livraison du 2 janvier 1868, pag. 14).

II. *Explication des phénomènes cométaires* (*ibid.*, livraison du 20 août 1868, pag. 638).

III. *Sur l'origine du magnétisme des planètes* (*ibid.*, livraison du 3 septembre 1868, pag. 39).

IV. *Sur la théorie de l'électricité* (*ibid.*, livraison du 17 juin 1869, pag. 248).

V. *Sur l'électricité solaire, 1<sup>er</sup> Mémoire* (*ibid.*, livraison du 28 octobre 1859, pag. 345).

VI. *Sur l'électricité solaire, 2<sup>e</sup> Mémoire* (*ibid.*, livraison du 10 février 1870).

VII. *Nouveau théorème sur l'induction électrostatique, qui donne l'explication du magnétisme terrestre* (ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE GENÈVE, livraison de septembre 1870).

Dans la livraison du 29 octobre 1868, pag. 348, du journal *les Mondes*, dans un article intitulé : *Vraie Théorie de l'électricité, par M. F. Moret, professeur de mathématiques*, j'eus la satisfaction de lire ce qui suit : « . . . Ce résultat montre que deux éléments chimique-

« ment identiques ont la propriété de s'électriser par  
« leur seule présence et leur différence de densité, et  
« que celui qui s'électrise négativement est celui qui a  
« la plus faible densité, résultat qu'il sera facile de  
« généraliser dans le théorème suivant : *La matière*  
« *pondérable prend l'électricité positive par la condensation*  
« *et la négative par la dilatation.* Ce théorème, comme  
« on voit, est celui dont M. Félix Marco, à Turin, vient  
« de faire, dans un article très-remarquable de la revue  
« *les Mondes*, une si belle application, en expliquant, par  
« son moyen, les phénomènes si mystérieux, si bizarres  
« et si compliqués de la formation de la queue et de la  
« chevelure des comètes, ainsi que d'autres phéno-  
« mènes astronomiques, tels que la lumière du soleil et  
« des comètes, les aurores boréales, etc. »

J'ai trouvé une seconde mention de mes travaux dans un article intitulé : *Lumière secondaire de Vénus*, par M. de Heen, à Louvain, inséré dans *les Mondes*, livraison du 30 janvier 1873, pag. 156, on y lit : « Il est  
« constaté, par le témoignage de plusieurs observateurs  
« dignes de toute confiance, que quelquefois Vénus  
« a été vue tout entière, même en plein jour, dans des  
« positions où l'on n'aurait dû en apercevoir tout au  
« plus que la moitié. Il ne reste donc plus que l'hypo-  
« thèse qui attribue le phénomène à la présence d'au-  
« rores polaires, et celle-ci est des plus probables.

« En effet, il a été constaté que le magnétisme ter-  
« restre acquiert son maximum d'intensité lorsque la  
« terre est le plus voisine du soleil. (La théorie du ma-  
« gnétisme terrestre de M. Félix Marco met, du reste,  
« le fait en évidence.) Il est donc aisé de conclure de là  
« que l'intensité des courants magnétiques à la surface  
« de Vénus, qui est beaucoup plus proche du soleil, est  
« aussi beaucoup plus considérable. »

En rédigeant ce travail, j'ai été sans cesse guidé par cette idée fondamentale, qui est au fond ma synthèse, que tous les phénomènes cosmiques ont pour cause et pour raison d'être le mouvement corpusculaire,

moléculaire ou atomique de la matière pondérable, mais que *la molécule matérielle elle-même résulte du mouvement tourbillonnaire de la matière impondérable ou éther.*

En 1871, je vis avec bonheur que mon idée des atomes tourbillons, qui me guide continuellement dans mes études, était aussi caressée par des savants de premier ordre. En effet, Thomson, dans son discours à l'Association britannique pour le progrès des sciences (session d'Edimbourg, août 1870), s'exprimait en ces termes : « *L'exquise théorie de Helmholtz, les mouve-*  
« *ments en tourbillon dans un liquide incompressible*  
« *et sans frottement, a surgi comme un poteau indica-*  
« *teur, montrant la voie qui peut conduire à une pleine*  
« *intelligence des propriétés des atomes, et mettant en*  
« *pratique la grande conception de Lucrèce, qui n'ad-*  
« *met ni éthers subtils, ni variété d'éléments avec prin-*  
« *cipes de feu ou d'eau, de lumière ou de pesanteur ;*  
« *qui ne suppose pas la lumière une chose, le feu une*  
« *autre, l'électricité un fluide, le magnétisme un prin-*  
« *cipe vital, mais qui traite tous ces phénomènes*  
« *comme de simples propriétés ou accidents de la matière*  
« *pure. Je prends ce passage dans un admirable tra-*  
« *vail sur la théorie atomique de Lucrèce, publié dans*  
« *la Nord British Review (mai 1868), et contenant un*  
« *très-intéressant et très-instructif sommaire des doc-*  
« *trines anciennes et modernes concernant les atomes.*  
« *Permettez-moi de vous lire de cet article un autre*  
« *court passage, décrivant parfaitement l'aspect actuel*  
« *de la théorie atomique : —L'existence de l'atome chi-*  
« *mique, qui est presque tout un petit monde complexe,*  
« *semble très-probable. Nous ne sommes pas tout à*  
« *fait sans espoir que l'on puisse connaître un jour le*  
« *poids réel de chaque atome de ce genre, non simple-*  
« *ment les poids relatifs des divers atomes, mais leur*  
« *nombre sous un volume donné de matière ; on pourra*  
« *calculer la forme et le mouvement des parties de*  
« *chaque atome et les distances qui les séparent ; par le*

« moyen de diagrammes géométriques exacts, on par-  
« viendra à mettre en évidence les mouvements par  
« lesquels ils produisent la chaleur, l'électricité et la  
« lumière; enfin il y aura possibilité d'arriver aux pro-  
« priétés fondamentales du milieu *intermédiaire et*  
« *probablement constituant*. Alors le mouvement des  
« planètes et la musique des sphères seront négligés un  
« instant, dans le transport d'admiration que nous  
« inspirera la vue du dédale où se précipitent les atomes  
« légers. »

Enfin, on me permettra de citer quelques passages très-significatifs, dans un article bibliographique du journal *les Mondes* (livraison du 13 février 1873), intitulé : *Réimpression des mémoires sur l'électro-statique et le magnétisme*, par sir W. THOMSON; c'est d'abord cette profession de foi de sir William THOMSON lui-même.

« Il y a de vingt à vingt-cinq ans, lorsque toutes mes  
« pensées se concentraient dans des travaux de labo-  
« ratoire, ce système, ou cette théorie de courants et de  
« circuits moléculaires, m'apparaissait comme une  
« conception fantastique, et j'étais loin de croire à sa  
« réalité; mais j'ignorais encore que le mouvement est  
« l'essence de ce que nous appelons la matière. Dans  
« la réunion de 1847 de l'Association britannique à  
« Oxford, je fus initié par Joule à la théorie dynamique  
« de la chaleur, et dès ce moment une révolution  
« s'opéra dans mes idées sur les causes finales des phé-  
« nomènes en apparence de nature statique. Je fus forcé  
« d'abandonner en bloc une multitude d'opinions pré-  
« conçues dans les questions de cet ordre, et graduel-  
« lement beaucoup d'autres, d'année en année. »  
M. l'abbé Moigno ajoute en note :

« En 1861 et 1862, Maxwell publia sa *Théorie des*  
« *tourbillons moléculaires appliquée au magnétisme, à*  
« *l'électricité, etc.*, qui peut être considérée comme un  
« développement de l'idée de Thomson, sous une forme  
« ébauchée et rudimentaire, si on la compare aux réa-  
« lités de la nature, mais qui, du moins, a pu servir,

« à son tour, comme une hypothèse provisoire....

« Il résulte des calculs de Helmholtz et de Thomson que, si une partie d'un fluide a reçu un mouvement de l'espèce dite *rotatoire*, elle conserve les caractères de ce mouvement malgré tous les déplacements dont elle est susceptible dans la masse totale.

« Ce tourbillon, suivant l'expression adoptée par Helmholtz, quelque grand ou quelque petit qu'il soit, possède ce caractère de permanence et d'individualité que nous attribuons à une molécule matérielle, et néanmoins il peut changer de forme d'une infinité de manières; il peut particulièrement exécuter des vibrations de nature à exciter ces raies du spectre qui nous servent à reconnaître les diverses espèces de molécules. Il est difficile de concevoir des vibrations dans les petites molécules rondes des anciens systèmes; ce sont des sphères où il n'y a pas de mu-  
« sique.

« Mais indépendamment de cette application de l'hydrokinétique à une nouvelle conception de l'ancien atome, les travaux de Helmholtz et de Thomson ont ouvert un vaste champ aux investigations mathématiques. Il faut espérer que le second nous donnera bientôt le complément de ses mémoires sur les *tourbillons*. Mais d'où vient que ces deux vaillants champions sont encore seuls dans la lice? Si la barrière s'est refermée après eux, ne serait-ce pas un peu l'effet d'une extrême multiplication des symboles? »

Ces paroles me décidèrent à accepter l'offre honorable de M. l'abbé Moigno de publier, en français, une édition complète de mes travaux, qui sont une application continuelle de l'idée des atomes tourbillons à la physique expérimentale, et particulièrement à l'électricité.

L'idée de l'atome tourbillon éthéré naquit dans mon esprit par mes seules réflexions, et avant d'avoir lu les travaux de Helmholtz, de Thomson et de Maxwell. Jusqu'à présent, croyant être le seul partisan de cette

idée féconde, je craignais de la produire au grand jour de la science; mais aujourd'hui, la voyant caressée par des esprits de premier ordre, tels que Helmholtz, Thomson et Maxwell, j'ose la présenter à ce temple dans le but de lui donner un nom, et de la faire reconnaître en qualité de fille légitime de cette illustre mère qui s'appelle *la science*. C'est pourquoi, profitant de l'offre courtoise de M. l'abbé Moigno, je publie cette édition française, augmentée et améliorée, de mes études sur le sujet en question. Parmi les additions, je signalerai le chapitre III, dans lequel j'expose la constitution mécanique de l'éther, et par l'éther le mécanisme de la gravitation universelle et moléculaire.

M. l'abbé Moigno clôt son article cité ci-dessus par cette demande : « *Si la barrière s'est refermée après eux, ne serait-ce pas un peu l'effet d'une extrême multiplication des symboles?* » Mon travail pêchera peut-être par le défaut contraire, c'est-à-dire par l'absence presque complète de considérations mathématiques. C'est qu'il a pour but d'exposer la théorie des atomes tourbillons au point de vue physique et expérimental. Quant à la théorie mathématique, je la laisse aux vaillants géomètres, tels que Thomson, Helmholtz et Maxwell. Leurs travaux et les miens pourront peut-être un jour s'entr'aider. Peut-être aussi trouvera-t-on mon exposition trop dogmatique et insuffisamment démonstrative; mais cela dépend de la nature même de mon œuvre, qui est encore à l'état d'esquisse, et attend de meilleurs artistes pour être achevé.

FÉLIX MARCO.

---

# SYNTHÈSE DYNAMIQUE

DES

## FORCES ET DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES

---

### CHAPITRE PREMIER.

#### HYPOTHÈSE DES ATOMES TOURBILLONS.

##### I. — But de l'ouvrage.

Lamé conclut sa *Théorie mathématique de l'élasticité* par les paroles suivantes : « L'existence de l'éther  
« est incontestablement démontrée par la propagation  
« de la lumière dans les espaces planétaires, par l'expli-  
« cation aussi simple que complète des phénomènes de  
« la diffraction dans la théorie des ondes et des lois de  
« la double réfraction, lesquelles prouvent, avec une  
« certitude non moins grande, que l'éther existe dans  
« l'intérieur de tous les corps diaphanes. Ainsi la ma-  
« tière pondérable n'est pas seule dans l'univers ; ses  
« particules nagent, pour ainsi dire, au milieu d'un  
« fluide. Si ce fluide n'est point la cause unique de tous  
« les phénomènes observables, il doit au moins les mo-  
« difier, servir à leur propagation, compliquer leurs  
« lois. Il n'est donc pas possible d'arriver à une explica-  
« tion complète des phénomènes de la nature physique  
« sans faire intervenir cet agent, dont la présence est iné-  
« vitable. On ne pourrait douter que dans cette inter-  
« vention se trouve le secret ou la vraie cause des effets  
« que l'on attribue à la chaleur, à l'électricité, au magné-

« tisme, à l'attraction universelle, à la cohésion, aux  
« affinités chimiques, car tous ces êtres mystérieux ne  
« sont enfin que des hypothèses de coordination, utiles  
« sans doute à notre ignorance, mais que les progrès  
« des sciences finiront par détrôner. »

Le détrônement préconisé par Lamé est maintenant complet pour ce qui concerne la lumière et la chaleur, grâce aux travaux de Huyghens, de Young, de Fresnel, de Biot, d'Arago, de Cauchy, et par l'œuvre de ceux qu'on peut considérer comme les véritables pères de la théorie mécanique de la chaleur, Melloni,<sup>1</sup> Carnot, Mayer, Joule, Thomson, Clausius, Hirn, etc. Je vais tenter, à mon tour, le détrônement des fluides électriques et magnétiques, en démontrant qu'ils se réduisent à des actions mécaniques de l'éther, et j'arriverai par là à poser les bases de la théorie mécanique de l'électricité et du magnétisme.

II. — Les éléments de la matière, soit pondérable soit impondérable; doivent être en mouvement.

La philosophie naturelle de nos jours nous enseigne que la chaleur est une manière de mouvement de la matière. Ce mouvement, quel qu'il soit, doit exister dans tous les corps, car dans tous les corps il y a de la chaleur. On doit évidemment l'admettre autant dans les éléments de la matière pondérable que dans ceux de la matière impondérable, qu'on appelle éther, au sein de

<sup>1</sup> Je place Melloni parmi les pères de la théorie mécanique de la chaleur, car c'est lui qui a démontré l'identité objective des phénomènes caloriques (\*) et lumineux.

(\*) Je dis *caloriques*, et non pas *calorifiques*, parce que, maintenant que le fluide appelé *calorique* n'existe plus, et que ses effets s'expliquent par le seul phénomène mécanique que nous appelons *chaleur*, on peut et on doit employer le mot *calorique* adjectivement, au lieu de *calorique*, ainsi que l'on dit *électrique* et non pas *électrique*.

aquelle les premiers sont plongés, car les uns ne peuvent se mouvoir sans mouvoir les autres.

III. — Les éléments de la matière pondérable, c'est-à-dire les atomes, doivent nécessairement être doués d'un mouvement rotatoire.

Un corps ne peut avoir qu'un mouvement de translation ou de rotation, ou un mouvement simultané de translation et de rotation. Les particules de la matière doivent donc être douées de l'un ou de l'autre de ces mouvements, ou bien de tous les deux en même temps. Il faut de plus observer qu'elles peuvent avoir un mouvement de rotation sans mouvement de translation, mais qu'elles ne peuvent avoir un mouvement de translation sans avoir en même temps un mouvement de rotation, car, en vertu du mouvement de translation, elles doivent, de toute nécessité, s'entre-choquer mutuellement. Or, quand deux corps se heurtent, à moins que le choc ne soit parfaitement central et direct, c'est-à-dire à moins qu'il n'ait lieu dans la direction de la ligne droite qui joint les centres des masses des deux corps, ce qui ne peut être qu'un cas tout à fait spécial, ils prennent, par l'excentricité du choc, un mouvement rotatoire qui coexistera avec le mouvement de translation.

IV. — Les atomes de la matière pondérable, doivent être environnés d'une atmosphère éthérée raréfiée.

Par une conséquence nécessaire de la théorie dynamique de la chaleur, les atomes de la matière pondérable doivent donc être doués d'un mouvement rotatoire. Or, comme ces atomes sont plongés dans l'éther, les particules de cet éther devront être lancées tout autour par la force centrifuge, c'est-à-dire il devra se former autour de chaque atome un tourbillon ou une atmosphère

éthérée raréfiée, qui exercera une pression contre l'éther libre environnant, pression qui diminuera de l'équateur de chaque atome aux deux pôles ou extrémités de l'axe de rotation. La densité des atmosphères éthérées diminuera évidemment à mesure que la vitesse de rotation augmentera, et *vice versa*.

Cette idée des atmosphères qui entourent les atomes, a été émise par les plus illustres philosophes.

Rankine considère chaque atome de matière comme étant constitué d'un noyau enveloppé d'une atmosphère électrique retenue par des forces attractives dirigées vers le centre. Son hypothèse ressemble à celle de Franklin, OEpinus et Mossotti ; mais ces derniers ont regardé l'atmosphère comme étant de masse variable, tandis que Rankine la considère comme partie essentielle de l'atome, et par conséquent de masse constante. Redthenbacher appelle *dynamide* un atome entouré de son atmosphère éthérée. Selon Ampère, chaque atome est entouré d'une atmosphère électrique.

V. — Les atomes peuvent être hétérogènes ou homogènes.

Les atomes peuvent être autant de masses distinctes et de nature différente qu'il y a des corps simples, suivant l'hypothèse de Berzélius ; ou ils peuvent être des agrégats d'atomes de l'éther même réunis simplement, en vertu d'une vitesse commune, ainsi que le suppose le P. Secchi <sup>1</sup>.

On admettrait par là l'unité de la matière, et les corps que l'on appelle simples ne seraient que des agrégations différentes des mêmes éléments primitifs.

<sup>1</sup> V. SECCHI, *Unità delle forze fisiche*, p. 39 et 455.

VI. — On propose l'hypothèse que les atomes de la matière pondérable consistent simplement en petits tourbillons étherés.

Mais les atomes de la matière pondérable ne pourraient-ils pas être constitués par de très-petits tourbillons existant dans le milieu étheré, ainsi que nous voyons continuellement s'en produire dans l'eau et surtout dans l'air, où ils voyagent pendant plusieurs milles sans se perdre ?

En général les trombes sont toujours douées d'un mouvement en tourbillon ; et les observations météorologiques des temps modernes ont mis ce fait en lumière : que les tempêtes sont pareillement toujours le résultat de mouvements en tourbillons qui s'établissent dans l'atmosphère et s'y transportent <sup>1</sup>.

Tyndall, dans ses célèbres expériences optiques sur les matières gazeuses <sup>2</sup>, voyait se produire, avec la plus grande facilité, des tourbillons par de petites différences de température des différentes parties des colonnes gazeuses contenues dans ses tubes.

Or, si ces tourbillons se produisent avec tant de facilité et se conservent dans les fluides pondérables, c'est-à-dire dans les liquides et les gaz, ne pourrait-il pas aussi advenir qu'ils se fussent formés dans des conditions déterminées de chaleur, et qu'ils se conserveront dans cette matière impondérable répandue par tout l'univers, et qu'on appelle éther, pour constituer précisément les éléments de la matière pondérable ? Ainsi l'univers sensible ne serait que le résultat des mouvements vibratoires et en tourbillon qui existent dans la matière unique appelée éther. Les mouvements vibratoires engendrent la lumière et la chaleur, et le mouvement

<sup>1</sup> V. MARIÉ DAVY, *Météorologie*, chap. XIII.

<sup>2</sup> V. *Les Mondes*, t. XXII (1871), p. 574.

en tourbillon produit la matière pondérable avec toutes ses modifications électriques et magnétiques.

L'indivisibilité que les chimistes sont forcés d'admettre dans les atomes, appartient évidemment à ces atomes tourbillonnants qu'on ne peut diviser sans les défaire.

VII. — Constitution des molécules dans l'hypothèse des atomes tourbillons.

Plusieurs tourbillons réunis dans une atmosphère raréfiée commune, c'est-à-dire dans un tourbillon plus grand, ainsi qu'il arrive parfois dans les tourbillons aériens, ou bien simplement réunis en vertu de leurs mouvements rotatoires et de la pression de l'éther environnant, constitueraient les molécules.

Cette théorie est évidemment d'accord avec celle de Gaudin, qui rend merveilleusement raison de la constitution atomique des molécules et de leur disposition dans les formes cristallines. Il considère les atomes comme des sphéroïdes, tels qu'ils doivent être dans la théorie des atomes tourbillons.

Dès l'année 1864, un chimiste éminent, M. Berthelot, exprima la pensée que les atomes des corps simples pourraient être constitués d'une même matière, ne différant que par la nature des mouvements qui l'agitent.

VIII. — Rapport essentiel entre la vitesse, la densité et la pression des atomes tourbillons étherés.

Mais que les atomes de la matière pondérable soient constitués par des tourbillons, produits dans l'éther par le mouvement rotatoire d'un noyau central, ou bien qu'ils soient constitués simplement par des tourbillons étherés sans noyau central, ainsi que je le crois plus probable,

on doit retenir que ces atomes tourbillons, avec ou sans noyau, que j'appellerai indifféremment atomes tourbillons, devront exercer une pression dans l'éther environnant; que cette pression devra décroître de l'équateur aux pôles de chaque atome tourbillon; que chaque variation minime de la vitesse de rotation de l'atome tourbillon devra être accompagnée d'une variation correspondante dans la densité et la pression du tourbillon que l'atome fait naître dans l'éther environnant.

IX.—Mécanique de la chaleur intérieure des corps dans l'hypothèse des atomes tourbillons.

Du choc des tourbillons éthérés doit évidemment suivre un mouvement d'oscillation ou vibration de leurs particules éthérées perpendiculairement à l'axe de rotation.

Ce sont probablement ces vibrations qui constituent directement la chaleur, tandis que les autres mouvements ne constituent la chaleur qu'indirectement, c'est-à-dire autant qu'ils peuvent se transformer en ce mouvement vibratoire qui produit dans l'éther environnant les ondulations caloriques et lumineuses. Selon Redtenbacher, le mouvement qui nous apparaît comme chaleur, consiste précisément en des vibrations *radiales* des atmosphères éthérées qui se dilatent et se contractent; et selon Rankine, la chaleur thermométrique résulte pareillement de l'agitation des atmosphères qui environnent les noyaux centraux. L'existence d'un tel mouvement vibratoire des éléments constitutifs des molécules, est également admise par Clausius. En effet, dans son mémoire *Sur la nature du mouvement qu'on appelle chaleur*, cet auteur dit : *Des considérations mathématiques démontrent que la force vive du mouvement*

*de translation des particules gazeuses est trop petite pour représenter toute la chaleur qui existe dans les gaz ; de sorte que, indépendamment de toute autre considération, on est forcé d'admettre la coexistence d'un ou de plusieurs autres mouvements dans les particules gazeuses.* » Et il admet précisément, outre le mouvement rotatoire des particules gazeuses, un mouvement vibratoire des éléments constitutifs de ces particules. On voit par là que le mouvement vibratoire des atomes dépendant de la température, n'est nullement un mouvement vibratoire de la masse entière de l'atome, ainsi qu'on l'admet communément, mais bien plutôt des particules éthérées qui composent l'atome, lesquelles vibrent dans la masse même de l'atome.

Ces différents mouvements doivent nécessairement coexister les uns avec les autres, et se transformer mutuellement d'après les lois de la mécanique ; car, en supposant le mouvement de translation, les chocs doivent produire le mouvement rotatoire et vibratoire ; et *vice versa*, en supposant le mouvement vibratoire des atomes tourbillons en contact, on doit en déduire leur mouvement de translation et rotatoire. Ces mouvements devront en outre avoir un rapport déterminé les uns avec les autres, rapport qui devra varier avec la température.

X. — Idées de Savary et d'Ampère.

Savary admit pareillement l'existence permanente de petites vibrations et des mouvements de révolution très-rapides dans les atmosphères qui environnent les particules des corps ; ces petites oscillations et ces mouvements révolutifs auraient, à son avis, une durée et une ampleur constante pour chaque espèce de particule, à une température déterminée. C'est pourquoi il pense

qu'on pourrait définir la température comme la variation du rayon et du volume moyen de l'atmosphère de chaque particule <sup>1</sup>.

Ces idées s'accordent avec celles d'Ampère et avec celles que je vais exposer moi-même.

<sup>1</sup> V. *Comptes rendus*, t. IX, p. 557.

## CHAPITRE II.

### DES DIFFÉRENTS ÉTATS DE LA MATIÈRE PONDÉRABLE DANS L'HYPOTHÈSE DES ATOMES TOURBILLONS.

#### XI. — Constitution des gaz.

La force expansive indéfinie des gaz, amène naturellement à admettre que leurs molécules sont douées d'un mouvement de translation en vertu duquel elles se meuvent dans tous les sens en se heurtant réciproquement, et en heurtant les parois des récipients où les gaz sont enfermés, c'est de là que dérive la pression que les gaz exercent contre ces parois, c'est-à-dire leur force élastique.

Aujourd'hui, ce mouvement de translation des molécules gazeuses est un fait parfaitement démontré par l'expérience. « *La seule action, dit Graham<sup>1</sup>, qui puisse déterminer le phénomène de la diffusion des gaz à travers les diaphragmes poreux, c'est ce mouvement intestin des molécules, que l'on a aujourd'hui généralement reconnu pour une des propriétés essentielles de l'état gazeux des corps.* » Et à la page 126 du même mémoire, il conclut: « *En définitive, il n'y a plus le moindre doute que la pénétration d'un gaz dans le vide, et son expansion dans une*

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 4<sup>e</sup> série, t. II, p. 119.

*atmosphère gazeuse à travers une lame de graphite, ne soit due à une même cause : le mouvement (de translation) des molécules de ce gaz. »*

Ce même fait nous est encore éloquemment démontré par les phénomènes de l'absorption des gaz dans les corps solides poreux et dans les liquides. Comment pourraient-elles en effet, les molécules gazeuses, pénétrer les unes entre les autres, et entre celles des liquides et des solides, si elles n'étaient douées d'un mouvement de translation qui les pousse à pénétrer partout où elles trouvent un espace vide ?

Ce fut Daniel Bernouilli qui, dès l'année 1738, dans son *Hydrodynamique*, émit une telle idée sur la constitution des gaz. Herapath la fit revivre, et l'appliqua à l'explication des phénomènes de la diffusion gazeuse, c'est-à-dire du passage des gaz à travers les diaphragmes poreux <sup>1</sup>. Elle fut adoptée par Joule, par Krönig, par Clausius, qui fait justement observer qu'avec le mouvement de progression doit coexister dans les molécules un mouvement de rotation ; car, ainsi que nous le disions à propos des atomes (n° 3), lorsque deux corps s'entre-chocquent, à l'instar des molécules gazeuses, excepté le cas où le choc est parfaitement central et direct, c'est-à-dire quand il a lieu dans la direction de la ligne droite qui réunit les centres de masse des deux corps, ils prennent, par l'excentricité du choc, un mouvement rotatoire qui, en général, coexistera avec le mouvement de translation.

Ces divers mouvements qui doivent coexister dans les molécules gazeuses, doivent évidemment, dans chaque gaz, avoir un rapport déterminé les uns avec les autres, variable avec la température.

<sup>1</sup> V. *Physique mathématique*, par JOHN HERAPATH, 1847, II vol.

XII. — Constitution des liquides.

Lorsque le volume d'un gaz diminue successivement soit par une pression extérieure, soit par des soustractions successives de chaleur, les molécules de ce gaz devront se rapprocher jusqu'à ce que chacune d'elles soit forcée de se mouvoir dans une courbe fermée. Voilà l'état liquide.

On peut raisonnablement admettre avec Secchi<sup>1</sup> et autres physiciens distingués que, dans un tel état, les molécules parcourent des courbes fermées et frappent ainsi tangentiellement les molécules environnantes; c'est pourquoi, par l'excentricité et la fréquence des chocs, la force vive de rotation croîtra aux dépens de celle de translation. C'est ainsi que cessera cette force expansive propre de l'état gazeux, qui est due, ainsi que nous l'avons vu, au mouvement libre des particules; et ce ne sera qu'à la surface où les molécules ne sont point entourées de tous les côtés que nous verrons persister une tendance de ces mêmes molécules à abandonner les autres, en vertu de la force vive de translation qui leur est restée.

Wiener, dans un mémoire publié dans les *Annales de Poggendorff* (janvier 1863), dit qu'en plaçant entre l'œil armé d'une loupe et la flamme d'une lampe une lame de verre bien polie, sur laquelle se trouve étendue une mince couche de sirop d'orgeat dilué dans de l'eau, on reste tout émerveillé de la bizarrerie des mouvements que présentent les particules solides. Ces observations ont donné à Wiener la conviction qu'il s'agit ici, non pas de ces mouvements que l'on appelle de Brown, mais de mouvements propres des molécules liquides.

<sup>1</sup> *Unità delle forze fisiche*, p. 47, 464.

XIII. — Constitution des solides.

Lorsque la chaleur diminue dans un liquide, il devra diminuer aussi l'ampleur des courbes fermées que parcourent ses atomes tourbillons, jusqu'à ce qu'ils soient si rapprochés que, par la pression de l'éther environnant, il naisse des liens réciproques en vertu desquels chaque petit tourbillon prendra une position stable d'équilibre au milieu des autres, et l'on aura l'état solide. Dans cet état, la vitesse de rotation des atomes tourbillons doit être plus grande encore que dans l'état liquide; car, dès que l'ampleur des courbes décrites par les atomes tourbillons vient à décroître, les chocs deviennent plus fréquents et plus excentriques, et par conséquent la vitesse de leur mouvement rotatoire doit augmenter.

Un corps solide est donc un système d'atomes tourbillons qui ne se trouvent point parfaitement en contact, mais qui sont réunis l'un à l'autre en vertu des mouvements rotatoires et de la pression de l'éther placé entre eux.

Un tel système est, de toute évidence, un système essentiellement vibrant, c'est-à-dire où chaque déplacement moléculaire doit donner naissance à des vibrations des molécules déplacées; or, telle est précisément la conclusion à laquelle nous amènent toutes les recherches expérimentales qui se rapportent aux corps solides. Leur principal caractère est d'entrer facilement en vibration.

La transparence qu'acquièrent les métaux eux-mêmes quand ils sont suffisamment amincis, démontre encore que les molécules des corps solides ne doivent point se trouver parfaitement en contact. Cette transparence augmente avec la chaleur qui en éloigne les molécules. En

effet, le fer chauffé au rouge, jusqu'à l'épaisseur d'au moins un demi-centimètre, est transparent <sup>1</sup>.

Henry Deville a de même constaté récemment la porosité des métaux au moyen des phénomènes d'absorption des gaz que les métaux présentent quand ils sont fondus. Il regarde cette propriété comme le résultat de la dilatation que la chaleur fait éprouver aux espaces intermoléculaires <sup>2</sup>. Cette dilatation est évidemment le résultat de la force vive de translation que la chaleur développe dans les molécules.

XIV. — La cristallisation est une conséquence mécanique de la tendance des axes de rotation au parallélisme.

Comme les axes de rotation tendent au parallélisme, il est clair que, quand l'influence réciproque des rotations des atomes tourbillons commence à se faire sentir, les axes de rotation tendent à se disposer suivant une direction commune, qu'ils prendront réellement si d'autres mouvements ne s'y opposent point. Voilà toute claire la raison de la tendance de la matière à prendre la forme cristalline quand elle se solidifie. Ensuite, comme non-seulement les axes de rotation tendent au parallélisme, mais les rotations tendent aussi à se faire dans le même sens, les rotations des atomes tourbillons dans les cristaux auront un sens déterminé ; et voilà une des causes des phénomènes que présentent les corps cristallisés, dans lesquels *les atomes marchent en cadence*.

XV. — Loi de Boyie et Mariotte.

La pression que subit la paroi d'un récipient qui contient un gaz est évidemment proportionnelle, à parité

<sup>1</sup> SECCHI, *Comptes rendus*, 1867.

<sup>2</sup> *Archives des sciences physiques*, 1867, t. XXVIII, p. 209.

de vitesse, au nombre des molécules gazeuses qui bombardent à chaque instant la paroi comme autant de projectiles; et ce nombre est de même évidemment en raison directe de la densité de la masse gazeuse, et par conséquent en raison inverse de son volume, ce qui est établi par la loi de Boyle et Mariotte.

XVI. — Principe de l'égalité de pression dans les fluides.

Le principe de l'égalité de pression dans les fluides est une conséquence de leur constitution, résultant de molécules douées de mouvement, et qui viennent à se frapper mutuellement; car il est évident que l'action de la pression ne pourra s'exercer sur les molécules d'une masse fluide sans que ces molécules l'exercent, à leur tour, sur celles qu'elles frappent en vertu de leur mouvement de translation.

XVII. — Mécanique de la faculté qu'ont les molécules d'emmagasiner la force vive.

Dans cette théorie des atomes tourbillons, on comprend fort bien que les derniers éléments des corps ont une masse propre, et sont susceptibles d'emmagasiner une certaine quantité de force vive au moyen de mouvements de translation et de rotation des atomes tourbillons, et de vibration des éléments étherés de leur masse. Par tous ces mouvements, ils doivent posséder réellement une grande énergie, ce qui résulte directement des études de Maxwell, qui, en discutant la gravité par le calcul, a été amené à regarder les premiers éléments de la matière comme doués d'une immense énergie, en comparaison de laquelle la gravité est une chose minime. L'emploi des machines industrielles est toujours, dans le fond, un emploi d'énergie moléculaire, soit qu'on utilise l'énergie thermique, soit qu'on tire partie de l'énergie de la gra-

vité, car cette dernière dérive aussi sans doute de l'énergie des atomes, c'est-à-dire des atomes tourbillons.

XVIII. — La vitesse de rotation des atomes tourbillons va croissant de l'état gazeux à l'état solide, tandis que la vitesse de translation diminue.

Puisque les phénomènes de la cristallisation dépendent de la force d'orientation des atomes, et que cette force s'accroît à mesure que le mouvement de rotation augmente et que celui de translation diminue, on doit en conclure que, dans l'état solide, le mouvement de rotation est très-grand, tandis que celui de translation est très-petit ou nul.

On peut établir le même fait de la manière suivante :

Si les molécules gazeuses sont douées d'un mouvement de translation, le chemin que chaque molécule gazeuse peut parcourir sans heurter les autres sera d'autant plus grand que le volume occupé par une masse donnée de gaz sera lui-même plus grand, et *vice versa*. Donc, en réduisant un gaz à un volume moindre, on doit augmenter le total des chocs; et comme les chocs, ainsi que nous l'avons fait observer (n° 3), produisent un mouvement rotatoire, nous devons conclure que ce mouvement, c'est-à-dire la vitesse de rotation des atomes tourbillons, devra s'accroître à mesure que le volume du gaz diminue, et qu'ainsi il devra se montrer plus grand dans les liquides que dans les gaz, et plus grand encore dans les solides que dans les liquides. *Les molécules, spécialement des liquides et des solides*, dit le P. Secchi dans son livre intitulé : *l'Unité des forces physiques*, pag. 63, ont certainement une énorme vitesse de rotation, et la force vive, ou le travail emmagasiné, dans ces molécules, que nous

n'hésiterons pas à comparer *aux volants de nos machines, devra nécessairement, dans le cas d'un choc compétent, se transformer en mouvement de translation et restituer le travail ; de la même manière qu'on a dit que c'était une propriété de l'inertie d'agir comme un ressort pour emmagasiner la force ou le mouvement.*

Cet accroissement de la vitesse de rotation qui accompagne la diminution de volume, c'est-à-dire l'augmentation de densité, doit s'opérer aux dépens de la vitesse de translation des particules gazeuses ; et cette vitesse doit par conséquent diminuer à mesure que la vitesse de rotation augmente proportionnellement à l'augmentation de la densité.

Tyndall a été précisément amené, par ses expériences sur le refroidissement que produisent les gaz quand ils sont en contact avec la source de chaleur, à admettre que la vitesse absolue de translation des particules gazeuses diminue en proportion de l'augmentation de la densité. En effet, il a trouvé qu'en doublant la quantité de gaz en contact avec une source de chaleur, le refroidissement dû au contact des particules gazeuses avec la source calorifique s'accroît seulement de 62 à 68 <sup>1</sup>. Or, dit Tyndall, *si le mouvement des molécules gazeuses dans le second cas était aussi rapide que dans le premier, le refroidissement dû au contact de ces particules avec la source calorifique devrait évidemment être double. Au contraire, dès qu'il croît seulement de 62 à 68, on doit en conclure que la vitesse absolue des molécules gazeuses doit rapidement diminuer en rapport de l'augmentation de la densité.*

Dans ces expériences de Tyndall, la densité du gaz s'accroît par suite de l'accroissement de la quantité du gaz dans un volume donné, et nullement par la diminution de volume, ainsi que j'avais d'abord supposé ; mais,

<sup>1</sup> V. *Archives des sciences physiques*, 1863, t. XVI, p. 44.

évidemment, le résultat doit être le même, c'est-à-dire le total des chocs devra également s'accroître, et par conséquent la vitesse de rotation des atomes tourbillons du gaz s'accroîtra également aux dépens de la vitesse de translation que ces tourbillons avaient primitivement.

XIX. — La chaleur augmente la vitesse de translation des atomes tourbillons, et diminue celle de rotation.

Si la vitesse de rotation des atomes tourbillons diminue de l'état solide à l'état gazeux, tandis que celle de translation augmente (n° 21), comme la chaleur fait passer successivement les corps de l'état solide à l'état liquide, et de l'état liquide à l'état gazeux, nous devons en conclure que la chaleur augmente la vitesse de translation des atomes tourbillons et diminue celle de rotation.

En effet, d'après Joule, à la température de 60° Fahrenheit, les molécules de l'hydrogène ont une vitesse de 6225 pieds (anglais) par seconde, et à la température de la congélation de l'eau, leur vitesse n'est plus que de 6055 pieds par seconde<sup>1</sup>. Donc, avec la diminution de la température, la vitesse de translation des particules diminue réellement, conformément à ce que j'ai établi par induction.

L'élévation de la température augmente l'endosmose, car elle augmente les mouvements de translation des molécules, mouvements d'où dépend ce phénomène.

De ce que nous avons dit on déduit encore que les particules gazeuses devront avoir une vitesse de translation d'autant plus grande que les gaz sont plus éloignés de leur point de liquéfaction, et conséquemment d'autant plus grande encore que leur densité est moins

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. L, p. 381.

dre. En effet, Clausius a trouvé comme vitesse moyenne des molécules gazeuses des trois gaz, oxygène, azote et hydrogène à 0°, les nombres suivants <sup>1</sup> :

Pour l'oxygène. . . . .	461 <sup>m</sup>	par seconde.
Pour l'azote . . . . .	491	»
Pour l'hydrogène . . . . .	1844	»

Or, les densités de ces trois gaz sont en effet respectivement :

Oxygène. . . . .	1,10563
Azote . . . . .	0,97137
Hydrogène. . . . .	0,06926

en prenant pour unité la densité de l'air.

#### XX. — Mécanique de la dissociation.

Dès que la chaleur s'accroît, la vitesse du mouvement rotatoire moléculaire diminue, et la vitesse de translation augmente. Or, si le mouvement rotatoire est la cause de l'association des atomes qui composent les molécules (n. 7), on comprend fort bien que la chaleur qui détruit, dans les tourbillons atomiques, le mouvement rotatoire et augmente celui de translation, doit successivement séparer les groupes atomiques qui constituent les molécules.

Et si nous poussons plus loin notre induction, nous arrivons à conclure qu'il doit y avoir une température à laquelle tout mouvement rotatoire moléculaire devra cesser, et alors il restera seulement les noyaux des atomes sans leurs atmosphères ou tourbillons éthérés raréfiés, si l'on admet l'existence réelle des atomes de la matière pondérable; ou bien, si l'on admet que chaque atome n'est autre chose qu'un tourbillon éthéré, dans ce cas, dès que le mouvement rotatoire qui produit le tourbillon sera détruit, il ne restera plus que la

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. L, p. 502.

matière impondérable, c'est-à-dire l'éther où ces tourbillons existaient, ainsi qu'il arrive dans l'air, lorsque le mouvement en tourbillon qui s'y était développé vient à cesser. Il me semble qu'une telle conjecture n'est pas tout à fait indigne d'être présentée à l'attention des lecteurs, d'autant plus qu'elle est conforme à tout ce que, sur cet argument, ont pensé les plus graves philosophes physiciens, depuis Galilée et Newton jusqu'à nos jours.

Ainsi l'indestructibilité de la matière pondérable n'est point absolue, mais elle se réduit à la seule indestructibilité du mouvement en tourbillon qui constitue les atomes, avec les moyens dont l'homme peut disposer.

#### XXI. — Mécanique de l'accroissement de la répulsion.

De tout ce qu'on vient de dire il apparaît que la force de répulsion moléculaire est due au mouvement de translation des molécules, lequel croît avec la chaleur. De là vient que la chaleur augmente les distances des molécules, et par conséquent le volume des corps. Au contraire, la force d'attraction moléculaire est un effet des rotations moléculaires et de la pression de l'éther environnant, laquelle unit les molécules à mesure que, la chaleur diminuant, elles se rapprochent par la diminution de la force vive de translation et l'accroissement de la force vive de rotation.

#### XXII. Mécanisme de la force expansive de la matière.

De nombreuses observations et expériences, spécialement de Fusienieri, Bizio et Zantedeschi, démontrent que la matière manifeste une force intime expansive, par laquelle ses éléments tendent à s'épancher dans l'espace et à pénétrer les uns entre les autres. Une telle tendance est évidemment une conséquence nécessaire

du mouvement de translation dont les atomes tourbillons sont animés. Elle s'accroît avec la température, parce que la chaleur diminue précisément le mouvement rotatoire des atomes tourbillons, et, partant, les liens qui les unissent, tandis qu'elle augmente, au contraire, la force vive de translation, c'est-à-dire leur tendance à la séparation. Ces effets augmentent encore avec l'état de division de la matière; car avec cet état on voit s'accroître le nombre des molécules superficielles, qui sont précisément celles qui peuvent se séparer de la masse restante.

Les exhalaisons odoriférantes qu'émettent non-seulement les corps gazeux et liquides, mais les corps solides eux-mêmes, tels que les métaux, même à froid, dépendent pareillement de la tendance diffusive qui anime toutes les particules de la matière pondérable.

## CHAPITRE III.

### LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS APPLIQUÉE A LA GRAVITATION UNIVERSELLE ET MOLÉCULAIRE.

#### XXIII. — Constitution mécanique de l'éther.

De l'existence de la chaleur dans tous les corps, j'ai déjà déduit que les atomes de la matière pondérable doivent être doués d'un double mouvement de translation et de rotation. Mais les atomes des corps ne peuvent se mouvoir sans mouvoir aussi l'éther qui les entoure. Donc, de même que pour les atomes de la matière pondérable, on doit admettre que les particules de l'éther, c'est-à-dire de la matière impondérable éparse par tout l'univers, sont aussi douées du double mouvement de translation et de rotation, comme les molécules des gaz.

M. Edlund, dans un mémoire *Sur la nature de l'électricité*, présenté à l'Académie des sciences de Stockholm le 10 mai 1871, et qu'on lit dans les *Archives des sciences physiques* de Genève, 1872, t. XLIII, a suivi, avec le calcul, les principaux phénomènes électriques dans l'hypothèse du fluide électrique unique, identique avec l'éther, et des états électriques + et —, qui correspondent aux excès et défauts d'éther.

L'auteur part de l'hypothèse que les molécules de l'éther se repoussent réciproquement dans la direction

de la ligne droite, qui les joint en raison des carrés des distances. De plus, il dit que l'éther électrique ressemble, au plus haut degré, à un gaz ordinaire. Or, d'où naît la force répulsive des molécules des gaz ? La théorie mécanique moderne nous enseigne que cette force répulsive naît du mouvement de progression rectiligne de leurs molécules. Il est donc rationnel d'admettre l'éther pareillement constitué de particules douées du mouvement de progression rectiligne, et par conséquent douées aussi du mouvement de rotation.

XXIV.— Mécanisme de la gravitation universelle et moléculaire.

Il suit de là que chaque atome de la matière pondérable est continuellement frappé et mitraillé par les atomes de l'éther, à cause du mouvement de translation dont ces atomes sont doués, de la même manière que tout corps plongé dans un gaz est continuellement mitraillé par les molécules de ce gaz, à cause du mouvement de translation qui les pousse. Mais comme l'atome de la matière pondérable a un mouvement de rotation, il doit, tout autour de lui, détourner de leurs directions les atomes de l'éther ; ce détournement doit se propager sphériquement autour de chaque atome, et décroître conséquemment avec les carrés des distances. Cela posé, considérons un corps placé à la distance de 1 mètre de la surface de la terre. Du côté tourné vers le ciel, ses atomes recevront continuellement les chocs des atomes de l'éther qui se trouve vers les espaces planétaires, tandis que du côté qui regarde le globe terrestre, ses atomes recevront le choc des atomes de l'éther qui se trouve compris entre le corps et la terre. Or, comme les atomes éthérés qui frappent le corps du côté qui regarde le globe terrestre sont plus détournés par le mouvement rotatoire des atomes de la matière pondé-

nable qui constitue le globe terrestre que les atomes éthérés plus éloignés qui frappent le corps du côté qui regarde le ciel, il s'ensuit que le choc de ces atomes éthérés qui frappent le corps du côté des espaces planétaires sont plus forts que les chocs des atomes éthérés qui frappent le corps du côté du globe terrestre, et par conséquent le corps sera poussé vers le globe terrestre. Voilà le *mécanisme de la gravitation universelle*.

Ainsi les planètes gravitent elles-mêmes autour du soleil, parce que la somme des impulsions qu'elles reçoivent de l'éther du côté du soleil est moins énergique que la somme des impulsions qu'elles reçoivent de l'éther libre du côté des cieux opposé au soleil.

Aux corps plongés dans l'éther on peut donc appliquer le principe d'Archimède. Et comme un corps se soulève dans l'air quand il pèse moins qu'un volume égal d'air, parce que l'impulsion que l'air exerce sur le corps de bas en haut est plus forte que l'impulsion qu'il exerce sur ce même corps de haut en bas; ainsi un corps se meut dans l'éther vers le globe terrestre, parce que l'impulsion qu'exerce l'éther sur le corps du côté de l'espace céleste est plus forte que celle qu'il exerce sur ce même corps du côté du globe terrestre.

C'est par là que nous verrions se vérifier la pensée de Newton, qui dit : « *Quam ego attractionem appello, fieri sane potest ut ea efficiatur impulsu, vel alio aliquo modo nobis ignoto.* »

Si le mouvement en tourbillon des atomes modifie l'impulsion de l'éther à distance, jusqu'au point de produire la gravitation universelle, on comprend fort bien qu'il doive produire au contact les phénomènes de la gravitation moléculaire. Ainsi les deux gravitations, c'est-à-dire la gravitation newtonienne et la gravitation atomique et moléculaire, ont la même origine.

« La gravitation et l'élasticité, dit Lamé<sup>1</sup>, doivent  
« être considérés comme effet d'une même cause, qui  
« rend solidaires et dépendantes toutes les parties de  
« l'univers. »

L'éther est impondérable, parce qu'il est la cause  
même de la gravité et du poids.

<sup>1</sup> *Théorie mathématique de l'élasticité*, p. 2.

## CHAPITRE IV.

### APPLICATION DE LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS AUX PHÉNOMÈNES DE LA CHALEUR.

#### XXV. — Mécanisme de la température absolue et du zéro absolu.

La théorie mécanique de la chaleur nous enseigne :

1° Qu'il existe une température relative directement proportionnelle à la quantité de chaleur actuellement libre dans un corps <sup>1</sup> ;

2° Que la chaleur d'un corps ne peut diminuer indéfiniment ; mais qu'il existe une température dite zéro absolu, au delà de laquelle la température ne peut plus diminuer ;

3° Qu'à la température du zéro absolu, le volume des corps n'est point nul, mais qu'il a une valeur déterminée, laquelle, comme la température, n'est plus susceptible de diminution <sup>2</sup>.

Si la chaleur est un mouvement vibratoire des particules éthérées des atomes tourbillons, qui prend sa source dans leurs chocs réciproques en conséquence de leur mouvement de transaction, on comprend parfaitement :

1° Qu'il doit y avoir une température relative, proportionnelle à la quantité de chaleur libre actuellement

<sup>1</sup> HIRN, *Théorie mécanique de la chaleur*, p. 100.

<sup>2</sup> HIRN, *Annales de chimie et de physique*, 1867, t. XI, p. 45.

contenue dans un corps, c'est-à-dire à la quantité de mouvement vibratoire de ses atomes tourbillons ;

2° Que, dès que tout mouvement de translation cesse dans les atomes tourbillons quand leur mouvement rotatoire devient très-grand, il n'y aura plus de choc, et par conséquent plus de mouvement vibratoire, c'est-à-dire plus de chaleur ;

3° Que, lorsque le mouvement de translation et le mouvement vibratoire des atomes tourbillons seront nuls, et leur mouvement rotatoire très-grand, ces atomes devront se trouver en contact, et conséquemment le volume du corps étant réduit à la somme des volumes de ses atomes tourbillons, c'est-à-dire de ses molécules, il ne pourra plus diminuer.

Enfin, ainsi que Hirn le fait observer (*loc. cit.*), la distance relativement petite (— 273°) du zéro absolu de notre zéro conventionnel, nous prouve que les corps solides sont très-près du volume minimum qu'ils atteignent au zéro absolu.

XXVI. — Mécanisme de la transformation du travail en chaleur au moyen de la compression d'un gaz.

La manifestation de chaleur qui accompagne la compression d'un gaz est une transformation du mouvement de masse qui produit la compression en mouvement vibratoire des éléments étherés constituant les atomes tourbillons moléculaires qui composent la masse gazeuse, et, par conséquent, de l'éther libre environnant auquel le mouvement vibratoire est communiqué.

XXVII. — Mécanisme de la transformation de la chaleur en travail au moyen de l'expansion d'un gaz.

*Vice versá*, le travail mécanique d'un gaz qui se dilate par l'effet du réchauffement, est une transformation

du mouvement de l'éther libre constituant la chaleur que le gaz reçoit du dehors en mouvement de translation des molécules gazeuses, et, par conséquent, en mouvement de la masse qui est déplacée par l'expansion du gaz ; c'est en cela que consiste son travail.

XXVIII. — Mécanisme de l'abaissement de température dans l'expansion d'un gaz.

L'abaissement de température qui accompagne l'expansion du gaz est évidemment dû à ce que les molécules gazeuses qui s'éloignent de celles qui restent, ne restituent plus à ces dernières le mouvement qu'elles en ont reçu.

XXIX. — Mécanisme de l'effet thermique de la chaleur.

L'effet thermique de la chaleur peut être entendu mécaniquement de la manière suivante : Le mouvement vibratoire de l'éther, en pénétrant dans l'intérieur du corps, fait croître le mouvement de translation de ses molécules (n° 19), lesquelles, par conséquent, s'entrechoqueront avec une intensité croissante, ce qui augmentera le mouvement vibratoire de leurs masses éthérées, c'est-à-dire la chaleur du corps à quelque état que ce corps se trouve, solide, liquide ou gazeux.

XXX. — Mécanisme du changement d'état que produit la chaleur.

On comprend facilement que cet accroissement continu du mouvement de translation des molécules d'un corps doit finir par détruire les liens qui le retiennent dans l'état solide, par le réduire en liquide, et qu'ensuite il doit communiquer aux molécules du corps dans l'état liquide un mouvement de translation capable de les faire sortir de la sphère d'action des molécules envi-

ronnantes, pour se répandre librement les unes entre les autres, ainsi qu'elles font dans l'état gazeux.

XXXI. — Mécanisme de la chaleur de fusion et de vaporisation.

Lorsque le corps change d'état, c'est-à-dire quand il se fond ou se vaporise, la chaleur que le corps reçoit ne fait plus augmenter sa température, parce que les molécules qui changent d'état, reçoivent le mouvement de translation qui est propre au nouvel état, sans plus heurter les autres molécules qu'elles abandonnent, et conséquemment sans plus faire croître le mouvement vibratoire des molécules du corps.

La chaleur de fusion et de vaporisation démontre que, dans l'état liquide, la force vive totale des atomes tourbillons doit être plus grande que dans l'état solide, et dans l'état gazeux plus grande que dans l'état liquide ; aussi a-t-on une restitution de chaleur dans les phénomènes inverses, c'est-à-dire dans la condensation des vapeurs et dans la solidification des liquides.

XXXII. — Mécanisme de l'influence de la pression sur la température de fusion des solides et d'ébullition des liquides.

L'influence de la pression sur la température de fusion des solides et d'ébullition des liquides, est aussi intelligible mécaniquement, en considérant que la pression doit s'opposer aux effets de la force vive de translation que la chaleur communique aux molécules.

XXXIII. — Mécanisme du pouvoir émissif et absorbant.

Les particules éthérées de chaque atome tourbillon peuvent évidemment vibrer quand elles sont heurtées dans l'acte de la combinaison chimique, ou bien quand elles sont frappées par des ondes éthérées lumineuses ou caloriques ; elles peuvent alors produire de nouvelles

ondes, c'est-à-dire la lumière et la chaleur émises par les corps.

L'absorption de la chaleur n'est qu'une communication du mouvement vibratoire de l'éther libre aux atomes tourbillons. Ainsi, il est évident que le pouvoir émissif doit être égal au pouvoir absorbant. De même on comprend facilement pourquoi les corps réduits en poussière ont un pouvoir absorbant et émissif plus grand que celui des corps compactes, tels que les métaux, si l'on considère que les corps réduits en poussière présentent une grande quantité de surface moléculaire en contact avec l'éther libre, tandis que le contraire aient dans les corps compactes, tels que les métaux. Cette raison vaut pareillement pour un même corps ; et, partant, l'argent bruni possède un pouvoir émissif et absorbant moindre que l'argent déposé chimiquement.

Enfin nous pouvons encore comprendre le fait qu'un gaz incandescent absorbe les radiations qu'il est capable d'émettre, tandis qu'il laisse passer, sans les affaiblir, les autres radiations ; car les atomes tourbillons doivent évidemment absorber seulement le mouvement vibratoire qu'ils sont capables de recevoir et par conséquent d'émettre, et ce mouvement doit certainement dépendre de leur vitesse de rotation, et, par conséquent, de la température. Ce fait est parfaitement analogue à celui que nous présentent les corps solides vibrants ; ces corps, frappés par les ondulations émises par un corps sonore, entrent en vibration et résonnent, mais seulement dans le cas où ces ondulations sont identiques avec celles qu'ils sont capables de recevoir, et par conséquent d'émettre quand ils sont directement secoués.

XXXIV. — Mécanisme du grand pouvoir que les gaz composés ont d'absorber la chaleur.

Les études récentes de Tyndall ont démontré que les

gaz composés ont un pouvoir absorbant de la chaleur, beaucoup plus grand que ne l'ont les gaz simples. Ce fait a été mécaniquement expliqué en considérant que les molécules des gaz composés doivent être beaucoup plus compliquées et anguleuses que celles des gaz simples, et que, partant, l'éther vibrant doit subir, parmi les premières, une beaucoup plus forte résistance que parmi les secondes. A cette raison on peut ajouter cette autre : que, plus grand est le nombre des atomes qui composent une molécule donnée, plus grande doit être la quantité de mouvement vibratoire que la chaleur excite dans chaque molécule. En effet, Clausius dit précisément dans le mémoire cité : *Sur la nature du mouvement que nous appelons chaleur* <sup>1</sup>, que l'excès de la force vive totale des molécules sur celle qui correspond au mouvement de translation seul, est surtout considérable dans les gaz d'une composition chimique compliquée, chez lesquels une molécule se compose d'un grand nombre d'atomes. Or, cela est très naturel, car les divers atomes qui composent une molécule doivent aussi osciller les uns relativement aux autres, et par conséquent le mouvement vibratoire de la masse étherée d'une molécule doit être d'autant plus grand que le nombre des masses étherées élémentaires qui le composent est lui-même plus grand. Au contraire, dans les gaz simples, la capacité de mouvement vibratoire de la masse étherée des molécules est moindre, parce que le nombre des masses étherées élémentaires qui constituent une molécule est lui-même moindre. La même propriété se vérifie dans les solides ; car les métaux, qui sont des corps simples, ont un pouvoir absorbant et émissif faible, tandis que les vernis, le bois, la terre, etc., qui sont des substances composées, ont un pouvoir absorbant et émissif plus ou moins grand.

<sup>1</sup> *Archives de physique*, 1857, t. XXVI, p. 294.

XXXV. — Mécanisme de la loi de l'équilibre mobile de la température.

Dans l'hypothèse des atomes tourbillons, la loi de l'équilibre mobile de la température a sa raison évidente; car, comme dans chaque corps il y a de la chaleur, il y a du mouvement vibratoire des particules éthérées des atomes tourbillons, et ce mouvement vibratoire doit se communiquer à l'éther environnant au sein duquel elles sont plongées; *vice versá*, les vibrations de l'éther doivent se communiquer aux atomes tourbillons, et par conséquent il doit y avoir un échange continu de chaleur, c'est-à-dire de mouvement vibratoire entre l'éther et les atomes tourbillons, et *vice versá*.

XXXVI. — Mécanisme des images de Moser.

Les célèbres et mystérieuses images de Moser pourraient très-bien être un effet des radiations éthérées invisibles, émises par les atomes tourbillons superficiels des corps en vertu du mouvement vibratoire de leur masse éthérée. Au moyen de ces radiations, sensibles seulement dans la direction normale à la surface rayonnante (car, dans une direction oblique, elles se détruisent plus ou moins complètement par interférence), chacun des atomes tourbillons superficiels d'un corps doit exercer une action mécanique sur ceux d'un corps très-voisin, et par cette action mécanique on conçoit aisément la formation des images. Il en dérive même que, pour conserver les images à la surface des corps, il est nécessaire de les dérober à l'effet des radiations des corps voisins, qui tendent à les détruire.

XXXVII. — Mécanisme de la propagation de la chaleur par conduction.

La propagation de la chaleur dans un milieu solide homogène est évidemment une communication de mou-

vement vibratoire de molécule à molécule, proportionnellement à l'excès ou à la différence de leur température, conformément à la loi de Newton, qui doit ici exactement se vérifier, vu que les différences de température sont très-petites; aussi l'on comprend clairement la loi de la propagation de la chaleur dans un mur homogène indéfini, dont les deux surfaces extérieures ont une température différente; cette loi veut que *les températures des couches successives décroissent en progression arithmétique.*

Cette hypothèse s'accorde parfaitement avec celle sur laquelle Fourier a fondé la théorie mathématique de la conductibilité calorique, théorie qui a été confirmée par l'expérience. La seule différence qu'il y ait, c'est que Fourier laissait indéterminée la nature du mouvement que prend une molécule matérielle, quand elle a absorbé une radiation, et admettait seulement le fait du réchauffement de la molécule et de sa radiation successive; tandis que dans l'hypothèse des atomes tourbillons, la nature du mouvement des molécules pondérables qui constitue leur chaleur propre, est déterminée. Ce mouvement consiste en un mouvement vibratoire des particules éthérées de chaque atome tourbillon.

Ampère a fait observer à ce sujet que, puisqu'un corps exposé aux rayons du soleil se chauffe d'abord dans la partie où tombent ses rayons, et puisque cette chaleur se transmet ensuite graduellement au reste du corps par conduction, il est impossible d'admettre que la lumière et la chaleur des rayons solaires consistent en vibrations, sans admettre en même temps que la chaleur transmise dans l'intérieur d'un corps est également produite par des mouvements vibratoires<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 1835, t. LVIII, p. 433.

XXXVIII. — Mécanisme de la conductibilité des métaux par la chaleur; de leur ténacité, de leur malléabilité, de leur pouvoir réflecteur.

La densité considérable des métaux démontre que leurs molécules doivent être très-rapprochées, probablement par la grande vitesse de leurs mouvements rotatoires moléculaires, en vertu de laquelle la pression interne de l'éther est considérablement amoindrie. En outre, comme ce sont des corps simples, leurs molécules doivent avoir une structure régulière et uniforme, qui fait qu'elles pourront mieux se rapprocher l'une de l'autre.

On voit ainsi la raison de la conductibilité des métaux pour la chaleur; car il est clair que si cette chaleur est due au mouvement vibratoire des masses éthérées des molécules, ce mouvement vibratoire se communiquera d'autant plus facilement d'une molécule à l'autre que les molécules seront plus rapprochées et leurs points de proximité plus nombreux.

La conjecture que nous venons d'exposer, que, dans les métaux, la vitesse des rotations moléculaires soit très-grande, s'appuie aussi sur ce fait, que pour ces corps la température ordinaire est grandement inférieure à leur point de fusion; or, comme la vitesse du mouvement rotatoire s'accroît à mesure que la température diminue, ainsi, dans les métaux à la température ordinaire, la vitesse de rotation moléculaire doit être fort grande. Les considérations que nous venons de faire nous rendent également raison de la ténacité et de la malléabilité des métaux, propriétés qui sont dues à l'intensité de la force qui tient les molécules réunies par leur vitesse de rotation, ainsi qu'à la facilité avec laquelle elles peuvent glisser les unes sur les autres à cause de l'identité de leur forme et de leur structure, ce qui fait que chaque molécule retrouve toujours sa

position d'équilibre parmi celles avec lesquelles elle se met en contact quand elle est déplacée.

Enfin l'homogénéité de leur structure moléculaire, la vitesse du mouvement rotatoire de leurs atomes tourbillons et la densité considérable qui en est la conséquence, nous fournissent pareillement la raison de la propriété qu'on les métaux de réfléchir les ondulations caloriques, ainsi que de leur opacité.

## CHAPITRE V.

### APPLICATION DE LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS AUX PHÉNOMÈNES LUMINEUX.

XXXIX. — Mécanisme de la diffusion de la lumière incidente à la surface des corps.

Lorsque l'air d'une chambre est mis en vibration par un corps sonore, celles des cordes d'un piano placé dans cette chambre qui peuvent résonner à l'unisson, ou de manière à rendre des sons harmoniques, entrent en vibration par communication et rendent un son propre. Les atomes tourbillons des corps sont eux-mêmes capables d'entrer en vibration, à la manière des cordes tendues d'un instrument, et quand ils sont frappés par les ondes lumineuses et caloriques qu'émettent les corps lumineux et chauds, ils deviennent, eux aussi, autant de centres d'ondes de la même vitesse : de là l'échange réciproque de chaleur entre les corps et leur visibilité, ainsi que leur couleur particulière. Telle était aussi l'opinion d'Euler. Dans ses *Lettres à une princesse d'Allemagne*, cet auteur compare la lumière régulièrement réfléchie à l'écho, et la lumière diffuse aux résonnances. C'est pourquoi, quand une onde lumineuse ou calorique vient frapper les molécules d'un corps quelconque, elle est absorbée totalement ou partiellement, comme il advient des ondes sonores dans le phénomène de la résonance. Tout cela se comprend dans

l'hypothèse des atomes tourbillons, qui sont, relativement à l'éther, dans une condition de tension à l'instar des cordes d'un instrument musical.

Les phénomènes de fluorescence nous amènent aussi à considérer les molécules comme capables de vibrer avec un certain rythme, sous les coups des ondes lumineuses extérieures qui les frappent.

XL. — Mécanisme des ondulations éthérées de différente longueur, émanées des solides incandescents.

Les ondes de différente longueur qui partent d'un solide incandescent, et qui constituent le spectre de ce corps, sont-elles engendrées par des atomes différents et qui vibrent chacun avec un seul rythme, ou bien chaque atome du corps solide vibre de manière qu'il engendre, de lui seul, cette variété sans fin d'ondulations lumineuses qui constitue le spectre? Il est probable qu'il y a dans les solides des tourbillons de différents ordres qui donnent des vibrations de différentes longueurs.

XLI. — Mécanisme des phénomènes de la réfraction et de la dispersion.

Le mouvement en tourbillon de l'éther qui constitue les atomes de la matière pondérable, doit évidemment être un obstacle au mouvement ondulatoire qui constitue la lumière et la chaleur. Ainsi l'on comprend le retard que les ondulations éthérées éprouvent dans l'intérieur de la matière pondérable, d'où tire son origine le phénomène de la *réfraction*.

Un tel retard doit évidemment croître à mesure que croît le nombre des ondulations dans l'unité de temps, c'est-à-dire être plus grand pour les ondulations plus rapides. Voilà l'origine du phénomène de la *dispersion*.

Les anomalies ne changent ni la loi ni sa mécanique : elles peuvent même être mécaniquement comprises.

À l'appui de la conjecture que nous venons de formuler, que le mouvement rotatoire des atomes tourbillons soit la cause de la réfraction, et partant de la dispersion, nous avons le fait que dans les substances gazeuses, dont les molécules sont indépendantes les unes des autres, l'indice de réfraction croît avec la densité, et par conséquent avec la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons, qui croît précisément avec la densité (n. 18.)

Jamin a constaté que deux rayons lumineux, partis d'une même source, produisent des franges par interférence, quand ils ont traversé deux colonnes égales d'eau, dont l'une est soumise à une pression d'un millimètre de mercure, supérieure à la pression atmosphérique qui pèse aussi sur l'autre. Or, la pression doit rapprocher les atomes tourbillons, et accroître ainsi la vitesse du mouvement rotatoire moléculaire (n. 18); par conséquent, le rayon lumineux qui traverse le liquide soumis à la pression, doit éprouver un retard plus grand que l'autre. De là l'interférence.

De plus, Gladstone et Dale ont reconnu que, dans toutes les substances, l'indice de réfraction, ainsi que la longueur du spectre ou la dispersion, diminue quand la température s'accroît <sup>1</sup>. Or, à mesure que la température croît, la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons diminue, ce qui est une confirmation de la conjecture que nous avons proposée sur l'origine de la réfraction et de la dispersion.

Il faut enfin observer que le pouvoir réfringent est très-grand dans les corps où l'on a déjà conjecturé

<sup>1</sup> V. *Archives des sciences physiques*, 1859, t. IV, p. 368.

(n. 18) que la vitesse de ce mouvement rotatoire doit être très-grand, tels que les métaux.

Renard dit dans un mémoire sur la dispersion<sup>1</sup> qu'il croit pouvoir éviter toutes les difficultés de Cauchy et Briot, en attribuant le phénomène de la dispersion à l'action directe des molécules pondérables sur celles de l'éther en vibration, mais non point en supposant, comme Briot, les molécules pondérables tout à fait immobiles. Renard admet que, dans le passage de la lumière à travers un corps transparent, ou de la chaleur à travers un corps diathermique, la communication du mouvement à la matière pondérable n'est pas nulle, mais qu'elle est peu sensible, et que, dès que les déplacements se sont une fois effectués, le corps reste dans un état d'équilibre pendant toute la durée du mouvement de l'éther. En partant de cette idée, et en employant les équations différentielles des mouvements infiniment petits des systèmes de molécules, telles que Cauchy les a établies, il arrive complètement à l'explication du phénomène de la dispersion.

L'idée de Renard, que les ondulations éthérées qui pénètrent dans l'intérieur d'un corps, doivent en déplacer les molécules, et leur communiquer un nouvel état d'équilibre dynamique, est pleinement d'accord avec ma théorie. En effet, les ondulations éthérées, quand elles augmentent de vitesse, doivent retarder le mouvement rotatoire des atomes tourbillons et hâter le mouvement de translation, et *vice versa* (n. 19); de sorte que, à chaque degré de mouvement ondulatoire de l'éther libre, doit correspondre un certain degré de mouvement rotatoire et de translation des atomes tourbillons.

<sup>1</sup> V. *Comptes rendus*, 1867, n° 8, p. 353.

XLII. — Mécanisme de la polarisation rotatoire.

La polarisation rotatoire, c'est-à-dire la rotation du plan de polarisation, est probablement aussi un effet mécanique du mouvement rotatoire des atomes tourbillons et de leur disposition dans les molécules des corps doués d'une telle propriété.

Le fait que la propriété de déplacer le plan de polarisation n'appartient pas uniquement à certains cristaux, mais qu'elle appartient aussi à des solides qui ne sont point cristallisés, ainsi qu'à des corps liquides et gazeux, nous conduit à admettre qu'au moins dans ces derniers, une telle propriété est exclusivement due aux molécules, et non point à leur mode d'agrégation. En effet, cette déviation est proportionnelle à l'épaisseur de la couche liquide que la lumière traverse, et reste constante quand on éloigne les molécules au moyen de liquides inactifs qui se mêlent à elles, sans en faire varier le nombre. Tout cela se comprend dans la théorie des atomes tourbillons.

D'après M. Briot<sup>1</sup>, un milieu consistant en de très-petites masses imperceptibles à nos sens, sphériques ou ellipsoïdes, ou de toute autre forme convexe qu'on veuille supposer, réunies et maintenues dans un système continu de dimensions sensibles au moyen des forces répulsives, caloriques ou autres, qui feront équilibre à leurs attractions réciproques, doit présenter des propriétés optiques semblables à celles que nous observons dans les liquides actifs : c'est-à-dire qu'il doit imprimer aux plans de polarisation des rayons lumineux des déviations de même sens sous toutes les épaisseurs, la grandeur de ces déviations devant être proportionnelle à la masse totale

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. X, p. 17.

des particules actives qui sont traversées; et, enfin, que ces phénomènes doivent se produire sans changement sensible, soit dans l'état d'agitation de la masse liquide, soit dans l'état de repos.

XLIII. — Densité de l'éther au sein de la matière pondérable.

Dans l'hypothèse des tourbillons atomiques, l'éther devrait être plus rare dans l'intérieur de la matière pondérable qu'à l'extérieur. Cette proposition est contraire à l'opinion de plusieurs physiciens, qui ont été amenés à admettre que l'éther est plus dense dans l'intérieur des corps par deux raisons, c'est-à-dire : 1° parce qu'ils admettent qu'il y a attraction entre la matière pondérable et l'éther; 2° par ce qu'en vertu de la formule  $v = \sqrt{\frac{c}{d}}$ , qui exprime la vitesse  $v$  de la propagation de la lumière dans un milieu d'élasticité  $c$  et de densité  $d$ , si  $d$  croît dans l'intérieur des corps,  $v$  devra évidemment diminuer, ainsi que l'expérience le démontre. Mais l'hypothèse qu'il y ait attraction entre la matière pondérable et l'éther n'a jamais été prouvée; d'illustres mathématiciens, tels que Lamé et Cauchy, ont même été amenés par le calcul à admettre une action répulsive entre la matière pondérable et l'éther. « *Ainsi la densité moyenne de l'éther dans les corps diaphanes, dit Lamé<sup>1</sup>, est moindre que celle du même fluide dans le vide, et l'action que la matière pondérable exerce sur l'éther est répulsive.* » Le professeur Codazza, dans un mémoire sur la polarisation rotatoire de la lumière sous l'influence des actions électro-magnétiques, dit : « Que l'élasticité de l'éther, et par conséquent sa densité, soit réciproque à la densité des milieux dans lesquels il est contenu, c'est

<sup>1</sup> *Journal de l'École polytechnique*, t. XIV, cah. 23, p. 269 (*Mémoire sur les lois d'équilibre du fluide étheré*).

« un fait qui avait déjà été aperçu par M. Kelland :  
« ceç auteur, partant de l'observation qu'une étoile pa-  
« rait comme un point et non comme un spectre, avait  
« conclu que le milieu lumineux est plus dense dans le  
« vide que dans l'intérieur des milieux réfringents<sup>1</sup>. »

Quant à la diminution de la vitesse  $v$  de la lumière dans l'intérieur de la matière pondérable, dans l'hypothèse des atomes tourbillons, on en voit clairement le mécanisme, en considérant que, par le fait du mouvement en tourbillon de l'éther, son élasticité dans l'intérieur des corps, c'est-à-dire sa liberté de se mouvoir, doit être considérablement diminuée. Il suffit donc d'admettre que, dans l'intérieur des corps, par le fait du mouvement en tourbillon de l'éther,  $e$  diminue plus rapidement que  $d$ , pour comprendre que la vitesse  $v = \sqrt{\frac{e}{d}}$  diminue, elle aussi, plus ou moins rapidement.

Fresnel fut principalement amené à admettre que la densité de l'éther était plus grande dans l'intérieur des corps, c'est-à-dire qu'elle était proportionnelle au carré de l'indice de réfraction, par les phénomènes relatifs à l'intensité de la lumière polarisée réfléchie et réfractée par les corps diaphanes, phénomènes qui vérifièrent complètement les formules qu'il avait établies dans son hypothèse. Mais cette raison n'a plus de valeur aujourd'hui, car Mac Cullagh et Neumann sont arrivés aux formules de Fresnel en supposant l'éther dans l'intérieur des corps tout aussi dense qu'à l'extérieur. Dans ce cas, néanmoins, il est nécessaire d'admettre que les vibrations de l'éther dans les rayons polarisés doivent se faire dans le plan même de polarisation, tandis que, d'après Fresnel, elles se font au contraire dans un plan perpendiculaire au plan de polarisation. Mais Cauchy,

<sup>1</sup> *Giornale del R. Istituto lombardo*, 1852, t. IV, p. 537.

laissant de côté toute hypothèse sur la densité de l'éther dans les milieux réfringents, et se fondant seulement sur le fait de la diminution de la vitesse de la lumière dans ces milieux, a donné des formules plus générales et plus complètes, qui renferment celles de Fresnel comme autant de cas particuliers ; et ces formules lui révélèrent des phénomènes nouveaux qui avaient échappé à la perspicacité de Fresnel lui-même et qui sont confirmées par l'expérience ; ainsi, les formules de Fresnel, fondées sur la prétendue hypothèse de la proportionnalité de la densité de l'éther au carré de l'indice de réfraction du milieu réfringent, ne peuvent plus prouver la vérité d'une telle hypothèse.

XLIV. — Mécanisme de l'action des cristaux.

L'orientation des axes de rotation des atomes tourbillons et leur disposition régulière et uniforme dans les corps cristallisés, où, selon l'expression du poète américain Emerson, *les atomes marchent en cadence*, doit évidemment faire varier non-seulement l'élasticité, la dilatabilité et la conductibilité des cristaux pour la chaleur selon la direction, mais de plus l'élasticité et la densité de l'éther ; et c'est de là sans doute que tire son origine le phénomène de la double réfraction. En effet, on peut faire naître la double réfraction dans le verre au moyen de la compression, qui doit évidemment modifier l'élasticité de l'éther dans l'intérieur du cristal.

XLV. — Mécanisme de l'influence du mouvement des corps sur la vitesse de la lumière.

Les expériences de Fizeau touchant l'influence du mouvement des corps sur la vitesse de la lumière qui se propage par leur moyen <sup>1</sup>, démontrent qu'une portion

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LVII, p. 385.

seulement de la vitesse que possède le corps par lequel la lumière se propage, coopère au mouvement de la lumière. Cette portion est dépendante du pouvoir réfringent de la substance, c'est-à-dire qu'elle est considérable dans les corps grandement réfringents, et moins considérable dans ceux qui sont moins réfringent<sup>1</sup>.

Il me semble, à moi, que cette expérience prouve l'existence des mouvements en tourbillon de l'éther qui constitueraient, dans la théorie que j'expose, les atomes de la matière pondérable. Quand un corps se meut, le mouvement en tourbillon qui constitue chaque atome, doit se transporter dans l'espace en passant d'une portion de l'éther à une autre portion, comme il advient des mouvements en tourbillon dans l'air, où ce n'est nullement la masse aérienne du tourbillon qui se transporte, mais seulement le mouvement en tourbillon qui passe d'une colonne aérienne à une autre colonne<sup>2</sup>. Or, de la même manière que, dans les tourbillons aériens, le mouvement de translation du tourbillon se combine avec le mouvement de rotation, il me semble que le mouvement de translation de chacun des atomes tourbillons qui constituent les atomes d'un corps en mouvement, doit se combiner avec le mouvement de rotation de chaque atome tourbillon, et produire un changement dans la vitesse de propagation de la lumière dans les corps en mouvement. Ce changement doit certainement dépendre du pouvoir réfringent de la substance, c'est-à-dire de la vitesse du mouvement en tourbillon, qui doit être, ainsi que je l'ai indiqué, la cause de la réfraction, c'est-à-dire du retard que subit la vitesse de la lumière dans l'intérieur de la matière pondérable.

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LVII, p. 402.

<sup>2</sup> V. MARIE DAVY, *Météorologie*, chap. VIII, § 1, et SECCHI, *Unità*, etc., p. 133.

Il me semble que cette hypothèse mérite d'être prise en considération. Elle a l'immense avantage de faire disparaître une des objections capitales que l'on a opposées à l'hypothèse de l'éther, c'est-à-dire que le chemin des astres devrait être retardé par ce fluide, et que, par conséquent, les planètes, par la résistance qu'elles éprouvent à se mouvoir dans l'éther, devraient incessamment s'approcher du soleil par la diminution de leur vitesse tangentielle, qui en serait la conséquence; ce qui constitue un fait de la réalité duquel les astronomes n'ont encore trouvé aucun indice. Or, si les éléments de la matière pondérable sont constitués par des atomes tourbillons, et si le mouvement des corps ne consiste point en une translation de leurs atomes tourbillons, mais seulement en une propagation du mouvement en tourbillon qui les constitue, analogue à la translation des tourbillons dans les fluides ordinaires, au sein desquels c'est le mouvement en tourbillon qui se propage d'un point de la masse à un autre point, et non pas la masse douée de mouvement rotatoire qui se transporte, on comprend clairement que le mouvement des corps dans l'espace n'est nullement retardé par la résistance de l'éther.

Il appartient au calcul de décider si ma conjecture est fondée sur le vrai.

XLVI. — Mécanisme de l'incandescence des solides et des gaz.

Tout corps solide qui devient incandescent en conservant l'état solide, émet des ondes de différente longueur, parce que la lumière, à un certain degré d'incandescence, finit par devenir blanche. Mais à l'état de volatilisation, chaque substance émet seulement certaines radiations ou ondulations d'une longueur déterminée. On peut comprendre le mécanisme de ce

3.

fait en considérant que peut-être, dans l'état solide, comme j'ai déjà noté, il y a différents ordres de tourbillons qui vibrent avec différents rythmes. Au contraire, lorsque les substances sont volatilisées, chaque atome tourbillon, étant libre et séparé des autres, doit vibrer avec un rythme déterminé qui est certainement en rapport avec la vitesse de son mouvement rotatoire, et, par conséquent, avec la température.

## CHAPITRE VI.

APPLICATION DE LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS AUX PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES, OU PRINCIPES DE LA THÉORIE DYNAMIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ ET DU MAGNÉTISME.

### § 1. Sources de l'électricité.

La vérité de l'hypothèse des atomes tourbillons éthérés, va briller de toute sa splendeur dans l'étude des phénomènes électriques.

XLVII. — Mécanisme de l'électricité qui se manifeste au contact des corps hétérogènes.

J'ai établi qu'un corps solide est un système d'atomes tourbillons, chacun desquels a sa vitesse, sa densité, et exerce une pression déterminée sur l'éther libre, dépendante du mouvement rotatoire dont il est animé, et que l'augmentation de la vitesse de rotation fait croître la pression et diminuer la densité des atomes tourbillons, et *vice versa*.

Dans cette théorie, la vitesse de rotation, et par conséquent la densité et la pression des atomes tourbillons, doivent être autant de fonctions des différentes propriétés des corps; et comme ces propriétés varient d'un corps à un autre, dans de certaines limites, nous devons également admettre que ces fonctions varient, dans de certaines limites, d'un corps à un autre. Cela

posé, lorsqu'on place en contact deux corps différents, chez lesquels la vitesse de rotation, et, par suite, la densité et la pression extérieure des atomes tourbillons est différente, les atomes tourbillons les plus rapides doivent accélérer les plus lents, et, *vice versa*, ces derniers devront retarder les premiers. Ainsi, les atomes tourbillons dont la vitesse de rotation diminue, se trouveront en défaut de pression et de densité, à l'état électrique, et ceux dont la vitesse de rotation augmente, se trouveront en excès de pression et de densité; mais, par l'effet du contact, il y aura passage d'éther des atomes tourbillons qui sont en excès à ceux qui sont en défaut de densité, et il s'établira ainsi un équilibre entre la densité et pression des atomes tourbillons qui se trouvent en contact. Cet équilibre durera tant que durera le contact. Lorsque ensuite les deux corps seront séparés, celui dont les atomes tourbillons ont reçu de l'éther, se trouvera dans l'état électrique +<sup>1</sup>, et, *vice versa*; celui dont les atomes tourbillons ont perdu de l'éther, se trouvera dans l'état électrique —.

Voilà en quoi consiste l'état électrique + et —, et quelle est l'origine de l'électricité qui se manifeste dans le contact des corps hétérogènes.

Comme on le voit, j'admets la théorie de Volta, c'est-à-dire que le contact des corps hétérogènes développe de l'électricité. Je sais que cette théorie rencontre un grand nombre de contradicteurs, surtout en France, en Italie et dans quelques autres pays, tandis qu'elle est plus acceptée en Allemagne et en Angleterre. Mais je crois, quant à moi, que l'opposition à la théorie de Volta est née et se conserve seulement à cause de la difficulté de concevoir l'origine de cette électricité; car les expé-

<sup>1</sup> Pour être plus bref, je me servirai des signes + et — au lieu des termes *positif* et *négalif*.

riences de Volta, de Belli, de Marianini, de Pfaff, Fechner, Buff, Karsten, Pecllet, Peltier, etc., etc., démontrent invariablement qu'il y a vraiment dans les corps un équilibre électrique qui est altéré par le contact. « Les expériences de Kohlrausch, dit Tyndall dans son livre FARADAY, inventeur, ne permettent point de douter un instant que l'électricité de contact de Volta soit une réalité, bien que le courant de la pile ne naisse point du simple contact. William Thomson a de même constaté cette vérité par ses instruments soigneusement délicats. »

D'après les expériences de Buff<sup>1</sup>, tous les métaux placés sur une lame de verre et soulevés sans aucun frottement, même après un contact plus ou moins long, se présentent dans l'état électro +.

M. l'abbé Moigno, dans son *Traité de télégraphie électrique*, 2<sup>m</sup>e édition, 1857, page 317, décrit un appareil appelé : *Duplicateur de l'électricité*, au moyen duquel il démontre que le simple contact des métaux engendre de l'électricité. Il conclut ses expériences par les paroles suivantes (page 319) : « *Il faudrait avoir un esprit trop prévenu, ou cesser d'être de bonne foi, pour hésiter encore, après ces expériences, à admettre le principe fondamental de Volta, que le contact des corps hétérogènes fait naître une rupture d'équilibre électrique et développe de l'électricité.* »

Gaugain dit, à son tour, dans un de ses mémoires<sup>2</sup> : « Tout me porte à croire que le principe commun des différentes sources d'électricité n'est que le principe de Volta généralisé, c'est-à-dire que la force électrique résulte toujours du contact de deux substances différentes. »

Volta certainement s'est trompé en attribuant l'élec-

<sup>1</sup> *Archives des sciences physiques*, 1861, t. X, p. 50.

<sup>2</sup> *V. Annales de chimie et de physique*, 4<sup>e</sup> série, t. VI, p. 42.

tricité développée dans son merveilleux instrument au contact des métaux hétérogènes plutôt qu'au contact des métaux avec les liquides, qui est une source d'état électrique beaucoup plus énergique que le contact des métaux hétérogènes. Mais celui qui considère le grand nombre d'expériences qui prouvent incontestablement la vérité du principe de Volta, que *le contact des corps hétérogènes fait naître une rupture d'équilibre électrique et développe dans ces corps de l'électricité*, ainsi que l'explication si simple et si naturelle fournie par la théorie que j'expose de l'existence d'un équilibre électrique par le fait du mouvement rotatoire des atomes tourbillons, et de la rupture d'un tel équilibre, par le fait de l'altération réciproque de la vitesse de rotation des atomes tourbillons qui sont mis en contact, ne peut, ce me semble, hésiter à admettre la vérité du grand principe du physicien italien.

Je pense que, devant cette explication, doivent tomber toutes les objections qu'on a faites à la théorie du contact, et surtout celle qui veut qu'elle implique le *mouvement perpétuel*, et soit contraire au grand principe de la *conservation des énergies physiques*, d'après lequel *les énergies se transforment sans augmentation ni diminution* ; car, pour ce qui concerne le mouvement perpétuel, nous l'avons précisément dans les atomes tourbillons étherés : quant à l'énergie électrique, elle est précisément une transformation et une manière de manifestation de l'énergie des atomes tourbillons, telle que sont toutes les énergies physiques.

Du reste, cette vérité deviendra toujours plus claire et naturelle à mesure que l'on procédera dans l'interprétation des phénomènes électriques par la théorie des atomes tourbillons.

XLVIII. — Mécanisme de l'électricité développée  
par le frottement.

Le frottement est évidemment une manière efficace de mettre en contact les atomes tourbillons étherés des corps frottés ; c'est pourquoi l'on comprend que c'est une manière efficace de mettre les corps dans l'état électrique. Les expériences de Peclét <sup>1</sup>, qui démontrent que, dans certaines limites, la tension électrique développée de cette manière est indépendante de la vitesse, de la pression et de l'étendue des surfaces en contact, de l'épaisseur des corps frottés et du mode de frottement, prouvent que vraiment l'électricité développée dans ce cas est due au contact et non pas à l'action mécanique du frottement ; car, différemment, dès que les conditions de cette action mécanique, c'est-à-dire la vitesse et la pression, viendraient à varier, la tension devrait aussi varier avec elles.

De plus, on ne doit nullement s'étonner de ce que la tension soit également indépendante des surfaces mises en contact par le frottement. En effet, il faut ici distinguer, comme dans les piles, la tension de la quantité d'électricité développée. Cette quantité doit certainement dépendre de l'étendue des surfaces mises en contact, ainsi que dans les piles la quantité d'électricité développée dépend de l'étendue des surfaces métalliques en contact avec les liquides des couples ; mais quant à la tension, elle doit seulement dépendre, dans les deux cas, de la différence de densité et de pression des atomes tourbillons mis en contact, et non pas de leur nombre.

« Je considère comme établi, dit M. Buff <sup>2</sup>, que le dé-

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 2<sup>e</sup> série, t. LVII, p. 337.

<sup>2</sup> V. *Archives des sciences physiques, etc.*, 1861, t. X, p. 50.

*veloppement de l'électricité par le frottement d'un corps avec un autre corps, est précédé par une activité électromotrice qui commence au moment du contact et produit la séparation des deux électricités. »*

En outre, il fait observer que la nature de l'état électrique reste encore la même pour les mêmes surfaces des corps, soit quand elles sont simplement mises en contact, soit quand elles sont frottées ; ce qui est évidemment une autre preuve de ce fait, que l'action du frottement se réduit à celle du contact.

XLIX. — Conditions mécaniques d'où dépendent la qualité et l'intensité de l'état électrique développé par le frottement.

La nature de l'électricité que prennent deux corps différents par le frottement, dépend de la nature du déséquilibre de la vitesse, et, partant, de la densité et pression de leurs atomes tourbillons par rapport à l'état normal. Celui qui subit un déséquilibre par excès de pression et densité éthérée acquiert l'état électrique positif, et *vice versa*, celui qui subit un déséquilibre par défaut de densité et pression éthérée acquiert l'état électrique négatif.

En outre, il est aisé de comprendre qu'un même corps frotté contre des corps différents peut acquérir des états électriques opposés, parce que les atomes tourbillons d'un même corps peuvent se trouver en excès ou en défaut de densité et de pression par rapport aux atomes tourbillons de corps différents.

L'état électrique produit par le frottement sera d'autant plus intense que l'altération produite par ledit frottement dans la vitesse de rotation, et dans la densité des atomes tourbillons en contact, sera elle-même plus grande ; et cette altération sera d'autant plus grande que la différence des dites vitesses et densités sera elle-même plus grande.

*Vice versa*, l'altération sera d'autant moindre que ladite différence sera plus légère, et si cette différence était nulle, il ne devrait y avoir aucune manifestation électrique. En effet, l'expérience nous démontre que l'électricité développée par le frottement, c'est-à-dire par le contact, est d'autant moins sensible que la différence entre la nature et l'état de la surface des corps frottés est plus petite. C'est pourquoi l'influence des différences de température et d'état des surfaces est toujours inférieure à celle qui est due aux différences chimiques, même dans le cas où ces différences seraient assez faibles.

Enfin nous rappellerons encore, comme une conséquence de la théorie que nous exposons, le fait que les états électriques contraires dans les phénomènes électriques qui sont produits par le contact, sont toujours associés, ainsi qu'il a été démontré par Faraday ; car, évidemment, la vitesse et la densité ne peuvent s'accroître dans les atomes tourbillons de l'un des corps sans qu'elles diminuent dans ceux de l'autre, et *vice versa*.

L. — Mécanisme de l'électricité qui se manifeste dans le contact des métaux avec les liquides.

Si l'on trouve des manifestations électriques dans le contact des corps solides hétérogènes, on devra en retrouver de bien plus énergiques dans le contact des solides avec les liquides et avec les gaz, car leurs atomes tourbillons sont plus libres de se mettre en contact et d'obéir à leurs actions réciproques.

En effet, le contact des métaux avec les liquides produit toujours un état électro — dans le métal, et électro + dans le liquide ; cet état est plus ou moins intense, et

même nul, selon la nature du métal et du liquide en contact. Voici de quelle manière la théorie des atomes tourbillons nous explique la raison de cet état électrique.

Le contact des atomes tourbillons du métal dont la vitesse de rotation est fort grande (n. 38) avec ceux du liquide dont la vitesse de rotation est moindre, produit un retard du mouvement rotatoire des premiers et une accélération dans le mouvement rotatoire des seconds. Par conséquent, les atomes tourbillons du métal, à cause de la diminution de la vitesse de rotation, se trouveront en défaut de densité et de pression par rapport à ceux du liquide, c'est-à-dire dans l'état électro —.

#### LI. — Mécanisme de la pile voltaïque.

Une pile est un appareil dans lequel, au moyen de la combinaison chimique, on voit se reproduire continuellement les tensions électriques développées dans les lames polaires par la force électro-motrice qui précède la combinaison chimique, et qui provient, ainsi qu'on a dit, de la différente vitesse des atomes tourbillons des corps qui sont en contact. Gassiot a reconnu dans sa pile de 3520 couples, cuivre, zinc et eau, que les effets statiques de la batterie précèdent la clôture du circuit, et en sont complètement indépendants, et qu'ils sont également indépendants de toute action chimique ou dynamique. Jamin admet pareillement une force électro-motrice qui préexiste dans le contact d'un métal avec un liquide <sup>1</sup>; et Gaugain conclut de ses expériences sur le frottement des métaux et des corps isolants que la force électro-motrice se présente exactement avec le même caractère dans les appareils à frottement et dans

<sup>1</sup> JAMIN. *Physique*, t. III, p. 86.

les couples voltaïques <sup>1</sup> : ce qui prouve que cette force ne dérive point de la combinaison chimique, mais de cette même cause d'où elle dérive dans les appareils à frottement, c'est-à-dire de la modification du mouvement rotatoire des atomes tourbillons, ainsi que ma théorie le démontre clairement.

LII. — Mécanisme de la tension du courant.

La tension dans une pile dépend évidemment de la différence d'état électrique, c'est-à-dire de densité et de pression éthérée des atomes tourbillons des lames polaires; elle varie d'une combinaison voltaïque à une autre, quand cette différence vient à varier.

Le courant qui parcourt un cercle conducteur réunissant les pôles d'une pile, est un passage continu d'éther des atomes tourbillons à pression éthérée absolue plus grande aux atomes tourbillons à pression éthérée absolue moindre. C'est pourquoi, si la décharge instantanée ou continu (courant) se fait entre un corps qui a eu une charge électro + et un corps dans l'état naturel, il y aura passage d'éther des molécules du premier corps à celles du second; si, au contraire, la décharge instantanée ou continu a lieu entre un corps dans l'état électro — et un corps dans l'état naturel, il y aura passage d'éther des molécules du corps qui se trouve dans l'état naturel à celles du corps qui a la charge électro —.

LIII. — Mécanisme de la quantité d'électricité.

La quantité d'électricité, fournie par une pile dans l'unité de temps, dépend évidemment de la tension, c'est-à-dire de la différence de densité et pression éthérée des atomes tourbillons aux deux pôles, et du nombre

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 4<sup>e</sup> série, t. VI, p. 46.

des atomes tourbillons dans l'état électrique contraire, c'est-à-dire de la surface des couples. C'est pourquoi elle varie d'une combinaison voltaïque à une autre avec la tension, et, dans une même combinaison, elle est proportionnelle à la surface des couples.

LIV. — Mécanisme général des actions chimiques et des manifestations électriques qui les accompagnent.

Voici la cause générale des actions chimiques et de l'électricité qui les accompagne, selon la théorie des atomes tourbillons. Chaque molécule est un système d'atomes tourbillons en équilibre dynamique d'après la théorie de Gandin (n. 7). Dès que la vitesse de rotation de l'un quelconque des atomes tourbillons qui constituent une molécule, est accélérée ou retardée au delà d'une certaine limite, par le contact d'autres atomes tourbillons d'une substance différente, l'équilibre est rompu. Les atomes tourbillons, dont la vitesse s'accroît, se trouveront en excès de densité et de pression, et, partant, à l'état électro +. *Vice versa*, les atomes tourbillons, dont la vitesse de rotation diminue, seront en défaut de densité et de pression, et, partant, dans l'état électro —. Grâce au passage d'éther des atomes tourbillons en excès à ceux en défaut de densité, l'équilibre de densité se rétablira parmi les atomes tourbillons, dont les vitesses de rotation se seront égalisées pour former de nouvelles molécules.

Les ondulations caloriques et lumineuses peuvent produire des actions chimiques en modifiant la vitesse des rotations des atomes tourbillons qui sont associés et constituent les molécules, précisément en vertu de leurs mouvements rotatoires. De cette manière, on comprend aisément que les rayons les plus réfrangibles produisent l'oxydation de la résine de gaïac en la fai-

sant passer au bleu, et les rayons les moins réfringibles détruisent cette oxydation et la ramènent au blanc jaunâtre. Bunsen et Roscoë ont trouvé que, lorsque la lumière produit une combinaison chimique, son intensité diminue. Ainsi elle doit évidemment, ou engendrer un mouvement, ou modifier celui qui préexiste dans les atomes qui se combinent; cela démontre pareillement que la combinaison chimique est elle-même un travail mécanique.

Lv. — Mécanisme de l'état électro + de l'oxygène quand il entre dans les combinaisons, et électro — quand il en sort.

Par exemple, l'électricité constamment + de l'oxygène, quand il entre en combinaison, signifie que la vitesse du mouvement rotatoire de ses atomes tourbillons s'accroît constamment, en contact avec les atomes tourbillons des substances avec lesquelles il se combine, dont les atomes tourbillons, au contraire, se trouvent à l'état électro —, parce que leur vitesse de rotation diminue. *Vice versa*, dans les décompositions, les atomes tourbillons de l'oxygène, dont la vitesse de rotation doit diminuer pour rentrer dans l'état naturel, se trouveront en défaut de densité, c'est-à-dire dans l'état électro —, au lieu que les atomes tourbillons avec lesquels l'oxygène était combiné, devant accélérer leur vitesse de rotation pour rentrer dans leur état naturel, se trouveront en excès de densité, c'est-à-dire dans l'état électro +.

Lvi. — Mécanisme des modifications des atomes qui précèdent la combinaison et qui suivent la décomposition chimique.  
— Ozone.

D'après ce que nous venons de dire, on comprend qu'en général l'état électrique d'une substance, quand elle se combine avec une autre substance, est le contraire de celui qu'elle possède quand elle sort de

combinaison. En outre, d'après cette théorie, les atomes tourbillons d'une substance, en sortant d'une combinaison, doivent en général posséder des conditions de mouvement rotatoire et des tensions électriques différentes de celles qu'ils possèdent, à l'état naturel, dans les mêmes conditions de température. Par exemple, les atomes tourbillons de l'oxygène, après avoir subi une accélération de leur vitesse de rotation (n. 55), et par conséquent une diminution de densité éthérée, quand ils sont entrés en combinaison chimique avec l'hydrogène, en sortant d'une telle combinaison, devront avoir une vitesse de rotation plus grande que celle de l'état naturel; et pour rentrer dans cet état, leur vitesse de rotation devra diminuer, tandis que celle de translation devra au contraire s'accroître. Cette plus grande vitesse de rotation et cette plus petite vitesse de translation dans les atomes de l'oxygène, constitue peut-être la variété d'oxygène que l'on appelle *ozone*. En effet, à une plus grande vitesse de rotation et une plus petite vitesse de translation correspond précisément un plus petit volume, c'est-à-dire une plus grande densité, telle que vraiment l'ozone la possède en comparaison de l'oxygène ordinaire, ce qui a été démontré par Andrews et Tait en 1860.

D'après Ozann, l'hydrogène provenant de l'électrolyse présente des phénomènes analogues à ceux de l'oxygène, c'est-à-dire, des activités chimiques plus énergiques que l'hydrogène ordinaire.

Un illustre chimiste, M. Henri Sainte-Claire Deville, a déclaré récemment que, lorsque les corps que l'on croit simples se combinent les uns avec les autres, ils sont individuellement dissociés et disparaissent; par exemple, à son avis, dans le sulfate de cuivre, il n'y a ni le soufre, ni l'oxygène, ni le cuivre tels qu'ils se trouvent quand ils sont isolés.

Et Favre, dans un mémoire sur les réactions chimiques produites par la chaleur fournie par la pile<sup>1</sup>, conclut de la manière suivante : « Que, dans les réactions chimiques (combinaisons et décompositions), les molécules qui sont mises en jeu subissent des modifications qui précèdent la combinaison et qui suivent la décomposition, car ces modifications sont accusées par un phénomène d'absorption et de production de chaleur tout à fait indépendant du phénomène calorifique qui accompagne la combinaison et la décomposition chimique. »

Enfin, Masson avançait, sur ce point, ma théorie par ces paroles qu'il écrivait dès l'année 1858<sup>2</sup> : « Peut-être est-ce dans la variation de l'atmosphère du fluide impondérable qui enveloppe les molécules des corps qu'il faut chercher l'effet des gaz à l'état naissant, et ces états particuliers et isomères de certains corps, parmi lesquels il faut placer en première ligne le phosphore. » Et plus loin, il ajoute<sup>3</sup> : « Il est possible qu'à l'instant où une molécule sort d'un composé, elle ne possède point la masse de fluide impondérable qu'elle acquerra après un certain temps. »

LVII. — Mécanisme de l'électricité due aux changements d'état.

J'ai établi (n. 18) que, dans le passage de l'état gazeux à l'état liquide, et de l'état liquide à l'état solide, la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons doit aller en augmentant, et *vice versa* en diminuant dans les phénomènes inverses. Or, dès que la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons augmente, leur

<sup>1</sup> *Comptes rendus*, t. LXIII, p. 373.

<sup>2</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LIII, p. 289.

<sup>3</sup> *Ibid.*, p. 290.

densité éthérée doit diminuer, et *vice versa*. Dans les phénomènes des changements d'état, il doit donc y avoir des changements dans la densité éthérée des atomes tourbillons, et, partant, des manifestations d'état électrique.

LVIII. — Mécanisme de l'état électro + des vapeurs condensées.

Considérons d'abord le passage de l'état gazeux à l'état liquide. Comme dans ce phénomène il y a accélération du mouvement rotatoire des atomes tourbillons, leur densité éthérée devra diminuer, et, par conséquent, chaque atome tourbillon, tant qu'il n'aura pas pu décharger sur un autre l'excès d'éther qu'il possède, se trouvera en excès de densité et de pression, c'est-à-dire dans l'état électro +.

L'expérience confirme complètement la vérité de cette conclusion. Tous les observateurs de l'électricité atmosphérique ont trouvé que les nuages, quand ils se forment, possèdent une tension électro +. « Les observations bien faites, dit M. Palmieri <sup>1</sup>, démontrent à « l'évidence que les tensions positives s'augmentent « avec les vapeurs qui se condensent, qu'elles deviennent fortes avec les pluies, et très-fortes si ces « pluies sont orageuses, c'est-à-dire si elles tombent à « verse; quand on a vu que ces fortes tensions, infiniment supérieures à celles du ciel nuageux sans pluie, « et même du ciel serein, naissent avec la pluie, durent « avec elle et disparaissent quand la pluie cesse, on « est naturellement induit à reconnaître que la condensation des vapeurs et leur résolution en eau ou « en neige sont des causes de développement d'électricité positive. »

<sup>1</sup> *Nuove modificazioni arretrate al conduttore mobile*. Napoli, 1866, p. 24.

De plus, en faisant évaporer de l'eau dans une capsule de platine, il a constamment trouvé dans la vapeur condensée une tension électrique +<sup>1</sup>.

Tous les expérimentateurs qui ont étudié les phénomènes électriques qui accompagnent l'évaporation, parlent de cette électricité + de la vapeur d'eau condensée.

Volpicelli affirme que, lorsque la chaudière où l'eau s'évapore est en communication métallique avec le sol humide, le jet de vapeur est neutre à une petite distance de son origine ; et qu'à mesure qu'il s'éloigne de ce point, l'électricité + du jet va croissant, atteint son maximum, et ensuite diminue de nouveau et finit par devenir nulle.

Schothlaeult tire cette conclusion de ses recherches sur les phénomènes électriques qui accompagnent l'évaporation, que l'électricité + qui devient libre ne peut être attribuée qu'à la condensation soudaine de la vapeur<sup>2</sup>. Le même auteur, en décrivant quelques-unes de ses expériences faites avec une espèce de chaudière, dit : « En outre, lorsque la vapeur qui sort est complètement à l'état de gaz, il ne se développe aucune électricité : il est absolument nécessaire que la vapeur contienne une certaine quantité d'eau, c'est-à-dire qu'elle soit condensée<sup>3</sup>. »

Pfaff déduit de ses expériences<sup>4</sup> que la vapeur d'eau sous la pression de deux ou plusieurs atmosphères présente, dès qu'on lui permet de sortir, une électricité

<sup>1</sup> V. PALMIERI. *Memoria sull' origine dell' elettricità atmosferica*, vol. 2<sup>o</sup>, *Annali dell' osservatorio vesuviano et Archives des sciences physiques*, 1861, t. II, p. 352.

<sup>2</sup> *Archives des sciences physiques*, 1862, t. XIV, p. 154.

<sup>3</sup> DE LA RIVE. *Archives de l'électricité*, t. I, p. 166.

<sup>4</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. I, p. 154.

cité + très-forte, et d'autant plus forte que la tension est plus grande.

Et Armstrong conclut de la manière suivante un de ses mémoires sur l'électricité développée par le jet de vapeur d'une chaudière<sup>1</sup> : « La seule supposition qu'il  
« reste à faire paraît être que la condensation qui a lieu  
« dans le jet de vapeur met en liberté l'électricité que  
« la vapeur a absorbée dans sa formation. »

Enfin, Buff, dans un mémoire sur l'électricité qui se manifeste dans l'évaporation<sup>2</sup>, dit : « On peut con-  
« clure avec certitude que, lorsque l'eau s'évapore en  
« contact avec un métal, la vapeur qui s'élève est char-  
« gée d'électricité +. »

Palmieri a encore observé que les vapeurs qui se soulèvent du cratère du Vésuve, en se condensant dans l'atmosphère, acquièrent une forte tension électro +. De là les décharges électriques qui partent des nuages volcaniques comme des nuages orageux les plus électriques, décharges dont parlent Pline le Jeune en décrivant la fameuse éruption du Vésuve de l'année 79 de l'ère vulgaire, et Hamilton dans sa belle description de l'éruption de l'année 1794. On observe ces phénomènes dans toutes les éruptions volcaniques. Le fameux brouillard sec de l'année 1783 qui couvrit pendant longtemps une grande partie de l'Europe, et qui possédait une forte tension électro +, était constitué de vapeurs volcaniques condensées, car son apparition suivit les violents tremblements de terre qui eurent lieu dans les Calabres au commencement de la même année. Un phénomène semblable fut déjà observé en Perse, en 1721, après le tremblement de terre qui détruisit la ville de Tauris dans la même année.

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Archives de l'électricité*, t. III, p. 466.

<sup>2</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XLI, p. 204.

Il me semble donc qu'on peut regarder comme un fait bien établi que les vapeurs, en se condensant, acquièrent constamment une tension électro +, ce dont nous verrons d'autres preuves concluantes dans l'étude des phénomènes météoriques électriques.

LIX. — Mécanisme de l'électricité positive qui se manifeste dans la solidification des liquides.

Comme dans les passages de l'état liquide à l'état solide, la vitesse rotatoire des atomes tourbillons continue à s'accroître (n. 18), les atomes tourbillons se trouveront en excès de densité de pression, tant qu'ils n'auront pu décharger sur d'autres atomes l'excès d'éther qu'ils contiennent. En effet, si on verse du soufre, de la résine, de la laque, du chocolat liquide dans des vases coniques de verre ou de bois, et qu'on sépare ensuite la matière solidifiée des parois du vase, on la trouve électrisée positivement, tandis que le vase est électrisé négativement <sup>1</sup> par induction. De plus, on obtient des courants électriques des métaux dans l'acte de leur solidification, ce qui démontre que, dans cet acte, ils acquièrent un excès de densité éthérée.

LX. — Mécanisme de l'état électro — qui se manifeste dans la liquéfaction des solides et dans l'évaporation des liquides.

Considérons maintenant les phénomènes inverses de la liquéfaction des solides et de la vaporisation des liquides. Si, dans le passage des corps de l'état gazeux à l'état liquide et de l'état liquide à l'état solide, la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons augmente, et, par conséquent, leur densité éthérée diminue, *vice versa*, la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons devra successivement diminuer dans

<sup>1</sup> DAGUIN. *Physique*, t. III, p. 293

les phénomènes contraires, et, par suite, leur densité éthérée devra augmenter quand le corps passera de l'état solide à l'état liquide, et plus encore dans le passage de l'état liquide à l'état de vapeur. Ainsi, dans la liquéfaction d'un solide, les atomes tourbillons de la partie liquéfiée, s'ils ne peuvent recevoir de ceux de la partie solide restante, ainsi que des corps avec lesquels cette partie est en contact, l'éther qu'il leur faut pour acquérir la densité compétente à leur vitesse de rotation diminuée, resteront en défaut de densité, et, par conséquent, dans l'état électro —. Si, au contraire, les atomes tourbillons de la partie du corps qui passe à l'état liquide reçoivent de la partie solide restante l'éther qu'il leur faut pour acquérir la densité compétente à leur vitesse de rotation diminuée, dans ce cas, on devra retrouver l'état électro — dans la partie solide qui subit une soustraction d'éther à l'avantage de la partie qui se liquéfie, ou bien dans les corps avec lesquels la partie solide est en contact; mais si ces corps sont conducteurs et en communication avec le sol, ils recevront alors du sol l'éther qui leur est enlevé par les atomes tourbillons de la vapeur, et resteront dans leur état naturel.

De même, dans le phénomène de l'évaporation, si les atomes tourbillons de la vapeur, à mesure qu'ils se soulèvent, reçoivent du liquide restant l'éther qu'il leur faut pour acquérir la densité compétente à leur vitesse de rotation diminuée, ils ne se trouveront point à l'état électique; mais le liquide, ainsi que les corps avec lesquels il est en contact, se trouveront à l'état électro —, à cause de la soustraction d'éther que l'évaporation y produit. Cet état électro — sera d'autant moins sensible que l'isolement du liquide et du récipient qui le contient sera moindre; car ce liquide et ce récipient recevront d'autant plus facilement du sol l'éther qui

leur est enlevé par les atomes tourbillons de la partie du liquide qui s'évapore.

Une telle soustraction se fait au moyen du passage d'éther d'un atome tourbillon à un atome tourbillon, passage qui doit toujours se réaliser plus ou moins facilement toutes les fois qu'il y a rupture d'équilibre de densité et de pression entre les atomes tourbillons voisins, rupture qui constitue la décharge et le courant électriques (n. 52).

En concentrant les rayons solaires sur l'eau distillée contenue dans une capsule de platine isolée et communiquant avec le plateau inférieur d'un électromètre condensateur, Palmieri obtint une ébullition superficielle à peine visible, et néanmoins toujours accompagnée de signes d'électricité — dans la capsule<sup>1</sup>. Il varia l'expérience en opérant avec différents liquides, et obtint toujours le même résultat.

Volpicelli dit, dans l'endroit cité (n. 58)<sup>2</sup>, que la chaudière, quand elle est parfaitement isolée et pleine d'eau pure, est électrisée négativement jusqu'à l'extrémité du tube d'où sort la vapeur, laquelle, à une certaine distance des orifices, est électrisée +.

Selon Pfaff, si l'on isole l'appareil où l'on fait bouillir l'eau, cet appareil présente l'électricité —<sup>3</sup>.

Pattinson affirme que : « L'électricité semble naître  
« au moment de l'évaporation. La vapeur, à mesure  
« qu'elle se forme dans la chaudière, prend l'électricité  
« + tandis que l'eau et la chaudière deviennent négati-  
« ves. Dans cet état, ajoute-t-il, l'électricité de chaque  
« partie est latente comme l'électricité des deux plateaux  
« d'un condensateur; mais, quand la vapeur s'échappe,  
« elle emporte avec elle l'électricité +, et se trouvant

<sup>1</sup> V. *Archives des sciences physiques*, 1861, t. II, p. 352.

<sup>2</sup> V. *Archives des sciences physiques*, 1862, t. XIV, p. 153.

<sup>3</sup> DE LA RIVE. *Archives de l'électricité*, t. III, p. 466."

« alors hors de l'influence de l'électricité — équiva-  
« lente de la chaudière, elle devient libre; c'est pour-  
« quoi elle se montre à l'état électro +. La chaudière  
« alors devient négative et manifeste cet état quand on  
« l'isole convenablement <sup>1</sup>. »

Schofthaeult termine son mémoire cité plus haut (n. 58), en faisant observer que l'électricité — correspondante à la +, dont la vapeur condensée est chargée, se trouve dans le vase métallique où la vapeur se forme, et dans l'eau que contient le vase<sup>2</sup>.

Armstrong s'est pareillement assuré qu'en isolant le vase où la vapeur se forme, ce vase se constitue dans l'état électro — assez prononcé quand on donne issue à la vapeur qui s'y est formée sous une pression élevée<sup>3</sup>. Il observa de plus qu'un fourneau isolé se constitue dans l'état électro — lorsque le charbon y brûle avec une flamme forte, mais que l'électricité est beaucoup plus intense lorsque, après avoir ajouté un nouveau combustible, il s'élève une fumée dense avant que la flamme paraisse. Cette fumée qui, en s'allumant, constitue ensuite la flamme, est le résultat de la gazéification des matières plus volatiles que le charbon, et l'état électro — du fourneau a certainement la même origine que l'état électro — des chaudières où l'on fait l'évaporation de l'eau; c'est-à-dire qu'il est dû au fait de l'accroissement de la densité éthérée des atomes tourbillons du corps qui passe de l'état liquide à l'état de vapeur.

Le phénomène qui suit appartient au même ordre de faits. Si l'on place un charbon chaud sur le plateau d'un électromètre à feuilles d'or, et si l'on verse ensuite sur le charbon quelques gouttes d'eau, les feuilles de

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE. *Archives de l'électricité*, t. I, p. 160.

<sup>2</sup> V. DE LA RIVE. *Archives de l'électricité*, t. I, p. 166.

<sup>3</sup> V. DE LA RIVE. *Archives de l'électricité*, t. I, p. 170.

l'électromètre divergent aussitôt fortement et indiquent de l'électricité. — Quand les charbons sont très-chauds, et que, par conséquent, la production de la vapeur est très-rapide, l'électricité développée est toujours considérable.

LXI. — Expériences de Pouillet.

On soutient ordinairement que l'évaporation n'est pas une source d'électricité, d'après les expériences négatives de Pouillet. Ce physicien plaçait quelques gouttes d'eau distillée dans un creuset de platine chauffé au rouge blanc et en communication avec un électromètre condensateur. Ces gouttes prenaient l'état sphéroïdal et s'évaporaient lentement, sans que l'électromètre donnât aucun signe d'électricité. L'acide acétique, les acides nitrique et sulfurique purs, se comportèrent de même. De là Pouillet conclut que le simple changement d'état ne développe point d'électricité. Mais, contre cette conclusion, j'oserai faire observer que, quand on fait évaporer de l'eau pure dans un creuset métallique, on ne trouve souvent aucune apparition d'état électrique, parce que les petites gouttes d'eau prennent l'état sphéroïdal, que par conséquent, elles ne sont point en contact avec la capsule, mais qu'elles en restent séparées par une couche de vapeur surchauffée, laquelle, comme tous les gaz, est un très-mauvais conducteur de l'électricité, et, partant, ne permet point le passage de l'éther du métal de la capsule à la petite goutte qui s'évapore. En effet, comme l'a vu Pelletier l'électricité dans l'électromètre se manifeste seulement au moment où, par le refroidissement de la capsule, l'état sphéroïdal cesse et où le liquide vient en contact avec le métal.

De plus, Tait et Vanklyn ont précisément trouvé que, tant que le liquide placé sur la lame métallique chauffée conserve l'état sphéroïdal, la quantité d'électricité dé-

veloppée est à peine perceptible; qu'un effet prononcé se manifeste au moment où l'on commence à entendre le pétilllement qui accompagne la cessation de l'état sphéroïdal; que, tant que l'action à laquelle ce pétilllement est dû, continue, l'électricité va toujours croissant; et, enfin, que lorsque le liquide s'étend sur la lame, l'effet électrique augmente considérablement.

LXII. — Mécanisme de l'électricité dans la machine d'Armstrong.

L'état électro — de la machine hydro-électrique d'Armstrong, quand elle est isolée, et électro + de la vapeur condensée, ne sont qu'un cas particulier de la loi générale susénoncée. Conséquemment l'électricité qui se manifeste dans cette machine n'est point due au frottement, ainsi qu'on a voulu l'admettre jusqu'à présent, d'après l'autorité de Faraday, mais à l'évaporation de l'eau. Dans les expériences de Faraday<sup>1</sup>, le frottement ou, pour mieux dire, le contact de la vapeur condensée dans les tubes additionnels avec différentes substances solides et liquides introduites dans ces tubes, n'est qu'une condition nécessaire pour la manifestation de l'électricité négative de la chaudière et positive de la vapeur condensée. En lisant la description de ces expériences, on aperçoit aisément, à travers les différentes causes perturbatrices, l'influence d'une cause principale des manifestations électriques, qui doit véritablement se rencontrer dans les différents changements d'état auxquels l'eau et sa vapeur sont soumises.

Aussi Armstrong, dans une lettre adressée à Faraday, et imprimée dans *Philosophical Magazine* (septemb. 1843), dit : « Vous avez éclairci de main de maître quelques-unes des difficultés qui s'opposaient à attribuer au

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. X, p. 89.

« frottement la cause exclusive de l'électricité déve-  
« (loppée avec la machine hydro-électrique), mais je  
« suis obligé de dire qu'il en reste encore quelques-  
« unes très-importantes <sup>1</sup>. »

Le même Armstrong, qui avait tant étudié ce sujet, dans un de ses précédents mémoires, avait dit : « Le frotte-  
« ment seul de la vapeur dans les conduits qu'elle tra-  
« verse, peut-il être suffisant pour produire des quan-  
« tités d'électricité si considérables? C'est un fait très-  
« difficile à admettre. Certes, si le frottement est une  
« des causes principales de l'électricité, il n'est pas la  
« seule <sup>2</sup>. »

LXIII. — Mécanisme de l'électricité que produisent toute  
variation de volume et toute action moléculaire.

Du reste, on peut dire qu'il doit y avoir manifestation électrique dans tous les changements de volume d'un corps, puisque, avec le changement de volume, doit varier de même la vitesse de translation et de rotation des atomes tourbillons, et, partant, leur densité éthérée. Si le volume diminue, la vitesse de rotation des atomes tourbillons doit augmenter (n. 18), et, par conséquent, leur densité éthérée doit diminuer; c'est pourquoi ils se trouveront en excès de densité, tant qu'ils ne pourront pas décharger sur d'autres atomes tourbillons l'éther en excès qu'ils contiennent. *Vice versa* dans le cas contraire. Ces variations d'état électrique correspondant aux variations de volume, devront surtout être sensibles dans l'état gazeux, où elles sont considérablement plus grandes.

Armstrong avait bien entrevu que les changements de volume étaient la vraie cause de tous les phénomènes

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. X, p. 110.

<sup>2</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. VII, p. 416.

électriques que présente la vapeur dans les chaudières. En effet, dans un de ses mémoires, il dit : « Si la chaudière est isolée, l'eau, la chaudière et la vapeur non condensée seront toutes négatives, pourvu que la vapeur puisse s'échapper, mais non autrement ; car, si la vapeur est retenue dans la chaudière, l'évaporation ne sera accompagnée d'aucun CHANGEMENT DE VOLUME, et l'absorption de l'électricité n'aura point lieu. Sur tous ces points, la théorie est parfaitement d'accord avec l'expérience. »

C'est un fait constaté par de très-nombreuses expériences que toute altération des conditions moléculaires des corps est accompagnée d'une manifestation d'état électrique.

En effet, dans tous ces cas, les atomes tourbillons sont rapprochés ou éloignés (nn. 18 et 19) ; c'est pourquoi leur vitesse de rotation et, partant, leur densité éthérée, doivent être modifiées ; il s'ensuivra donc une manifestation électrique, c'est-à-dire, la tension électrostatique ou le courant, selon que l'excès de densité éthérée trouve quelque obstacle à sa propagation, ou n'en trouve aucun.

Voilà l'origine de l'électricité développée dans les actions mécaniques autres que le contact et le frottement.

#### LXIV. — Mécanisme de l'électricité thermique.

J'ai établi (n. 19) qu'avec l'augmentation de la température, la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons doit diminuer, et, par conséquent, leur densité éthérée doit s'accroître, et *vice versa* dans les abaissements de la température. Les variations de la température doivent donc donner origine à des manifestations d'état électrique positif ou négatif des atomes tourbillons, et, par conséquent, à la tension électro-

statique, ou bien au courant, si l'électricité peut se propager.

Le courant thermo-électrique est généralement dû à la rupture d'équilibre entre la densité et la pression éthérée des atomes tourbillons de la partie chauffée, dont la vitesse de rotation desquels diminue, et la pression et densité éthérée des atomes tourbillons de la partie non chauffée, dont la vitesse de rotation n'est point modifiée. On doit obtenir comme conséquence d'une telle rupture d'équilibre le passage d'éther des atomes tourbillons de la partie qui conserve sa température aux atomes tourbillons de celle dont la température augmente, et ceux-ci doivent subir une augmentation de densité éthérée.

Ainsi, quand on forme un cercle avec un même métal ou avec des métaux différents, chauffés sur quelque-une de leurs parties, on a le courant dans un sens ou dans l'autre, selon la différence des masses qui se trouvent d'un côté ou de l'autre de l'endroit chauffé, et selon la différence des métaux.

Dans un circuit homogène et continu, communiquant par ses extrémités avec un galvanomètre, le réchauffement ne produit pas de courant, parce qu'il détermine deux courants égaux dirigés des deux parties du cercle vers celle qui se réchauffe, en même temps que la densité éthérée des atomes tourbillons de cette même partie augmente; mais si le cercle n'est point homogène, l'un des courants sera alors supérieur à l'autre; c'est pourquoi le galvanomètre marquera un flux éthéré, c'est-à-dire un courant. Gaugain<sup>1</sup> dit que l'expérience réussit avec un métal quelconque.

Mais pour se convaincre de la vérité de ma théorie sur la thermo-électricité, il suffit de lire les conclusions auxquelles a été amené Le Roux dans ses études sur ce

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LXV, p. 83.

sujet : il affirme <sup>1</sup> que chaque corps possède *a priori* une tension électrique qui a pour mesure le produit d'une fonction de la température identique pour tous les corps par un coefficient spécial à chacun d'eux.

Cette tension électrique que tout corps possède *a priori* est évidemment le résultat de la pression que les atomes tourbillons étherés exercent contre l'éther libre environnant, en vertu du mouvement rotatoire dont ils sont animés.

Le Roux ajoute ensuite : « Quelle est cette fonction  
« de la température ? C'est ce que d'autres expériences  
« peut-être me permettront de déterminer. Mais l'iden-  
« tité de cette fonction nous permet de conclure que la  
« thermo-électricité est une propriété de la matière et  
« non un accident des corps. »

Dans ma théorie il devient évident que la thermo-électricité doit être une propriété de la matière ; car comme nous avons dit plus haut, toute variation de température doit être accompagnée d'une variation dans la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons, et par conséquent d'une variation de leur densité et de leur pression : d'où l'état thermo-électrique.

Enfin Le Roux conclut son mémoire par ces mots prophétiques, qui sont une splendide déclaration en faveur de la vérité de notre théorie : « Quant à  
« l'idée d'une tension électrique absolue, fonction de  
« la température, je crois qu'elle est destinée à ren-  
« dre compte de plusieurs phénomènes, spécialement  
« de l'électricité atmosphérique, à définir la question de  
« la préexistence de l'action chimique ou de l'action  
« électrique, à faire faire enfin un nouveau pas vers l'i-  
« dentification de la chaleur et de l'électricité <sup>1</sup>. »

<sup>1</sup> V. *Comptes rendus*, 20 août 1866, p. 368.

LXV. — Cause mécanique première et unique de l'état électrique.

Si nous portons maintenant un regard synthétique sur les différentes manifestations d'état électrique que nous avons étudiées, nous verrons qu'elles dépendent réellement d'une cause unique, c'est-à-dire des modifications de la densité et pression éthérée des atomes tourbillons qui s'ensuivent, des modifications de leur vitesse de rotation.

L'existence d'une cause unique, génératrice, des phénomènes électriques est, du reste, assez naturelle, et conforme au principe de l'économie et simplicité des causes physiques dans la variété infinie de leurs effets. C'est pourquoi Gaugain, après avoir profondément étudié les phénomènes électriques, écrit : « Il est difficile  
« de croire qu'il y ait réellement plusieurs espèces diffé-  
« rentes de forces électromotrices, et les théories qui  
« conduisent à une telle conséquence peuvent, par cela  
« même, être considérées comme suspectes. Cette pen-  
« sée n'a cessé d'être présente à mon esprit pendant le  
« cours des recherches que je poursuis depuis douze ans,  
« et j'ai successivement étudié les différentes branches  
« de la science (électrique), dans l'espoir de découvrir un  
« principe commun auquel rapporter les différentes ma-  
« nières dont se développe l'électricité. »

L'électricité n'est donc pas un pur mouvement de la matière, ainsi qu'on l'admet ordinairement, par une extension confuse de la théorie mécanique de la chaleur, mais *une altération de l'équilibre quantitatif et dynamique de l'éther qui constitue les atomes des corps dans l'état naturel*. Si cette altération se propage difficilement, elle donne lieu aux phénomènes de l'électricité statique; si, au contraire, elle se propage facilement, moyennant

le passage d'éther d'un atome à l'autre, elle donne lieu aux phénomènes de l'électricité dynamique.

La cause générale des phénomènes électriques retrouvée, étudions-en les effets.

## § 2. — De l'induction électrostatique.

### LXVI. — Incompressibilité de l'éther.

Après avoir établi en quoi consiste l'état électrique, et quelle en est l'origine, je me propose d'exposer les raisons des phénomènes les plus importants que présentent les corps dans l'état électrique au moyen de la théorie des atomes tourbillons.

Je commencerai par l'induction électrostatique.

Pour expliquer le phénomène de l'induction, je dois rappeler d'abord que tous les géomètres qui ont étudié la nature de l'éther, ont été amenés à l'assimiler à un solide plutôt qu'à un fluide, de sorte que les pressions ne s'y transmettent pas également dans tous les sens, et sa compressibilité est très-petite. « Certains phénomènes « que présente l'éther, dit Secchi <sup>1</sup>, le font croire doué « des propriétés des solides plutôt que de celles des « fluides, non parce qu'il existe une cohésion entre les « atomes de l'éther, mais parce que les rotations dont « ils sont animés, peuvent empêcher la diffusion égale « du mouvement dans tous les sens. » Et Stokes, dans un mémoire sur la théorie dynamique de la réfraction <sup>2</sup>, dit : « Cette assimilation de l'éther à un corps « solide résulte nécessairement de l'existence des vibra- « tions transversales, un solide n'étant autre chose qu'un « milieu dans lequel la pression a une composante « tangentielle à l'élément sur lequel elle s'exerce, et les

<sup>1</sup> *Unità delle forze fisiche*, p. 414.

<sup>2</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LV, p. 493.

« vibrations transversales n'étant possibles que si une « telle composante tangentielle existe réellement. » Enfin, Fresnel fait observer que le mouvement transversal de l'éther dans les ondulations lumineuses, suppose qu'il ait une compressibilité très-légère et soit « à peu près incompressible <sup>1</sup>. »

LXVII. — Mécanisme de l'induction et de la condensation électrostatique.

Puisque l'éther a la nature d'un solide plutôt que celle d'un fluide, c'est-à-dire puisqu'il est incompressible, et que les pressions ne s'y transmettent point également dans tous les sens, mais seulement dans la direction de leur action  $+$ , l'éther qui entoure un corps A, ayant un excès d'éther, c'est-à-dire dans l'état électro  $+$ , éprouve une impulsion vers l'extérieur, en vertu de laquelle chacun des atomes tourbillons d'un corps B, qui se trouve dans la sphère de l'éther poussé par le corps A, électrisé positivement, souffre un excès de pression dans la partie tournée vers le corps électrisé, et un défaut dans la partie opposée. Par conséquent, chaque atome tourbillon du corps B se trouve en défaut de pression du côté du corps électrisé, et en excès du côté opposé.

Le corps dans l'état électrique négatif se trouve en défaut d'éther et de pression par rapport à l'état naturel contre l'éther libre qui l'entoure. Conséquemment, dans l'éther qui entoure un corps électro  $-$ , il y a une impulsion du dehors vers ce même corps, impulsion qui produit des effets inverses de ceux qui sont produits par l'impulsion exercée par l'éther qui entoure un corps électro  $+$ .

Si le corps induit est conducteur, il y aura passage

<sup>1</sup> V. SECCHI. *Unità delle forze fisiche*, p. 415.

immédiat d'éther de la partie du corps induit qui devient électro — à la partie opposée qui devient électro +.

Ce passage d'éther à l'extrémité du corps induit qui devient électro — à celle qui devient électro + constitue un courant, qui se rend sensible par des effets lumineux dans les masses gazeuses conductrices des tubes de Geissler, lorsqu'ils sont approchés ou éloignés d'un corps électrisé. Pour constater un tel courant au moyen du galvanomètre, je pris les deux plateaux isolés du condensateur d'Aepinus, et les joignis entre eux à l'aide du fil d'un galvanomètre. L'un de ces plateaux fut placé à 15 centimètres environ d'une sphère de métal isolée et communiquant avec la machine électrique. L'autre plateau du condensateur était à peu près à la même distance du premier. Quand on chargeait la sphère d'électricité positive avec la machine électrique, le galvanomètre manifestait un courant allant du plateau induit près de la sphère, lequel prend la tension électro —, vers le plateau induit loin de la sphère, lequel prend la tension électro +. En intervertissant la jonction des deux bouts du fil du galvanomètre avec les deux plateaux, on obtient une déviation contraire de l'aiguille du galvanomètre. Ce qui prouve que les deux déviations ne sont vraiment dues à aucune autre cause, si ce n'est au courant allant du plateau qui acquiert la tension électro — vers le plateau qui acquiert la tension électro +.

Dès que l'induction est établie dans les deux plateaux, tant que la tension de la sphère inductrice ne varie pas, il n'y a plus de courant dans le fil du galvanomètre; mais si la sphère inductrice se décharge, tandis que les plateaux rentrent dans l'état naturel, l'aiguille du galvanomètre indique un courant de retour dans le fil qui joint les deux plateaux. Ce courant est dirigé dans le sens du plateau qui perd la tension électro — vers le plateau qui perd la tension électro +.

Donc : « Lorsqu'un corps subit l'induction électro-  
« statique, il est parcouru par un courant électrique  
« dirigé dans le sens du côté qui acquiert la tension  
« électro — vers celui qui acquiert la tension électro +.  
« VICE VERSA : lorsqu'un corps induit rentre dans l'état  
« naturel, il est parcouru par un courant dirigé dans le  
« sens du côté qui perd la tension électro + vers celui  
« qui perd la tension électro — . »

Le professeur Govi rendit ces courants plus énergiques en substituant au condensateur d'Aepinus des batteries électriques.

Si, au contraire, le corps induit n'est point conducteur, chacun de ces atomes tourbillons garde alors sa polarisation électrique, c'est-à-dire son état électro — du côté du corps électrisé, et son état électro + du côté opposé, tant qu'il est sous l'action de l'induction.

Cela résulte des expériences de Matteucci. Ce physicien suspendait par un fil de soie, au centre d'une cloche de verre dont l'air avait été desséché, de petites aiguilles de soufre, de résine, de laque, etc. En introduisant dans la cloche un corps électrisé, on voyait l'aiguille s'approcher immédiatement de ce corps, à l'instar d'une aiguille aimantée en présence du fer, en oscillant à droite et à gauche de sa position d'équilibre. Tant que durait l'action du corps électrisé, l'aiguille donnait des signes électriques contraires à ses deux bouts, et dès qu'on enlevait le corps électrisé, elle rentrait immédiatement dans l'état naturel, précisément comme un corps conducteur. Toute la différence consistait dans l'intensité des effets. Or, si l'on pense à la difficulté et à la lenteur avec lesquelles l'électricité se propage dans les corps isolants, on doit absolument croire que, malgré l'analogie des effets, les conditions électriques de ces corps isolants ne sont nullement les mêmes que celles d'un corps conducteur, c'est-à-dire qu'il n'y a aucun passage

d'éther de l'extrémité de l'aiguille rapprochée du corps inducteur à l'extrémité éloignée, ni retour immédiat à l'état naturel, dès que l'action du corps électrisé vient à cesser. Par conséquent, on doit admettre que, dans ce cas, l'effet de l'induction reste limité à chaque atome tourbillon, et qu'il n'y a nullement passage d'éther de l'un dans l'autre.

C'est pourquoi Matteucci conclut de ses expériences que : « La seule manière plausible d'expliquer les effets « obtenus dans les cylindres isolants, c'est de supposer « que leurs molécules agissent, chacune, comme une « molécule conductrice, et que leur nature isolante « conserve sur chacune d'elles les charges développées « par induction, ou tout au moins qu'elle oppose une « résistance au passage de l'électricité de l'une dans « l'autre. » <sup>1</sup> Et il ajoute ensuite : « Chaque molécule « du cylindre isolant étant chargée d'électricité contraire « à ses deux extrémités, le cylindre doit agir comme « ferait un cylindre métallique sur la surface duquel se « distribuent les deux électricités. La polarisation élec- « trique moléculaire est ainsi la seule explication qu'on « puisse donner de l'état d'un cylindre isolant, soumis « à l'induction. » Et enfin, dans un autre endroit <sup>2</sup>, il dit en termes précis : « Le pouvoir isolant consiste dans la « résistance plus ou moins grande, opposée par les corps « qui en sont doués, à la distribution de l'état électrique « moléculaire par l'entrée ou la sortie de l'électricité « dans les molécules mêmes : » expressions qui sont parfaitement d'accord avec ma théorie.

Mais si le corps isolant reste pendant quelque temps sous l'action du corps conducteur électrisé, comme la propriété isolante est toujours plus ou moins imparfaite,

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LVII, p. 430.

<sup>2</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XXVII, p. 170.

il se fait lentement dans le corps induit une distribution d'éther identique à celle que nous avons vue se réaliser dans un corps conducteur. Ce fait est prouvé par l'expérience.

Ce que nous avons dit nous permet même de comprendre le mécanisme de la condensation électrique. La charge qu'acquiert un condensateur est entièrement due au passage successif d'éther des atomes tourbillons de la partie du disque isolant qui regarde la source électrique positive aux atomes tourbillons de la partie opposée, sous l'action de l'induction que les deux armatures, l'une dans l'état électro  $+$  et l'autre dans l'état électro  $-$ , exercent sur le disque isolant. Par ce passage successif d'éther d'une partie du disque isolant à l'autre, passage qui s'opère en vertu du pouvoir isolant imparfait du disque même, il se produit un état électrique négatif plus ou moins intense du côté du disque tourné vers la source électrique positive, et un état électrique positif correspondant sur la face opposée communiquant avec le sol.

Quand cette charge a atteint une certaine limite, qui dépend de la nature de l'isolant, ainsi que l'ont démontré Belli, Harris et Faraday, l'électricité traverse alors le système au moyen des décharges du disque isolant sur la seconde armature (communiquant avec le sol), et ensuite de la première armature sur le disque isolant. C'est pourquoi la charge électrique du disque isolant ne croît point au delà de cette limite de tension qui permet les décharges entre ce disque et les armatures ; mais quand on met en communication les deux faces du disque isolant dans l'état électrique opposé, au moyen des armatures, on a une décharge plus ou moins violente à travers l'arc conducteur.

De ce que nous avons dit il résulte que la condensation n'est qu'un cas particulier de la conductibilité.

L'avantage du condensateur pour recueillir l'électricité consiste donc en ce que le disque métallique communiquant avec le sol subit lui aussi l'induction du disque métallique électrisé, supposons le, positivement, et devient électro —, et alors le disque isolant subit les deux inductions concordantes des deux armatures, l'une électro + et l'autre électro —, lesquelles produisent une rupture d'équilibre électrique plus ou moins intense dans sa masse, qui persiste ensuite, pendant un temps plus ou moins long, après que l'action inductrice des deux armatures a cessé.

Il semble donc que les corps isolants, par leur mauvaise conductibilité, peuvent conserver pour un temps plus ou moins long les charges électriques dans l'intérieur de leur masse, et servir, dirai-je, de récipients de l'électricité. C'est pourquoi ils servent à emmagasiner cette énergie, ainsi qu'une spirale élastique sert à emmagasiner la force dans les horloges, et par une telle propriété ils peuvent rendre d'utiles services, non-seulement à la science, mais aux arts et à l'industrie même.

LXVIII. — L'induction a lieu au moyen de l'éther, et non pas au moyen de la matière pondérable placée entre le corps inducteur et le corps induit.

De ce que nous avons dit il s'ensuit que l'induction a lieu au moyen de l'éther libre qui se trouve dans le vide. Or, comme le vide n'est point conducteur de l'électricité, c'est-à-dire qu'il ne laisse point passer le courant électrique, quelques physiciens pensent que l'induction électrique ne peut nullement s'exercer à travers le vide. Je crois que c'est une erreur. En effet, Volpicelli a trouvé que, dans le vide fait avec une bonne machine pneumatique, l'induction électrostatique est d'autant plus manifeste que la raréfaction de l'air est plus près du vide parfait. D'où il conclut que le

vide est un isolant parfait, c'est-à-dire qu'il présente la plus grande résistance au passage de l'électricité, et qu'il n'oppose aucune résistance au passage de l'influence électrique <sup>1</sup>.

Du reste, l'induction moléculaire doit bien s'exercer à travers le vide intermoléculaire. Si la présence des diélectriques solides ou liquides modifie en général l'influence, cela provient de ce que ces substances, placées entre le corps électrisé et le corps induit subissent, elles aussi, l'induction, et, par conséquent, modifient l'action inductrice que produirait, de lui seul, le corps électrisé sur le corps induit.

### § 3. — Attractions et répulsions des corps électrisés.

LXIX. — Mécanisme des attractions et des répulsions des corps électrisés.

Les attractions et les répulsions électriques sont une conséquence de la pression réciproque qu'il y a parmi les atomes des corps dans l'éther. Si ces pressions cessent d'être égales de tous les côtés, ainsi qu'il advient lorsqu'un corps électrisé par influence a des tensions électriques contraires de deux côtés opposés, il en résulte alors le mouvement du corps.

Telle est le mécanisme général des attractions et répulsions électriques. Il reste à l'appliquer aux différents cas qui peuvent se présenter, ce qui demande l'analyse géométrique.

### § 4. — Propagation de l'électricité.

LXX. — Mécanisme de la propagation électrique.

J'ai déjà établi (n. 52) que la décharge électrique est un passage d'éther d'un atome en excès de densité et de

<sup>1</sup> *Comptes rendus*, 4 octobre 1869.

pression éthérée à un autre atome en défaut, comparativement au premier. On conçoit aisément qu'un tel effet est une conséquence du mouvement centrifuge des particules éthérées des atomes tourbillons et de la pression que les uns exercent sur les autres en vertu de ce mouvement.

Ce phénomène du passage d'éther d'un atome à l'autre s'opère plus ou moins facilement dans les différentes catégories des corps, et constitue la propriété de la conductibilité.

Le passage d'éther d'un atome à l'autre est toujours nécessairement précédé de l'induction, car un atome en excès ou en défaut de densité éthérée, c'est-à-dire en état électrique, ne peut faire moins que d'agir par induction sur les atomes voisins au moyen de l'éther libre environnant, ainsi que fait un corps électrisé sur les corps environnants à l'état naturel. Or, si le corps est bon conducteur, c'est-à-dire si le passage d'éther d'un atome à l'autre s'opère facilement, l'induction sera alors aussitôt suivie de la décharge électrique, qui se fera immédiatement d'atome en atome; si, au contraire, le passage d'éther d'un atome à l'autre est plus ou moins difficile, ainsi qu'il arrive chez les mauvais conducteurs, il sera alors nécessaire que les atomes acquièrent une charge électrique plus forte pour vaincre la résistance plus grande qui s'oppose au passage, et partant l'induction elle-même sera plus énergique et s'étendra à une plus forte distance, c'est-à-dire, non-seulement d'un atome à l'autre, mais d'une couche plus ou moins épaisse à une autre couche. Donc, les atomes dans l'état électro-+ produiront par induction dans le corps isolant une couche électro —, suivie d'une couche électro +, qui, à son tour, engendre par induction une autre couche électro —, suivie d'une couche électro +, et ainsi de suite. La charge ou tension électrique de ces couches ira en dé-

croissant dans la direction par laquelle l'état électrique tend à se propager. Cela posé, quand la tension dans ces couches électriques contraires atteint une certaine limite, la décharge a lieu, et c'est ainsi que l'état électrique se propage.

Enfin, dans les mauvais conducteurs, l'électricité se propage au moyen de l'induction, et ensuite de la décharge qui a lieu de couche en couche de matière, au lieu que, dans les bons conducteurs, l'induction et la décharge ont lieu immédiatement d'atome à atome. En général, les stratifications sont d'autant plus sensibles que la résistance rencontrée par l'état électrique à sa propagation est plus forte.

Ce que je dis n'est point une hypothèse, mais c'est l'expression d'un fait qui résulte clairement de toutes les expériences sur la propagation de l'électricité. Toutes les apparences lumineuses produites par les décharges électriques, y compris l'arc voltaïque, n'ont jamais une rigoureuse continuité, mais se composent de petites étincelles dues aux décharges partielles d'atome tourbillon à atome tourbillon, ainsi qu'on le reconnaît avec le miroir tournant de Wheatstone. Les stries transversales que les décharges électriques produisent dans tous les corps, d'autant plus sensiblement qu'ils sont moins conducteurs, tirent leur origine de cette manière de propagation de l'électricité au moyen de décharges précédées de l'induction. C'est ainsi que se produisent les brillantes et gracieuses stries lumineuses et obscures dans les expériences des tubes de Geissler.

Une telle manière de propagation de l'électricité, à distance plus ou moins grande, se vérifie pareillement dans les fils conducteurs, à cause de l'insuffisance de leur conductibilité, quand ils sont soumis à des décharges électriques violentes, et c'est là la cause des inflexions produites dans les fils métalliques par ces dé-

charges, ainsi qu'il résulte des expériences de Riess <sup>1</sup>.

Ainsi l'on voit que la propriété isolante et la propriété conductrice ne sont que deux conditions extrêmes d'un même phénomène, ou bien, comme dit Faraday, *deux degrés extrêmes d'une même propriété* <sup>2</sup>; et l'on comprend que, chez les mauvais conducteurs, la décharge doit être discontinue, ondoyante, et à stries lumineuses et obscures, ce qui a été reconnu par Riess dans les solides et dans les liquides, tandis que dans les corps conducteurs, si la décharge électrique n'est pas excessive, elle est continue et obscure.

LXXI. — La théorie de Ohm.

La théorie de la propagation de l'électricité, dans l'hypothèse des atomes tourbillons, vient évidemment se confondre avec celle de Ohm, dont les résultats ont été pleinement confirmés par l'expérience. Ohm suppose, en effet, que l'électricité se propage de molécule à molécule par des excès de tension infiniment petits, de la même manière que Fourier admit que la chaleur se propageait d'une molécule à l'autre proportionnellement à l'excès de leurs températures. Or, tout cela se comprend fort clairement dans la théorie des atomes tourbillons.

D'abord, il est évident que l'intensité  $i$  d'un courant, c'est-à-dire la quantité d'éther qui passe dans l'unité de temps par une section donnée d'un conducteur, doit être directement proportionnelle à la grandeur  $s$  de la section, à la conductibilité  $c$  du conducteur, c'est-à-dire à la facilité avec laquelle l'éther en excès passe d'un atome tourbillon à l'autre, et à la force électromotrice qui, comme on le voit clairement, consiste ici dans la

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. II, p. 195.

<sup>2</sup> *Experimental researches*, 12<sup>e</sup> série, n<sup>o</sup> 1320.

différence de densité et de pression étherée dans les atomes tourbillons parmi lesquels a lieu le flux étheré. Or, cette différence dans la pression étherée des atomes tourbillons voisins, sera évidemment donnée par la différence  $2e$  entre la pression étherée  $+e$  et la pression étherée  $-e$ , existant aux deux bouts du conducteur, divisée par le nombre des sections du fil conducteur, c'est-à-dire par la longueur  $l$ . Donc, on aura enfin  $i = cs \frac{2e}{l}$ , ce qui est la formule fondamentale de Ohm.

LXXII. — Mécanisme de la tension.

La tension électrique est évidemment la tendance qu'ont les atomes tourbillons, en vertu du mouvement rotatoire dont ils sont doués, de mettre dehors l'excès ou le défaut de densité étherée.

Elle donne origine aux courants, quand lesdits excès ou défauts peuvent se propager d'un atome tourbillon à un autre, et à la tension électrostatique quand cette propagation est empêchée. On voit par là que la force électromotrice qui produit les courants, et la tension électrostatique ont la même origine, ainsi qu'il est admis dans la théorie de Ohm. C'est pourquoi Gaugain, dans un *Mémoire sur les rapports qui lient la théorie de la distribution statique de l'électricité à la théorie de la propagation*, dit <sup>1</sup> : « Le résultat général de mes recherches peut se résumer ainsi : les mêmes lois mathématiques régissent les phénomènes de la propagation et les phénomènes de la condensation. »

La tension électro  $+$  correspond à un excès de densité et de pression étherée, la tension électro  $-$  à un défaut. La densité et la pression normale des atomes tourbillons

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LXIV, p. 176.

correspondent à l'état naturel. Par là on comprend clairement qu'il doit y avoir proportionnalité entre la tension électrique des atomes tourbillons et leur excès ou défaut de densité et de pression éthérée qui constitue la force électromotrice.

Kohlrausch a vérifié expérimentalement que la tension aux pôles de la pile est proportionnelle à sa force électromotrice <sup>1</sup>, c'est-à-dire à la différence  $2e$  entre l'excès  $+e$  et le défaut  $-e$  de densité éthérée de ses atomes tourbillons polaires.

LXXIII. — Mécanisme de la tension dans un circuit qui met en communication les deux pôles d'une pile.

Si un fil conducteur homogène met en communication extérieure les pôles d'une pile, c'est-à-dire les atomes tourbillons où il y a un excès  $+e$ , avec ceux où il y a un défaut  $-e$  de densité et de pression éthérée, évidemment la différence  $2e$  des densités éthérées des atomes tourbillons polaires de la pile devra se distribuer dans toute la longueur du fil, de manière que l'excès de densité et de pression éthérée, et par conséquent la tension, ira en décroissant en progression arithmétique du pôle  $+$  au point milieu du conducteur, et le défaut de densité et de pression éthérée, c'est-à-dire la tension  $-$ , ira en augmentant de même en progression arithmétique dudit point milieu du conducteur au pôle  $-$ . Au point milieu il n'y aura ni excès ni défaut, c'est-à-dire que les atomes tourbillons seront, à ce point, dans l'état naturel, et la tension sera nulle.

Donc, dans un conducteur parcouru par un courant, la densité éthérée et la tension vont en progression arithmétique de  $+e$  à  $-e$ .

Cette déduction rationnelle de l'hypothèse des atomes

<sup>1</sup> DAGUIN. *Physique*, t. III, p. 546.

tourbillons, est parfaitement d'accord avec la théorie de Ohm, et pleinement confirmée par l'expérience.

La différence de densité et de pression éthérée dans les atomes tourbillons successifs d'un conducteur, constitue ce qu'on appelle *chute électrique* ; elle détermine la décharge entre ces mêmes atomes tourbillons, c'est-à-dire le passage d'éther de l'un à l'autre.

LXXIV. — Mécanisme de l'état initial variable des tensions dans un conducteur où s'établit le courant, et de l'extracourant.

Pour que les atomes tourbillons d'un conducteur acquièrent cet état de densité et de pression variable de  $+e$  à  $-e$ , qu'ils doivent avoir quand le courant est établi, il devra évidemment s'opérer dans ledit conducteur une distribution d'éther différente de celle qui y existait avant qu'il fût parcouru par un courant. C'est pourquoi, avant que ce courant soit établi, il y aura un état variable des tensions dans le conducteur, ainsi qu'il avait été prévu par Ohm, et qu'il résulte des expériences de Gaugain et Guillemin.

Les recherches de Guillemin et Burnouf sur la transmission de l'électricité dans les fils télégraphiques, ont conduit ces observateurs aux résultats suivants : 1° à l'extrémité du fil en communication avec la terre, le courant, d'abord faible, augmente peu à peu et atteint bientôt une intensité *maximum* ; 2° à l'extrémité du fil qui est en communication avec la pile, l'intensité du courant procède à l'inverse, c'est-à-dire qu'il décroît à mesure que la durée du contact du fil avec la pile augmente ; ensuite, après un certain temps, la déviation de l'aiguille se maintient constante, et plus forte que celle qui s'opère à l'autre extrémité du fil.

Ces expériences sont autant de preuves de la vérité de

la théorie des atomes tourbillons. En effet, à l'instant où l'on met le fil en contact avec le pôle + de la pile, l'éther devra se précipiter violemment dans ses atomes tourbillons qui sont à l'état naturel, et, partant, le courant sera très-intense ; mais à mesure que la différence de densité éthérée entre les atomes tourbillons du fil et ceux de la pile décroît, cette irruption d'éther devra décroître jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur déterminée et constante, dépendant de la tension du pôle électro + de la pile et de la résistance du fil.

A l'extrémité du fil en communication avec le sol le courant est, au contraire, d'abord faible, parce qu'il se consume le long du fil à constituer ses atomes tourbillons dans l'état de densité éthérée qu'ils doivent avoir quand le fil est parcouru par le courant, tandis que l'un de ses bouts est en communication avec le pôle + de la pile et l'autre avec le sol. A mesure que cette consommation cesse, le courant est transmis avec une diminution moindre d'intensité jusqu'à l'extrémité du fil qui communique avec le sol ; c'est pourquoi l'intensité ira ici en croissant, jusqu'à ce que, dès que l'équilibre électrique sera établi dans tous les atomes tourbillons éthérés du fil, elle deviendra pareillement constante à cette extrémité. Mais ici, l'intensité du courant est toujours moindre qu'à l'autre extrémité en communication avec le pôle + de la pile, parce qu'une partie du flux éthéré se perd le long du trajet à cause de l'isolement du fil, ainsi que lesdits observateurs durent le déduire de leurs expériences.

Ce que nous venons de dire nous permet de comprendre le *mécanisme du phénomène de l'extracourant*. A l'instant où un circuit parcouru par un courant s'interrompt, on voit partir une étincelle entre les deux extrémités du conducteur qui sont séparées, et en prenant à la main les extrémités du fil qui se séparent, on sent

une secousse. Ces effets sont faibles et presque insensibles si le fil est court, quand même le courant serait fort; mais il augmente rapidement avec la longueur du fil, et surtout avec sa disposition en spirale.

Ce phénomène, découvert presque en même temps par plusieurs physiciens, est dû à un courant qui se développe dans un circuit au moment de sa rupture, et que Faraday appelle *extracourant*. Cet observateur attribuait l'extracourant à l'induction du courant sur lui-même. Mais cette raison n'est point admissible dans le cas d'un fil tendu. Je crois, quant à moi, que la cause première de l'extracourant, n'est autre que la charge électrique existant dans le fil, et qu'il est dû à la décharge du fil, quand il est interrompu.

En effet, on conçoit fort bien qu'à l'instant où cesse la cause (la force électromotrice, c'est-à-dire l'excès et le défaut de densité éthérée des atomes tourbillons polaires) qui maintenait les atomes tourbillons du fil parcouru par le courant dans l'état électrique, ces atomes tourbillons rentrent dans leur état naturel, en déchargeant sur les atomes tourbillons voisins l'excès d'éther, ou en recevant de ceux-ci l'éther qui leur manque pour rentrer dans cet état.

Si le fil parcouru par le courant est tourné en spirale, l'effet se complique alors par l'induction que la cessation du courant dans chaque spire exerce sur les spires voisines.

Ce phénomène de l'extracourant est une preuve palpable que, quand le courant s'établit dans un conducteur, il se fait une nouvelle distribution d'éther dans ses atomes tourbillons. Elle est évidemment due au retour de ces atomes tourbillons à leur état naturel quand le courant cesse, et nous explique la curieuse expérience du Latimer Clarke, que, si le circuit télégraphique vient à s'ouvrir avant que l'état électrique soit arrivé au bout du fil, le

courant rebrousse chemin, de manière qu'une dépêche télégraphique peut, au moins en partie, être rappelée.

LXXV. — Mécanisme électrique des câbles sous-marins.

L'état variable de la tension se prolonge lorsque le conducteur est plongé dans l'eau ou dans le sol, ou bien quand il est entouré d'enveloppes, ainsi qu'il advient dans les conducteurs sous-marins; car alors l'induction a lieu comme dans les condensateurs, et l'état électrique contraire qui s'engendre dans les enveloppes est cause qu'il se rassemble dans les atomes tourbillons du conducteur une quantité d'éther plus grande qu'il ne s'en rassemblerait si ledit conducteur était libre.

Les recherches nombreuses qui ont été faites en Angleterre sur la condensation électrique développée dans les conducteurs sous-marins, ont éclairé complètement la question de la transmission électrique à travers les corps isolants.

Sous l'influence de la condensation, les molécules du corps isolant placé entre les plateaux métalliques se trouvent polarisées à l'instar des molécules liquides dans l'électrolytation, de sorte qu'elles contribuent toutes individuellement et séparément à conduire la décharge d'une surface à l'autre de la lame isolante. C'est à ce phénomène, par lequel chaque molécule absorbe une partie de la décharge, absorption qui varie avec la capacité électrostatique du corps isolant, que les Anglais ont donné le nom d'*électrification*.

Tous les phénomènes des conducteurs sous-marins deviennent intelligibles dans cette théorie des atomes tourbillons, ou d'une capacité éthérée variable, qui doivent acquérir de l'éther pour se constituer en tension et perdre de l'éther quand ils rentrent dans leur état naturel. Gaugain dit que, quand le circuit du câble, après

avoir été fermé, vient à s'ouvrir; le caoutchouc, qui s'est imbibé d'électricité, doit rendre cette électricité, et par conséquent le récepteur doit continuer à recevoir un courant après que le bureau de départ a cessé de l'envoyer.

L'entrée et la sortie d'un fluide, c'est-à-dire de l'éther dans les atomes de la matière pondérable, fournissent l'explication de ces phénomènes.

LXXVI. — Mécanisme de la tendance de l'électricité à se propager par toute la masse des conducteurs, et des courants dérivés.

La tendance de l'électricité à se propager par toute la masse des conducteurs <sup>1</sup>, est une conséquence évidente de la constitution de la matière en atomes tourbillons, dont les excès ou défauts de densité éthérée doivent nécessairement se propager de l'un à l'autre, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli.

De cette tendance de l'électricité à se propager par toute la masse des conducteurs naissent les *courants dérivés*.

LXXVII. — Mécanisme de la vitesse différente de propagation de l'électricité dans les différentes substances.

Par ce que nous avons dit on comprend clairement que la vitesse de propagation de l'électricité doit être différente dans les différentes substances, selon que les excès ou défauts de densité des atomes tourbillons passent plus ou moins facilement de l'un à l'autre.

Il est clair en même temps que la vitesse de la propagation de l'électricité doit être distincte de celle de la lumière, c'est-à-dire du mouvement vibratoire de l'éther libre; que l'électricité ne doit pas se propager là où il

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE, *Traité de l'électricité*, t. II, p. 9.

n'y a pas d'atomes tourbillons étherés, c'est-à-dire dans le vide, ainsi qu'il résulte des expériences de Morgan, de Davy, et de celles plus récentes de Gassiot ; et enfin que la propagation électrique ne doit être susceptible ni de réflexion, ni de réfraction, ainsi qu'il est prouvé par les expériences de Wartmann.

LXXVIII. — Mécanisme du rapport entre la conductibilité électrique et l'agrégation moléculaire.

De Haldat a trouvé : 1° que les modifications de l'état moléculaire des corps qui diminuent l'agrégation, exercent d'elles seules une influence sur l'intensité des courants ; 2° que la modification de l'intensité des courants produite par la diminution de l'agrégation dépend de la diminution de contact entre les molécules intégrantes ; 3° que les courants électriques sont animés d'une force motrice, dont la puissance paraît sensiblement altérée par le défaut de contact des particules intégrantes des conducteurs qui la transmettent.

Ces résultats sont autant de preuves de la vérité de la théorie des atomes tourbillons, laquelle permet d'en concevoir le mécanisme.

LXXIX. — Mécanisme de la force vive du courant électrique.

Si l'on plonge, ainsi que le fit Quincke <sup>1</sup>, un fil de platine dans chacune des deux branches d'un tube capillaire en U, rempli d'eau distillée, à l'instant où l'on fait communiquer les deux fils avec les deux armatures d'une bouteille de Leyde, on aperçoit facilement à l'aide d'un grossissement de dix fois que le niveau du liquide s'élève dans la branche négative et s'abaisse dans la branche positive. Peyré a également vu une colonne

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LXII, p. 381.

liquide contenue dans un tube capillaire, traversée par une décharge électrique, s'avancer vers l'extrémité négative, c'est-à-dire vers l'extrémité dans le sens de laquelle est dirigé le flux électrique <sup>1</sup>.

Le transport des liquides au moyen des courants a été observé la première fois par Parret. Ayant partagé un vase de verre en deux compartiments au moyen d'une membrane de vessie, ce physicien versa de l'eau dans chacun d'eux, et ensuite il plongea dans le liquide, d'un côté le pôle +, et de l'autre le pôle — d'une pile; alors il vit baisser le liquide dans lequel plongeait le réophore +, et par contre s'élever le liquide où plongeait le réophore —<sup>2</sup>.

On obtient le même résultat avec d'autres liquides, et le transport s'opère constamment à travers le diaphragme dans le sens du courant, c'est-à-dire du pôle + au pôle —; mais il faut que le liquide oppose une certaine résistance au passage du courant. En effet, De La Rive a constaté qu'il n'y a pas de transport sensible avec l'acide sulfurique dilué, qui est un bon conducteur.

Enfin le même fait a été pareillement démontré par une expérience de M. Louis Daniel <sup>3</sup>. On remplit d'eau faiblement acidulée un tube de verre plus ou moins long, du diamètre de 10 à 15 millimètres, recourbé à angle droit à ses deux extrémités; on introduit dans la colonne liquide contenue dans le tube une globule de mercure de 2 à 3 centimètres de longueur, et ensuite on met le liquide dans deux branches verticales du tube en communication avec les pôles d'une pile plus ou moins puissante. Quatre éléments de Bunsen suffisent si l'on emploie un tube d'une longueur de 0 m. 40 à 0 m. 50.

<sup>1</sup> DAGEUX. *Physique*, t. III, p. 184.

<sup>2</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LXII, p. 381.

<sup>3</sup> *Les Mondes*, 28 mars 1867, p. 523.

Quand le courant passe, le globule s'allonge, se met en mouvement, et va du pôle + au pôle —. En changeant le sens du courant le globule se meut en sens contraire, c'est-à-dire toujours du pôle + au pôle —. Il faut remarquer de plus que le globule de mercure n'a pas le même aspect à ses deux extrémités; il est terne vers le pôle +, c'est-à-dire à l'extrémité par laquelle entre le courant, et luisant vers le pôle —, c'est-à-dire à l'extrémité par laquelle le courant sort.

Ces expériences démontrent incontestablement que les particules d'un corps traversé par un courant reçoivent une impulsion mécanique dans la direction du courant, c'est-à-dire du pôle + au pôle —, et, par conséquent, que le courant a vraiment une force vive dans cette direction, ainsi qu'on le comprend clairement dans la théorie des atomes tourbillons. En effet, Wiedemann, qui a cherché les lois de ces transports de liquides opérés par les courants, a trouvé qu'ils sont proportionnels aux intensités des courants et à la résistance des liquides <sup>1</sup>.

Je ferai encore observer que le transport du mercure est plus facile avec les courants à haute tension, c'est-à-dire avec les décharges électriques, qu'avec les courants voltaïques, évidemment parce qu'à mesure que croît la tension, la force vive des particules éthérées qui font irruption d'un atome tourbillon à l'autre s'accroît avec elle.

### § 5. — Effets des décharges électriques.

LXXX. — Mécanisme de la lumière et de la chaleur, et des autres effets des décharges électriques.

Le passage de l'éther d'un atome tourbillon à l'autre doit évidemment agiter leur masse éthérée, et y pro-

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XXXVII, p. 242.

duire un mouvement vibratoire plus ou moins intense, selon la quantité plus ou moins grande d'éther qui fait irruption dans chaque atome tourbillon et la vitesse des particules éthérées envahissantes. Voilà l'origine de la chaleur et de la lumière de la décharge électrique.

La fusion et la volatilisation sont une conséquence mécanique de la chaleur.

Les effets mécaniques des décharges, c'est-à-dire les déchirures et les transports, doivent être attribués moins à la force expansive produite par l'évaporation des liquides qu'aux attractions et répulsions électriques qui doivent accompagner le développement des fortes tensions produites par les décharges.

LXXXI. — Mécanisme de la proportionnalité entre la force vive des décharges électriques et leurs effets.

La grandeur de ces effets doit évidemment être proportionnelle à la force vive de la décharge ou du courant électrique, et par conséquent au carré de l'intensité de ladite décharge, c'est-à-dire de la quantité d'éther qui passe dans l'unité de temps d'un atome tourbillon à l'autre, ainsi que le prouvent les expériences de Riess et de Joule.

De plus, les effets des décharges seront également proportionnels à la résistance des conducteurs ; car, plus grande est cette résistance, plus forte sera dans les atomes tourbillons la condensation de l'éther qui précède la décharge, et, par conséquent, l'agitation que la décharge produira dans la masse éthérée desdits atomes tourbillons.

Les expériences de Riess<sup>†</sup> prouvent que, pour produire la décharge lumineuse à travers un milieu, il faut

<sup>†</sup> *Archives des sciences physiques*, 1859, t. IV, p. 166.

une densité de l'électricité d'autant plus grande que la résistance du milieu est moindre. Cela dépend de ce que l'éther, avant de passer d'un atome tourbillon à l'autre, doit avoir acquis une densité suffisante pour vaincre la résistance qui s'oppose à son passage : dans les corps conducteurs, une telle résistance étant petite, la densité du courant doit être grande pour que l'irruption soit violente, et par conséquent lumineuse ; au contraire, chez les mauvais conducteurs, l'éther ne pouvant faire irruption d'un atome tourbillon à l'autre avant d'avoir acquis une densité considérable, l'irruption est toujours violente, lors même que la densité du courant est petite.

Comme la différence de densité éthérée dans les atomes tourbillons voisins, c'est-à-dire la chute électrique que produit la décharge d'un atome tourbillon à l'autre, diminue dans un fil à mesure que sa longueur augmente, par conséquent le réchauffement du fil diminuera également en raison de sa longueur.

Dès que la quantité d'électricité qui passe d'un atome tourbillon à l'autre augmente, l'effet calorique et lumineux s'accroît à son tour. En effet, si l'on fait passer le courant d'induction par un tube de Geissler, qui ait des étranglements et des renflements, on voit que la lumière est beaucoup plus vive dans les premiers que dans les seconds : évidemment parce que, dans le premier cas, le flux éthéré devant se répartir sur un nombre moindre d'atomes tourbillons, la quantité d'éther qui passera par chaque atome tourbillon sera plus grande, et plus grand, par conséquent, sera l'effet calorique et lumineux. Pour la même raison, un fil métallique mince s'échauffe plus qu'un gros.

LXXXII. — Mécanisme de l'arc voltaïque.

L'arc voltaïque résulte des atomes tourbillons incandescents et volatilisés par le courant transporté du pôle + au pôle —, et de l'incandescence des gaz dans lesquels a lieu la décharge. Silliman, ayant protégé ses yeux avec des verres en couleur, vit distinctement la matière volatilisée qui passait du pôle + au pôle —, et se rassemblait là à l'instar de la poussière poussée par le vent; de plus il remarqua au pôle + une espèce de tremblotement produit comme par le dégorgeement d'un courant de fluide dirigé vers le pôle opposé. De la Rive confirma ces résultats <sup>1</sup>, et Matteucci a pu également observer ce transport à l'aide d'un microscope.

Au reste, l'analyse spectrale de l'arc voltaïque, et, en général, des différentes apparitions lumineuses des décharges électriques, démontre qu'elles sont dues à l'incandescence des gaz dans lesquels a lieu la décharge, et des particules qui sont détachées des électrodes.

Le transport de particules du pôle — au pôle +, constaté par Van Breda<sup>2</sup> est un effet de l'attraction que le pôle + exerce sur la matière volatilisée du pôle —.

La forme ovale de l'arc est due à la répulsion exercée entre les particules volatilisées, particules qui dans l'état électro + sont transportées du pôle + au pôle —.

LXXXIII. — Mécanisme de l'éclair, de l'aigrette  
et de l'étincelle.

Les différentes apparitions lumineuses des décharges électriques, c'est-à-dire l'éclair, l'aigrette et l'étincelle, ont au fond la même origine que l'arc voltaïque, c'est-à-dire qu'elles sont dues au mouvement vibratoire des atc-

<sup>1</sup> *Traité de l'électricité*, t. II, p. 226.

<sup>2</sup> DARCIN, *Physique*, t. III, p. 432.

mes tourbillons parmi lesquels a lieu la décharge. Par conséquent elles varient de forme et de couleur, avec la nature du milieu et des corps entre lesquels ces apparitions ont lieu, et surtout avec la quantité d'électricité mise en circulation dans un temps donné, car il suffit d'augmenter dans l'unité de temps la quantité d'électricité circulante pour transformer la décharge obscure en éclair, l'éclair en aigrette, l'aigrette en étincelle.

Riess conclut de ses expériences <sup>1</sup> que toute étincelle électrique est composée de deux cônes lumineux avec les bouts tournés l'un contre l'autre : l'un, plus court, à l'électrode négatif ; l'autre, plus long, à l'électrode positif ; que dans l'étincelle faible, les deux bouts sont éloignés ; que dans la forte, chacun des cônes se met sur l'axe de l'autre. Riess trouve là un argument en faveur de l'existence de deux électricités essentiellement distinctes, qui dans la décharge se meuvent en direction opposée. Mais l'argument n'est pas admissible, parce qu'une tension électrique négative, dans la théorie des excès et défauts d'éther des molécules que j'expose, doit se propager au moyen des décharges électriques, qui ont lieu en partant des molécules voisines dans l'état naturel vers les molécules dans l'état électro —, comme une tension électro + doit se propager au moyen de décharges électriques allant des molécules en excès d'éther vers celles qui se trouvent dans leur état neutre. Il est fort naturel, dans la théorie que je propose, que toute étincelle soit composée de deux cônes lumineux avec les bouts tournés l'un contre l'autre, le plus court à l'électrode négatif, où la propagation a lieu en allant des molécules dans leur état naturel vers les molécules dans l'état électro —, et le plus long à l'électrode positif, où la propagation

<sup>1</sup> POGGENDORFF. *Annalen*, 1869, n° 7.

a lieu en allant des molécules qui ont la tension électro-  
+ aux molécules voisines dans leur état naturel.

LXXXIV. — Mécanisme du mouvement oscillatoire  
des décharges électriques.

Un des caractères essentiels des décharges électriques, c'est leur mouvement oscillatoire, que l'on remarque fort bien dans celles qui ont lieu dans l'atmosphère à l'occasion des orages.

« Il paraîtrait, dit Faraday à ce propos <sup>1</sup>, qu'au moment où la décharge a lieu par étincelle sur une ligne de force inductive, non-seulement toutes les autres lignes jettent leurs forces dans cette ligne unique, mais que l'effet latéral équivalent à une répulsion de ces lignes cesse, et soit suivi d'une action contraire équivalente à une attraction de ces mêmes lignes. »

Le mouvement oscillatoire des décharges électriques nous enseigne que tous les atomes de la matière pondérable exercent une pression les uns sur les autres, et sur l'éther libre qui les entoure, à peu près comme autant de ressorts en spirale qui se pressent réciproquement non pas immédiatement par contact, mais médiatement au moyen d'un corps incompressible placé entre eux, c'est-à-dire l'éther. Si une diminution soudaine de pression atteint quelqu'une de ces spirales, les autres se détendent vers celles dont la tension diminue. Tel est le mécanisme des oscillations des décharges électriques.

L'oscillation électrique est une conséquence du principe de la *conservation des forces vives*, ainsi que l'a démontré Helmholtz.

Les ramifications des décharges électriques sont un effet de décharges latérales qui accompagnent la dé-

<sup>1</sup> *Experimental Researches*, n° 1411.

charge principale de la manière dont nous venons de dire.

Les oscillations doivent évidemment être d'autant plus sensibles que la charge électrique et la résistance qui s'oppose à la décharge sont plus grandes.

LXXXV. — Mécanisme de la propagation de l'électricité dans les gaz raréfiés. — Œuf électrique. — Tubes de Geissler.

Nous avons vu que, chez les mauvais conducteurs, l'électricité se propage au moyen de décharges électriques entre les couches alternativement positives et négatives, qui se produisent par induction, en conséquence de la difficulté que l'état électrique rencontre à sa propagation; c'est surtout dans les gaz raréfiés que de tels phénomènes se rendent manifestes. L'électrode, agit par induction sur les particules gazeuses en contact avec lui, et produit une première couche électro —, suivie d'une autre couche électro +, laquelle, à son tour, engendre par induction une seconde couche électro —, avec sa couche compagne électro +, et ainsi de suite, jusqu'à une certaine distance de l'électrode négatif, où la stratification cesse par le contact du gaz avec l'électrode sur lequel il décharge son électricité. Cela posé, quand la charge ou tension électrique des différentes couches atteint une certaine limite, la décharge a lieu entre les couches positives et négatives. Les gracieuses stries, alternativement lumineuses et obscures, que le flux électrique produit dans l'œuf électrique, ainsi que dans les tubes de Geissler, contenant certaines vapeurs, sont précisément dues à cette propagation de l'électricité au moyen de décharges électriques entre les couches à tension électro + et les couches à tension électro —, qui sans cesse se détruisent et se reproduisent. Ces tensions positives et négatives passent successivement d'une

couche à la couche suivante, et cela est cause que les stries lumineuses et obscures changent continuellement de place, et que, par conséquent, elles semblent s'avancer par une illusion optique semblable à celle qui a lieu dans l'instrument qu'on nomme stroboscope.

Ce phénomène de la stratification de la décharge lumineuse dans les gaz raréfiés a, comme on le voit, la même origine que les stries observées par Riess et par d'autres dans les liquides et dans les solides.

« La stratification de la lumière électrique dans les gaz, « dit Riess <sup>1</sup>, se déduit directement de la constitution des « décharges lumineuses dans les solides et dans les « liquides; elle doit être considérée comme provenant « de la même manière de propagation qui produit dans « un fil métallique l'incandescence, les influences anguleuses et la rupture en une quantité de petits morceaux : « les sommités des angles, des inflexions, correspondent « aux parties lumineuses de la colonne gazeuse, et les « côtés des angles aux parties obscures. »

Quet et Seguin attribuent, eux aussi, la stratification de la décharge électrique lumineuse dans les gaz raréfiés à la formation des couches alternativement positives et négatives.

Les stratifications sont convexes vers l'électrode —, ce qui démontre clairement que la colonne gazeuse est sous l'action d'impulsions mécaniques dirigées du pôle + au pôle —.

Évidemment, à chaque décharge doit avoir lieu un mouvement mécanique des particules gazeuses; et c'est de là que prennent leur origine les oscillations que présente à l'œil la colonne gazeuse stratifiée, ainsi que celles d'une colonne manométrique de mercure sou-

<sup>1</sup> *Archives des sciences physiques*, 1859, t. IV, p. 170.

mises à la pression de ladite décharge<sup>1</sup>. Ces oscillations commencent à être sensibles quand le flux électrique commence à traverser la colonne gazeuse : ce qui prouve qu'elles sont vraiment dues aux décharges qui ont lieu de couche à couche dans la propagation du flux électrique.

Les oscillations sont plus considérables dans l'azote que dans l'hydrogène, qui est un meilleur conducteur : ce qui démontre que le phénomène des charges électriques contraires, dans les différentes couches d'un corps non conducteur, est d'autant plus sensible que sa conductibilité est moindre.

LXXXVI. — Mécanisme de la phosphorescence  
et de la fluorescence.

Les phénomènes de la phosphorescence et de la fluorescence rentrent, eux aussi, dans la classe des phénomènes lumineux produits par les passages de l'éther d'un atome tourbillon à l'autre. Ils se manifestent seulement chez les mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité, parce que ceux-ci seulement peuvent être constitués dans un état électrique sur une seule partie de leur masse; d'où dérive ensuite, par la lenteur du passage d'éther d'un atome tourbillon à l'autre, la faible vibration lumineuse. Cela a lieu dans le phosphore et dans les substances organiques en putréfaction, qui sont altérées par le contact de l'air, dans les corps qui sont de mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité, tels que les pierres précieuses, le diamant, la craie, les écailles d'huîtres, les sulfates de potasse et de quinine, les sulfures alcalins, certains minéraux et sels, le papier, la farine, et en général les substances organiques bien

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE. *Annales de chimie et de physique*, 4<sup>e</sup> série, t. VIII, p. 449.

sèches, quand on les met en contact avec une surface chaude, ou bien quand elles sont exposées aux rayons solaires, ou à l'action mécanique du frottement, de la fracture, de la trituration.

De la même manière, les décharges électriques rendent phosphorescentes une foule de substances non conductrices, parce qu'elles excitent l'état électrique dans une partie de leur masse. Les phénomènes lumineux des tubes de Geissler sont de vrais phénomènes de phosphorescence.

Chez les bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité, on ne remarque point de phénomènes de phosphorescence, parce que dans leur masse il ne peut exister nulle différence d'état électrique. En effet, l'azotate calcique, les sulfates de sodium et de potassium, les chlorures de calcium, de sodium, qui, dissous, ne sont point phosphorescents, deviennent tels quand ils sont séchés par un courant d'air chaud. La présence de l'eau de cristallisation empêche de même la phosphorescence dans les sels <sup>1</sup>.

Becquerel a remarqué qu'une substance phosphorescente n'a la faculté d'émettre, dans l'obscurité, qu'une quantité de lumière correspondant à une quantité d'effet produite par le rayonnement lumineux auquel la substance a été exposée <sup>2</sup>. Cette quantité de lumière correspond évidemment à une quantité d'altération de la densité éthérée, c'est-à-dire à une rupture d'équilibre électrique des atomes tourbillons superficiels; mais dès que la rupture d'équilibre cesse, moyennant les décharges électriques d'atome tourbillon à atome tourbillon, le phénomène lumineux cesse pareillement.

<sup>1</sup> V. DAGUIN, *Physique*, t. IV, p. 251.

<sup>2</sup> *Comptes rendus*, 1857, t. XLV, p. 818.

LXXXVII — Mécanisme de la lumière et de la chaleur  
des combinaisons chimiques.

Lorsque les atomes tourbillons de l'oxygène arrivent, dans des conditions opportunes de température, à toucher ceux de l'hydrogène, dont la vitesse de rotation est différente, les uns sont accélérés, les autres retardés ; les premiers deviennent électro-positifs, et les autres électro-négatifs.

Il y aura donc irruption d'éther de ceux-ci dans ceux-là, d'où naîtra le mouvement vibratoire calorifique et lumineux. De là proviennent la chaleur et la lumière qui naissent des combinaisons chimiques, et s'identifient ainsi avec celles qui sont engendrées par le courant électrique.

En effet, il résulte des expériences de Joule <sup>1</sup>, que la chaleur développée dans les combinaisons chimiques tire son origine de la résistance à la conductibilité, c'est-à-dire à la décharge électrique. « Je pense donc, *dit-il* « dans un mémoire sur l'origine des combinaisons chimiques <sup>2</sup>, que la chaleur de la combustion (du moins « quand elle se termine par la formation d'un électro-  
« lythe) est causée par la résistance au passage de l'élec-  
« tricité entre l'oxygène et le corps combustible au mo-  
« ment de leur combinaison. »

Berzelius pensait précisément que la chaleur et la lumière de la combustion sont dues à des décharges électriques entre le combustible et l'oxygène dans l'acte de leur combinaison.

De plus, il résulte des recherches de de la Rive sur la

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XVI, p. 474.

<sup>2</sup> DE LA RIVE, *Archives de l'électricité*, t. II, p. 99.

conductibilité électrique des vapeurs métalliques <sup>1</sup>, que la couleur de la vapeur métallique parcourue par le courant électrique est celle même que présente le métal quand il est en combustion. Ce fait vient évidemment à l'appui de mon hypothèse, que la chaleur et la lumière des combinaisons chimiques soit un effet de l'irruption d'éther allant des atomes tourbillons qui sont en excès à ceux qui sont en défaut de densité éthérée, ainsi qu'il arrive dans le cas du fluide électrique qui traverse une vapeur métallique, puisque l'identité des effets lumineux dans les deux cas permet évidemment de conjecturer que la cause qui les produit est identique.

Le simple choc des atomes tourbillons éthérés des corps gazeux me paraît insuffisant pour expliquer la lumière et la chaleur des combinaisons chimiques, ainsi que l'admettent Tyndall et, en général, tous les sectateurs de la théorie mécanique de la chaleur; car dans l'air, par exemple, les atomes tourbillons de l'oxygène heurtent ceux de l'azote sans développer ni chaleur ni lumière. Par conséquent, je crois que la lumière et la chaleur des combinaisons chimiques sont dues aux décharges électriques qui ont lieu entre les atomes tourbillons des corps qui se combinent.

Marié-Davy a prouvé que les forces électromotrices sont en raison de la chaleur développée par la combinaison des substances <sup>2</sup>. Or, la chaleur développée dans la combinaison dépendrait, selon ma théorie, de l'intensité de la décharge électrique qui a lieu entre les atomes tourbillons qui s'associent en équilibre dynamique pour former une nouvelle molécule, et cette intensité doit évidemment être proportionnelle à la différence de den-

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 4<sup>e</sup> série, t. VIII, p. 445.

<sup>2</sup> MARIÉ DAVY, *Recherches théoriques et expérimentales sur l'électricité*, Paris, 1861.

sité éthérée des atomes tourbillons, c'est-à-dire à la force électromotrice. C'est pourquoi le résultat de Marié Davy est une preuve en faveur de la vérité de ma théorie touchant l'origine de la chaleur des combinaisons chimiques.

De plus, si les forces électromotrices, ainsi que l'a trouvé Marié Davy, sont proportionnelles à la chaleur développée par la combinaison des substances, comme les quantités de chaleur des combinaisons sont proportionnelles aux affinités des substances qui se combinent, il s'ensuit que les forces électromotrices sont également proportionnelles aux affinités chimiques.

Donc, les affinités chimiques sont proportionnelles aux forces électromotrices, c'est-à-dire à la différence de densité éthérée des atomes tourbillons qui se combinent : résultat très-important qui nous révèle l'origine des affinités chimiques.

### § 6. — Phénomènes électromagnétiques.

#### LXXXVIII. — Mécanisme de la magnétisation.

Si on dispose une barre de fer doux ou d'acier dans l'intérieur d'un solénoïde, chaque fois qu'on donne accès au courant dans le fil de l'appareil, ou qu'on interrompt le courant, on entend un bruit sec, analogue à celui que fait la pluie lorsqu'elle tombe sur un toit de métal. Mais quand les interruptions du courant se succèdent avec une rapidité convenable, outre le bruit sec correspondant au passage et à l'interruption du courant, on entend alors un son musical égal à celui que donnerait la masse de fer par l'effet de son mouvement vibratoire transversal <sup>1</sup>. Une masse de fer cylindrique, de 10 centimètres de diamètre et du poids de 10 kilogram-

<sup>1</sup> DE LA RIVE, *Traité de l'électricité*, t. I, p. 300.

mes, disposée dans l'intérieur d'une grosse hélice parcourue par un courant non continu, donne ainsi un son musical très-clair et soutenu. Des barres de fer, ayant un diamètre d'un à plusieurs centimètres, fixées par leurs deux bouts, donnent, dans les mêmes conditions, des sons très-prononcés et distincts. Mais les sons les plus purs, selon M. de la Rive<sup>1</sup>, sont ceux que l'on obtient en tendant sur une table d'harmonie des fils de fer d'un à deux millimètres de diamètre, bien recuits, longs d'un à deux mètres, et disposés dans l'axe d'une ou plusieurs bobines dont les fils sont parcourus par des courants électriques intermittents. Ces fils donnent des sons d'un effet surprenant et qui ressemblent fort, dans leur ensemble, à celui de plusieurs cloches d'église vibrant harmoniquement de loin.

Pour expliquer ce son, il faut admettre que le courant, quand il passe dans le solénoïde, donne aux atomes tourbillons du fer, qu'il magnétise, une disposition différente de celle qu'ils ont dans leur état naturel, et qu'ils reprennent dès que le courant vient à cesser. Une expérience de de la Rive fait connaître la nature des déplacements que doivent éprouver les atomes tourbillons des corps magnétiques introduits dans les hélices parcourues par les courants électriques. Dans une bobine électromagnétique verticale on introduit un disque de bois ou de carton, suspendu à un fil par son centre, et sur lequel il y a de la limaille ou de petits morceaux de fil de fer. Dès qu'on a fait passer le courant par le fil de la bobine, les petits morceaux de fil de fer se dressent verticalement, et la limaille de fer se dispose en petites pyramides allongées dont les axes sont parallèles à l'axe de la bobine, et qui se détruisent et se reconstruisent rapidement, lorsque le courant est intermittent.

<sup>1</sup> *Traité de l'électricité*, t. I, p. 301.

L'action du courant électrique qui parcourt la spirale de la bobine consiste donc à disposer les particules du fer en filets, parallèles à l'axe.

Il y a pareillement une expérience de Grove qui démontre le même fait d'une manière élégante. Un tube de verre fermé à ses deux bouts par deux lames de verre est rempli d'eau contenant en suspension, une poussière très-fine d'oxyde magnétique de fer, précipité chimiquement. Cette poussière éparse irrégulièrement dans la masse d'eau, empêche la lumière de traverser longitudinalement le tube; mais, par contre, quand on met le tube dans une bobine parcourue par un courant, la lumière traverse alors en grande abondance la longueur du tube; ce qui prouve que les particules de l'oxyde sont disposées par le courant dans la direction de la longueur, de manière que la lumière n'est plus complètement interceptée, mais peut passer en grande partie entre les files des particules.

« Cette disposition, dit de la Rive <sup>1</sup>, des particules du  
« fer et des corps magnétiques, à se rapprocher dans la  
« direction transversale et à s'étendre dans la direction  
« longitudinale, sous l'influence d'une magnétisation ex-  
« térieure, qui tient probablement à la forme des molé-  
« cules élémentaires et à la manière dont elles sont po-  
« larisées, est maintenant établie d'une manière irréfra-  
« gable par des preuves directes et purement mécani-  
« ques. »

De plus, Joule a remarqué qu'une barre de fer s'allonge, quand elle est magnétisée par un courant. L'allongement est d'autant plus prononcé que le fer est plus doux, et paraît indépendant de l'épaisseur de la barre. Pour un même barre il semble proportionnel au carré du magnétisme développé, et quand l'action ma-

<sup>1</sup> *Traité de l'électricité*, t. I, p. 309.

gnétisante vient à cesser, la barre semble se raccourcir moins qu'elle ne s'était allongée, certainement en vertu du magnétisme restant. Mais ce qu'il y a d'important c'est que, tandis qu'une barre de fer s'allonge, en devenant magnétique, elle diminue aussi de diamètre, de manière que le volume total ne change point, ce qui a été reconnu par Joule en plaçant une barre de fer dans un tube de verre surmonté par un tube capillaire, le tout rempli de liquide. Il a observé de la sorte que le niveau du tube ne variait pas en faisant passer un courant magnétisant dans une hélice qui enveloppait le tube. Wertheim a confirmé ce résultat, qui s'accorde avec celui de Gay-Lussac, d'après lequel un tube d'acier terminé par un tube capillaire présente le même volume avant et après la magnétisation.

Tout cela m'induit à conjecturer que « la magnétisation consiste dans l'orientation des axes de rotation des atomes tourbillons des corps magnétiques dans la direction parallèle à l'axe de la spirale magnétisante ; de sorte qu'un aimant serait un corps dont les atomes tourbillons ont une orientation commune telle, que leurs axes sont parallèles à l'axe de l'aimant, et que leurs rotations se font dans le sens des courants moléculaires d'Ampère. »

Ces fameux courants moléculaires se réduiraient donc à des atomes tourbillons.

Le caractère des métaux magnétiques consisterait donc en ce que leurs atomes tourbillons sont susceptibles d'une orientation très-prononcée. Je dis *très-prononcée*, parce que le magnétisme est une propriété générale des corps, laquelle, ainsi qu'il en est de toutes les propriétés de la matière, est plus saillante chez quelques-uns d'entre eux.

Une telle hypothèse rend compte de tous les phénomènes du magnétisme aussi bien que celle d'Ampère,

sans avoir les difficultés que cette dernière nous présente. De plus, elle rend une raison claire d'une foule d'autres phénomènes qui deviennent autant de preuves concluantes de sa vérité.

D'abord elle nous fournit l'explication des sons que rend une barre ou un fil de fer dans l'intérieur d'une bobine dont le fil est parcouru par un courant intermittent. En effet, quand le courant passe, les atomes tourbillonnés de la barre seront disposés en direction axiale, c'est-à-dire avec les axes parallèles avec l'axe de la bobine; et quand le courant cesse, ils rentreront dans leurs positions naturelles sans orientation déterminée; par conséquent il naîtra des vibrations isochrones avec les intermittences du courant.

Si la magnétisation du fer consiste dans l'orientation des axes de rotation des atomes tourbillonnés dans la direction de l'axe de l'aimant, on comprend que ni l'échauffement, ni la percussion, ni la torsion, ni un choc violent, ni aucune action mécanique ne peuvent déterminer la magnétisation; et qu'au contraire ces différentes actions, incapables de créer l'état magnétique, sont toutes plus ou moins aptes à le détruire, c'est-à-dire à détruire l'orientation magnétique des axes des atomes tourbillonnés, ce qui résulte des expériences de Marianini.

La torsion diminue le magnétisme des barres magnétisées, évidemment parce qu'elle altère le parallélisme des axes de rotation des atomes tourbillonnés à l'axe des barres. Pour une raison inverse, la magnétisation d'un fil de fer ou d'acier détruit une partie de la torsion permanente du fil <sup>1</sup>.

Betz conclut, dans un mémoire sur *l'apparition et la disparition du magnétisme dans les électro-aimants* <sup>2</sup>, que

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LIII, p. 38, 383.

<sup>2</sup> *Archives des sciences physiques*, 1859, t. V, p. 357.

la propagation de la polarisation des molécules, à laquelle il attribue le magnétisme, exige réellement du temps, et par conséquent que l'inertie hypothétique du fer pour acquérir ou perdre le magnétisme ne peut être niée. Or, cette inertie qui s'oppose à la magnétisation et à la démagnétisation du fer, est évidemment l'inertie des atomes tourbillons, qui doivent être orientés dans le premier cas, et désorientés dans le second.

De cette disposition que la magnétisation tend à donner aux atomes tourbillons des corps magnétiques, il résulte une distension mécanique de la masse qui est magnétisée, laquelle nous explique comment une barre de fer doux, fixée par l'une de ses extrémités et libre à l'autre, qui, au lieu de rester horizontale, se courbe par son poids ou par celui d'un poids additionnel, se redresse au contraire immédiatement, quand elle est magnétisée par un courant qui parcourt les spires d'un fil enroulé en hélice autour de la barre, ainsi que l'a trouvé Guillemin <sup>1</sup>. Un résultat semblable a été obtenu par Wertheim, qui a observé de plus que le redressement n'est point proportionnel à l'abaissement primitif produit par le poids; d'où il tire la conséquence qu'il n'est nullement dû à un changement de l'élasticité.

Van Bréda, en faisant passer un courant intermittent autour d'un tube de fer qui formait le récipient d'un thermomètre à air, constate un échauffement du fer par l'effet des magnétisations et démagnétisations successives qu'il avait subies. Grove a pareillement découvert qu'une armature de fer doux, éprouve une élévation de température de plusieurs degrés, quand elle est successivement magnétisée et démagnétisée par un aimant mis en rotation devant elle. Le cobalt et le nickel présentent le même phénomène, mais à un degré inférieur; par

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. 1, p. 303.

contre, les métaux non magnétiques ne s'échauffent point sensiblement. Cet effet est évidemment dû au mouvement des atomes tourbillons qui accompagne la magnétisation et la démagnétisation.

Une expérience importante de Maggi <sup>1</sup>, démontre que le fer magnétisé est meilleur conducteur de la chaleur dans la direction perpendiculaire à la ligne des pôles que dans la direction de cette ligne. Il échauffait une lame circulaire de fer doux parfaitement homogène, et recouvert d'une mince couche de cire, au moyen d'un petit tube qui la traversait dans son centre, et dans lequel circulait de la vapeur d'eau. La cire fondait circulairement autour du tube, quand la lame était dans son état naturel; mais quand elle était appuyée sur les deux pôles d'un fort électro-aimant, la cire fondue s'étendait davantage dans la direction perpendiculaire à la ligne des pôles, ce qui démontre que dans une telle direction la conductibilité calorique était meilleure.

Ce fait est une autre preuve de l'orientation des axes des atomes tourbillons d'un aimant parallèlement à l'axe dudit aimant. En effet, si les atomes tourbillons d'un aimant ont leurs axes parallèles à l'axe de l'aimant, c'est-à-dire à la ligne des pôles, évidemment, dans la direction perpendiculaire à l'axe, les atomes tourbillons seront en contact avec leurs équateurs, et, par contre, dans la direction de l'axe, les atomes tourbillons seront en contact avec leurs pôles. Or, comme la chaleur consiste en un mouvement vibratoire des particules éthérées des atomes tourbillons perpendiculairement à leur axe de rotation, elle doit se communiquer plus facilement de l'un à l'autre dans la direction où ils sont en contact avec leurs équateurs que dans celle où ils se trouvent en contact avec leurs pôles.

<sup>1</sup> *Loc. cit.*, p. 331.

Et dès que la conductibilité électrique et la conductibilité calorique sont sœurs, cette disposition des atomes tourbillons qui favorise la conductibilité calorique, doit également favoriser la conductibilité électrique. Mais nous venons de voir que la conductibilité calorique du fer aimanté est plus grande perpendiculairement à la ligne de magnétisation, c'est-à-dire à la ligne des pôles, que dans la direction de cette ligne; il devra donc en être de même de la conductibilité électrique. Cela résulte précisément des expériences de Thomson, qui a trouvé <sup>1</sup> que la conductibilité du fer est modifiée par la magnétisation. Quand l'action magnétique est perpendiculaire à la direction du courant, la résistance du fer est diminuée, et, par contre, elle est augmentée quand l'action magnétique s'effectue parallèlement au courant. Le nickel jouit des mêmes propriétés à un degré plus élevé. Or, dans le premier cas, le courant doit se propager dans la direction où les atomes tourbillons sont en contact avec leurs équateurs, et cette condition est évidemment favorable au passage de l'éther d'un atome tourbillon à l'autre; c'est pourquoi la résistance à la propagation du courant est diminuée. Le contraire devra avoir lieu dans le second cas, où le courant doit se propager dans la direction où les atomes tourbillons sont en contact avec leurs pôles.

Enfin, Thomson a mécaniquement démontré que le milieu doit être en état de rotation lorsqu'il subit l'action de la force magnétique; c'est-à-dire que les particules qui constituent le milieu, et qui, d'après lui, pourraient être appelées tourbillons moléculaires, tournent chacune sur son axe, car tous les axes ont la direction de la force magnétique.

<sup>1</sup> V. *Archives des sciences physiques*, nouvelle période, t. III, p. 88.

LXXXIX. — Mécanisme de l'action magnétisatrice d'un courant électrique qui parcourt le fil d'un solénoïde.

Il reste maintenant à expliquer comment le courant électrique qui parcourt un solénoïde peut magnétiser le fer doux, c'est-à-dire orienter les axes de ses atomes tourbillons dans la direction parallèle à l'axe du solénoïde, et de manière que leurs rotations se fassent dans le sens des courants moléculaires d'Ampère.

A cette fin, je ferai d'abord observer que l'on tire des sons tout à fait analogues à ceux que l'on obtient des magnétisations et démagnétisations successives du fer doux, en faisant passer le courant électrique non continu directement à travers les fils de fer. On entend également de cette manière des coups secs, correspondant aux interruptions du courant, et lorsque ces interruptions se succèdent avec une rapidité convenable, on perçoit des sons musicaux plus forts, et dans quelques cas, plus sonores que ceux que l'on obtient par la magnétisation et démagnétisation de ces mêmes fils, quoique un peu plus bas ; ce qui dépend certainement de l'échauffement produit par le courant transmis. Avec un fil de fer doux, le son est plus fort que celui que produit la magnétisation, surtout si le fil est fin et le courant suffisamment énergique. Si le fil est rude ou s'il est d'acier, le son produit par le courant transmis est, au contraire, plus faible que celui produit par la magnétisation.

Si le fil de fer doux dans lequel on fait passer un courant intermittent est en même temps parcouru par un courant continu, et si les deux courants vont dans le même sens, le son cesse, ou du moins il est considérablement affaibli, car alors le courant intermittent, trouvant les atomes tourbillons dans la direction qu'il

tend à leur communiquer, ne l'altère nullement, et partant il ne produit pas d'oscillation; si, au contraire, on fait passer les deux courants par un fil de fer cru, ou par un fil d'acier, le courant continu favorise alors la production du son, parce qu'il aide le courant intermittent à vaincre la résistance que les atomes tourbillons opposent à leur déplacement.

Ces sons nous révèlent que, pour transmettre le courant, les atomes tourbillons des corps magnétiques prennent une direction qu'ils abandonnent vivement, dès que le courant cesse, pour rentrer dans leur position primitive. Quant au manque de son dans les métaux non magnétiques, il nous montre ou que le courant y est transmis sans que les atomes tourbillons prennent aucune disposition particulière, ou bien, ce qui est plus rationnel, qu'après s'être disposés comme ils le sont dans les corps magnétiques, les atomes tourbillons n'abandonnent point vivement leur position dès que le courant cesse, ainsi que cela a lieu dans les métaux magnétiques.

Néanmoins de La Rive a obtenu des vibrations et des sons en faisant passer un courant intermittent dans des fils épais des métaux non magnétiques, mais soumis à l'action magnétisante d'un courant dans le fil d'une spirale, ou bien d'un puissant électro-aimant. Ce fait de la plus haute importance nous révèle que les métaux non magnétiques sont, eux aussi, sensibles à l'action du magnétisme, laquelle, en poussant dans ce cas les atomes tourbillons à prendre une position différente de celle qui tend à leur communiquer le courant transmis dans le fil, est certainement la cause de ces vibrations.

Pour transmettre le courant, les atomes tourbillons des corps conducteurs prennent donc une disposition qu'ils n'ont pas lorsqu'ils ne transmettent point le courant.

Les expériences de de La Rive <sup>1</sup> nous font encore connaître quelle est cette disposition que prennent les atomes tourbillons des corps magnétiques et non magnétiques pour transmettre le courant. Il a trouvé que la limaille de fer tend à se disposer transversalement à un fil quelconque de fer ou d'un autre métal parcouru par le courant en filets qui présentent à leurs deux bouts deux pôles opposés. Si le fil est libre de tous les côtés de sorte que la limaille puisse l'entourer, les filets se réunissent par les deux bouts et forment autant de petits anneaux rapprochés le long du fil.

Cette disposition transversale, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction d'un courant, que prend la limaille de fer autour d'un fil parcouru par ce même courant, nous induit à conjecturer que *les atomes tourbillons d'un fil métallique quelconque parcouru par un courant se disposent transversalement, c'est-à-dire avec leurs axes perpendiculaires à la direction du courant.*

Une foule de faits viennent à l'appui d'une telle conjecture.

De La Rive a trouvé que la magnétisation permanente communiquée à une barre de fer doux, soit par l'action électro-magnétique d'un courant, soit par l'action d'un fort électro-aimant, augmente considérablement l'intensité des sons qu'elle rend, quand elle est parcourue par un courant intermittent. Ce renforcement, ainsi que de La Rive le fait remarquer <sup>2</sup>, est évidemment dû à la plus grande étendue que doivent avoir, dans ce cas, les oscillations des atomes tourbillons qui passent de la position longitudinale, à laquelle la magnétisation les condamne, à la position transversale que le passage du courant tend à leur donner.

<sup>1</sup> *Traité de l'électricité*, t. I, p. 310.

<sup>2</sup> *Ibid.*, t. I, p. 317.

Ces sons, ainsi que je l'ai dit plus haut, s'obtiennent pareillement des métaux non magnétiques parcourus par un courant intermittent sous l'influence de la magnétisation, parce qu'ils sont, eux aussi, sensibles à cette influence, et, par conséquent, leurs atomes tourbillons oscillent aussi de la position que tend à leur donner le courant intermittent transmis à celle que tend à leur donner la magnétisation. Et il faut remarquer qu'il n'est nullement nécessaire que le corps soit long et mince pour qu'il rende un son sous lesdites influences. Une plaque circulaire de laiton, ayant 12 centimètres de diamètre et 1 millimètre d'épaisseur, donne un son quand on la soutient horizontalement avec un manche métallique dans une bobine verticale dont le fil est parcouru par un courant continu, et que l'on fait passer un courant intermittent du centre de la plaque à sa circonférence. Dans ce cas, le courant qui va du centre de la plaque à sa circonférence, tend à disposer les axes de rotation des atomes tourbillons parallèlement aux deux bases de la plaque ; tandis que l'action magnétisante tend, au contraire, à disposer les atomes tourbillons avec les axes de rotation parallèles à l'axe de la plaque, c'est-à-dire à son épaisseur. L'oscillation des atomes tourbillons d'une position à l'autre est la cause du son.

Edlund conclut de ses expériences que le courant produit dans les solides qu'il traverse une dilatation indépendante de celle de la chaleur, laquelle augmente rapidement avec l'intensité du courant, et qui, en outre, ne cesse point immédiatement dès que le courant cesse, mais disparaît peu à peu. Il résulte pareillement de quelques expériences de Beatson qu'un fil de fer semble éprouver, au moment où il est mis dans le circuit d'un courant électrique, une expansion instantanée très-distincte de la dilatation qu'il peut subir, comme

les autres métaux, par l'effet de l'échauffement <sup>1</sup>.

Beatson a encore remarqué que si un courant continu parcourt un fil de fer, et si en même temps ce fil est soumis à l'action magnétisante d'un courant non continu qui parcourt le fil d'une bobine, ledit fil de fer éprouve une suite d'expansions et de contractions, qui deviennent insensibles si le courant continu cesse d'agir, bien que l'action du courant intermittent de la bobine continue <sup>2</sup>. Il conclut de là que l'action magnétisante du courant donne aux particules du fer une disposition contraire de celle que leur communique le courant, et que l'une de ces actions tend à intervertir l'effet de l'autre.

Toutes ces expériences viennent confirmer la conjecture que le courant transmis dans le fil tend à disposer transversalement les axes de rotation des atomes tourbillons, tandis que l'action magnétisante de la bobine tend à les disposer parallèlement à la longueur du fil, si l'on admet, comme il est naturel, que les atomes tourbillons aient la forme de sphéroïdes avec l'axe polaire, plus long que l'axe équatorial. Car alors il est clair que l'action du courant intermittent du solénoïde, en magnétisant le fil, disposera ses atomes tourbillons avec l'axe plus grand parallèle à sa longueur, ce qui produira une contraction du fil, c'est-à-dire une diminution de son diamètre, Au contraire, dès que l'action magnétisante du courant intermittent de la bobine cessera, les atomes tourbillons prendront la disposition transversale pour transmettre le courant continu dans le fil, ce qui produira une expansion dans ce fil, c'est-à-dire une augmentation de son diamètre.

Par là nous comprenons de même le fait précédem-

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. I, p. 306.

<sup>2</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. I, p. 312.

ment cité, reconnu par Joule, que la magnétisation d'une barre de fer, laquelle, ainsi que nous l'avons vu, dispose les axes de rotation des atomes tourbillons parallèlement à la longueur de la barre, augmente cette longueur et en diminue le diamètre, de sorte que le volume total ne change point. Les expériences de Joule démontrent aussi qu'un bâton ou un fil de fer doux éprouvent un raccourcissement par l'effet d'un courant transmis <sup>1</sup>. Cela dépend évidemment de la disposition transversale que prennent les atomes tourbillons pour transmettre le courant, ainsi que j'ai conclu plus haut.

Il est encore facile de comprendre que le courant qui traverse un fil de fer magnétisé en diminue le magnétisme permanent, car il tend à donner aux atomes tourbillons une disposition opposée à celle qu'ils ont dans le fil magnétisé <sup>2</sup>.

La tension augmente sensiblement la résistance d'un fil à la conductibilité <sup>3</sup>, parce que, dans un fil tendu, les atomes tourbillons sont moins libres à l'orientation que dans un fil libre. La tension, par contre, diminue dans le fer doux l'aptitude à donner des sons, parce que, évidemment, il enlève aux atomes tourbillons leur liberté de se mouvoir, et par conséquent d'osciller sous l'action des courants magnétisants et transmis.

Cette disposition et orientation que le passage du courant communique aux atomes tourbillons nous est encore démontrée par les changements de structure, et partant d'élasticité et de ténacité qu'un tel passage produit dans les fils métalliques. Ainsi l'on a souvent remarqué que les réophores en cuivre d'une pile, après un certain temps, deviennent fragiles. Dufour a trouvé

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XVI, p. 163.

<sup>2</sup> *Ibid.*, 3<sup>e</sup> série, t. LXI, p. 382.

<sup>3</sup> V. DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 723.

que le passage prolongé d'un courant d'une seule couple dans un fil de cuivre peut en réduire la ténacité de plus d'un quart. Wertheim, dans ses recherches sur l'élasticité, a étudié l'influence du passage d'un courant sur un fil métallique, et a reconnu que le coefficient d'élasticité diminue légèrement pendant le passage du courant, et qu'une telle diminution, qui est d'autant plus grande que le courant est plus intense, cesse dès que le courant vient à cesser, quelle qu'ait été la durée du passage<sup>1</sup>.

De ce que nous avons dit, il est facile de comprendre quelle est l'action d'un solénoïde dans la magnétisation du fer, et en général des corps magnétiques. Les axes de rotation des atomes tourbillons du fil du solénoïde dans lequel se propage le courant, doivent se disposer perpendiculairement à la direction du courant dans le fil, c'est-à-dire parallèlement à l'axe du solénoïde. Or, par le principe qu'*en général les axes de rotation tendent au parallélisme, et que les rotations tendent à se faire dans le même sens*<sup>2</sup>, les atomes tourbillons du solénoïde, par l'intermédiaire de l'éther, disposent les axes de rotation des atomes tourbillons du corps qui est magnétisé dans une direction parallèle à celle qu'ils ont eux-mêmes, c'est-à-dire parallèle à l'axe du solénoïde, et de telle manière que leurs rotations se fassent dans le même sens que celles des atomes tourbillons du solénoïde. Voilà l'explication mécanique du secret de la magnétisation produite par le courant électrique qui parcourt un solénoïde. On comprend encore par là qu'un solénoïde équivaut à un aimant, car il est lui-même, ainsi qu'un aimant, un système d'atomes tourbillons dont les axes de rotation sont parallèles à l'axe du solénoïde, c'est-à-dire de l'aimant que le solénoïde représente, et dont les rotations ont une direction commune. Il est vrai

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XII.

<sup>2</sup> V. SIRE. *Archives des sciences physiques*, 1879, t. I, p. 124.

que, dans le solénoïde parcouru par le courant, il y a un passage continuuel d'éther d'un atome tourbillon à l'autre, ce qui n'a pas lieu dans l'aimant, mais cela n'empêche pas que le solénoïde n'agisse extérieurement à l'instar d'un aimant. La seule différence consiste en ce que le fil du solénoïde parcouru par un courant électrique a une tension électrique superficielle, par laquelle il attire les corps légers.

Enfin la puissance de l'aimant dans l'éveil du magnétisme chez les corps magnétiques, se réduit à donner aux axes de rotation des atomes tourbillons du corps qui est magnétisé une orientation et une direction des rotations identique à celle qui existe dans l'aimant; ce qui s'opère toujours en vertu de la *tendance des axes de rotation au parallélisme, et des rotations à se faire dans le même sens.*

La polarité d'un solénoïde et celle d'un aimant dépendent de la direction des rotations : en intervertissant dans un solénoïde la direction du courant, on intervertit la direction des rotations, et par conséquent la polarité. La même chose arrive dans un aimant.

XG. — Mécanisme des actions électromagnétiques.

Les actions mutuelles des courants électriques entre eux, l'action des courants électriques sur les aimants, et des aimants sur les aimants, se réduisent toutes aux actions *mutuelles des mouvements rotatoires des atomes tourbillons*, après qu'ils ont subi l'orientation qui leur est donnée, soit par la transmission du courant, soit par la magnétisation, et dépendent toutes du grand principe de la *tendance des axes de rotation au parallélisme, et des rotations à se faire dans le même sens.*

C'est pourquoi « les mêmes lois régissent les actions « électrodynamiques et les actions magnétiques à dis-

« distance, » ainsi qu'il a été établi par Weber <sup>1</sup>.

Toutes ces actions sont des manifestations de l'énergie des atomes tourbillons et de l'action mécanique de l'éther dans lequel ils existent.

XCI. — Mécanisme de l'action universelle du magnétisme.

Si les phénomènes du magnétisme sont une conséquence de la tendance des axes de rotation des atomes tourbillons au parallélisme et de leurs rotations à se faire dans le même sens, ils ne doivent pas seulement se manifester dans quelque corps, mais ils doivent se présenter en différents degrés dans tous, ainsi qu'il en est de toutes les propriétés de la matière, dont tantôt l'une tantôt l'autre se montrent saillantes. En effet, les études modernes ont fait connaître que tous les corps sont sensibles à l'influence du magnétisme, comme tous sentent l'action de la gravité. Toutefois ils ne se comportent pas tous également en présence de l'aimant; mais quelques-uns, c'est-à-dire ceux qu'on appelle *magnétiques*, sont attirés, tandis qu'un plus grand nombre d'autres sont repoussés: ce sont les corps qu'on appelle *diamagnétiques*.

Cette différence d'action des aimants sur les corps induisit quelques physiciens à admettre que l'aimant produit dans les diamagnétiques une polarité contraire de celle qu'il produit dans les corps magnétiques.

L'idée de la polarité diamagnétique contraire à la polarité magnétique a été émise et soutenue par Poggendorff, Weber, Reich, Plucker et Tyndall, et a été combattue par Faraday et Thomson.

Mais si la polarité magnétique, ainsi que nous l'avons

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. I, p. 271.

dit, est une conséquence du théorème que *les axes de rotation tendent au parallélisme, et que les rotations tendent à se faire dans le même sens*, évidemment il ne pourra pas se faire qu'il y ait des corps dans lesquels les rotations des atomes tourbillons tendent à se faire en sens contraire de celles de l'aimant dont ils subissent l'influence, ainsi qu'il faut l'admettre pour expliquer la polarité diamagnétique d'une manière absolue. Par contre, comme les expériences de Plucker et Becquerel nous enseignent qu'un corps est attiré ou repoussé par un centre magnétique, selon qu'il est plongé dans un milieu plus ou moins magnétique que lui, comme un corps tombe à la surface de la terre ou s'élève dans l'atmosphère, selon qu'il est plus ou moins pesant qu'un égal volume d'air; et comme dans la théorie des atomes tourbillons on doit précisément admettre une pression réciproque entre eux et l'éther, en vertu du mouvement rotatoire dont ils sont doués, il est ainsi rationnel d'accepter la théorie de Becquerel : que l'aimant agit également sur tous les corps, et que les phénomènes du diamagnétisme ne sont que des phénomènes de magnétisme relatif dus au milieu éthéré dans lequel les corps sont plongés.

S'il ne manque à la théorie de Becquerel que la démonstration de la possibilité d'une pression exercée par le milieu magnétique, c'est-à-dire par l'éther, sur les corps qui y sont plongés, cette théorie, comme chacun le voit, doit être précisément la vraie, et les phénomènes du magnétisme et du diamagnétisme, sont une admirable confirmation de la vérité de la théorie des atomes tourbillons.

Dans cette théorie, on comprend de même sans difficulté que la structure des corps, c'est-à-dire la disposition de leurs atomes tourbillons, doit exercer une influence sur les phénomènes du magnétisme et du dia-

magnétisme, ce qui résulte des expériences de Faraday, Plucker, Tyndall, Knoblanck et Matteucci <sup>1</sup>.

XCI. — Mécanisme de la diminution de l'intensité des actions magnétiques par la chaleur.

Puisque la chaleur augmente la force vive de translation des atomes tourbillons et diminue celle de rotation (n° 19), il s'ensuit qu'elle doit détruire l'orientation des atomes tourbillons, et, par conséquent, l'état magnétique des aimants; et de plus, qu'en diminuant la vitesse du mouvement rotatoire des atomes tourbillons, elle doit diminuer les actions magnétiques qui en dépendent. Cela est confirmé par l'expérience. D'après Faraday, la chaleur diminue rapidement le pouvoir des corps magnétiques, sans toutefois l'annihiler complètement, quand on les soumet à l'action d'un électro-aimant très-énergique. Plucker confirma ces résultats. Ce physicien reconnut que le diamagnétisme et le magnétisme spécifique des solides et des liquides diminuent généralement quand la température s'élève. Matteucci a reconnu que le magnétisme du fer augmente jusqu'à une certaine température, mais qu'ensuite il décroît rapidement. Il a vu qu'un globule de fer fondu dans une cuiller de chaux au moyen du chalumeau de Newmann, était encore attiré, mais seulement par un énorme électro-aimant avec trente couples de Grove, et il a calculé que le pouvoir magnétique du fer en fusion est seulement 0,000015 de celui qui est à la température ordinaire. Matteucci, enfin, a trouvé qu'entre 0° et 212°, le pouvoir diamagnétique d'une aiguille de bismuth diminue à peu près proportionnellement à la température.

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. I, p. 504 et suivantes.

XIII. — Mécanisme de la polarisation rotatoire magnétique.

La théorie de Fresnel nous enseigne que, si deux rayons polarisés circulairement en sens contraire se propagent dans un milieu avec une célérité différente, le plan de polarisation tourne dans le sens du rayon qui se propage plus rapidement. C'est de là que tire son origine le phénomène de la polarisation rotatoire. Le mouvement rotatoire des atomes tourbillons doit certainement être la cause première de ce phénomène, car l'action magnétique, qui, comme nous l'avons vu, oriente les rotations des atomes tourbillons, fait naître cette propriété dans plusieurs substances, ainsi que l'a découvert Faraday, et la modifie dans celles qui en sont naturellement pourvues.

On comprend, en effet, que l'orientation des axes de rotation des atomes tourbillons dans la direction de la ligne des pôles de l'aimant et la direction commune de leurs rotations, doivent favoriser la propagation du rayon de lumière polarisé circulairement dans le sens desdites rotations et, par contre, qu'il doit contrarier le mouvement du rayon de lumière polarisé circulairement en sens contraire. Par conséquent le premier rayon se propagera plus rapidement, et conséquemment la rotation du plan de polarisation se fera dans le sens de ce rayon, c'est-à-dire dans le sens des rotations des atomes tourbillons, quel que soit le pôle magnétique vers lequel se propage le rayon lumineux; et il sera proportionnel à la longueur du trajet parcouru par le rayon dans l'intérieur du corps. En intervertissant la polarité magnétique, on intervertit la direction des rotations des atomes tourbillons, et, par conséquent, la rotation du plan de polarisation.

Les phénomènes de la polarisation rotatoire naturelle découverts par Arago et Biot dans plusieurs substances solides, liquides et gazeuses, quoique différents de ceux de la polarisation rotatoire magnétique mentionnés naguère, par une circonstance importante, c'est-à-dire parce que, dans le premier cas, le plan de polarisation du rayon tourne dans un sens, ou dans un sens opposé, selon la direction du rayon, tandis que, dans le second cas, il tourne toujours dans le même sens, quelle que soit cette direction, ont toutefois indubitablement pour cause première le mouvement rotatoire des atomes tourbillons, ainsi que je l'ai énoncé ailleurs. Mais je n'ai maintenant ni le temps, ni la prétention de donner une explication complète de ces phénomènes, pour laquelle je renvoie plutôt le lecteur aux mémoires du professeur Codazza <sup>1</sup>.

### § 7. — Induction électrodynamique.

#### XCIV. — Mécanisme des courants d'induction.

Nous avons vu que dans un conducteur isolé B, qui vient en présence d'un corps A électrisé positivement, il y a passage d'éther des atomes tourbillons de la partie voisine du corps A, laquelle devient électro —, aux atomes tourbillons de la partie éloignée, qui devient électro +; *vice versâ*, si le corps A est dans l'état électro —. Ce fait nous dévoile la raison des courants d'induction.

En effet, que l'on suppose un conducteur rectiligne AB qui, aux deux extrémités, communique avec un galvanomètre G, et un conducteur rectiligne CD voisin et parallèle qui, aux deux extrémités, communique

<sup>1</sup> *Giornale del R. Istituto lombardo*, t. IV, p. 493, et t. V, p. 30.

avec un couple voltaïque P. Au moment où s'établit le courant dans le conducteur CD, celui-ci cesse d'être dans son état naturel et, au contraire, il acquiert une tension électrique décroissante de C vers D dans le sens du courant; par conséquent l'état naturel cessera de même par induction dans le conducteur AB, dont les points acquerront une tension électrique précisément inverse de celle du conducteur CD, moyennant une distribution d'éther inverse dans ses atomes tourbillons, d'où part le courant électrique inverse qui a lieu en lui au moment où il subit l'induction. Dès que la distribution d'éther qu'exige l'induction que le conducteur CDP exerce sur le conducteur ABG sera établie dans ce dernier, tout mouvement d'éther y cessera tant que la tension ne varie pas dans les différents points du conducteur CD, c'est-à-dire tant que le courant se maintiendra constant.

Cet état du conducteur induit est celui que Faraday a appelé *électrotonique*<sup>1</sup>. C'est un état, comme on le voit, de déséquilibre électrique du fil par rapport à son état naturel primitif, parce que la densité éthérée naturelle de ses atomes tourbillons a été modifiée, et il s'est fait en eux une nouvelle distribution d'éther; mais c'est un état d'équilibre électrique du fil par rapport à l'induction du courant voisin, auquel il est soumis.

Mais quand le courant cessera dans le conducteur CD, évidemment le conducteur AB devra rentrer dans son état naturel, ce qui exigera en lui un mouvement d'éther inverse du précédent, qui est la cause du courant induit direct qui se manifeste dès que le courant inducteur vient à cesser.

La quantité d'éther en mouvement qui constitue le courant induit direct, c'est-à-dire la quantité d'éther

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. I, p. 361.

déplacée, doit évidemment être égale à celle qui constitue le courant induit inverse, c'est-à-dire la quantité d'éther qui rentre à sa place ; ce qui a été prouvé expérimentalement par Matteucci et par Lallemand <sup>1</sup>.

Il est pareillement évident qu'à parité des autres conditions, l'intensité du courant induit doit être proportionnelle à l'intensité du courant inducteur qui engendre ce déplacement, ce qui est prouvé par les expériences d'Abria, de Félici et de Lallemand <sup>2</sup>.

Enfin, la quantité d'éther en mouvement dans le courant induit doit augmenter avec la longueur du fil, parce qu'avec la longueur augmente le nombre des atomes tourbillons, dans lesquels le courant inducteur produit un déséquilibre électrique.

Il est évident que dans le conducteur AB on causera le même déséquilibre électrique produit par le passage du courant dans le fil CD, et par conséquent un courant induit inverse, en approchant dudit conducteur AB le conducteur CD, dans lequel le courant s'est déjà établi ; et *vice versa*, on établira dans AB un courant induit direct en éloignant de lui le conducteur CD.

Il est tout aussi clair que, dans ce cas, les mouvements de l'éther dans le conducteur AB qui constituent les deux courants induits, seront d'autant plus rapides que le rapprochement et l'éloignement du conducteur CD seront eux-mêmes plus rapides ; c'est pourquoi l'intensité des courants induits, c'est-à-dire la quantité d'éther qui passe dans l'unité de temps par une section donnée du conducteur induit, sera, les autres conditions étant égales, proportionnelle à la rapidité du rapprochement et de l'éloignement du conducteur inducteur au conducteur induit.

<sup>1</sup> V. DAGUIN. *Physique*, t. III, p. 686.

<sup>2</sup> V. DAGUIN. *Physique*, t. III, p. 689.

On remarque que ces effets d'induction sont plus énergiques avec les solénoïdes, à cause des inductions secondaires que les spires exercent les unes sur les autres.

Autour d'un aimant, la pression éthérée se trouve modifiée comme autour d'un solénoïde par l'orientation des atomes tourbillons et la direction de leurs rotations; c'est pourquoi, dans un fil conducteur, elle exerce l'induction tout autant qu'un solénoïde.

Les courants d'induction sont donc une manifestation de ce fait : qu'il s'établit un nouvel équilibre électrique dans les atomes tourbillons, sous l'action d'une force qui rompt l'équilibre, tel que l'excès ou le défaut de densité et tension éthérée des atomes tourbillons d'un corps électrisé, ou bien leur orientation dans un corps magnétisé.

La loi de Lenz : que « toutes les fois qu'il se produit « un déplacement relatif entre un courant et un circuit dans l'état naturel, ledit circuit est traversé par « un courant d'induction qui réagit pour déterminer un « mouvement inverse, » est évidemment une loi d'équilibre, et cette loi est une conséquence de la constitution de la matière telle qu'elle est admise dans la théorie des atomes tourbillons.

Enfin la même évidence est acquise à la loi générale de Gaugain : que « l'intensité du courant induit, » c'est-à-dire la quantité d'éther qui passe, dans l'unité de temps, par une section du fil induit, « est en raison directe du total des forces électromotrices », c'est-à-dire des causes qui produisent le mouvement de l'éther, « et en raison inverse du total des résistances du circuit », c'est-à-dire des causes qui s'opposent au déplacement de l'éther d'un atome tourbillon à l'autre.

<sup>1</sup> V. Daguin. *Physique*, t. III, p. 691.

XCV. — Mécanisme de l'induction produite par les décharges électriques.

Le professeur Henry, de Princeton, raconte<sup>1</sup> qu'une seule étincelle d'un pouce de longueur, provenant d'un conducteur principal d'une machine électrique et reçue à l'extrémité d'un circuit métallique placé dans une chambre, produisait une induction assez forte pour aimanter des aiguilles placées près d'un circuit parallèle au premier qui était établi à la cave. Entre ces deux circuits, il y avait une distance de trente pieds anglais, et ils étaient séparés par deux étages avec entre-sol et rez-de-chaussée. Ainsi l'auteur de cette expérience est disposé à admettre un *plenum* électrique, car il lui paraît que le passage d'une seule étincelle suffit pour troubler l'équilibre d'une manière sensible dans un espace de 400,000 pieds cubes au moins, et que la diffusion du mouvement, dans ce cas, est comparable à celle que produit une pierre à feu relativement à la lumière.

Si la matière pondérable est constituée d'atomes tourbillons qui, en vertu du mouvement rotatoire dont ils sont animés, exercent une pression sur l'éther libre, et, partant, les uns sur les autres, il est facile de concevoir qu'une perturbation quelconque d'une telle pression doit se rendre sensible à une distance plus ou moins grande, selon la conductibilité du milieu, et que toute nouvelle distribution d'éther dans un système d'atomes tourbillons peut produire une nouvelle distribution d'éther dans d'autres atomes tourbillons plus ou moins éloignés des premiers, mais qui sont en rapport de

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE, *Archives de l'électricité*, t. III, p. 487.

pression avec eux au moyen de l'éther libre qui les environne.

A ce même ordre de phénomènes appartiennent le contre-coup qui accompagne les décharges de la foudre ainsi que les contractions des grenouilles électroscopiques convenablement disposées en présence d'une machine électrique, dans l'instant où l'on tire de la machine une étincelle.

Priestley, en cherchant à imiter quelques effets de la foudre, a vu des corps qui, placés près de la ligne d'une forte décharge, étaient d'autant plus violemment déplacés qu'ils étaient moins conducteurs. Ainsi, des morceaux de bois, de liège, de papier, sont poussés plus ou moins loin. Les trombes et la foudre produisent souvent de ces phénomènes, qui tirent tous leur origine de l'induction et des attractions et répulsions des corps électrisés.

### § 8. — Origine de l'électricité physiologique.

XCVI. — Mécanisme du courant musculaire.

C'est un fait démontré par les profondes études de M. du Bois-Reymond que, si l'on met en communication un point quelconque de la surface latérale naturelle ou artificielle d'un muscle <sup>1</sup> avec un point d'une section transversale naturelle ou artificielle <sup>2</sup> dudit

<sup>1</sup> On entend par surface latérale *naturelle* d'un muscle la surface latérale d'un muscle entier; et, par contre, par surface latérale *artificielle*, la surface latérale d'un muscle coupé ou arraché dans la direction des fibres.

<sup>2</sup> On entend par section transversale *naturelle* d'un muscle l'extrémité naturelle de ce même muscle; et par section transversale *artificielle*, la section que l'on obtient en coupant le muscle transversalement dans une direction perpendiculaire aux fibres.

muscle, on a dans le conducteur extérieur un courant dérivé dirigé, de la surface latérale, vers la section transversale <sup>1</sup>. C'est ce fameux courant musculaire que M. du Bois-Reymond a démontré identique avec le courant propre de la grenouille de Matteucci, et que l'on retrouve dans tous les muscles.

Ce courant démontre que chaque point de la surface latérale d'un muscle est électro + à l'égard de chaque point de la section transversale.

Il y a plus : on obtient également un courant, bien que beaucoup plus faible, en faisant communiquer entre eux deux points de la surface latérale d'un muscle, pourvu toutefois qu'ils soient inégalement distants de son point de milieu. Le courant prend la direction, extérieurement au muscle, du point le plus rapproché du milieu du muscle au point le moins rapproché; et il est d'autant plus sensible, que l'un des points est plus rapproché du milieu du muscle et que l'autre en est plus éloigné. Si ces deux points sont à une égale distance du milieu du muscle, ou bien s'ils appartiennent tous deux aux bases ou extrémités du muscle, on n'a plus alors de courant dérivé.

Ces lois du courant musculaire sont égales pour tous les animaux, et l'intensité dudit courant est proportionnelle à la force mécanique que le muscle doit exercer.

Du Bois-Reymond, en étudiant l'origine de la force électromotrice des muscles, parvient à démontrer qu'elle réside dans chaque faisceau élémentaire de fibres, de la surface latérale duquel on peut toujours dériver un courant dirigé vers la section transversale.

Pour expliquer ce fait, du Bois-Reymond admet que les molécules organiques soient sphériques ou ellipsoïdes, et qu'elles aient la zone équatoriale positive, et

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE, *Traité de l'électricité*, t. III, p. 18 et suivantes.

les deux zones polaires négatives, et, en outre, qu'elles soient disposées de manière que l'axe polaire soit parallèle à la longueur des fibres musculaires. Or, qui ne voit que, dans ce cas, chacune de ces molécules se réduit à un atome tourbillon dans lequel, par le mouvement rotatoire, la pression extérieure doit aller en décroissant de l'équateur aux pôles, de manière qu'en mettant en communication, si c'était possible, la surface équatoriale de chaque atome tourbillon avec une de ses surfaces polaires, on devrait avoir dans le conducteur un courant dérivé dirigé de l'équateur aux pôles de l'atome tourbillon, précisément comme il advient en plaçant la surface latérale de chaque fibre et de chaque muscle en communication extérieure avec la section transversale?

XCVII. — Constitution mécanique des muscles.

Un muscle est donc un système d'atomes tourbillons ayant leurs axes de rotation parallèles à la longueur de la fibre, et entrelacés les uns avec les autres comme les fibres qui composent le muscle intérieur. Par cette disposition, chaque section transversale du muscle correspondant aux zones polaires des atomes tourbillons, se trouve électro — relativement à la surface latérale qui correspond à la zone équatoriale desdits atomes tourbillons; et même, ainsi que nous l'avons vu, entre deux points de la surface latérale d'un muscle qui sont inégalement distants du milieu, il y a un courant, parce qu'ils correspondent à des points non symétriques de la surface des atomes tourbillons qui constituent la masse musculaire, tandis qu'entre ces points non symétriques, il y a toujours une différence de pression étherée, c'est-à-dire de tension électrique.

La diminution du courant musculaire après la mort de l'animal, ou après que le muscle a été détaché de son corps, lequel est d'autant plus rapide que le rang où l'animal est placé dans l'échelle zoologique est plus élevé, ainsi que Matteucci l'a constaté, est évidemment l'effet de l'altération plus ou moins prompte de cette constitution des muscles et des phénomènes électriques qui en sont la conséquence.

XCVIII. — Mécanisme de la contraction musculaire.

Il résulte des expériences de Matteucci <sup>1</sup> que chaque élément de fibre musculaire prend un état électrique polaire qui donne lieu à une décharge électrique dans le muscle, au moment où a lieu le phénomène de la contraction, qui consiste en un raccourcissement des fibres dont le muscle est composé, accompagné d'un accroissement de leur diamètre, de manière qu'il n'en résulte aucun changement dans le volume des muscles.

Matteucci a reconnu en outre que le courant électrique ne produit une contraction dans une masse musculaire qu'au moment où il commence et au moment où il finit de circuler dans ladite masse, et qu'il en est ainsi quelle que soit sa direction relativement à celle des fibres musculaires. Une telle contraction ne dure qu'un instant, et quoique le circuit reste fermé, la fibre raccourcie au moment de la contraction, reprend sa forme pour se contracter de nouveau à l'instant où le courant cesse.

Le seul courant électrique peut être appliqué directement aux muscles et en déterminer la contraction sans l'intermédiaire des filaments nerveux <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XLVII, p. 147 .

<sup>2</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 55.

Ces faits m'induisent à conjecturer que la contraction d'un muscle peut tirer son origine du raccourcissement du diamètre polaire et de l'allongement du diamètre équatorial de ses atomes tourbillons, au moment où a lieu, parmi eux, la décharge électrique qui serait la cause du phénomène dont il s'agit. Comme dans les fibres musculaires les atomes tourbillons sont disposés avec leurs axes parallèles à la longueur de la fibre, le très-petit raccourcissement et renflement de chaque atome tourbillon à l'instant de la décharge, produira un raccourcissement et un renflement sensible de la fibre, et par conséquent du muscle entier; d'où dérive sa contraction.

Il est donc probable que le nerf fait contracter le muscle, en produisant une variation dans l'état électrique, et par conséquent une décharge parmi ses atomes tourbillons. C'est pourquoi les nerfs se ramifient dans chaque fibre musculaire, ainsi qu'il résulte des recherches du docteur Waller.

Si la contraction se réduit à une décharge électrique des atomes tourbillons musculaires, on comprend pourquoi, au moment de la contraction, c'est-à-dire de la décharge électrique des atomes tourbillons, il y a diminution de l'état électrique opposé équatorial et polaire de ces mêmes atomes tourbillons, et par conséquent diminution du courant musculaire, ce qui résulte des recherches de du Bois-Reymond <sup>1</sup>.

L'élévation de la température du muscle à l'instant où il se contracte, démontrée par Becquerel <sup>2</sup> serait pareillement une conséquence de la décharge électrique parmi ses atomes tourbillons, qui est cause de la contraction. En effet, cette élévation de la température

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 34.

<sup>2</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 1856, t. XLVII, p. 139.

des muscles, d'après les observations de Matteucci, a été aussi constatée dans les muscles où la circulation du sang n'a plus lieu; ce qui prouve qu'elle n'est nullement due, ainsi qu'on pourrait le supposer, à l'augmentation d'une telle circulation.

Les phénomènes de la décharge électrique dans les poissons électriques correspondent probablement à ceux de la contraction musculaire. Dans ces poissons il y a des nerfs qui partent de lobes spéciaux du cerveau très-développés, qui, au lieu de se terminer dans les muscles, à l'instar des autres nerfs, aboutissent dans un appareil semblable à une pile, au moyen duquel il se produit de puissantes décharges électriques, décharges qui tiennent lieu de la contraction que l'excitation des nerfs produit dans les muscles.

XCIX. — L'atome tourbillon éthéré est l'élément constitutif de la matière pondérable.

Je vais conclure ce court précis, qui, quelque incomplet qu'il puisse paraître, suffira, j'espère, pour faire au moins entrevoir la véritable origine de l'électricité physiologique qui se trouve partout dans l'organisme vital, par une réflexion importante.

Les formes animales et végétales aussi bien que les formes cristallines nous parlent de l'activité dont doivent être doués les atomes de la matière pondérable. Les atomes, en constituant ces formes, doivent évidemment se rechercher et se disposer dépendamment du mouvement rotatoire dont ils sont animés; car l'action réciproque et la disposition respective régulière et géométrique des masses qui sont douées du mouvement rotatoire sont précisément un caractère de ce mouvement.

Or, l'analyse des tissus organiques nous présente des

vaisseaux, des fibres et des cellules comme éléments constitutifs de ces mêmes tissus. Mais les fibres et les vaisseaux sont encore reconnus comme résultat d'une organisation cellulaire, de manière que la cellule est vraiment, en dernière analyse, l'élément morphologique de l'organisme végétal et animal.

Mais que peut-elle être, cette cellule, ou molécule organique, dans laquelle Du Bois-Reymond a retrouvé une zone équatoriale positive et deux zones polaires négatives (n° 96), si ce n'est un atome tourbillon éthéré ou un système d'atomes tourbillons? L'atome tourbillon éthéré est donc l'élément constitutif du corps organique aussi bien que de l'inorganique, c'est-à-dire l'élément constitutif de la matière pondérable.

### § 9. — Phénomènes météoriques électriques.

#### C. — Mécanisme de l'électricité atmosphérique.

Lorsque l'atmosphère est sereine, elle présente constamment une tension électro + qui croît avec la hauteur. C'est un fait constaté par tous les observateurs de l'électricité atmosphérique, qui ont mis leur cerveau à la torture pour s'en rendre raison, mais inutilement; car il était impossible d'avoir une vraie raison de ce fait, ainsi que de tous les phénomènes électriques en général, tant qu'on ne savait pas vraiment en quoi consistait l'électricité. La théorie des atomes tourbillons nous en donne, par contre, l'explication la plus claire et la plus satisfaisante.

J'ai établi (n° 19) qu'à cause de l'abaissement de la température, doit croître la vitesse de rotation des atomes tourbillons, qui se trouvent alors en excès de densité éthérée, c'est-à-dire dans l'état électro +. Eh bien, les vapeurs qui s'élèvent sans cesse de la surface de la

terre, à mesure qu'elles montent dans l'atmosphère, éprouvent un refroidissement qui croît précisément avec la hauteur, et par l'accroissement du mouvement rotatoire des atomes tourbillons, ceux-ci acquièrent un excès de densité éthérée, c'est-à-dire un état électro + qui croît avec la hauteur.

Telle est donc la cause de la tension électro + de l'atmosphère à ciel serein, et cela est incontestablement prouvé par le fait que cette tension électro + diminue de janvier à juillet dans notre hémisphère, c'est-à-dire à mesure que la condensation des vapeurs de l'atmosphère diminue, à cause de l'augmentation de la température; et, par contre, elle augmente de juillet à janvier, à mesure que diminue la température atmosphérique.

Immédiatement au-dessus de la surface de la mer, on trouve une tension électro +, tandis que ce n'est qu'à une certaine distance de la surface du sol que cette tension électro + se manifeste<sup>1</sup>; car, immédiatement au-dessus de la surface de la mer, a lieu la condensation des vapeurs qui s'élèvent de ladite mer, tandis que ce n'est qu'à une altitude plus ou moins grande qu'a lieu la condensation des vapeurs au-dessus de la surface du sol.

CI. — Mécanisme de l'état électro — de la surface terrestre.

Nous avons vu que la vapeur qui s'élève d'un récipient isolé, doit laisser le récipient et le liquide que celui-ci contient dans l'état électro —, à cause de l'accroissement de densité éthérée des atomes tourbillons vaporeux (n° 60). Par conséquent, la surface terrestre d'où s'élèvent continuellement des vapeurs doit se trouver dans l'état électro —. Cela est incontestablement prouvé par

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 194.

les expériences de Matteucci <sup>1</sup>, qui ont démontré que, dans un fil métallique incliné à l'horizon, lequel à ses extrémités est en bonne communication avec la terre, il y a un courant continu de bas en haut, courant qui est d'autant plus intense que la différence de niveau des deux bouts du fil est plus grande. En effet, si la terre est dans l'état électro —, la tension électro — sera plus grande dans les parties acuminées, ainsi qu'il advient en général dans un conducteur électrisé, et conséquemment, en mettant en communication les parties basses de la surface terrestre où la tension électro — est moindre avec celles qui sont plus élevées où la tension électro — est plus forte, au moyen d'un fil métallique, qui est un meilleur conducteur que la croûte de la terre, on devra évidemment obtenir un courant dérivé des premières desdites parties aux secondes dans le fil conducteur. Si la terre était dans son état naturel, évidemment on ne devrait pas avoir de courants, et si elle était dans l'état électro +, dans les parties élevées il y aurait alors une tension électrique + plus grande que dans les parties moins élevées, et, par conséquent, on devrait avoir dans les fils conducteurs des courants dérivés inverses de ceux qu'on remarque dans le premier cas.

Le fait observé par Matteucci <sup>2</sup>: que ces courants sont plus intenses après la pluie, c'est-à-dire lorsque l'évaporation est plus grande, démontre que vraiment l'état électro — de la surface de la terre tire son origine de l'évaporation.

Cet état électro — incontestable de la surface de la terre pourrait paraître une cause suffisante de la tension électro + de l'atmosphère à ciel serein, laquelle s'accroît avec la hauteur, car évidemment un électromètre élevé

<sup>1</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 1865, p. 183.

<sup>2</sup> V. *Annales de chimie et de physique*, 1865, p. 187.

dans l'air doit présenter dans ses feuilles une tension électro + à cause de l'induction de la surface de la terre électro — , et cet effet doit augmenter jusqu'à un certain point avec la hauteur ; car, à mesure que l'électromètre monte, on voit augmenter la portion de la surface du sol qui exerce sur lui l'induction moins obliquement, et, par conséquent, plus efficacement. Mais le fait que nous avons cité, que la tension électro + de l'atmosphère diminue de janvier à juillet dans notre hémisphère, et que, par contre, elle augmente de juillet à janvier, ne nous permet nullement de douter qu'il existe réellement dans l'atmosphère une tension électro + qui s'accroît avec la hauteur, et qui est due à la condensation croissante des vapeurs par leur refroidissement.

Quoi qu'il en soit, les deux causes doivent concourir à produire le même effet.

La tension électro — de la surface de la terre augmentant vers les parties acuminées, ces parties attirent par conséquent les nuages positifs ; ce qui nous explique pourquoi les crêtes des montagnes sont souvent couvertes et entourées de nuages.

Sous les plantes ou parmi les maisons, l'électroscope ne donne aucun signe d'électricité, parce qu'il se trouve dans la sphère électro — de la surface de la terre.

## CII. — Mécanisme des variations diurnes de la tension électrique de l'air.

Les variations diurnes de la tension électrique de l'air<sup>1</sup> ont pour cause principale les phases diurnes de condensation par lesquelles passe la vapeur d'eau de l'atmosphère dans un même lieu, dépendamment des

<sup>1</sup> V. DACCIN. *Physique*, t. III, p. 268.

phases diurnes de la température, selon les principes précédemment expliqués.

Ainsi la formation de la rosée est toujours accompagnée d'un remarquable développement d'électricité positive, parce qu'une telle électricité se manifeste toujours dans la condensation des vapeurs.

CIII. — Mécanisme de l'état électrique de l'atmosphère quand elle est nuageuse. — Origine des nuages négatifs.

Quand l'atmosphère est chargée de nuées, l'électricité est alors très-variable et irrégulière, et pendant les orages les électromètres indiquent des tensions énormes qui changent parfois de signe d'un instant à l'autre. Ces phénomènes sont dus aux phases successives de condensation et de nouvelle évaporation des vapeurs condensées. En effet, les vapeurs, dans l'instant où elles se condensent, sont toujours dans l'état électro +, d'après les principes établis dans la théorie des atomes tourbillons (n° 58) ; mais s'il arrive qu'un nuage qui a perdu une partie de sa charge électrique primitive, par des décharges violentes ou tranquilles, subisse en partie une nouvelle évaporation, comme ce nuage doit fournir aux atomes tourbillons de la vapeur qui en soulève l'éther nécessaire pour accroître leur densité éthérée, il pourra arriver que les atomes tourbillons du nuage restent en défaut de densité éthérée, c'est-à-dire dans l'état électro —, précisément comme il arrive quand on fait évaporer un liquide dans un récipient isolé (n° 64).

Pour se convaincre que telle est l'origine des nuages négatifs, on n'a qu'à lire la description suivante de Beccaria, à la page 120 de ses lettres sur l'*Électricisme terrestre-atmosphérique* : « Le 15 octobre 1753, à huit heures du matin, le ciel était tout couvert d'une seule nuée uniforme et nébuleuse; seulement, dans quel-

« ques points, on entrevoyait le blanc d'une nuée su-  
« périeure. A cette heure le vent du couchant souleva le  
« cerf-volant à une grande hauteur ; à peine fut-il isolé,  
« qu'il partit de petites étincelles (entre la petite corde  
« et le doigt), et en approchant la cire d'Espagne d'un  
« poil annexé à la petite corde, je pus m'assurer qu'elle  
« était électrisée par excès. Après trois quarts d'heure  
« les signes languirent tout à coup, ensuite ils s'effa-  
« cèrent pendant quelques instants, et se changèrent  
« instantanément en signes négatifs, car le poil com-  
« mença à s'éloigner de la cire d'Espagne. A ce chan-  
« gement de signes j'observai avec attention si je voyais  
« qu'il arrivât dans l'atmosphère quelque changement  
« correspondant, et je vis précisément que la vaste nuée  
« unie, uniforme et nébuleuse qui, ainsi que je l'ai dit  
« tout à l'heure, encombraient tout l'hémisphère visible,  
« commença à se partager, à se déchirer, et à former,  
« pour ainsi dire, de différentes nuées distinctes et  
« assez éloignées l'une de l'autre, de sorte qu'on pou-  
« vait discerner des échappées assez étendues de la  
« nuée supérieure plus claire et blanchâtre. L'électri-  
« cité négative dura, très-vive, pendant environ un  
« quart d'heure, après quoi elle languit instantanément  
« et s'effaça. Dans ce temps-là précisément, les flocons  
« qui s'étaient formés des déchirements de la nuée né-  
« buleuse s'étendirent de nouveau, se rassemblèrent et  
« reformèrent la nuée unie et uniforme. Peu de temps  
« après que l'électricité négative de la petite corde eut  
« cessé, c'est-à-dire à peine pus-je m'apercevoir que  
« lesdits flocons se réunissaient, je pus de nouveau  
« discerner l'électricité positive, qui dura pendant une  
« heure environ, tandis que le nuage durait à son tour  
« dans son état d'union. »

Dans cette description on voit clairement que l'apparition de l'électricité négative vient après que la nuée

s'est partagée, déchirée, raréfiée, c'est-à-dire qu'elle se développe après la nouvelle évaporation de la nuée qui donnait d'abord des signes d'électricité positive. Et *vice versa*, l'électricité négative disparaît, et on voit reparaître la positive dès que les vapeurs invisibles auxquelles la nuée inférieure venait de se réduire, viennent à se condenser de nouveau.

Pour se convaincre que les phases par lesquelles passe l'électricité quand le ciel est nuageux, dépendent des phases de la condensation et d'une nouvelle évaporation des vapeurs de la manière dont je viens de l'expliquer, on peut lire aussi le passage suivant du même observateur des phénomènes électriques de l'atmosphère, d'ont l'habileté est si connue : « Parfois <sup>1</sup> l'élec-  
« tricité commence à diminuer graduellement ; ensuite  
« elle manque tout à fait pendant quelque temps appré-  
« ciable, ensuite elle apparaît changée en électricité  
« contraire et s'accroît graduellement, par contre, une  
« autre fois, dans un instant elle est très-vive par excès,  
« et dans l'instant qui suit elle se fait très-vive par dé-  
« faut, et *vice versa*. Relativement à cette vitesse va-  
« riable, voici ce que j'ai observé : je n'ai jamais vu  
« qu'en un instant l'électricité se soit changée en con-  
« traire, si ce n'est par la force de quelque foudre très-  
« vive que dans ce même instant j'ai vue reluire ; ou  
« pour le moins, j'ai senti qu'un tel changement instan-  
« tané est toujours suivi d'un fort tonnerre. Par con-  
« tre, ordinairement les changements sont arrivés gra-  
« duellement dans les orages plus tranquilles et où les  
« tonnerres étaient rares... Et je dirai de plus que quel-  
« quefois, en observant l'état des nuées au temps où  
« l'électricité diminuait et manquait pour se changer  
« graduellement, j'ai remarqué dans les nuées quelque

<sup>1</sup> BECCARIA. *Lettere sull' elettricismo atmosferico*, p. 174.

« altération sensible, c'est-à-dire j'ai observé parfois que  
« dans ces circonstances les nuées semblaient s'éclaircir  
« tant soit peu ; mais dès que l'électricité contraire se  
« ranimait très-fortement, les nuées s'obscurcissaient  
« comme auparavant. »

Il me semble que ces paroles ne laissent aucun doute sur ce fait : que la condensation des vapeurs est la cause de l'état électrique positif, et la nouvelle évaporation la cause de l'état électrique négatif.

Ailleurs <sup>1</sup> encore le même auteur écrit ce qui suit :  
« L'électricité du ciel serein est constamment par excès ;  
« et le très-petit nombre de fois où l'on remarque dans  
« le ciel, qui est serein dans d'assez vastes étendues, l'é-  
« lectricité par défaut, cette électricité y est transportée  
« par le vent de la partie du ciel, même fort éloignée,  
« qui est dans ce même instant nuageuse, neigeuse,  
« pluvieuse ou orageuse. »

Ce passage prouve évidemment que quand l'électricité du ciel serein apparaît négative, cela n'a lieu que par l'influence de nuages négatifs plus ou moins éloignés, engendrés par la nouvelle évaporation, causée le plus souvent par les vents. En effet, au même endroit Beccaria ajoute : « D'abord, sur le col de Saint-Michel,  
« et pendant trois fois dans l'espace de quinze jours,  
« j'ai eu l'occasion d'observer, à ciel serein, les diffé-  
« rents fils allongés que j'étais allé tendre là-haut au  
« mois de mars 1767 électrisés par défaut. Je remar-  
« quai chaque fois que les montagnes au-dessus de  
« Suse, d'où soufflait un vent impétueux et largement  
« ondoyant, étaient encombrées de nuées très-agitées  
« dans leur masse, et effumées vers leur sommet dans la  
« direction de l'endroit d'où je faisais mes observations.  
« Les habitants de ces montagnes appellent ces nuées

<sup>1</sup> BECCARIA. *Elettricità terrestre atmosferica*, p. 4.

« du nom de GONFLE, et ils les regardent comme un  
« signe infailible d'un vent très-fort, pluvieux, nei-  
« geux, orageux, auquel ils donnent le nom de *tour-*  
« *mente.* »

A la page suivante on trouve encore : « Le 13 août 1771,  
« me trouvant là-haut à Superga (haute colline au  
« N.-E. de Turin), je remarquai de nouveau de l'élec-  
« trisation par défaut, et dans le registre des observa-  
« tions nous écrivîmes que cela advint dans l'occasion  
« qu'un vent très fort soufflait des montagnes qui, dans  
« la direction du couchant-maestral (O.-O.-N.) couvrent  
« les montagnes de Lanzo, derrière lesquelles on voyait  
« surgir des nuées effumées, semblables à celles que  
« nous venons de décrire. »

Enfin, plus bas, dans la même page, nous lisons ce  
qui suit : « Une autre fois M. le prier Ceca avait remar-  
« qué, étant seul, un semblable renversement (de  
« l'électricité positive à ciel serein), et cela dans les cir-  
« constances qu'une nuée d'orage du côté du levant vint  
« à se dissoudre et en apparence se changer en vent (par  
« une expression commune, on appelle ici vent une nuée  
« qui s'effume à son sommet), lequel, en passant sur un  
« fil, l'électrisa par défaut. »

Ces citations et une foule d'autres que je suis forcé  
de supprimer, pour ne point copier tout le livre, prou-  
vent à l'évidence que, par l'action d'un vent supérieur,  
les nuées peuvent s'évaporer de nouveau, en se consti-  
tuant dans l'état électrique négatif, et même que telle  
est, sans aucun doute, l'origine des nuages négatifs.

Mais non-seulement les nuages peuvent ainsi être  
constitués dans l'état électrique négatif, mais de plus,  
cela a lieu dans l'air même au sein duquel s'évaporent  
de nouveau des vapeurs plus ou moins voisines de la con-  
densation. Par conséquent, l'électricité négative qui se  
manifeste dans l'atmosphère par un ciel serein, et dont

parle Beccaria, dans les endroits cités, peut fort bien ne pas être seulement un effet d'influence de nuages éloignés, elle peut être l'effet d'une nouvelle évaporation et du passage à un degré de plus grande élasticité des vapeurs qui se trouvent dans l'atmosphère à ciel serein, produit par le vent qui souffle toujours, dans ces circonstances, ainsi qu'il appert des observations citées de Beccaria.

Et ailleurs<sup>1</sup> cet illustre physicien dit encore que les vents impétueux ont enlevé toute électricité à ses fils explorateurs élevés, et ne lui en ont laissé apercevoir aucune trace dans les cerfs-volants que souvent, dans une telle circonstance, il avait fait monter très-haut.

Enfin, à l'endroit cité, page 43, on lit : « Dans la « matinée il se levait, d'habitude, un vent très-fort et « continu, et ce vent m'enlevait aussitôt toute électricité dans les fils explorateurs ; pendant quatre fois ; « dans ces circonstances, je réussis à faire monter très-haut le cerf-volant, après avoir attaché quelque caillou « à la queue de l'appareil, mais jamais je n'en obtins le « moindre signe d'électricité. »

Ces expériences prouvent : 1<sup>o</sup> que l'électricité qui se manifeste variablement dans l'atmosphère, ne peut tirer son origine de l'agitation et du frottement des masses d'air les unes contre les autres, ainsi que quelques physiciens distingués le croient encore<sup>2</sup> ; 2<sup>o</sup> que les tensions météoriques électro + sont dues à la condensation des vapeurs, car le vent qui détruit la condensation et favorise la nouvelle évaporation des vapeurs condensées, fait disparaître ces tensions et les change en tensions contraires.

<sup>1</sup> *Elettricità terrestre atmosferica*, p. 41.

<sup>2</sup> V. DAGUIN, *Physique*, V, III, n<sup>o</sup> 1389, et MARIÉ-DAVY, *Météorologie*.

Par conséquent Beccaria dit fort à propos à ce sujet (*l. c.*, page 41) : « Il me semble que ces expériences doivent pour le moins rendre douteuse l'opinion, que  
« maints philosophes de cabinet débitent avec tant  
« d'assurance, d'après laquelle toute électricité terrestre  
« atmosphérique n'a d'autre origine que le frottement  
« de l'air contre la surface de la terre. »

Les observations de Schübler et de Himmer montrent que les pluies négatives sont beaucoup plus fréquentes par les vents du sud que par ceux du nord ; et de plus, que la superposition de différentes couches de nuages est beaucoup plus commune avec les premiers vents qu'avec les seconds. Or les vents du sud sont précisément des vents chauds qui doivent produire la nouvelle évaporation de vapeurs condensées, par conséquent, des nuages négatifs (n° 103), et par suite encore différentes couches de nuages, par la nouvelle condensation supérieure des vapeurs qui se soulèvent des nuages inférieurs.

De plus, les résultats de Schübler et de Himmer montrent que les pluies négatives sont des accidents fréquents, mais dont la cause est locale, tandis qu'elle est plus générale pour les pluies positives. Les causes locales des pluies négatives sont évidemment celles qui produisent la nouvelle évaporation, c'est-à-dire les vents et les accroissements de température, et elles ne peuvent que modifier le fait général, que la condensation des vapeurs développe de l'électricité positive.

« Que le ciel soit serein, ou qu'il soit nuageux, dit Palmieri <sup>1</sup>, dans l'intérieur même des nuages, l'électricité atmosphérique est constamment +, excepté quand la  
« foudre éclate, ou qu'il vient à tomber de la pluie, de la  
« grêle ou de la neige. » Et plus loin, il ajoute : « On re-

<sup>1</sup> *Archives des sciences physiques*, 1854, t. XXVI, p. 110.

« marque de l'électricité — durable, quand il tombe de la pluie, de la grêle ou de la neige, laquelle, d'une grande distance, est apportée par le vent. » Or, la pluie qui, d'une grande distance, est apportée par le vent, doit précisément subir, du moins en partie, un principe de nouvelle évaporation, d'où sort, ainsi que je l'ai expliqué (n° 103) l'état électrique —.

Dans les mois froids on trouve rarement de l'électricité négative dans l'air <sup>1</sup>, parce que la nouvelle évaporation des nuages doit être moins fréquente, à cause de la température moindre et de la moindre possibilité de courants d'air chaud.

Une telle origine des nuages négatifs nous explique pourquoi ces nuages sont rares <sup>2</sup>, tandis qu'elle nous explique également le fait, qu'ils sont souvent placés sous d'autres nuages <sup>3</sup>, formés par la nouvelle condensation des vapeurs qui se sont soulevées des nuages négatifs. De La Rive remarque justement que la présence de ces nuages négatifs inférieurs contribue essentiellement à la production des orages, et surtout de la grêle dans la saison d'été, comme nous verrons dans la suite.

Quand le ciel est nuageux, on remarque une augmentation de tension + un peu avant la pluie, par l'effet de la condensation qui naturellement doit la précéder. L'intensité de ces signes est réellement en proportion avec l'abondance de la pluie; ils durent jusqu'à ce que la pluie soit sur le point de finir, et s'effacent quelque temps avant qu'elle finisse. En outre, quand la pluie veut se renforcer, les signes électriques augmentent

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 193.

<sup>2</sup> PELTIER. *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. VI, p. 132.

<sup>3</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 193.

évidemment à cause de l'augmentation de la condensation, et durent jusqu'à l'instant où la pluie va cesser.

CIV. — Théorie mécanique de la grêle.

A chaque décharge électrique qui a lieu dans un nuage, comme l'air qui entoure les gouttelettes liquides est déchiré, il doit se faire une cessation ou diminution momentanée de la pression atmosphérique autour de chaque gouttelette, et partant il doit s'ensuivre l'évaporation d'une partie de la gouttelette et la congélation successive et immédiate de la partie restante. A cette évaporation superficielle des gouttelettes liquides doit pareillement concourir l'action disruptive de la décharge électrique.

A l'appui de cette manière d'expliquer l'origine de la grêle on peut apporter le fait que, dans plusieurs cas, la foudre, frappant une masse liquide, en produit la congélation. On en rapporte plusieurs exemples dans un opuscule de l'abbé J.-P. Genevois, imprimé en 1840 à Turin, qui contient une nouvelle théorie de la grêle, théorie qui n'a toutefois rien de commun avec celle que j'expose. Je me contenterai de citer les deux exemples que je considère comme les plus précis.

L'auteur dit (à la page 22) avoir entendu en 1828 du comte sénateur de Vignet, alors vice-président de la Société académique de Savoie, que la foudre, en tombant sur la grande route près de Rumilly, en Savoie, avait tué un voyageur, et que, quoiqu'on fût dans la saison d'été, on avait trouvé la boue gelée autour du cadavre.

Dans le même opuscule (à la page 23) on lit que M. le chevalier Sismonda, professeur de minéralogie à l'Université de Turin, se trouvant à Lombriasco, au mois de septembre 1828, vit plusieurs paysans qui connaissaient la passion de l'abbé Losana, leur curé, pour la physique,

accourir en toute hâte pour lui raconter que la foudre était tombée sur un arbre le long du grand chemin, et que, s'étant rendus sur le lieu, ils avaient trouvé que l'eau du fossé était gelée. Evidemment la décharge électrique qui avait frappé soit directement, soit indirectement l'eau du fossé, dut être la cause de sa congélation.

Il me semble donc qu'on peut retenir, comme un fait démontré par l'induction rationnelle et par l'expérience, que les grains de la grêle se forment, par les raisons qui ont été indiquées, dans les décharges électriques.

La grêle est donc un produit du conflit qui s'établit entre les nuages positifs et les nuages négatifs, dans le but de rétablir l'équilibre électrique troublé par les phénomènes de condensation et d'évaporation de la substance liquide, qui est la principale cause des plus grands bouleversements qui arrivent à la surface de notre globe. Ces terribles conflits entre les nuages qui se trouvent à des états électriques contraires, et d'où la grêle prend son origine, nous démontrent que, dans le monde physique, aussi bien que dans le monde moral, l'équilibre des forces ne peut être troublé, sans qu'il en advienne des souffrances pour le rétablir. Pendant l'hiver, au moins dans nos climats, ces redoutables conflits n'arrivent point, par la raison qu'en hiver il n'y a pas lieu à de si fortes ruptures d'équilibre électrique contraires tels qu'on les voit arriver pendant l'été <sup>1</sup>.

CV. — Mécanisme des éclairs de chaleur.

En été on voit parfois des éclairs, non-seulement à l'horizon, mais même au zénith, pendant des nuits entières, sans qu'on entende le tonnerre, et par un ciel

<sup>1</sup> M. Marco oublie les cirrus, nuages formés de particules glacées, à température très-basse, seuls capables, en pénétrant au sein d'un nuage aqueux, de déterminer la formation subite de grêle ou de glace. — F. M.

parfaitement serein. Ces éclairs tirent leur origine de décharges électriques à tension faible, qui ont lieu entre les différentes portions des vapeurs qui se trouvent dans l'atmosphère en différents degrés de condensation et dans des états électriques différents.

CVI. — Mécanisme électrique des trombes.

La forte raréfaction constatée au sein des trombes, en vertu du mouvement d'air en tourbillon qui les constitue, doit produire une grande tension électro — dans leur intérieur, parce qu'en général, comme la condensation est cause d'un état électro +, *vice versa*, la raréfaction est cause d'un état électro — (n° 103). De là la rupture d'équilibre électrique que la trombe produit dans les corps qu'elle trouve sur son chemin, et les décharges électriques de ces corps sur la trombe, décharges qui produisent les effets électro-mécaniques de la trombe, c'est-à-dire les éclairs, la fusion des métaux, le dessèchement, le retournement et le déchirement des plantes, la force d'extirper le fer des murs, le déplacement de corps plus ou moins pesants, les coups que des individus étendus sur le sol ou cramponnés à des arbres ont sentis sur leur dos, etc., etc.

Daguin, en parlant d'une trombe, dit<sup>1</sup> : « Des habitants virent alors le météore sous la forme d'un cône renversé, de couleur grise, dont la pointe était à quelques mètres du sol, et se terminait par une calotte de feu d'un rouge vif. » Il me semble que cette calotte de feu indique précisément que la trombe devait posséder une tension électro —, car c'est un caractère des pointes qui ont une tension électro — que de présenter une lumière qui ne rayonne point en guise d'aigrette,

<sup>1</sup> *Physique*, t. III, p. 258.

mais qui est évassée en guise de petite boule; et cette calotte de feu par laquelle se terminait la trombe doit, à mon avis, correspondre bien plutôt à la petite boule qu'à l'aigrette; si la tension eût été électro +, on aurait dû apercevoir une flamme correspondante à l'aigrette, partant de la trombe et dirigée vers le sol.

Une trombe produit des effets électro-mécaniques surtout au sein des masses métalliques, parce que la rupture d'équilibre qu'elle produit, ayant lieu en même temps dans toute la masse, est par conséquent plus intense qu'au sein des mauvais conducteurs, chez lesquels la rupture d'équilibre est moléculaire. C'est pourquoi, dans le premier cas, les décharges électriques doivent être beaucoup plus violentes que dans le second. Pour cette raison encore, la trombe doit agir de préférence sur les masses conductrices, qui sont plus sensibles à son action inductive. En effet, à Monville, la trombe se porta de préférence sur les ateliers remplis de masses métalliques de toute espèce, en évitant les maisons bourgeoises qui se trouvaient sur son passage, à l'exception d'une seule, dont le grenier était rempli de ferrailles, que la trombe bouleversa en produisant un commencement d'incendie<sup>1</sup>.

La foudre frappe pareillement de préférence les corps conducteurs, parce que l'induction y produit un déséquilibre électrique dans toute la masse, et par conséquent beaucoup plus intense que dans les corps non conducteurs, chez lesquels l'induction ne s'étend pas à toutes les molécules.

Mais les décharges électriques des trombes sont moins violentes que celles de la foudre, parce que les premières ne sont que des décharges de corps induits sur les trombes électro —, tandis que les secondes sont

<sup>1</sup> DAGUIN. *Physique*, t. III, p. 261.

des décharges de nuages électro + sur les corps induits. En effet, le père Cavalleri dit, dans la description d'une trombe<sup>1</sup> : « Il pourrait paraître étrange à quelqu'un « qu'une si grande quantité de fluide électrique n'ait point « produit de vraies foudres, telles qu'on les voit descendre « des nuages dans les orages communs. L'étonnement « toutefois cessera si l'on pense que les nuées qui des- « cendaient sur la terre et formaient la trombe, étaient « plus ou moins rompues et effilées, déchirées en lam- « beaux, et nageant dans l'air qui, bien qu'humide, n'est « jamais un si bon conducteur qu'un faisceau de nuées « formées de globules aqueux. »

Si les nuages supérieurs positifs accourent dans l'intérieur de la trombe, et s'ils se déchirent en lambeaux, c'est encore une conséquence de cet état électrique —, et de l'évaporation à laquelle sont assujettis les nuages dans l'intérieur de la trombe par la forte raréfaction intérieure.

La chaleur et l'étouffement que sentent les personnes entraînées dans le tourbillon<sup>2</sup> provient de la sécheresse qui règne à l'intérieur de la trombe par la forte raréfaction qui y existe.

La rérafaction intérieure et l'état électro —, concourent au renversement des plantes et des murs qui ont leur sommet dirigé vers l'intérieur de la ligne parcourue par la trombe<sup>3</sup>.

#### CVII. — Mécanisme électrique des aurores polaires.

L'immense quantité de vapeur d'eau qui s'élève continuellement de la surface de la terre et des mers, surtout de la zone torride, transportée dans les grands

<sup>1</sup> *Rendiconti del R. Istituto lombardo*, 20 luglio 1865, p. 247.

<sup>2</sup> CAVALLERI, *l. c.*, p. 249.

<sup>3</sup> CAVALLERI, *l. c.*, p. 255.

**courants équatoriaux** qui constituent les vents alizés supérieurs vers les régions polaires, en s'y condensant en grande abondance et en passant non-seulement à l'état liquide, mais encore à l'état solide cristallin, à cause de la basse température qui y règne, produit d'énormes charges électriques, et par conséquent une infinité de décharges parmi les petits cristaux de glace suspendus dans l'atmosphère très-sèche de ces contrées. Ces décharges, en traversant l'air raréfié des régions supérieures de l'atmosphère, y engendrent ces phénomènes lumineux appelés *aurores polaires*, et qui ressemblent parfaitement à ceux que nous produisons en faisant traverser par des décharges électriques les gaz raréfiés.

La nature électro-dynamique du phénomène des aurores polaires nous est encore démontrée par les perturbations de l'aiguille aimantée qui le précèdent et l'annoncent, ainsi que par les courants électriques très-intenses dans les fils télégraphiques qui l'accompagnent; car l'un et l'autre de ces phénomènes sont des manifestations de l'état électrique.

Cette théorie de l'origine des aurores polaires fut jadis exposée et développée par de La Rive dans son *Traité de l'électricité*<sup>1</sup>, où toutefois manquent les raisons de ces phénomènes, qui ne peuvent être fournies que par la nouvelle théorie mécanique.

Les aurores polaires, étant produites par la condensation des vapeurs, présentent dans leur fréquence des périodes de *maximum* et de *minimum* qui dépendent des saisons. Leur nombre atteint le maximum pendant l'automne, c'est-à-dire à l'époque où la condensation des vapeurs qui se sont rassemblées dans l'atmosphère pendant la saison d'été atteint elle-même

<sup>1</sup> T. III, p. 280 et suiv.

son maximum ; leur nombre au contraire est minimum au solstice d'été<sup>1</sup>, époque où la condensation est elle-même minimum.

Leur splendeur est variable, et elles ne sont pas toujours visibles<sup>2</sup>, surtout si elles ont lieu de jour. Toutefois le docteur Henri Uster, dans le deuxième volume des mémoires de l'Académie d'Irlande, parle d'une aurore boréale qu'il vit en plein jour, à l'heure de midi, le 24 mai de l'année 1778.

Les étés les plus chauds sont ordinairement suivis de l'apparition pendant l'automne d'aurores boréales nombreuses et étendues, à cause de la plus grande abondance de vapeurs qui se rassemblent dans l'atmosphère. Les brillantes aurores boréales des mois d'août, septembre et octobre 1839<sup>3</sup>, furent précisément précédées d'un été très-chaud et très-sec.

L'apparition des aurores polaires est dans un rapport intime avec l'état d'humidité de l'atmosphère. Lorsque celle-ci est sèche, les faisceaux et l'arc lumineux présentent un mouvement d'oscillation à cause de la résistance que rencontrent les décharges électriques qui ont lieu entre les petits cristaux de glace ; par contre, si l'atmosphère est humide, la lumière des faisceaux lumineux et de l'arc est alors tranquille, parce que les décharges électriques, ne rencontrant que peu de résistance, ont lieu paisiblement et sans oscillation assez appréciable.

Les aurores polaires sont donc une restitution lumineuse, qui a lieu spécialement dans les régions polaires, de l'éther que les atomes tourbillons de la vapeur d'eau ont enlevé à la surface de la terre dans les régions équatoriales.

<sup>1</sup> V. DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 300.

<sup>2</sup> V. DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 294.

<sup>3</sup> V. *Archives des sciences physiques*, 1859, t. VI, p. 275.

Cette restitution d'éther par la vapeur d'eau condensée dans l'atmosphère, à la surface de la terre, à laquelle cet éther a été dérobé, a lieu, non-seulement dans les régions polaires, mais encore dans les régions tempérées et équatoriales, tantôt paisiblement, tantôt violemment, dans un temps d'orage.

§ 10. — Phénomènes électriques cosmiques.

CVIII. — Mécanisme électrique de la chaleur et de la lumière solaires.

Pour couronner la série des triomphes de la théorie mécanique de l'électricité dont j'expose les principes, je vais citer en dernier lieu l'explication aussi simple que vraie des phénomènes électriques célestes.

Les études des astronomes modernés ont dévoilé que le soleil est formé d'un nucléus central obscur, environné d'une atmosphère également obscure, dans laquelle nagent des nuages lumineux qui constituent la photosphère. C'est pourquoi sa surface observée avec les télescopes modernes apparaît comme grenue, c'est-à-dire formée de masses lumineuses, distinctes et séparées les unes des autres par des intervalles obscurs, qui constituent, au dire de Secchi, *un tissu général réticulaire noir* sur la surface de l'astre. La continuité apparente de la photosphère solaire est donc une illusion produite par un phénomène de l'irradiation.

On pourra se rendre un compte exact d'un tel état de choses en admettant que le soleil soit formé d'un noyau liquide ou gazeux, obscur, entouré d'une atmosphère gazeuse pareillement obscure, et que de la surface de ce noyau liquide ou solide il se soulève continuellement des vapeurs qui, arrivées à une certaine hauteur, se condensent à cause du refroidissement, Ainsi doivent se produire des nuages chargés d'une immense

quantité d'électricité +, tandis que le noyau, par l'effet de l'évaporation, doit rester à l'état électro — : phénomène parfaitement analogue à celui que nous avons vu (n° 101) avoir lieu sur la terre par suite de l'évaporation de la matière liquide qui couvre une grande partie de sa surface.

Ainsi il doit y avoir un continuel et immense flux d'éther d'un atome tourbillon à l'autre, partant des nuages électro + et allant vers le noyau électro —. Et ce flux produira des vibrations éthérées lumineuses et caloriques continues, constituant ce torrent de chaleur et de lumière qui rayonne sans cesse de cet astre bienfaisant, centre et vie de notre système planétaire.

La photosphère est donc en proie à une continuelle agitation, par suite des énormes ruptures d'équilibre de pression qui sont produites par les continuels changements d'état des vapeurs qui la constituent, et par les immenses décharges électriques qui en sont la conséquence. C'est pourquoi il doit encore y avoir dans l'atmosphère solaire un continuel et terrible tonnerre, qui troublerait sans doute le sommeil de ses habitants, s'ils existaient et s'ils avaient nos oreilles délicates.

Les nuages lumineux de la photosphère, tous à l'état électro +, doivent mutuellement se repousser, et c'est de là que provient leur séparation et leur maintien à l'état de masses distinctes, séparées par des intervalles obscurs, ce qui donne à la photosphère l'aspect grenu. Cet aspect grenu est moins sensible vers les bords, ce qui résulte évidemment d'un effet de perspective, c'est-à-dire, de ce que, la masse du soleil étant sphérique vers le contour, les nuages lumineux, distincts l'un de l'autre, sont vus obliquement et non pas de front, et par conséquent les intervalles obscurs restent couverts par les inégalités proéminentes de surfaces des nuages lumineux.

Entre les vapeurs condensées de la photosphère solaire et la masse interne, il arrive continuellement ce qui a lieu entre les nuages et la surface de la terre à l'occasion des violents orages, pendant lesquels l'électricité qui s'écoule continuellement d'un nuage à l'autre, et des nuages à la terre, produit un éclair continu, ainsi que Beccaria le décrit dans son livre de *l'Electricità terrestre atmosferica*.

Celui qui a considéré la magnificence des phénomènes qui maintenant encore produisent sur notre globe les ruptures d'équilibre électrique dues aux différentes phases par lesquelles passe une partie minime de cette matière liquide qui couvre les trois quarts environ de sa surface; celui qui a observé la vive lumière que répandent sur tout l'horizon quelques nuages s'allumant en éclairs dans une nuit obscure, et la lumière électrique continue que répandent parfois les nuages par les continuelles décharges électriques qui ont lieu dans leur sein; celui enfin qui a contemplé le brillant spectacle des aurores polaires qui, comme je l'ai expliqué (n° 107), tire précisément son origine de la restitution d'éther faite par les atomes tourbillons de la vapeur d'eau à la surface de la terre, à laquelle l'évaporation l'avait dérobé d'une manière parfaitement analogue à celle qui doit avoir lieu à la surface du soleil: celui-là, dis-je, n'éprouvera aucune difficulté à comprendre de quelle manière les ruptures d'équilibre électrique produites par l'évaporation et la condensation peuvent engendrer l'éclatant phénomène de la lumière et de la chaleur solaires.

Des éruptions hydrogénées, dit le professeur Respi-ghi, semblent provenir de la masse intérieure du soleil; leur inconcevable vitesse et leur forme exigent une grande action répulsive, partant soit de la masse, soit de la surface du soleil. Cet observateur attribue cette grande action répulsive à l'électricité, ainsi que l'exige précisément ma théorie.

D'après le professeur Spoerer<sup>1</sup>, l'émission de substances lumineuses ne suffit point à expliquer les protubérances flamboyantes; les variations en sont trop rapides. Leur apparition et leur disparition à peu près instantanées nous portent à admettre l'existence de décharges électriques, qui s'étendent des masses exhalées à d'autres portions de l'atmosphère solaire.

En outre, l'identité de l'action chimique de la lumière électrique et de la lumière solaire, le défaut de polarisation des deux lumières, l'identité des couleurs dans leur spectre, la propriété que l'une et l'autre possèdent d'exciter la phosphorence, etc., etc., sont autant de preuves de l'origine électrique de la lumière solaire.

Par conséquent cette lumière est constituée d'une infinité d'arcs voltaïques, ou, pour mieux dire, d'étincelles, et son spectre est ainsi le résultat de la superposition d'une infinité de spectres de ces étincelles.

Telle était déjà l'opinion de W. Herschel et d'Ampère, qui pensaient que l'incandescence était due à des courants électriques plutôt qu'à une combustion, parce que la chaleur et la lumière seraient hors de proportion avec la petite quantité de matière qui entre en combinaison chimique; et l'on ne peut concevoir leur permanence à travers tant de siècles sans altération apparente de la surface de l'astre, qu'en mettant en jeu de courants électriques.

Le professeur Henri Morton, dans une lettre au professeur Coffin<sup>2</sup>, relative à l'éclipse solaire du 7 août 1869, dit : « Je suis persuadé que la couronne solaire est une « aurore polaire permanente. » Et il ajoute ensuite : « Il est donc à peu près certain que la couronne solaire est « simplement une décharge électrique incessante, mais

<sup>1</sup> *Astron. Nachr.*, n° 1870.

<sup>2</sup> *Les Mondes*, 7 octobre 1869.

« variant, sans doute, avec une grande rapidité, comme nous le voyons pour l'aurore boréale. » Si la couronne solaire est une décharge électrique incessante, il faut qu'il y ait quelque part une charge électrique incessante, ainsi que cela résulte de la théorie que j'ai exposée.

Au reste, nous trouverons des preuves positives de la nature électrique de la lumière solaire dans le magnétisme terrestre, qui, comme nous le verrons, tire son origine de l'éclat électro + de la surface du soleil ; ainsi que dans la coïncidence, aujourd'hui bien prouvée, des périodes des taches solaires avec les périodes de *maximum* et de *minimum* des variations des éléments magnétiques.

Le rayonnement solaire dérive donc de l'alternative continue, par laquelle l'éther est transporté, des atomes tourbillons des vapeurs qui se soulèvent dans l'atmosphère gazeuse du soleil, pour retourner ensuite, à force de décharges électriques, à l'endroit d'où il est parti, c'est-à-dire au noyau, à mesure que les nuages lumineux se condensent pour retomber à la surface de la masse intérieure. Par conséquent, la conservation de l'énergie solaire se réduit à la conservation de l'évaporation et de la condensation de la partie superficielle de sa masse liquide. De cette manière on s'explique que toute la masse du soleil doit participer à l'émission de sa lumière et de sa chaleur.

Au reste, il peut fort bien se faire que la force vive qui, sous forme d'ondulations éthérées, lumineuses et caloriques, part de cet astre, lui soit, au moins en partie, rendue par le nombre infini de soleils qui, comme lui, émettent en rayonnant de la lumière et de la chaleur dans le milieu éthéré au sein duquel ils sont plongés.

En outre, la chaleur de condensation des matières vaporeuses condensées de la photosphère doit elle-même certainement concourir à constituer la chaleur des ra-

dations solaires. Cette chaleur pourrait fort bien être la source des radiations caloriques obscurs qui émanent du soleil.

Les protubérances de couleur rose que l'on remarque sur la photosphère dans les éclipses, démontrent que dans l'atmosphère gazeuse obscure, outre les nuages incandescents de la photosphère, il doit y avoir d'autres matières gazeuses ou vapeurs qui doivent être elles-mêmes incandescentes.

Le mouvement vibratoire, qui est produit par le retour à la surface du noyau liquide de l'éther qui se trouve en excès dans les atomes tourbillons de la vapeur condensée, avant de s'élancer dans les espaces célestes, où il va porter la vie aux planètes dont l'astre dirigeant est entouré, doit traverser non-seulement l'atmosphère gazeuse obscure et celle des protubérances roses, mais encore une épaisseur plus ou moins grande de la photosphère même, proportionnelle à la profondeur de la masse d'atomes tourbillons qui vibrent au-dessous de la surface photosphérique. On comprend ainsi l'origine des lignes obscures que le spectre solaire nous présente en nombre infini, et qui sont certainement dues, pour la plus grande partie, à l'absorption des portions des atmosphères solaires que ces radiations doivent traverser avant de s'élancer dans les espaces planétaires, ainsi que nous l'enseigne la théorie de Kirchhoff et Bunsen.

J'ai dit pour la plus grande partie, et non pour la totalité, parce qu'une partie de ce mouvement vibratoire s'éteint en traversant l'atmosphère terrestre, ainsi que l'on démontré Brewster et Janssen.

Le soleil parcourt actuellement la phase de fluidité par laquelle doivent passer tous les astres, et dans laquelle, certainement, ils présentent des phénomènes lumineux analogues à ceux que manifeste maintenant le globe so-

laire. Ces phénomènes doivent évidemment perdre de leur intensité et éprouver de profondes modifications, au fur et à mesure que la masse de l'astre va se condensant, en raison de la chaleur perdue. De cette manière on comprend l'apparition et la disparition d'étoiles, ainsi que les variations de leur splendeur, phénomène que présente pareillement notre soleil, qui est lui aussi une étoile variable. La température élevée du noyau solaire, qui est, pour le moins, celle de la vaporisation des métaux qui semblent exister dans son atmosphère, selon les observations spectroscopiques, tels que le potassium, le sodium, le magnésium, le nickel, le fer, le chrome, nous rend compte de sa faible densité <sup>1</sup>.

CIX. — Mécanisme électrique des comètes.

On sait que les comètes en s'approchant du soleil déploient des appendices lumineux que l'on appelle queues, par une émission de matière qui part du noyau, et qui est produite par le réchauffement solaire. Ces queues, au lieu d'être dirigées le long de la trajectoire que les comètes parcourent et de suivre le noyau, s'étendent en général dans une direction opposée au soleil, comme si elles en étaient repoussées.

Voici comment la théorie mécanique de l'électricité nous fournit l'explication de ces phénomènes. Quand la comète s'approche du périhélie, l'action réchauffante du soleil vaporise la matière du noyau, d'où les jets de matière gazeuse qui sortent dudit noyau. Cette expansion doit produire un état électro — dans le noyau (n. 103) qui, partant, devra subir une action attractive de la part du soleil électro +. Par contre, la matière gazeuse qui s'est élancée au dehors du noyau, en se re-

<sup>1</sup> Qu'il me soit permis de rappeler ici la note si intéressante de M. Claude Collas, *Sur la constitution physique du soleil. Les Mondes*, t. XXXII, p. 226. — F. n.

froidissant graduellement, se condense et acquiert un état électro + (n. 100); qui fait qu'elle est repoussée par le soleil électro + et forcée de s'en éloigner. On comprend, en outre, que l'action répulsive du soleil au périhélie puisse vaincre l'action attractive du noyau, et forcer la matière gazeuse de la comète à se disperser dans l'espace. Ainsi l'on vit un beau matin, vers la fin de décembre 1845, la comète de Gambart se partager en deux, et donner naissance à une petite comète qui l'accompagnait encore à son retour en 1852.

Telle pourrait fort bien être la cause du décroissement successif que l'on remarque dans plusieurs comètes; par exemple, dans celle d'Encke, qui avait déjà frappé Encke lui-même, ainsi que dans celle de Donati, de Halley, etc.

Les phénomènes lumineux que présentent les gaz raréfiés traversés par des décharges électriques, nous laissent concevoir la nature de la lumière émise par les comètes lorsqu'elles s'approchent du soleil, qui produit au sein de leur masse gazeuse des variations de densité, et partant des ruptures d'équilibre électrique. En effet, les recherches récentes de plusieurs astronomes ont démontré que les raies spectrales des comètes, ainsi que celles des nébuleuses, sont tout à fait semblables à celles des spectres que présentent l'azote, et plus encore l'hydrogène, traversés par des décharges électriques.

Lorsque, après le passage au périhélie, la force répulsive du soleil diminue, parce que la comète s'en éloigne rapidement, la matière de la queue peut alors rentrer dans le noyau, ainsi qu'il advint pour la comète de Donati.

La forme de paraboloïde creux que présentent les queues, la divergence des queues multiples, les secteurs lumineux et les points noirs, sont autant d'effets de l'action répulsive exercée entre les particules électrisées du corps cométaire.

Quant à la multiplicité des queues et aux enveloppes concentriques du noyau, que présentent parfois les comètes, elles sont l'effet nécessaire d'autant d'émissions distinctes de matière gazeuse partant du noyau.

Je conclurai ce court précis en rapportant un passage de sir John Herschel sur la constitution physique des comètes, qui donne à la vérité de ma théorie une pleine confirmation. Cet illustre observateur dit<sup>1</sup> : « L'idée  
« d'une excitation électrique puissante dans la subs-  
« tance de la queue (semblable à celle d'une charge  
« électrique permanente dans le soleil) ajoutée à la con-  
« naissance ordinaire de la gravitation du noyau, satis-  
« ferait à presque toutes les conditions essentielles du  
« phénomène (que présentent les comètes). On ne  
« saurait douter qu'au périhélie la chaleur solaire ne  
« vaporise une portion de la matière cométaire. Le  
« noyau devient — et la queue +..... Dans la comète de  
« Halley, la matière de la queue semblait lancée avec  
« violence en jets et courants comme à travers des ori-  
« fices ou fentes de la partie antérieure du noyau. De  
« plus, il est digne d'observation qu'au lieu de continuer  
« à s'avancer vers le soleil, ces jets parurent dans plu-  
« sieurs cas se courber vers la queue, comme si quelque  
« puissance s'opposait à leur avancement dans la direc-  
« tion primitive. Aucun phénomène semblable n'eut  
« lieu après le passage au périhélie, lorsque la queue  
« se contractait tranquillement par l'action du refroi-  
« dissement. »

Des idées analogues furent déjà émises par Bessel.

Les phénomènes des comètes sont donc l'effet : 1° des grands changements de leur température et de leur densité, qui sont la conséquence des grandes variations de leurs distances successives au soleil; 2° des charges

*Archives des sciences physiques*, 1848, t. VIII, p. 215.

électriques qu'acquiert la matière en changeant de densité et des décharges électriques qui s'ensuivent; 3° de la tension électro + de la photosphère du soleil; 4° de la répulsion qui s'exerce entre le corps du soleil et la matière des queues des comètes, chargés de la même électricité <sup>1</sup>. Si la force répulsive énergique qui émane du soleil agit sur les queues des comètes, il est très-probable qu'elle doit exercer une action très-importante dans le grand drame de la force solaire. Le professeur Morton et Faye attribuent cette action répulsive à la chaleur; mais la chaleur n'exerce aucune action répulsive, par elle-même, et entre des masses différentes; elle n'en exerce que sur les molécules d'une même masse, en augmentant leur mouvement de translation, et par conséquent leur tendance à s'éloigner les unes des autres, ainsi que je l'ai expliqué au chapitre deuxième.

CX. — Mécanisme électrique du magnétisme terrestre.

La photosphère solaire possède donc une tension électro + permanente. Par conséquent, toutes les planètes, sans excepter notre globe, doivent en subir l'induction et se trouver dans l'état électro — sur l'hémisphère tourné vers le soleil, et dans l'état électro + sur l'hémisphère opposé. Mais comme ces planètes tournent sur leur propre axe de l'occident à l'orient, la rupture d'équilibre électrique de leurs atomes tourbillons, produite par l'induction, changera constamment de place dans le sens du mouvement apparent du soleil, ce qui exigera une circulation incessante d'éther au sein de leurs masses, et dans le sens de ce mouvement, c'est-à-dire de l'est à l'ouest.

Voilà l'origine des courants terrestres d'Ampère, qui produisent la direction polaire de l'aiguille aimantée.

<sup>1</sup> M. l'abbé Raillard a le premier et souvent développé la théorie électrique des comètes, dans le *Cosmos* et les *Mondes*. — F. M.

L'intensité du magnétisme ainsi excité dans les planètes par le soleil, doit dépendre de plusieurs conditions, c'est-à-dire de leur distance au soleil, de la vitesse de leur rotation, de l'inclinaison du plan de leur équateur sur le plan de leur orbite, de la grandeur et de la conductibilité de leur masse, etc. Par l'effet de la distance, le magnétisme doit être plus intense sur les planètes inférieures Mercure et Vénus que sur la Terre, et moins intense sur les planètes supérieures. Par l'effet de la vitesse de rotation, l'intensité du magnétisme devrait être à peu près la même dans les quatre premières planètes, Mercure, Vénus, Terre et Mars, qui tournent sur leur axe à peu près dans le même temps. Cette intensité, dépendante de la vitesse de rotation, doit augmenter beaucoup dans les deux planètes Jupiter et Saturne qui tournent sur leur axe beaucoup plus vite, c'est-à-dire à peu près dans dix heures. Les bandes de Jupiter parallèles à son équateur pourraient bien être dépendantes de cette intensité de son magnétisme, c'est-à-dire des courants électriques qui doivent circuler autour de la planète de l'est à l'ouest.

La très-petite inclinaison du plan de son équateur sur celui de l'orbite de la planète ( $2^{\circ}$  à  $3^{\circ}$ ) doit aussi favoriser l'intensité du magnétisme de Jupiter, parce que les courants électriques développés par l'induction du soleil, se conservent toujours à peu près parallèles à l'équateur. Les effets du magnétisme doivent aussi être très-importants sur Saturne et ses anneaux.

Si telle est l'origine du magnétisme de la terre et des autres planètes, on comprend très-bien la dépendance des variations de la déclinaison magnétique terrestre des variations de l'éclat du soleil, c'est-à-dire du phénomène de l'apparition des taches. Cette dépendance, comme on sait, consiste en ce que l'amplitude de l'excursion magnétique diurne croît avec le nombre

des taches, et *vice versa*. De sorte que la période des taches s'accorde avec la période de l'amplitude des variations diurnes de la déclinaison trouvée par Lamont. Or, n'est-il pas évident que la tension électrique de la photosphère du soleil, et aussi son action inductive sur les planètes, doivent changer avec le nombre des taches ?

Ces courants, dus à l'action directe du soleil, sont la cause générale du magnétisme polaire du globe terrestre ; ceux qui sont dus aux phénomènes de vaporisation et de condensation de la vapeur d'eau, qui ont lieu à la surface de la terre en vertu de l'action de la chaleur solaire, sont les causes perturbatrices de l'action magnétique directe du soleil.

La chaleur solaire produit sur la surface du globe une évaporation croissante des pôles à l'équateur, laquelle est suivie par une condensation des vapeurs atmosphériques avec une intensité croissante de l'équateur aux pôles. De là une circulation continuelle d'éther, qui est transporté dans l'atmosphère par les atomes tourbillons de la vapeur d'eau, de l'équateur vers les pôles, où son retour sur la surface du globe est rendu sensible, ainsi que nous l'avons vu, par le brillant spectacle des aurores polaires ; tandis que l'éther qui s'écoule vers la surface de la terre en plus grande abondance aux pôles, doit ensuite retourner à l'équateur, où l'abondante évaporation le rappelle, et augmenter la densité éthérée des atomes tourbillons de la vapeur d'eau, qui sont soulevés ; de cette double circulation doit naître dans chaque hémisphère un courant terrestre ayant la direction du pôle à l'équateur.

Un tel retour d'éther des pôles à l'équateur doit s'opérer principalement par l'intermédiaire de la masse liquide qui couvre une grande partie de la surface de la terre, car la cause du rappel d'éther des pôles à

l'équateur, c'est-à-dire l'évaporation, existe principalement à la surface de cette masse liquide, plutôt qu'à la surface de la partie solide du globe. Cette observation nous explique comment les courants terrestres dirigés des pôles à l'équateur, n'ont pas toutefois toute l'intensité que peut-être ils devraient avoir, à cause de l'abondance d'évaporation équatoriale et de condensation polaire.

De cette manière on comprend que la force magnétique doit varier d'un endroit à l'autre de la surface de la terre avec la latitude et les conditions géologiques du sol, et qu'en un même endroit elle doit dépendre du mouvement apparent diurne et annuel du soleil relativement aux méridiens et à l'équateur, ce qui résulte des études de Secchi, de Sabine, de Lamont <sup>1</sup>.

De la même manière, on comprend pourquoi l'action magnétique que le soleil exerce sur la terre est plus grande, non-seulement dans notre hémisphère, mais aussi dans l'hémisphère austral, quand la terre est moins éloignée du soleil, ce qui arrive pendant les mois de notre hiver <sup>2</sup>, qui sont des mois d'été dans l'hémisphère opposé, et l'on comprend enfin le rapport qu'il y a entre les perturbations de l'aiguille aimantée et les perturbations de l'état électrique du soleil correspondant à l'apparition de ses taches <sup>3</sup>: Ce rapport, comme je l'ai déjà dit, consiste en ce que la grandeur de l'excursion magnétique diurne s'accroît graduellement avec le nombre des taches, et *vice versa*. De manière que la période décennale des taches coïncide avec la période décennale de la grandeur des variations diurnes de la déclinaison trouvée par Lamont.

<sup>1</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 272 et suiv.

<sup>2</sup> DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 258 et 276.

<sup>3</sup> V. DE LA RIVE. *Traité de l'électricité*, t. III, p. 378. — SECCHI *Bullettino meteorologico romano*, 1836, p. 4.

Enfin, je ferai remarquer que l'induction électro-statique que le soleil exerce sur notre atmosphère, est probablement la cause de l'oscillation barométrique diurne, analogue au flux et au reflux de la mer, avec deux *maxima* et deux *minima* dans les vingt-quatre heures, à distance égale. En effet, le soleil, en vertu de la tension électro + de sa photosphère, produisant l'induction sur le globe terrestre, doit attirer l'hémisphère électro — tourné vers lui, et repousser l'hémisphère électro + opposé. Une telle action attractive et répulsive doit être surtout sensible dans la masse gazeuse de l'atmosphère. De là doit naître une expansion de l'atmosphère dans la direction du diamètre équatorial terrestre dirigé vers le soleil, et par conséquent une compression latérale dans la direction du diamètre équatorial perpendiculaire au premier. L'atmosphère prendra donc une forme ovale, et il en naîtra des oscillations barométriques.

Cette hypothèse fut jadis énoncée par Lamont dans un mémoire sur la *Physique du Globe*, que cet auteur présenta à l'Académie royale de Belgique, le 8 octobre 1859. Après y avoir démontré que ce flux et reflux atmosphérique ne peut être produit ni par la gravitation solaire, ni par la pression des vapeurs atmosphériques, Lamont conclut qu'il ne peut dériver que de l'action électro-statique positive du soleil, laquelle se montre manifestement dans les phénomènes des comètes.

En outre, d'après les observations de Sabine, le magnétisme terrestre paraît aussi recevoir quelque influence de la lune; ce qui ne me semble pas absolument improbable, quand on considère que, si la lune ne possède pas un état électrique propre, elle doit, pour le moins, posséder un état électrique par induction du soleil, et par conséquent aussi un état

magnétique. Cet état électrique de la lune pourrait peut-être expliquer son influence météorologique, au moins sur certains phénomènes atmosphériques ou terrestres.

Comme le soleil est une des sources de la chaleur et de la lumière de toutes les planètes, et le centre de leur gravitation, il est aussi le principe des phénomènes électro-magnétiques qui s'y manifestent. Par conséquent les lois de la physique terrestre sont aussi les lois de la physique planétaire.

CXI. — Mécanisme électrique de l'influence de la lune sur la terre.

Si la lumière du soleil est d'origine électrique et si sa photosphère est dans un état électro +, ainsi que l'explique ma théorie, la lune, comme toutes les planètes, doit éprouver l'induction, et par conséquent son hémisphère, tourné vers le soleil, doit être électro — et l'hémisphère opposé électro +.

Cela posé, lorsqu'elle est en conjonction, c'est-à-dire entre le soleil et la terre, elle doit nous présenter son hémisphère opposé au soleil ou électro +, et alors elle ajoutera son induction à celle que le soleil exerce sur la terre par l'état électro + de sa photosphère, état qui engendre le magnétisme terrestre, c'est-à-dire les courants d'Ampère, de l'est à l'ouest (n° 110). Dans l'opposition, notre satellite nous présente sa face électro —, mais du côté opposé au soleil; par conséquent, son action inductive doit aussi conspirer avec celle que le soleil électro + exerce sur la terre, parce qu'un corps placé entre deux autres, l'un électro + et l'autre électro —, est influencé plus fortement que s'il n'était que sous l'influence d'un seul. La terre, en ce cas, se trouve dans une condition analogue à celle de la lame plus ou moins isolante d'un

condensateur placée entre un plateau électro + qui correspond au soleil et un plateau électro — qui correspond à la lune. Et comme la lame interposée entre les deux plateaux électrisés en sens contraire, éprouve une induction plus forte que sous l'action d'un seul plateau, de même la terre, placée entre la lune électro — et le soleil électro +, doit éprouver une induction plus énergique que s'il n'y avait pas la lune. Ainsi, quoique la lune nous présente son hémisphère électro + dans la conjonction et l'hémisphère électro — dans l'opposition, elle agit dans les deux cas sur la terre dans le même sens, c'est-à-dire qu'elle ajoute toujours son action inductive à celle que le soleil exerce sur notre globe par la tension électro + de sa photosphère.

Dans les quadratures, la lune tourne vers nous les parties de sa surface non opposées au soleil, dans lesquelles la tension électrique est moins forte, et de plus, elle présente à la terre dans le même temps une partie de l'hémisphère électro + et une partie de l'hémisphère électro — ; par conséquent son action sur la terre doit être au minimum ou même nulle. L'action de la lune sur la terre doit être au maximum et de même sens dans les syzygies, c'est-à-dire dans la conjonction et l'opposition, et au minimum ou même nulle dans les deux quadratures intermédiaires. On peut demander laquelle des deux actions inductives exercée par la lune sur la terre dans la conjonction et dans l'opposition est la plus énergique. Dans la conjonction, la tension électro + de l'hémisphère de la lune tournée vers la terre doit être plus forte que la tension électro — du même hémisphère dans l'opposition, parce que dans le premier cas la lune est plus voisine du soleil. Pour cette raison, l'action de la lune sur la terre doit être plus forte dans la conjonction que dans l'opposition ; mais dans l'opposition la terre subit l'induction du soleil électro + d'une

part, et de l'hémisphère électro — de la lune de l'autre, et cet effet pourrait bien être supérieur à celui qu'exercent le soleil et la lune d'un même côté dans la conjonction, quoique, alors, la lune, plus voisine du soleil, doive acquérir une plus forte tension, comme j'ai dit. En outre, on doit observer que l'hémisphère de la lune, constamment opposé à nous, peut être composé de substances métalliques, et, à cause de cela, plus conductrices que l'autre hémisphère. Et, par conséquent, il peut bien arriver que la tension électrique des deux hémisphères de la lune, qui doit déjà varier à cause de la différence des distances dans l'opposition et la conjonction, et des différences d'induction dans les deux cas, puisse encore varier, parce que, dans le premier cas, l'hémisphère le plus pesant de la lune, toujours opposé à la terre, est aussi tourné vers le soleil, au lieu que c'est le contraire dans les conjonctions.

Pour ces raisons, je ne crois pas pouvoir résoudre *à priori* et par le simple raisonnement le problème que j'ai énoncé, il doit être résolu par la théorie mathématique et surtout par l'expérience.

Cela posé, si le magnétisme terrestre est l'effet des courants d'induction que le soleil électro + engendre dans le globe terrestre, de l'est à l'ouest, par l'effet de sa rotation de l'ouest à l'est, on conçoit très-bien que la lune, ajoutant son induction électrique à celle du soleil dans l'opposition et la conjonction, puisse influencer le magnétisme terrestre. L'influence magnétique de la lune, soupçonnée par plusieurs savants, a été définitivement constatée par les études du général Sabine, qui, par la discussion de 103 747 observations, est arrivé à la conclusion que tous les éléments magnétiques sont influencés par la lune. Les maxima de cette influence coïncident avec les passages de la lune au méridien ma-

gnétique, supérieurement et inférieurement. Il y a bien une petite différence suivant les stations, dépendant sans doute des conditions géologiques du sol, comme cela a lieu pour l'action magnétique du soleil; mais on trouve pour l'influence magnétique de la lune des lois semblables à celles du soleil, comme on conçoit très-bien qu'il doit arriver dans ma théorie, par la raison, ainsi que je l'ai expliqué, que l'action magnétique de la lune sur la terre est de même nature que celle du soleil. Mais il reste à savoir si le résultat des observations confirme la théorie exposée, ce que nous diront le P. Secchi et le général Sabine, qui sont en possession de ces observations.

De plus, on comprend très-bien que les variations de l'induction électrique de la lune sur la terre dans les syzygies et dans les quadratures intermédiaires puissent bien influencer notre atmosphère, et prendre part à la production des phénomènes météorologiques.

On conçoit encore aisément que la lune, soit par son action météorique, soit par son action magnétique, ou même simplement par son induction électrostatique, puisse bien exercer une action directe sur beaucoup d'autres phénomènes terrestres, surtout sur la vie végétale et animale, bien que, sans doute, dans les opinions vulgaires sur l'influence lunaire, il doive y avoir beaucoup de préjugés. La théorie exposée nous servira, je l'espère, à démêler la vérité parmi les erreurs répandues sur ce point important de la physique terrestre.

Voilà dévoilée, et scientifiquement établie, l'influence, jusqu'à présent mystérieuse, de notre satellite sur la terre, influence qui, mêlée à beaucoup de préjugés, a pourtant un fond de vérité, ainsi que la science l'a déjà reconnu.

Enfin, d'après cette théorie, on comprend encore sans difficulté l'influence secondaire des planètes, et

surtout de Vénus, sur le magnétisme terrestre, et peut-être aussi sur les phénomènes météorologiques, ainsi que l'influence des planètes les plus rapprochées du soleil sur cet astre, ainsi que leur influence probable sur la production de ses taches.

---

## CONCLUSION

### OU SYNTHÈSE DE LA CONSTITUTION MÉCANIQUE DE L'UNIVERS.

La synthèse générale qui résulte de nos études, c'est que l'univers sensible est constitué par le mouvement tourbillonnaire et vibratoire d'une substance unique. La création c'est la mise de l'éther en mouvement : FIAT LUX ! Du mouvement en tourbillon de l'éther impondérable (par cela même qu'il est la cause du poids) naît l'atome pondérable. Ainsi l'atome, dernière conclusion de la chimie, naît du mouvement de l'éther, dernière conclusion de la physique. Ce mouvement en tourbillon de l'éther, qui engendre l'atome pondérable, en modifiant la pression de l'éther, donne lieu à la gravitation universelle et moléculaire.

L'atome ainsi constitué est aussi éminemment capable de recevoir les mouvements vibratoires qui constituent la lumière et la chaleur.

Lorsque sa vitesse de rotation est modifiée, sa densité et sa pression doivent se modifier à leur tour ; ce qui donne naissance aux phénomènes électriques.

Enfin, si les atomes tourbillons sont orientés avec leurs axes de rotation parallèles, de nouveaux phénomènes devront se produire dans l'éther, et ce seront les phénomènes magnétiques.

Les deux mouvements essentiels, le mouvement en tourbillon qui constitue l'atome, et le mouvement vibratoire qui constitue la lumière et la chaleur, se modi-

fient réciproquement et se transforment d'après les lois de la mécanique, sans gain ni perte finale. *L'indestructibilité de la matière et de ses mouvements* est par conséquent le principe suprême de la philosophie naturelle moderne.

En frappant une cloche avec un marteau nous voyons, après le choc, que le mouvement du marteau s'est éteint; ce n'est point qu'il ait été anéanti, mais c'est qu'il a passé dans la cloche, et s'est transformé en une quantité équivalente de mouvement vibratoire de ses molécules, lequel, à son tour, passe dans l'air; la sensation du son que nous éprouvons n'est que l'effet d'une petite fraction de ce mouvement, laquelle est communiquée par les molécules aériennes aux nerfs de notre ouïe. Quand un corps vient à se heurter contre un obstacle, on voit son mouvement de translation s'éteindre entièrement ou en partie, et l'obstacle rester immobile: toutefois ce mouvement n'est nullement détruit; il n'a fait que se transformer, sans aucune perte, dans le mouvement vibratoire du milieu ambiant, d'où provient le bruit qui suit toujours le choc des corps, et en mouvement vibratoire des atomes tourbillons des masses qui s'entre-choquent, d'où dérive l'élévation de leur température. C'est pour cela que le fer, sous les coups du marteau qui le frappe, conserve plus longtemps la teinte rouge que le feu lui a donnée; les plaques des navires cuirassés frappées par le boulet des canons modernes deviennent brûlantes; et les eaux en mouvement ont toujours une température plus élevée que celle des eaux stagnantes. Les aérolithes qui traversent notre atmosphère, en se heurtant contre les molécules de l'air, perdent de leur vitesse, mais ils se réchauffent et deviennent lumineux; cette lumière et cette chaleur ne sont qu'une portion du mouvement de translation de l'aérolithe, lequel s'est transformé en une quantité

équivalente de mouvement calorique et lumineux. Quand un convoi s'approche rapidement d'une station, on serre les freins pour l'arrêter; ce qui ne s'obtient qu'en transformant, par le frottement, le mouvement de translation des voitures en une quantité équivalente de chaleur.

Le comte Rumford, Américain, qui dirigeait en 1797 le forage des canons dans l'arsenal militaire de Munich, il fut vivement frappé du fort réchauffement produit dans une semblable opération, et fut amené à inventer un appareil où l'on engendrait de la chaleur au moyen du frottement. Cet appareil consistait en un cylindre creux en bronze, dans lequel entrait un cylindre massif d'acier trempé, fortement pressé contre le fond du premier cylindre. Cet appareil était placé dans une caisse de bois contenant 10 litres environ d'eau. Un cheval faisait tourner le cylindre massif, et après une heure de frottement contre le fond du cylindre creux, la température de l'eau, de  $+ 16^{\circ}$  cent. avait été portée à  $+ 42^{\circ}$ . Après une heure et demie elle avait monté à  $61^{\circ}$ ; après deux heures, à  $81^{\circ}$ ; après deux heures et 20 minutes, à  $93^{\circ}, 3$ ; enfin, après deux heures 30 minutes, elle était entrée en complète ébullition. Rumford raconte de la manière suivante l'effet produit par cette expérience sur lui ainsi que sur les autres témoins : « Il se-  
« rait difficile de décrire la surprise et la stupeur dont  
« furent frappés les spectateurs en voyant une si grande  
« quantité d'eau réchauffée et portée à l'ébullition sans  
« feu; quoique dans un tel résultat il n'y eût rien d'ex-  
« traordinaire, je dois toutefois avouer qu'elle éveilla  
« en moi une joie d'enfant si grande que j'eusse certai-  
« nement dû la cacher si j'avais eu l'ambition de passer  
« pour un grave philosophe. La force d'un cheval peut  
« donc engendrer de la chaleur, avec laquelle on pour-  
« rait faire cuire les aliments; mais, ajoute Rumford,

« je ne puis imaginer aucune circonstance où cette manière de réchauffement soit de quelque utilité, car la chaleur que pourrait fournir la nourriture du cheval par la combustion directe serait supérieure à celle qui est engendrée par le même au moyen de son travail. »

Les circonstances dans lesquelles la chaleur engendrée par le mouvement peut être de quelque utilité me semblent celles où la force motrice nécessaire pour la produire coûte moins que les autres sources caloriques. La force mécanique de l'eau dans un si grand nombre d'endroits, où on peut l'avoir gratis, ou tout au moins avec une très-faible dépense, me semble précisément satisfaire à ces conditions, et par conséquent il serait certainement possible de l'utiliser pour la production de la chaleur ou d'autres énergies physiques.

Mais peut-être les machines d'induction électrostatique et magnéto-électrique au moyen desquelles le mouvement des masses peut être transformé en mouvement de l'éther d'un atome tourbillon à l'autre, c'est-à-dire en courant électrique, permettront-elles d'utiliser les forces mécaniques qui maintenant sont perdues, d'une manière plus avantageuse que ne serait celle de les transformer en chaleur par la voie du frottement, puisque cette manière de transformation requiert toujours une déperdition des surfaces frottées. En effet, le courant électrique engendré à l'endroit où existe la force mécanique, pourra être conduit partout où l'on voudra en tirer quelque effet mécanique, chimique, calorique ou lumineux. Ainsi l'on obtiendra pareillement la solution la plus simple du grand problème de la production économique de l'électricité; solution qui permettra d'utiliser l'immense quantité de force vive que possèdent les masses d'eau qui coulent sur la surface de la terre, en la transportant, pour ainsi dire, des

plaines verdoyantes ou des flancs rocailleux des montagnes jusque dans les rues, dans les ateliers et dans les maisons des grandes villes.

Enfin le principe de *convertibilité et indestructibilité du mouvement* renferme en lui-même non-seulement tous les phénomènes de la nature inorganique, mais ceux encore de la nature végétale et animale. Le mouvement éthéré lumineux et calorique qui constitue la lumière et la chaleur solaire, et dont nous avons vu l'origine (n° 108), produit mécaniquement, au moyen des plantes, la séparation de l'oxygène du carbone, deux éléments qui se trouvent réunis dans l'atmosphère à l'état d'acide carbonique. L'oxygène rentre dans l'air, et le carbone reste dans le végétal. C'est ainsi que les arbres s'élèvent dans les bois, que les moissons croissent dans les champs, qu'un tapis de verdure recouvre la surface des prairies. On comprend, en effet, que, si la chaleur ainsi que la lumière ne sont qu'un mouvement vibratoire de la matière, un tel mouvement pourra fort bien troubler l'équilibre dynamique des atomes tourbillons qui constituent les molécules de l'acide carbonique, et par conséquent produire leur séparation dans les parties des végétaux où l'on rencontre un organisme fait pour cela, comme il arrive dans les feuilles, de la même manière dont la lumière même, dans la chambre obscure, sépare l'argent du chlore auquel il se trouve réuni sur la plaque photographique. Quant à la chaleur et à la lumière, c'est-à-dire au mouvement éthéré solaire qui produit un tel effet, il ne disparaît nullement, mais se communique aux éléments du corps qu'il engendre et y reste sous la forme d'un mouvement moléculaire permanent; c'est pourquoi Dante chanta avec raison :

Guarda il calor del sol che si fa vino,  
Giunto all' umor che dalla vite cola.

Vois.....

Comment en s'unissant dans la vigne fertile  
A ce fluide aqueux que la grappe distille,  
Vient à se faire vin la chaleur du soleil <sup>1</sup>.

dans ce sens que le mouvement qui constitue le rayon solaire est pour ainsi dire enfermé dans le sein de la plante à laquelle il donne la vie. Les rayons solaires qui arrivent sur le sable du désert le réchauffent, et le sable rend aussitôt par irradiation autant de chaleur qu'il en a reçu ; les mêmes rayons, s'ils rencontrent une forêt, ne rentrent dans l'atmosphère qu'en fort petit nombre, parce que l'énergie de la partie restante séjourne dans le sein des arbres qu'il fait croître. Par conséquent les dépôts du charbon fossile que l'on rencontre dans les terrains dits carbonifères, sont de vrais magasins où gisent renfermées la lumière et la chaleur solaires de plusieurs siècles écoulés.

La quantité de lumière et de chaleur nécessaire pour produire ainsi les végétaux, est précisément celle qu'ils sont ensuite capables eux-mêmes de reproduire, quand ils se réuniront de nouveau à l'oxygène, soit directement dans l'air, soit dans le corps des êtres animés. Une feuille de papier en brûlant restitue toute la lumière et la chaleur que le soleil a fournies pour en produire la substance. La chaleur des animaux et toutes les actions mécaniques dont ils sont capables, tirent leur origine de la combinaison chimique de l'oxygène de l'air avec l'hydrogène et le carbone de leurs aliments. Si on les considère mécaniquement, ce sont de vraies machines qui ne créent nullement, mais qui reçoivent le mouvement nécessaire à la circulation intérieure de leurs fluides, et celui dont ils peuvent disposer extérieurement, des substances qu'ils introduisent dans leur

<sup>1</sup> DANTE. *Purgatoire*, XXV, 77.

corps, comme il arrive dans les machines à vapeur. Toute action mécanique d'un animal n'est qu'une transformation du mouvement des atomes de l'oxygène qu'il a respiré et des atomes du carbone et de l'hydrogène de ses aliments, de la même manière que la course d'un convoi sur un chemin de fer n'est qu'une transformation des mouvements des atomes du carbone et de ceux de l'oxygène de l'air. L'origine de la force physique est la même dans les animaux que dans les machines à vapeur, et dans ce sens nous sommes tous des *âmes de feu*. L'animal qui se meut a besoin d'une plus forte nourriture que celui qui reste au repos, parce que toute contraction musculaire exige qu'un certain nombre d'atomes d'oxygène se réunissent aux atomes du carbone et de l'hydrogène de son sang, qui se trouvera ainsi appauvri de ces principes, et aura par conséquent besoin d'un aliment réparateur.

Les frétillement du poisson, le vol de l'oiseau, le galop du cheval, le ramage du rossignol, le chant de la bergère, les harmonies d'un orchestre, le son des trompettes, le roulement des tambours, les charges de la cavalerie, la lutte, la bataille, ne sont physiquement que des manifestations du conflit des atomes de l'oxygène respiré par l'animal avec ceux du carbone et de l'hydrogène de ses aliments. Et comme ces aliments, ainsi que nous l'avons vu, sont engendrés par le mouvement solaire, l'homme peut ainsi s'appeler vraiment fils du soleil, non-seulement dans le sens poétique, mais même dans le sens physique du mot. Et il n'y a pas seulement que l'homme et les autres animaux qui dérivent du soleil, toute autre puissance de la terre en dérive pareillement, ainsi que le mouvement de l'horloge dérive de la main qui l'a montée. Sa chaleur conserve la mer à l'état liquide, l'atmosphère à l'état gazeux, et tous les orages qui agitent ces masses fluides ne sont

que des transformations de son mouvement. C'est le soleil qui soulève mécaniquement les vapeurs de notre hémisphère, qui donne aux montagnes leur manteau de glace éternelle, qui recouvre en hiver les campagnes d'un linceul de neige, qui les arrose en été d'une pluie bienfaisante, qui dépose journellement la rosée sur le tendre feuillage, qui fait sourdre les eaux fraîches des fontaines, et sillonner la surface de la terre par d'innombrables cours d'une eau intarissable. Chaque goutte d'eau qui retombe sur nos campagnes a été soulevée à la hauteur d'où elle descend par la force mécanique du soleil. Les cataractes et les avalanches se précipitent avec une quantité de mouvement qui tire son origine du mouvement du soleil. Le murmure du ruisseau et le mugissement de la mer, le bruissement du feuillage et le sifflement du vent, le frais zéphyr qui ranime le pèlerin, l'impétueux ouragan qui déracine les arbres et soulève les flots, la pluie aux douces humidités qui rend la vie aux campagnes, l'impitoyable orage qui les dévaste, le tonnerre et la foudre, tout feu qui brûle, toute flamme qui pétille, ne sont que des manifestations du mouvement solaire qui, parvenu sur notre globe, se communique à la terre, à l'eau, à l'air, et fait naître toutes les puissances organiques et inorganiques, lesquelles, physiquement, ne sont que des transformations de l'énergie du soleil.

Les déductions du principe qui forme le sujet de ces considérations constituent le poème le plus sublime qui ait jamais été offert à la pensée humaine, le poème de la création, au sein duquel on rencontre un merveilleux réel, bien supérieur au merveilleux fantastique de l'Arioste et de Milton. Considérons la vie végétale et animale, les vents, les fleuves, les ouragans et les tempêtes, la chaleur rassemblée dans les mines de charbon fossile, la puissance des flottes, des armées et des ca-



ment de la matière, et l'homme, qui ne peut ni créer ni détruire la matière, ne peut aussi, par conséquent, ni créer ni détruire le mouvement.

Mais si l'on y pense bien, la véritable puissance créatrice de l'homme réside dans son intelligence, qui le distingue des autres êtres dont il est environné, et lui livre le domaine du globe qu'il habite. C'est par elle qu'il s'élève dans l'atmosphère là où n'arrivent point les oiseaux <sup>1</sup>; qu'il descend dans la mer et y séjourne à l'instar des poissons <sup>2</sup>; qu'il pénètre impunément dans les forges de Vulcain <sup>3</sup>, et lui ravit le feu <sup>4</sup>, par lequel, nouveau Phébus, il se fait ensuite transporter sur la surface de la terre et des mers; qu'il se promène, sans en recevoir aucune atteinte, à travers les flammes et sur les dalles enflammées <sup>5</sup>; qu'il perce les montagnes et comble les vallées <sup>6</sup>; qu'il relie les continents en jetant des ponts sur la mer <sup>7</sup>; qu'il réunit les mers en sillonnant les continents <sup>8</sup>; qu'il transmet ses pensées de l'un à l'autre hé-

<sup>1</sup> Aucun aigle, certainement, ne peut atteindre à la hauteur à laquelle l'homme s'élève dans les ballons aérostatiques.

<sup>2</sup> Jadis on descendait dans l'eau en s'enfermant dans une cloche, et en respirant l'air contenu dans la cloche même; maintenant on y descend armé d'un vêtement de gomme élastique, percé de trous munis de verres pour y voir, et dans lequel on renouvelle l'air au moyen d'un tube, aussi en caoutchouc, qui communique avec une machine à compression placée sur le rivage ou sur un bateau. L'air vicié sort du vêtement par des ouvertures capillaires, à travers lesquelles l'eau ne peut en même temps pénétrer à l'intérieur.

<sup>3</sup> Les mines de charbon fossile, où maintenant les mineurs travaillent à la lumière de la lampe de sûreté de Davy.

<sup>4</sup> Le combustible.

<sup>5</sup> Couverts d'habits incombustibles, les pompiers pénètrent impunément au sein des flammes.

<sup>6</sup> On fait allusion aux tunnels et aux ponts à plusieurs étages d'arches, sur lesquels les chemins de fer traversent les vallées.

<sup>7</sup> Ponts tubulaires sur la mer.

<sup>8</sup> Percement de l'isthme de Suez.

misphère avec la rapidité de la foudre<sup>1</sup> ravie par lui au ciel, et amenée sur la terre après qu'on lui'a enlevé tout pouvoir de nuire<sup>2</sup>; qu'il prédit les éclipses, les orages et les tempêtes<sup>3</sup>; qu'il illumine la nuit de la splendeur du jour<sup>4</sup>; qu'il adoucit les douleurs de sa frêle nature<sup>5</sup>; qu'il augmente la fertilité et la salubrité du sol; qu'il fait, du bout de sa verge de thaumaturge, jaillir l'eau fraîche des sables ardents du désert<sup>6</sup>; qu'il contemple avec une égale facilité les millions d'habitants qui s'agitent dans une goutte d'eau, et les millions de soleils qui parcourent les espaces célestes; qu'il devine l'existence d'astres qu'il n'a jamais vus<sup>7</sup>; qu'il mesure les dimensions, les poids et les distances de la plus grande comme des plus petites entre les planètes, avec lesquelles il ne communique que par un rayon de lumière; qu'il se fait donner par l'Iris messagère des nouvelles des cieux lointains d'où elle est partie<sup>8</sup>; qu'il contraint la

<sup>1</sup> Le télégraphe.

<sup>2</sup> Le paratonnerre.

<sup>3</sup> Les observations météorologiques permettent aujourd'hui d'annoncer les orages et les tempêtes atmosphériques d'un bout de l'Europe à l'autre.

<sup>4</sup> La lumière électrique, la lumière Drumond, etc.

<sup>5</sup> Ether et chloroforme.

<sup>6</sup> La sonde, ou verge du mineur, fait jaillir l'eau des sables mêmes des déserts dans des lieux qui ne sont pas trop éloignés des montagnes.

<sup>7</sup> D'après les perturbations qui avaient été observées dans la planète Uranus, l'astronome français Le Verrier découvrit l'existence d'une autre planète dont il détermina par le calcul les dimensions, la distance et la position relativement à Uranus. L'astronome Galle, à Berlin, le 23 novembre 1846, sept jours après l'annonce faite par Le Verrier, vit avec un très-fort télescope la nouvelle planète (Neptune) précisément à l'endroit qui avait été indiqué par l'astronome français !

<sup>8</sup> Les raies obscures que l'on observe dans le spectre solaire, comparées avec celles qui sont données par les différents corps simples, fournissent le moyen de juger de la présence ou de l'absence des différentes substances dans l'atmosphère du soleil. Ainsi Kirchhoff et Bunsen y trouvèrent des indices de la présence du sodium, du magnésium, du fer, du cobalt, du nickel et du manganèse, tandis qu'ils ne constatèrent aucune

lumière à peindre son visage et à fixer pour ses observations les images fugitives<sup>1</sup>; qu'il donne la vie à sa pensée par les couleurs et par le marbre; qu'il fait trembler les corps et en tire des harmonies célestes; qu'il lit sur la surface du sol les différentes phases parcourues par la planète sur laquelle il demeure; qu'il converse avec l'antiquité et ranime les temps écoulés au moyen de recherches philologiques et historiques; qu'il analyse le temps et l'espace, et crée les divines mathématiques; qu'il s'analyse enfin lui-même et se sent soulevé vers Dieu.

trace de la présence de l'aluminium, du zinc et du cuivre. L'analyse spectrale s'applique de même aux étoiles, mais avec beaucoup plus de difficulté.

<sup>1</sup> La photographie est arrivée à fixer les images les plus fugitives, telles que celle d'un cheval au galop ou d'un convoi qui marche à grande vitesse, les flots de la mer, etc. Elle aspire à reproduire les couleurs de la nature.

FIN.

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE DE L'ÉDITEUR . . . . .	I
PRÉFACE DE L'AUTEUR . . . . .	III

### CHAPITRE PREMIER

#### HYPOTHÈSE DES ATOMES TOURBILLONS.

I. But de l'ouvrage. . . . .	1
II. Les éléments de la matière, soit pondérable, soit impondérable, doivent être en mouvement. . . . .	2
III. Les éléments de la matière pondérable, c'est-à-dire les atomes, doivent nécessairement être doués d'un mouvement rotatoire. . . . .	3
IV. Les atomes de la matière pondérable doivent être environnés d'une atmosphère étherée raréfiée. . . . .	3
V. Les atomes peuvent être hétérogènes ou homogènes. . . . .	4
VI. On propose l'hypothèse que les atomes de la matière pondérable consistent simplement en petits tourbillons étherés. . . . .	5
VII. Constitution des molécules dans l'hypothèse des atomes tourbillons. . . . .	6
VIII. Rapport essentiel entre la vitesse, la densité et la pression des atomes tourbillons étherés. . . . .	6
IX. Mécanique de la chaleur intérieure des corps dans l'hypothèse des atomes tourbillons. . . . .	7
X. Idées de Savary et d'Ampère. . . . .	8

### CHAPITRE DEUXIÈME

#### DES DIFFÉRENTS ÉTATS DE LA MATIÈRE PONDÉRABLE DANS L'HYPOTHÈSE DES ATOMES TOURBILLONS.

XI. Constitution mécanique des gaz. . . . .	10
XII. Constitution mécanique des liquides. . . . .	12
XIII. Constitution mécanique des solides. . . . .	13
XIV. La cristallisation est une conséquence de la tendance des axes de rotation au parallélisme. . . . .	14

	Pages
XV. Loi de Boyle et de Mariotte. . . . .	14
XVI. Principes de l'égalité de pression dans les fluides. . . . .	15
XVII. Mécanisme de la faculté qu'ont les molécules d'emmagasiner la force vive. . . . .	15
XVIII. La vitesse de rotation des atomes tourbillons va croissant de l'état gazeux à l'état solide, tandis que la vitesse de translation diminue. . . . .	16
XIX. La chaleur augmente la vitesse de translation des atomes tourbillons, et diminue la vitesse de rotation. . . . .	18
XX. Mécanisme de la dissociation. . . . .	19
XXI. Pourquoi la répulsion moléculaire croît avec la chaleur, et <i>vice versa</i> . . . . .	20
XXII. Mécanisme de la force expansive de la matière. . . . .	20

### CHAPITRE TROISIÈME

#### LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS APPLIQUÉE A LA GRAVITATION UNIVERSELLE ET MOLÉCULAIRE.

XXIII. Constitution mécanique de l'éther. . . . .	22
XXIV. Mécanisme de la gravitation universelle et moléculaire. . . . .	23

### CHAPITRE QUATRIÈME

#### APPLICATION DE LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS AUX PHÉNOMÈNES DE LA CHALEUR.

XXV. Mécanisme de la température absolue et du zéro absolu. . . . .	26
XXVI. Mécanisme de la transformation du travail en chaleur au moyen de la compression d'un gaz. . . . .	27
XXVII. Mécanisme de la transformation de la chaleur en travail au moyen de l'expansion d'un gaz. . . . .	27
XXVIII. Mécanisme de l'abaissement de température dans l'expansion d'un gaz. . . . .	28
XXIX. Mécanisme de l'effet thermique de la chaleur. . . . .	28
XXX. Mécanisme du changement d'état que produit la chaleur. . . . .	28
XXXI. Mécanisme de la chaleur de fusion et de vaporisation. . . . .	29
XXXII. Mécanisme de l'influence de la pression sur la température de fusion des solides et d'ébullition des liquides. . . . .	29
XXXIII. Mécanisme du pouvoir émissif et absorbant. . . . .	29
XXXIV. Mécanisme du grand pouvoir que les gaz composés ont d'absorber la chaleur. . . . .	30

	Pages
XXXV. Mécanisme de la loi de l'équilibre mobile de la température. . . . .	32
XXXVI. Mécanisme des images de Moser. . . . .	32
XXXVII. Mécanisme de la propagation de la chaleur par conduction. . . . .	32
XXXVIII. Mécanisme de la conductibilité des métaux pour la chaleur; de leur ténacité, de leur malléabilité, de leur pouvoir réflecteur. . . . .	34

## CHAPITRE CINQUIÈME

### APPLICATION DE LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS AUX PHÉNOMÈNES LUMINEUX.

XXXIX. Mécanisme de la diffusion de la lumière incidente sur la surface des corps. . . . .	36
XL. Mécanisme des ondulations éthérées de différentes longueurs, émanées des solides incandescents. . . . .	37
XLI. Mécanisme des phénomènes de la réfraction et de la dispersion. . . . .	37
XLII. Mécanisme de la polarisation rotatoire. . . . .	40
XLIII. Densité de l'éther au sein de la matière pondérable. . . . .	41
XLIV. Mécanisme des propriétés des cristaux. . . . .	43
XLV. Influence du mouvement des corps sur la vitesse de la lumière. . . . .	43
XLVI. Incandescence des solides et des gaz. . . . .	46

## CHAPITRE SIXIÈME

### APPLICATION DE LA THÉORIE DES ATOMES TOURBILLONS AUX PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES, OU PRINCIPES DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ ET DU MAGNÉTISME.

#### § 1. — Sources de l'électricité.

XLVII. Mécanisme de l'électricité qui se manifeste au contact des corps hétérogènes. . . . .	47
XLVIII. Mécanisme de l'électricité développée par le frottement. . . . .	52
XLIX. Conditions mécaniques d'où dépendent la qualité et l'intensité de l'état électrique développé par le frottement. . . . .	52
L. Mécanisme de l'électricité qui se manifeste dans le contact des métaux avec les liquides. . . . .	53
LI. Mécanisme de la pile voltaïque. . . . .	54
LII. Mécanisme de la tension du courant. . . . .	55

	Pages
LIII. Mécanisme de la quantité d'électricité. . . . .	53
LIV. Mécanisme général des actions chimiques et des manifestations électriques qui les accompagnent . . . . .	56
LV. Mécanisme de l'état électro + de l'oxygène quand il entre dans ses combinaisons, et électro — quand il en sort. . . . .	57
LVI. Mécanisme des modifications des atomes qui précèdent la combinaison et qui suivent la décomposition chimique. — Ozone. . . . .	57
LVII. Mécanisme de l'électricité due aux changements d'état. . . . .	59
LVIII. Mécanisme de l'état électro + des vapeurs condensées. . . . .	60
LIX. Mécanisme de l'électricité positive qui se manifeste dans la solidification des liquides. . . . .	63
LX. Mécanisme de l'état électro — qui se manifeste dans la liquéfaction des solides et dans l'évaporation des liquides. . . . .	63
LXI. Expériences de Pouillet. . . . .	67
LXII. Mécanisme de l'électricité dans la machine d'Armstrong. . . . .	68
LXIII. Mécanisme de l'électricité que produit toute variation des volumes. . . . .	69
LXIV. Mécanisme de l'électricité thermique. . . . .	70
LXV. Cause mécanique première et unique de l'état électrique. . . . .	73

**§ 2. — De l'induction électrostatique.**

LXVI. Incompressibilité de l'éther. . . . .	74
LXVII. Mécanisme de l'induction et de la condensation électrostatique. . . . .	75
LXVIII. L'induction a lieu au moyen de l'éther, et non pas au moyen de la matière pondérable placée entre le corps inducteur et le corps induit. . . . .	80

**§ 3. — Attractions et répulsions des corps électrisés.**

LXIX. Mécanisme des attractions et des répulsions des corps électrisés. . . . .	81
---	----

**§ 4. — Propagation de l'électricité.**

LXX. Mécanisme de la propagation électrique. . . . .	81
LXXI. Mécanisme de la théorie de Ohm. . . . .	84

	Pages
LXXII. Mécanisme de la tension. . . . .	85
LXXIII. Mécanisme de la tension dans un circuit qui met en communication les deux pôles d'une pile. . . . .	86
LXXIV. Mécanisme de l'état initial variable des tensions dans un conducteur où s'établit le courant — Extracourant. . . . .	87
LXXV. Mécanisme électrique des câbles sous-marins. . . . .	90
LXXVI. Mécanisme de la tendance de l'électricité à se propager dans toute la masse des conducteurs. — Courants dérivés. . . . .	91
LXXVII. Mécanisme de la différence de vitesse de propagation de l'électricité dans les différentes substances. . . . .	91
LXXVIII. Mécanisme du rapport entre la conductibilité électrique et l'agrégation moléculaire. . . . .	92
LXXIX. Mécanisme de la force vive du courant électrique. . . . .	92
<b>§ 5. — Effets des décharges électriques.</b>	
LXXX. Mécanisme de la lumière, de la chaleur, et des autres effets des décharges électriques. . . . .	94
LXXXI. Mécanisme de la proportionnalité entre la force vive des décharges et leurs effets. . . . .	95
LXXXII. Mécanisme de l'arc voltaïque. . . . .	97
LXXXIII. Mécanisme de l'éclair, de l'aigrette et de l'étincelle. . . . .	97
LXXXIV. Mécanisme du mouvement oscillatoire des décharges électriques. . . . .	99
LXXXV. Mécanisme de la propagation de l'électricité dans les gaz raréfiés. — Œuf électrique. — Tubes de Geissler. . . . .	100
LXXXVI. Mécanisme de la phosphorescence et de la fluorescence. . . . .	102
LXXXVII. Mécanisme de la lumière et de la chaleur des combinaisons chimiques. . . . .	104
<b>§ 6. — Phénomènes électromagnétiques.</b>	
LXXXVIII. Mécanisme de la magnétisation. . . . .	106
LXXXIX. Mécanisme de l'action magnétisante d'un courant électrique qui parcourt le fil d'un solénoïde. . . . .	114
XC. Mécanisme des actions électromagnétiques. . . . .	121
XCI. Mécanisme de l'action universelle du magnétisme. . . . .	122

	Pages
XClI. Mécanisme de la diminution de l'intensité des actions magnétiques par la chaleur. . . . .	124
XClII. Mécanisme de la polarisation rotatoire magnétique. . . . .	125
§ 7. — <b>Induction électrodynamique.</b>	
XClV. Mécanisme des courants d'induction. . . . .	126
XCV. Mécanisme de l'induction produite par les décharges électriques. . . . .	130
§ 8. — <b>Origine de l'électricité physiologique.</b>	
XCVI. Mécanisme du courant musculaire. . . . .	131
XCVII. Constitution mécanique des muscles. . . . .	133
XCVIII. Mécanisme de la contraction musculaire. . . . .	134
XClX. L'atôme tourbillon éthéré est l'élément constitutif de la matière pondérable. . . . .	136
§ 9. — <b>Phénomènes météoriques électriques.</b>	
C. Mécanisme de l'électricité atmosphérique. . . . .	137
Cl. Mécanisme de l'état électro — de la surface terrestre. . . . .	138
CII. Mécanisme des variations diurnes de la tension électrique de l'air. . . . .	140
CIII. Mécanisme de l'état électrique de l'atmosphère quand elle est nuageuse. — Origine des nuages négatifs. . . . .	141
CIV. Théorie mécanique de la grêle. . . . .	149
CV. Mécanisme des éclairs de chaleur. . . . .	150
CVI. Mécanisme électrique des trombes. . . . .	151
CVII. Mécanisme électrique des aurores polaires. . . . .	153
§ 10. — <b>Phénomènes électriques cosmiques.</b>	
CVIII. Mécanisme électrique de la chaleur et de la lumière solaires. . . . .	156
CIX. Mécanisme électrique des comètes. . . . .	162
CX. Mécanisme électrique du magnétisme terrestre. . . . .	165
CXI. Mécanisme électrique de l'influence de la lune sur la terre. . . . .	170
CONCLUSION ou synthèse de la constitution mécanique de l'univers. . . . .	175

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

---

Saint-Denis. — Imprimerie de Ch. LAMBERT. 47, rue de Paris.

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE  
DU JOURNAL  
**LES MONDES**

18, rue du Dragon, à Paris.

---

Les ouvrages annoncés ci-dessous seront adressés *franco par la poste*, sans augmentation de prix, à toute personne qui en enverra le montant par *lettre affranchie*, en un mandat-poste ou en timbres.

---

— AVRIL 1874. —

**LES MONDES**

REVUE HEBDOMADAIRE DES SCIENCES

ET DE LEURS APPLICATIONS AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Par M. l'Abbé MOIGNO

Paraissant tous les Jeudis, par liv. de 48 pages gr. in-8°, fig. interc. dans le texte.  
et formant chaque année 3 forts vol. de près de 800 pages.

**12<sup>e</sup> ANNÉE**

*Prix des Abonnements pour un an :*

PARIS.....	25 fr.		ÉTRANGER.....	32 fr.
DEPARTEMENTS.....	30 fr.		PAYS D'OUTRE-MER....	45 fr.

La collection **complète** depuis son origine, janvier 1863, jusqu'au 31 décembre 1873, 10 années complètes. — 32 vol. grand in-8°, avec figures, brochés; prix : 250 fr. — Chaque année, composée de 3 vol., se vend séparément 25 fr. (à l'exception de la 8<sup>e</sup> année, qui n'a que 2 vol., et dont le prix n'est que de 17 fr.).

---

**COSMOS**, revue encyclopédique hebdomadaire du progrès des sciences et de leur application aux arts et à l'industrie, par M. l'abbé MOIGNO. — Depuis son origine, juillet 1852, jusqu'au 31 décembre 1862, 21 vol. grand in-8°, brochés - 125 fr.

**ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES**  
**PUBLIÉES PAR M. L'ABBÉ MOIGNO.**

—  
**PREMIÈRE SÉRIE**  
—

- I. **SUR LA RADIATION**, par M. John Tyndall, traduit de l'anglais.  
Brochure in-18 jésus. 1 fr. 25
- II. **SUR LA FORCE DE COMBINAISON DES ATOMES**, par M. A.-W. Hofmann; traduit de l'anglais, avec un aperçu de philosophie chimique.  
In-18 jésus.. 1 fr. 25
- III. **ANALYSE SPECTRALE DES CORPS CÉLESTES**, par M. William Huggins, traduit de l'anglais. In-18 jésus. 1 fr. 50
- IV. **LA CALORESCENCE — INFLUENCE DES COULEURS ET DE LA CONDITION MÉCANIQUE SUR LA CHALEUR RAYONNANTE**, par M. John Tyndall, traduit de l'anglais. In-18 jésus. 1 fr. 50
- V. **LA FORCE ET LA MATIÈRE. — LA FORCE. — DEUX CONFÉRENCES** de M. Tyndall, traduites de l'anglais, avec appendice sur la nature et la constitution intime de la matière. In-18 jésus. 1 fr. 50
- VI. **LES ÉCLAIRAGES MODERNES**. Conférences de M. l'abbé Moigno. — Éclairage aux huiles et essences de pétrole. — Éclairage au magnésium. — Éclairage au gaz oxhydrogène. — Éclairage à la lumière électrique. — Régulateur de la pression du gaz. — In-18 jésus. 2 fr.
- VII. **SEPT LEÇONS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE**, par Augustin Cauchy, avec un appendice sur les rapports de la science avec la foi. In-18. 1 fr. 50
- VIII. **PHYSIQUE MOLÉCULAIRE**. Ses conquêtes, ses phénomènes et ses applications. In-18 jésus. 2 fr. 50
- IX. **SIX LEÇONS SUR LE CHAUD ET LE FROID**, faites à un jeune auditoire pendant les vacances de Noël, par M. J. Tyndall, traduites de l'anglais. In-18 jésus. 2 fr.
- X. **FARADAY INVENTEUR**, par M. John Tyndall, traduit de l'anglais. In-18 jésus. 2 fr.
- XI. **SACCHARIMÉTRIE OPTIQUE, CHIMIQUE ET MELASSIMÉTRIQUE**, in-18 jésus. 3 fr. 50
- XII. **MELANGES DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE PURES ET APPLIQUÉES**. In-18 jésus. 3 fr. 50
- XIII. **SCIENCE ANGLAISE**. Son bilan en août 1868. Réunion de Norwich. In-18 jésus. 2 fr. 50
- XIV. **SCIENCE ANGLAISE**. Son bilan en 1869. Réunion à Exeter de l'Association britannique pour l'avancement des sciences. in-18 jésus de 416 pages. 3 fr. 50
- XV. **LES ALIMENTS**, quatre Conférences faites à la Société des Arts de Londres, par M. le docteur Letheby, traduites de l'anglais. In-18 jésus. 3 fr.

- XVI. ESQUISSE HISTORIQUE DE LA THÉORIE DYNAMIQUE DE LA CHALEUR**, par M. Peter Guthrie Tait, professeur à l'Université d'Edimbourg. Traduite de l'anglais. Un vol. in-18 jésus, 3 fr. 50.
- XVII. CONSTITUTION DE LA MATIÈRE et ses mouvements, nature et cause de la pesanteur**, par le P. Leray, de la congrégation des Eudistes, avec une préface par M. l'abbé Moigno. In-18 jésus, orné de figures, 2 fr.
- XVIII. THÉORIE DU VÉLOCIPÈDE. — SUR LES LOIS DE L'ÉCOULEMENT DE LA VAPEUR**, par M. Macquorn Rankine, professeur à l'Université de Glasgow. Traduction par M. J.-B. Violette, revue par M. l'abbé Moigno. Br. in-18 jésus. 1 fr. 25
- XIX. LES MÉTAMORPHOSES CHIMIQUES DU CARBONE. Leçons faites à un jeune auditoire dans Royal-Institution**, par M. William Odling. In-18 jésus. 2 fr.
- XX. GÉOLOGIE DES ALPES ET DU TUNNEL DES ALPES**, par M. Elie de Beaumont *Nouvelles observations géologiques sur les roches anthracifères des Alpes*, par M. Sismonda, traduit de l'italien par M. l'abbé Moigno. Un volume in-18 jésus, orné d'une carte géologique du Tunnel des Alpes. 2 fr.
- XXI. LES PHÉNOMÈNES ET LES THÉORIES ÉLECTRIQUES**, programme d'un cours en sept leçons, par M. le professeur Tyndall, traduit de l'anglais. In-18 jésus. 1 fr. 50
- XXII. LA LUMIÈRE**, notes d'un cours de neuf leçons. — Sur le Rôle scientifique de l'Imagination, par M. John Tyndall, professeur à Royal-Institution, traduit de l'anglais par M. l'abbé Raillard, revu par M. l'abbé Moigno, accompagné d'un Appendice sur l'arc-en-ciel, par M. l'abbé Raillard. In-18 jésus de 184 pages. 2 fr.
- XXIII. RECHERCHES SUR LES AGENTS EXPLOSIFS MODERNES et sur leurs applications récentes**, recueillies et résumées par M. l'abbé Moigno. In-18 jésus de 144 pages. 2 fr.
- XXIV. RELIGION ET PATRIE** vengées de la fausse science et de l'envie haineuse, par M. l'abbé Moigno. In-18 jésus de 144 pages. 1 fr. 50
- XXV. SURSATURATION.** — I. Des solutions gazeuses. — II. Des solutions de vapeurs. — III. Des solutions salines, par Charles Tomlinson. Traduit de l'anglais sous la direction de M. l'abbé Moigno. In-18 jésus de 160 pages. 2 fr.
- XXVI. ÉLÉMENTS DE THERMODYNAMIQUE**, par J. Moutier, ancien élève de l'École polytechnique. In-18 jésus. 2 fr. 50
- XXVII. SUR LA FORCE DE LA POUDRE et des Matières explosives**, par M. Berthelot, professeur au Collège de France. 2<sup>e</sup> édition. In-18 jésus. 3 fr. 50
- XXVIII. OPTIQUE MOLÉCULAIRE.** — Effets de précipitation, de décomposition, d'illumination, produits par la lumière; recueillis et résumés par M. l'abbé Moigno. In-18 jésus de 208 pages. 2 fr. 50

- XXIX. L'ARCHITECTURE DU MONDE DES ATOMES, dévoilant la structure des composés chimiques et leur cristallogénie, par M. Marc-Antoine Gaudin, calculateur du bureau des Longitudes. Un volume in-18 jésus, avec 100 fig. 5 fr.
- XXX. ÉTUDE SUR LES ÉCLAIRS, par Paul Perrin, ancien élève de l'École polytechnique. In-18 jésus, broché. 2 fr. 50
- XXXI. MANUEL PRATIQUE MILITAIRE DES CHEMINS DE FER, par M. Élie Issalenc, capitaine d'infanterie. In-18 jésus avec fig. 2 fr. 50
- XXXII. INSTRUCTION SUR LES PARATONNERRES, adoptée par l'Académie des Sciences. Un vol. in-18 jésus, avec 58 fig. 2 fr. 50
- XXXIII. TABLES BAROMÉTRIQUES ET HYSOMÉTRIQUES POUR LE CALCUL DES HAUTEURS, précédées d'une instruction sur l'usage des tables, par M. R. Radau. In-18, broché. 1 fr.
- XXXIV. LES PASSAGES DE VÉNUS SUR LE DISQUE SOLAIRE, considérés au point de vue de la détermination de la distance du Soleil à la Terre. — Passage de 1874. — Notions historiques sur les passages de 1761 et 1769, par Edmond Dubois, examinateur-hydrographe de la marine. Un vol. in-18 jésus, avec fig. 3 fr. 50

DEUXIÈME SÉRIE

COURS DE SCIENCE ILLUSTRÉE

- I. L'ART DES PROJECTIONS, par M. l'abbé Moigno. Avec 103 figures intercalées dans le texte. In-18 jésus. 2 fr. 50
- II. LA PHOTOMICROGRAPHIE en 100 tableaux pour projections, texte explicatif, par M. Jules Girard. In-18 jésus, illustré de 29 fig. 1 fr. 50
- III. LES ACCIDENTS, Secours à donner en cas d'absence de l'homme de l'art. Traduit de l'anglais par M. le D<sup>r</sup> Deleschamps. Avec les Instructions françaises du Conseil de Salubrité. In-18 jésus illustré de 30 fig. sur bois. 1 fr. 25
- IV. L'ANATOMIE ET L'HISTOLOGIE enseignées par les projections lumineuses, par le D<sup>r</sup> Gustave Le Bon. In-18 jésus. 1 fr.
- LA CHALEUR, mode de mouvement, par John Tyndhall. 2<sup>e</sup> édition française, traduite de l'anglais sur la 4<sup>e</sup> édition, par M. l'abbé Moigno. Un beau vol. in-18 jésus avec fig. 8 fr.
- LA CLEF DE LA SCIENCE ou les phénomènes de la nature expliqués, par le D<sup>r</sup> E.-C. Brewer. 5<sup>e</sup> édition, revue, transformée et considérablement augmentée, par M. l'abbé Moigno. Un fort vol. in-18 anglais de 750 pages, avec figures dans le texte. 4 fr. 50
- LEÇONS DE MÉCANIQUE ANALYTIQUE, rédigées principalement d'après les Méthodes d'Augustin Cauchy et étendues aux travaux les plus récents, par M. l'abbé Moigno. — Statique. — Un fort vol. in-8<sup>e</sup>, avec fig. 12 fr.
- PRINCIPES FONDAMENTAUX D'APRÈS LESQUELS DOIVENT SE RESOUDRE AU MOMENT PRÉSENT LES DEUX GRANDES QUESTIONS : 1<sup>e</sup> Des rapports de l'Église et de l'État; 2<sup>e</sup> de la liberté de l'organisation de l'enseignement, par M. l'abbé Moigno. In-18, br. 1 fr. 50

SAINTE-DENIS, — IMP. CH. LAMBERT, 17, RUE DE PARIS.



AUX MÊMES LIBRAIRIES

# LES MONDES

REVUE HEBDOMADAIRE DES SCIENCES

ET DE LEURS APPLICATIONS AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Par M. l'abbé MOIGNO

Paraissant tous les Jedis, par liv. de 48 pag. gr. in-8. interc. dans le texte et formant chaque année 3 forts vol. de près de 800 pages.

**13<sup>e</sup> ANNÉE**

Prix des Abonnements pour un an :

PARIS.....	25 fr.	ÉTRANGER.....	32 fr.
DÉPARTEMENTS.....	30 fr.	PAYS D'OUTRE-MER....	45 fr.

La collection complète depuis son origine, janvier 1863, jusqu'au 31 décembre 1874, 12 années complètes — 35 vol. grand in-8°, avec figures, brochés; prix : 275 fr. — Chaque année, composée de 3 vol., se vend séparément 25 fr. (à l'exception de la 8<sup>e</sup> année, qui n'a que 2 vol., et dont le prix n'est que de 17 fr.)

**COSMOS**, revue encyclopédique hebdomadaire du progrès des sciences et de leur application aux arts et à l'industrie, par M. l'abbé Moigno. — Depuis son origine, juillet 1852 jusqu'au 31 décembre 1862, 21 vol. grand in-8, brochés. 125 fr.

**LA CHALEUR**, mode de mouvement, par John Tyndhall. 2<sup>e</sup> édition française, traduite de l'anglais sur la 4<sup>e</sup> édition, par M. l'abbé Moigno. Un beau vol. in-18 Jésus avec fig. 8 fr.

**LA CLEF DE LA SCIENCE** ou les phénomènes de la nature expliqués, par le Dr E.-C. Brewer. 5<sup>e</sup> édition, revue, transformée et considérablement augmentée, par M. l'abbé Moigno. Un fort vol. in-18 anglais de 750 pages, avec figures dans le texte. 4 fr. 50

**LEÇONS DE MÉCANIQUE ANALYTIQUE**, rédigées principalement d'après les Méthodes d'Augustin Cauchy et étendues aux travaux les plus récents, par M. l'abbé Moigno. — *Statique*. — Un fort vol. in-8, avec fig. 12 fr.

**ESSAI SUR LES PILES**, par A. Callaud; 2<sup>e</sup> édition, in-18 Jésus avec figures. Prix. 2 fr. 50

**L'ART DES PROJECTIONS**, par M. l'abbé Moigno. Avec 103 figures intercalées dans le texte. in-18 Jésus. 2 fr. 50

**LES MÉTAMORPHOSES CHIMIQUES DU CARBONE**. Leçons faites à un jeune auditoire dans Royal-Institution, par M. William Odling. in-18 Jésus. 2 fr.

Saint-Denis. — Imp. Ch. LAMBERT, 47, rue de Paris.