

Exposition raisonnée de la théorie de l'électricité et du magnétisme, d'après les principes de M. Æpinus, des Académies de Pétersbourg, de Turin, &c; / par m. l'abbé Haüy.

Contributors

Haüy, René Just, 1743-1822.

Publication/Creation

Paris : Chez la veuve Desaint, M.DCC.LXXXVII.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/ttyhb58g>

License and attribution

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

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

**wellcome
collection**

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



34469/B



Digitized by the Internet Archive
in 2016 with funding from
Wellcome Library

<https://archive.org/details/b28774644>

EXPOSITION

RAISONNÉE

DE LA THÉORIE

DE

L'ÉLECTRICITÉ

ET DU MAGNÉTISME,

D'après les principes de M. ÆPINUS, des
Académies de Pétersbourg, de Turin, &c.

PAR M. L'ABBÉ HAÛY,

De l'Académie Royale des Sciences, Professeur Émérite
de l'Université.



A PARIS,

Chez la Veuve DESAINT, Libraire, rue du Foir-
Saint-Jacques.

M. DCC. LXXXVII.

Avec Approbation, & Privilège du Roi.



DISCOURS

PRÉLIMINAIRE.

TOUTES nos connoissances physiques sont fondées sur l'observation ; mais elles ne forment proprement une science , que quand la Théorie , mêlant sa lumière à celle que répand le flambeau de l'expérience , nous fait appercevoir le lien commun par lequel les faits observés se tiennent les uns aux autres. Jusque-là ce ne sont encore que des faits isolés ; & s'il est intéressant de les recueillir , de les bien constater , & même de les multiplier , c'est sur-tout parce qu'ils préparent des données aux Génies qui viendront ensuite rapprocher tous ces anneaux épars , & en former une chaîne continue.

L'Electricité nous fournit un exemple frappant de cette marche graduée de

l'esprit humain. On ne connoissoit d'abord que la vertu qu'ont certains corps, dans lesquels le fluide électrique manifeste son action, de s'attirer ou de se repousser mutuellement. On s'est apperçu ensuite qu'il falloit employer différens moyens, pour faire naître dans des corps de diverses natures, la vertu électrique; que dans les uns elle étoit excitée par le frottement; que les autres la manifestoient lorsqu'on les mettoit en communication avec des corps déjà électrisés. On a vu des corps électriques lancer par leurs angles des aigrettes spontanées, ou produire, à l'approche d'un autre corps, de vives étincelles, par leurs parties arondies. Enfin, la découverte de l'expérience de Leyde a offert un nouveau phénomène, également propre à piquer la curiosité même du vulgaire, & à exercer la sagacité des Savans.

Les phénomènes du Magnétisme, quoique moins variés, ont suivi les mêmes progrès. Les anciens avoient remarqué la

P R É L I M I N A I R E. v

propriété qu'a l'aimant d'attirer le fer : mais l'observation de cette autre propriété plus finguliere , en vertu de laquelle une aiguille aimantée tourne une de ses extrêmités vers le nord , & l'autre vers le sud , est certainement une découverte moderne , quoiqu'on n'en connoisse ni l'Auteur , ni l'époque précise. L'application que l'on a faite de cette découverte à la navigation , les occasions continuelles qu'ont eues les Marins de consulter ce guide , dont le langage toujours visible , devenoit pour eux une espece de supplément au langage du ciel , qu'ils ne peuvent pas sans cesse interroger , ont donné lieu de remarquer & de suivre avec attention les variations de l'aiguille transportée sur différens points du globe. D'une autre part , les recherches des Savans , pour communiquer aux aiguilles de bouffole la plus grande vertu possible , ont enrichi la physique de l'aimant de plusieurs faits d'autant plus dignes d'attention , que quelques - uns semblent

conduire à des paradoxes, & s'écarter de l'analogie des faits ordinaires de la Nature. On a vu avec surprise, un aimant communiquer les propriétés magnétiques à un barreau de fer voisin, sans rien perdre de sa force; un barreau qui avoit déjà acquis une certaine vertu par les frictions d'un premier aimant, perdre une partie de cette vertu par celles d'un second aimant, quoique faites dans le même sens; l'addition d'une armure augmenter considérablement la vertu d'un aimant de force médiocre, tandis qu'elle ajoutoit peu à celle d'un aimant beaucoup plus vigoureux, &c.

Tous ces différens faits, ainsi que les faits électriques, considérés chacun dans leur ordre, ont certainement pour cause le même agent. Mais on n'apperçoit point d'abord les rapports qui les lient entr'eux, ni leur dépendance à l'égard du fluide qui les produit. C'est à la Théorie à assigner les loix générales, suivant lesquelles agit ce fluide, & l'influence de ces

loix sur chacun des phénomènes en particulier. Dès-lors ces résultats si divers ; & quelquefois même contraires en apparence les uns aux autres , ne sont plus pour l'œil éclairé par la Théorie , que les différens points de vue d'un fait unique.

De toutes les Théories que l'on a imaginées pour expliquer les phénomènes électriques, celle du célèbre Francklin a été le plus généralement adoptée. Cette Théorie porte en général sur deux faits, l'un, que les molécules électriques ont la propriété de se repousser mutuellement, même à une certaine distance ; l'autre, qu'elles sont attirables par tous les corps connus. Ces deux faits admis , tous les autres en découlent, comme autant de corollaires qui se déduisent d'un même principe.

Mais il faut bien remarquer, que par les termes de *forces répulsives* ou *attractives*, on ne prétend pas désigner des forces inhérentes aux molécules de la

matiere. Car, comme l'observe très-bien M. Æpinus (a), un corps ne peut agir où il n'est pas. Tout ce que l'on entend, c'est que deux molécules électriques ne peuvent se trouver en présence, sans s'écarter l'une de l'autre, quelle que soit la cause qui produise ce mouvement retrograde. De même, une molécule électrique libre ne peut se trouver vis-à-vis d'un corps, sans s'approcher de ce corps, quel que soit l'agent qui l'y sollicite.

Que fait donc la Théorie? Elle prend un ou deux faits qu'elle ne cherche point à expliquer, mais qui, une fois donnés, mettent tous les faits connus en rapport les uns avec les autres, en sorte qu'ils empruntent des deux premiers un jour, à l'aide duquel ils s'éclairent ensuite mutuellement. Un autre avantage des Théories, c'est qu'elles nous mettent à portée de déterminer d'avance, d'une manière certaine, l'effet qui doit avoir lieu, dans

(a) *Tentamen Theoriæ electricitatis & magnetismi*, &c. pag. 7.

telle circonstance, &, par une suite nécessaire, de produire à volonté tel effet, en amenant les circonstances dont il dépend, lorsqu'il s'agit d'un objet qui tient à la Physique expérimentale. Ainsi les Théories, non-seulement nous dévoilent en partie les ressorts cachés que la Nature fait jouer dans les opérations qui se passent actuellement sous nos yeux; mais elles étendent nos vues jusques sur les résultats des opérations futures, & les soumettent même, en quelque sorte, à notre pouvoir.

On voit, par ce qui précède, à quoi se réduit la véritable Physique, &, si j'ose le dire, la seule raisonnable. Nous ne connoissons pas les causes premières, ni les loix les plus générales d'où dépendent les effets naturels. L'Être suprême qui a établi ces loix, & qui les maintient, voit seul la chaîne entière dont elles forment les premiers anneaux. Parmi les différens effets subordonnés à ces loix, nous observons certaines directions que

suivent les corps en mouvement : nous comparons les vîteses de ces mouvemens, ainsi que les masses des corps. Nous employons le mot d'*attraction* pour désigner les directions des mouvemens vers un point commun ; si les directions tendent vers deux points diamétralement opposés, nous disons que *les corps se repoussent*. Nous estimons, à l'aide des masses & des vîteses, les quantités d'*attraction* & de *répulsion*. Nous avons, par ce moyen, des points fixes auxquels nous ramenons tous les effets particuliers qui peuvent s'y rapporter, & que nous expliquons d'une manière mécanique & vraie en ce sens, que les conséquences auxquelles nous arrivons, représentent les phénomènes tels qu'ils sont. Tout ce qui est en-deçà de ces faits que nous regardons comme causes, se trouve ainsi éclairé pour nous. En vain essayerions-nous de lever le voile qui nous cache ce qui est au-delà : de pareilles recherches n'annonceroient qu'une imagination qui ne fait

point s'arrêter ; mais le génie, sublime & sage à la fois, après être parvenu, par son effort, jusqu'au plus haut point où il lui soit donné de s'élever, fait y reconnoître la borne qu'il doit respecter.

Ces réflexions suffisoient, ce me semble, pour faire tomber toutes les objections que l'on a opposées aux Théories. On a accusé, par exemple, Newton, d'avoir fait revivre les qualités occultes des anciens, en établissant l'existence de l'attraction. Supprimons le mot, & bornons-nous à dire que les corps célestes tendent à s'approcher les uns des autres avec des vitesses en raison inverse des quarrés des distances, quelle que soit la cause de cette tendance. La découverte de ce grand homme ne perdra rien de son mérite, & sa Théorie aura toujours l'avantage inappréciable de représenter exactement, à l'aide des courbes & du calcul, toutes les variations que l'on observe dans les mouvemens célestes, & non-seulement de rendre raison de toutes

les perturbations qu'ils éprouvent, mais de les annoncer, d'en déterminer d'avance, & l'époque & la quantité. Rien de plus admirable que cet accord constant & général entre les résultats de la Théorie & ceux de l'observation, accord qu'ont servi à vérifier de plus en plus les progrès que l'Astronomie physique a faits de nos jours, &, en particulier, les profondes recherches de MM. de la Grange & de la Place, qui partagent la gloire de Newton, en contribuant à la lui assûrer.

M. Francklin avoit eu celle de poser les fondemens d'une Théorie de l'électricité, beaucoup plus satisfaisante que tous les systêmes qui avoient paru jusqu'alors. Il s'étoit attaché, sur-tout, à prouver l'existence des deux électricités positive & négative. Il avoit fait voir, par des expériences qui paroissent décisives, qu'en même temps que l'une des deux surfaces de la bouteille de Leyde, acquéroit une certaine portion de fluide électrique au-dessus de sa quantité naturelle, la surface

opposée perdoit une partie de la fienne, & que la propriété de donner cette secousse violente que l'on ressent dans l'expérience de Leyde, étoit produite par le retour rapide de la quantité excédante du fluide communiqué à la surface électrisée en plus, vers la surface électrisée en moins. Mais cette Théorie étoit susceptible d'être traitée avec un nouveau degré de précision, & développée d'une manière plus étendue qu'elle ne l'avoit été par ce Savant célèbre. M. *Æpinus*, de l'Académie de Pétersbourg, a entrepris cette tâche, & l'a remplie avec tout le succès qu'on devoit attendre de sa sagacité & de son génie (*a*). En appliquant le calcul au principe de l'électricité positive & négative, en exprimant l'action des forces que les corps électriques exercent les uns sur les autres, en vertu de leur excès ou de leur défaut de fluide, par

(*a*) Tel est l'objet de l'Ouvrage que nous avons cité plus haut, & qui a été composé en 1759.

des formules simples qu'il manie ensuite avec beaucoup d'adresse, il est parvenu à des conséquences parfaitement conformes aux résultats que présente l'observation. Il a ramené aux principes fondamentaux de la Théorie, divers phénomènes dont on n'avoit encore donné que des explications peu satisfaisantes, tels que les attractions & répulsions que l'on observe si souvent entre les corps électriques, & sur-tout la répulsion mutuelle de deux corps électrisés en moins. Enfin, par une analyse plus approfondie des phénomènes déjà expliqués, il a déterminé, d'une manière plus précise, l'influence des causes qui se combinent entr'elles dans la production de ces phénomènes.

Il n'a pas été moins heureux dans l'explication des phénomènes qui dependent du magnétisme, & cette partie de son travail lui fait d'autant plus d'honneur, qu'elle est absolument neuve. Il a prouvé que le fluide magnétique, quoique différent, par sa nature, du fluide électri-

que, agissoit de la même manière à l'égard des corps susceptibles de magnétisme ; & envisageant son sujet dans sa plus grande généralité, il a déduit des principes de la Théorie, non-seulement l'explication de tous les phénomènes que présentent les actions réciproques de plusieurs corps magnétiques, & la communication du magnétisme d'un corps à l'autre, mais encore l'action qu'exerce le magnétisme du globe terrestre sur les aiguilles de boussole, les variations qu'on observe dans la déclinaison & l'inclinaison de ces aiguilles à différentes latitudes, &c. Ceux d'entre ces phénomènes qui tiennent du paradoxe, & dont nous avons cité quelques-uns, ne sont que des conséquences nécessaires de la Théorie, & certains faits qu'il paroïssoit d'abord impossible d'y ramener, se trouvent expliqués avec la même facilité. Jamais une Théorie n'est mieux établie, que quand les difficultés qui sembloient, au premier coup-d'œil, fournir des armes

pour la combattre & la détruire, se tournent en preuves, & en deviennent la plus solide défense.

Il faut convenir cependant, que parmi les principes sur lesquels est fondée la Théorie de M. Æpinus, il en est un qui s'écarte tellement en apparence des principes de la saine physique, que l'Auteur lui-même a long-temps balancé pour l'admettre, & ne s'y est déterminé qu'après un mûr examen. Ce principe consiste, en ce que les molécules propres des corps ont une force répulsive mutuelle, comme les molécules même du fluide électrique, ou du fluide magnétique. M. Æpinus fait voir que l'existence de cette force est une suite nécessaire de celle des deux forces dont nous avons parlé plus haut, & qui servent de bête à la Théorie de M. Francklin. Au fonds, il n'y a pas plus d'inconvénient à admettre une force répulsive entre les molécules des corps, qu'entre celles des fluides, soit électrique, soit magnétique, puisque,
comme

comme nous l'avons dit, le mot de *force* n'exprime ici qu'un fait dont on ne recherche point la cause. Tout ce qu'on pourroit objecter de plus spécieux contre de pareilles forces, c'est qu'elles ne se concilient point avec le principe de la gravitation universelle. Mais comme les forces répulsives, dont il s'agit, n'exercent leur action que dans le cas particulier des phénomènes électriques ou magnétiques, & que cette action, comme enchaînée par des forces contraires, demeure suspendue, lorsque les corps rentrent dans leur état naturel, ainsi qu'on le verra dans le cours de cet Ouvrage, la gravitation universelle n'en fera pas moins une force générale, qui éprouvera seulement des perturbations locales & passagères, occasionnées par les phénomènes de l'électricité & du magnétisme. Enfin, il est très-vraisemblable que quand la nature de ces phénomènes sera mieux connue, on découvrira qu'ils dépendent des actions simultanées de deux fluides tels, que les

molécules de chacun d'eux auroient la propriété de se repousser mutuellement (*a*), & en même-temps celle d'attirer les molécules de l'autre fluide, en sorte que l'un des deux feroit la fonction que M. Æpinus attribue aux molécules propres des corps (*b*). Quoi qu'il en soit, (& c'est ici le point essentiel), les forces assignées par M. Æpinus doivent être regardées au moins comme les équiva-

(*a*) La gravitation universelle n'empêche pas les Physiciens d'admettre la répulsion mutuelle des molécules d'un fluide élastique, au point de contact. Or, la répulsion à distance, quelle qu'en soit la cause, fait encore moins de difficulté, par rapport à l'attraction.

(*b*) Plusieurs Savans ont déjà cru appercevoir, dans certains phénomènes de l'électricité, des circonstances qui annoncent l'existence de deux fluides. Voici comme s'exprime, entr'autres, le célèbre M. de Saussure, (*Voyage dans les Alpes, Tom. II, pag. 243*). « Je serois porté à regarder le fluide électrique, comme le résultat de l'union de l'élément du feu avec quelque'autre principe qui ne nous est pas encore connu. Ce seroit un fluide analogue à l'air inflammable, mais incomparablement plus subtil ».

lens des véritables forces employées par la Nature : quelque parti que l'on prenne, la marche de la Théorie fera à peu-près la même, & offrira dans les conséquences, les mêmes vérités & le même accord avec les résultats donnés par l'observation.

M. *Æpinus* admet encore, avec plusieurs Physiciens, l'existence d'un noyau doué d'une grande force magnétique, & placé au centre du globe terrestre. Cette assertion, au premier coup-d'œil, a quelque chose de singulier, & l'on seroit tenté de la regarder comme un de ces expédiens auxquels on a quelquefois recours, par la difficulté d'expliquer certains phénomènes, plutôt que comme une conséquence amenée naturellement par l'observation des faits. Mais lorsqu'on voit une aiguille aimantée, transportée successivement sur différens points du globe, y prendre des positions parfaitement analogues à celles qui auroient lieu, si on lui faisoit faire différens circuits autour d'un aimant

sphérique, soit naturel, soit artificiel; lorsqu'on voit de même le fer non-aimanté, tantôt devenir un véritable aimant, tantôt n'acquérir aucune vertu, suivant les directions qu'on lui donne par rapport aux poles du globe & à l'horizon du lieu, & cela précisément dans les mêmes circonstances où un aimant sphérique donneroit des résultats semblables; lorsqu'enfin on considère que le globe terrestre, qui a une action si marquée sur le fer, pour lui communiquer la vertu magnétique, diffère cependant des aimans qui sont à notre portée, en ce qu'il n'attire point sensiblement, comme ceux-ci, le fer aimanté, & que cette différence doit nécessairement avoir lieu dans le cas où l'action du globe s'exerceroit à une très-grande distance, on est conduit, comme malgré soi, à conclure, avec M. *Æpinus* (a), que le Créateur, pour des raisons puisées dans sa sagesse, a placé au centre

(a) Pages 268 & 269.

de notre globe un corps qui a toutes les propriétés des véritables aimans , & cette hypothese , qui avoit d'abord les apparences contr'elle , prend un air de vraisemblance , qui ne permet gueres de concevoir que la chose puisse être autrement. Eh ! combien de vérités la Physique ne nous a-t-elle pas fait connoître , avec lesquelles les esprits ont eu besoin de se familiariser en quelque sorte , par une étude suivie des preuves sur lesquelles elles étoient fondées ?

M. *Æpinus* est le premier qui ait appliqué le calcul à l'Electricité & au Magnétisme. Dans toutes les Théories qui avoient paru jusqu'alors sur ces deux branches de nos connoissances , l'explication des phénomènes est présentée à l'aide du seul raisonnement. Or , le calcul analytique n'est lui-même que la traduction d'un raisonnement dans une langue très-abrégée , & qui réunit à l'avantage de resserrer dans un espace étroit un grand ensemble de combinai-

sons , celui de soulager l'esprit , & de lui ménager des repos , en ne lui présentant jamais à la fois qu'une seule formule à transformer en une autre. Cette méthode a , de plus , le mérite de porter dans les résultats une rigueur & une précision qui exclud toute incertitude & tout soupçon de parallogisme. Mais comme les Ouvrages de ce genre ne sont à la portée que d'un petit nombre de Lecteurs , & que la connoissance des phénomènes de l'Electricité & du Magnétisme est très-répondue , j'ai cru qu'un Ouvrage , où l'on exposeroit la Théorie dont il s'agit , dépouillée de l'appareil du calcul , pourroit n'être pas indifférent aux amateurs de la Physique. Cette marche a d'ailleurs aussi ses avantages ; elle donne l'esprit des méthodes qu'emploie le calcul ; elle développe les idées que les formules ne font qu'indiquer d'une manière très-générale : elle fait concevoir la liaison du principe avec les conséquences qui en découlent , & disparaître cet air de paradoxe sous lequel

se présentent certains résultats où l'on ne se trouve conduit qu'avec une forte de surprise par les démonstrations algébriques.

Au reste, le raisonnement ne peut être substitué avec quelque succès au calcul, que dans les questions d'un certain ordre, & qui ne tiennent point aux hautes Mathématiques, ni aux propriétés des courbes (a). C'est alors que les ressources du calcul deviennent à la fois nécessaires, & dignes de toute notre admiration, en ce qu'elles nous mènent par un voie également courte & directe au même but, où l'on ne pourroit arriver, à l'aide du raisonnement, que par un circuit immense, & qui peut-être même exigeroit des

(a) Il en faut dire autant des matieres qui exigent que l'on parvienne à des résultats rigoureux, en sorte que la Théorie ne puisse être bien démontrée, qu'autant qu'elle assigne, non-seulement le genre ou la qualité, mais la quantité précise des actions qui produisent les phénomènes, & qu'elle donne, dans les applications, les limites exactes entre lesquelles ces actions sont renfermées.

efforts au-dessus de la portée de l'esprit humain. Tout ce qu'on peut faire, dans ces sortes de cas, au défaut des ressources dont je viens de parler, c'est d'exposer, de la manière la plus claire, qu'il est possible, d'abord l'état de la question, & ensuite le résultat; & c'est ainsi que j'ai été forcé d'en user dans un petit nombre de circonstances, où le calcul semble parcourir des routes inaccessibles à la raison abandonnée à ses propres forces (a).

Mais, quoiqu'en général la Théorie de M. Æpinus me paroisse avoir un degré de simplicité, qui la rend susceptible d'être présentée, sans employer le calcul, on concevra que j'ai dû avoir plus d'un obstacle à vaincre, pour retrouver l'esprit des démonstrations caché, en quelque

(a) J'ai substitué, dans ces sortes de cas; aux méthodes du calcul analytique, lorsque cela m'a été possible, des démonstrations fondées sur les principes de la Géométrie élémentaire, que j'ai rejetées dans des notes, en faveur de ceux qui possèdent les principes de cette Géométrie.

forte , sous l'enveloppe des formules analytiques, & présenter , à l'aide du langage ordinaire , une marche sans cesse compliquée de quatre forces différentes qui concourent à la production des phénomènes électriques & magnétiques. Aussi, quelque effort que j'aie fait , pour être en même-temps clair & précis , je ne dissimulerai pas que la lecture de cet Ouvrage demande une attention sérieuse & soutenue , & cette habitude de combiner ses idées , que l'on pourroit appeler *le calcul de la raison*. Cette lecture exige aussi que l'on ait une notion des rapports & des proportions ; notion qui , au reste , se trouve dans tous les Traités d'arithmétique , & qu'il est facile de se procurer en très-peu de temps.

Je ne me suis point astreint à suivre l'ordre que s'est prescrit M. Æpinus dans son Ouvrage , & j'ai disposé les différens articles de sa Théorie , de la manière qui m'a paru la plus convenable , relativement au but que je me proposois. J'ai ajouté

plusieurs nouvelles applications de la Théorie à des faits dont la découverte est postérieure à l'Ouvrage de M. *Æpinus*, ou dont il n'avoit parlé qu'en passant, tels que le pouvoir des pointes, les étincelles & aigrettes électriques, &c. J'ai aussi donné la solution de certains cas que M. *Æpinus* avoit laissés indéterminés, faute de connoître la loi, suivant laquelle agissent les fluides électrique & magnétique, à raison des distances. J'ai été conduit à ces nouvelles solutions par la découverte qu'a faite M. *Coulomb* de la loi dont il s'agit, & qu'il a bien voulu me permettre d'exposer, d'après les Mémoires très-intéressans qu'il a lus sur cet objet à l'Académie, pendant le cours des années 1785 & 1787. Enfin, on trouvera dans cet Ouvrage des détails sur différentes découvertes, ou observations récentes, faites par MM. *Lavoisier*, de la *Place*, de *Cassini*, &c. Ainsi mon travail, si j'ai eu le bonheur de le rendre digne de l'attention du Public, réunira à l'avantage

PRÉLIMINAIRE. xxvij

de lui présenter dans un langage intelligible pour tous les ordres de Lecteurs, une des plus savantes Théories qui ait encore paru, celui de renfermer une espece de Supplément à cette Théorie, telle qu'elle a été donnée par l'Auteur. Quant aux Physiciens Géometres, j'aurai rempli mon vœu à leur égard, si je puis leur inspirer le desir de chercher l'explication des phénomènes de l'Electricité & du Magnétisme, dans la lecture même d'un Ouvrage trop-peu connu, & digne d'être placé parmi le petit nombre de ceux qui doivent faire époque dans l'Histoire des Sciences.



*Extrait des Registres de l'Académie Royale des Sciences,
du 21 Juillet 1787.*

Nous avons été nommés par l'Académie, pour lui rendre compte d'un Ouvrage de M. l'Abbé HAÛY, intitulé, *Exposition raisonnée de la Théorie de l'Électricité & du Magnétisme, suivant les principes de M. Æpinus.*

La Théorie de M. Francklin avoit déjà répandu un grand jour sur les phénomènes de l'Électricité, lorsque M. Æpinus se proposa d'ajouter de nouveaux degrés de perfection à cette Théorie, & de l'étendre aux phénomènes moins variés, mais non moins intéressans du Magnétisme. L'Ouvrage où sont consignées les différentes recherches de l'Académicien de Pétersbourg, parut en 1760, sous le titre de *Tentamen Theoriæ Electricitatis & Magnetismi*. Il est fondé sur un trop petit nombre de principes, pour que nous n'en fassions pas mention.

Ceux de l'Électricité se réduisent à deux : 1°. Les molécules du fluide électrique se repoussent mutuellement, & sont attirables par tous les corps connus. 2°. Il y a des corps qui livrent un passage facile à la matière électrique, & d'autres où ce fluide ne se meut qu'avec une grande difficulté, sans néanmoins que l'imperméabilité soit absolue.

La Théorie du Magnétisme suppose, 1°. que les molécules du fluide magnétique se repoussent mutuellement, & sont attirables par le fer seulement dans l'état métallique. 2°. Que les corps susceptibles de magnétisme ne laissent mouvoir le fluide dans leur intérieur, qu'avec une extrême difficulté, & ne lui permettent point de passer en quantité sensible dans les corps voisins; & pour expliquer le Magnétisme spontané de certains corps, ainsi que la direction constante de l'aiguille aimantée, il faut admettre, comme troisième principe, que l'attraction du globe est équivalente à celle d'un noyau doué d'une grande force magnétique, & placé à son centre.

Ces principes, maniés avec adresse, fussent pour ex-

pliquer les phénomènes les plus singuliers de l'Électricité & du Magnétisme, en saisir les moindres circonstances, & prévoir avec exactitude ce qui résultera d'une expérience projetée. Cependant M. *Æpinus* ne s'est pas borné à rendre compte des faits connus, & à porter la précision du calcul dans des objets qui en paroissent peu susceptibles; il a encore enrichi la science de plusieurs découvertes importantes.

Dans la Théorie de l'Électricité, il a observé qu'un corps électrisé n'a aucune action sur un corps non-électrisé; il est l'inventeur de l'électrophore, ou d'une expérience qui en tient lieu: enfin, il a remarqué le premier, que dans l'expérience de Leyde, le verre pouvoit être remplacé par une lame d'air, & que la commotion n'est plus foible, qu'à raison de la plus grande épaisseur qu'on est obligé de laisser à la couche d'air.

La Théorie du Magnétisme, sortie toute entière des mains de M. *Æpinus*, lui fait encore plus d'honneur. Il a démontré le premier que l'action directive du globe sur les aiguilles aimantées, pouvoit être sensible, sans que la force attractive le fût. Il a perfectionné considérablement la méthode d'aimanter de MM. Micheli & Canton; enfin, il a donné de nouveaux moyens d'exciter la vertu magnétique au plus haut degré, sans le secours d'aucun aimant, ni naturel, ni artificiel.

L'Ouvrage de M. *Æpinus*, est sans doute un de ceux qui doivent faire époque dans l'Histoire des Sciences, & quand le système sur lequel il est fondé se démentiroit en quelques points, cet Ouvrage contient encore assez de choses indépendantes de la Théorie, pour mériter l'attention des Physiciens. Un seul principe paroît difficile à admettre dans la Théorie de M. *Æpinus*; quoiqu'il soit une suite immédiate de ceux que nous avons rapportés, c'est la répulsion des molécules des corps. Cependant, si l'on fait attention qu'il ne s'agit point ici de répulsions ni d'attractions absolues, mais d'effets qui peuvent tenir à une cause quelconque, par exemple, à l'existence de deux fluides, comme le pensent plusieurs Physiciens, on aura moins de peine à admettre une hypothèse, qui est appuyée par un très-grand nombre de faits, & qui d'ailleurs n'est point contraire à la saine Physique.

Nous ne devons pas omettre, que l'Ouvrage de M. *Æpinus* a le mérite de l'exactitude que le calcul y a introduite; exactitude qui ne peut avoir lieu que dans une science déjà perfectionnée. Mais ce mérite, aux yeux des Physiciens Géometres, devient un obstacle pour ceux qui ont trop peu de connoissances Mathématiques. En conséquence, M. l'Abbé Haüy a jugé qu'il rendroit un service important à la Physique, en réduisant au simple raisonnement les calculs de M. *Æpinus*, & en mettant ainsi à la portée de tout le monde un Ouvrage peu connu, & digne de l'être.

Cet Ouvrage, quoique très-clair, étoit peut-être un peu diffus & peu méthodique, comme tous les Ouvrages de Génie. M. l'Abbé Haüy y a rétabli l'ordre & la précision; & dans un Volume beaucoup moindre, il a ajouté l'exposition & la Théorie de plusieurs phénomènes intéressans, tels que le pouvoir des pointes, les étincelles & aigrettes électriques, l'électricité manifestée dans le refroidissement & l'évaporation des corps, suivant les observations de MM. Lavoisier, de la Place & de Saussure, &c.

Nous ne passerons pas sous silence la découverte de la loi que suit l'action des fluides électrique & magnétique, à raison des distances. M. *Æpinus* avoit soupçonné que cette action suivoit la raison inverse du carré des distances; il étoit porté à le croire, par analogie seulement, & sans avoir aucune expérience pour l'établir. Aussi employe-t-il quelquefois dans ses calculs la raison inverse de la simple distance, & l'ignorance de la vraie loi l'avoit empêché de porter certains résultats au degré de justesse convenable. Il étoit réservé à M. Coulomb de découvrir cette loi par un moyen entièrement à lui, & qui peut servir à mesurer de très-petites forces avec une grande exactitude; découverte d'autant plus difficile que Newton & d'autres Physiciens avoient cru voir dans les actions électriques & magnétiques, la raison inverse du cube, ou même d'une plus haute puissance de la distance. M. l'Abbé Haüy a soin d'exposer la vraie loi, d'après M. Coulomb, & de rectifier, à l'aide de ce moyen, plusieurs calculs de M. *Æpinus*.

Nous concluons que l'Ouvrage de M. l'Abbé Haüy est très-propre à répandre les notions les plus saines sur

deux branches importantes de la Physique, & qu'en conséquence il mérite l'Approbation de l'Académie, & d'être imprimé sous son Privilège.

Au Louvre, ce 21 Juillet 1787.

Signé, DE LA PLACE, COUSIN, LE GENDRE.

Je certifie le présent Extrait conforme aux Registres de l'Académie. A Paris, ce 21 Juillet 1787.

Signé, LE MARQUIS DE CONDORSET,
Secrétaire perpétuel.

P R I V I L E G E D U R O I.

L OUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre: A nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenans nos Courts de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartiendra: SALUT. Nos bien amés LES MEMBRES DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES de notre bonne Ville de Paris, nous ont fait exposer qu'ils auroient besoin de nos Lettres de Privilège pour l'impression de leurs Ouvrages: A CES CAUSES, voulant favorablement traiter les Exposans, Nous leur avons permis & permettons par ces Présentes, de faire imprimer par tel Imprimeur qu'ils voudront choisir, toutes les Recherches ou Observations journalieres, ou Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Assemblées de ladite Académie Royale des Sciences, les Ouvrages, Mémoires ou Traités de chacun des Particuliers qui la composent, & généralement tout ce que ladite Académie voudra faire paroître, après avoir fait examiner lesdits Ouvrages, & jugé qu'ils seront dignes de l'impression, en tels volumes, forme, marge, caracteres, conjointement ou séparément, & autant de fois que bon leur semblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le temps de vingt années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes; sans toutefois qu'à l'occasion des Ouvrages ci-dessus spécifiés, il en puisse être imprimé d'autres qui ne soient pas de ladite Académie. Faisons défenses à toutes sortes de personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance; comme aussi à tous Libraires & Imprimeurs d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire lesdits Ouvrages, en tout ou en partie, & d'en faire aucunes traductions ou extraits, sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit desdits Exposans, ou de ceux qui auront droits d'eux; à peine de confiscation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des Contrevenans; dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers auxdits Exposans, ou à

ce'ui qui aura droit d'eux , & de tous dépens , dommages & intérêts; à la charge que ces Présentes seront entregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume , & non ailleurs, en bon papier & beaux caractères , conformément aux Réglemens de la Librairie; qu'avant de l'exposer en vente , les manuscrits ou imprimés qui auront servi de copie à l'impression desdits Ouvrages, seront remis ès mains de notre très-cher & féal Chevalier , Garde des Sceaux de France, le Sieur HUE DE MIROMESNIL; qu'il en fera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothèque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur de MAUPEOU, & un dans celle dudit Sieur HUE DE MIROMESNIL; le tout à peine de nullité des Présentes, du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposé & leurs ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin desdits Ouvrages, soit tenue pour dûment signifiée; & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers & Secétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire, pour l'exécution d'icelles, tous Actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires. CAR tel est notre plaisir. Donné à Paris le premier jour de Juillet, l'an de grace mil sept cent soixante dix-huit, & de notre Règne le cinquième. Par le Roi en son Conseil.

Signé, LEBEGUE.

Registré sur le Registre XX de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris N^o. 1477. fol. 582 conformément au Règlement de 1723, qui fait défenses, article 4, à toutes personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, autres que les Libraires & imprimeurs, de vendre, débiter & faire afficher aucun Livre pour les vendre en leur nom, soit qu'ils s'en disent les Auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à la susdite Chambre huit exemplaires, prescrits par l'article CVII, au même Règlement. A Paris, ce 16 Août 1778.

Signé, KNAPEN, Syndic.



THÉORIE

D E

L'ÉLECTRICITÉ.

I. Des principes généraux de cette Théorie.

1. **T**OUTE la Théorie de l'Électricité, telle que M. Æpinus l'a développée dans son Ouvrage, est fondée sur les deux principes suivans, qui servent également de base à celle de M. Francklin.

Les molécules de la matière électrique se repoussent les unes les autres, même à des distances assez considérables.

Ces mêmes molécules sont attirables par tous les corps connus.

2. Le fluide électrique, par une suite de l'extrême subtilité de ses parties, est capable de

pénétrer toutes sortes de corps ; mais il y a de grandes différences entre les corps , relativement à la manière dont se fait ce trajet à travers leurs pores. Tous ceux qui ne sont point électriques par eux-mêmes, & qu'on appelle, pour abrégé, *corps an-électriques*, livrent un libre passage à la matière électrique, qui se meut dans leurs pores avec beaucoup de facilité. Quant aux substances *idio-électriques*, ou qui s'électrifient par le frottement, M. Francklin pensoit que le verre, qui est du nombre de ces substances, étoit imperméable à la matière électrique (a). M. Æpinus n'est pas tout-à-fait du même sentiment. Il croit plutôt que la matière électrique se meut dans le verre, & en pénètre les pores, mais avec beaucoup de difficulté & de lenteur ; & il étend cette propriété à tous les autres corps *idio-électriques*, tels que le soufre, les résines, l'air sec, &c.

Au reste, lorsque M. Æpinus parle d'attractions & de répulsions, il ne prétend pas que les corps aient la propriété d'agir les uns sur les autres à distance. Il regarde, au contraire, comme un axiôme indubitable cette proposition, qu'un corps ne peut agir où il n'est pas. Les mots *d'attraction* & de *répulsion*, désignent

(a) Observations sur l'électricité, pag. 183 & 184.

seulement des faits que l'Auteur adopte pour principes, & dont il déduit l'explication des phénomènes, sans rechercher la cause immédiate de ces faits. (Voy. le Disc. préliminaire.)

3. Chaque corps a une certaine quantité d'électricité qui lui est propre, & que l'on peut appeler *sa quantité naturelle d'électricité*. Cette quantité est proportionnelle à la masse. Tant qu'elle reste la même, le corps ne donne aucun signe extérieur d'électricité, d'où il suit qu'il y a équilibre entre la force attractive qu'un corps exerce sur sa quantité naturelle de fluide électrique, & la force avec laquelle les molécules qui composent cette quantité, se repoussent mutuellement. Mais si l'on vient à augmenter ou à diminuer cette même quantité, par quelque moyen que ce soit; alors l'équilibre étant rompu, le corps dont il s'agit, deviendra susceptible de produire au-dehors divers phénomènes électriques.

4. On dit d'un corps, qu'il est *électrisé positivement*, ou *négativement*, lorsqu'il a plus ou moins que sa quantité naturelle d'électricité. On se sert aussi, dans les mêmes cas, des termes *d'électrisé en plus*, ou *d'électrisé en moins*. Le verre acquiert, par le frottement, une électricité positive sur la surface frottée. Celle que l'on communique, par le même moyen, au soufre, à

la Cire d'Espagne & aux matieres résineuses, est négative. Nous verrons dans la suite, par quels indices on peut juger si l'électricité d'un corps est positive ou négative.

II. Des loix auxquelles est assujettie la matiere électrique, en conséquence des principes qui viennent d'être exposés.

5. Les différens phénomènes qui dépendent de l'action du fluide électrique, peuvent se réduire en général à deux classes. La premiere comprend ceux où le fluide passe d'un corps dans un autre, qui en a une moindre quantité. Les phénomènes de la seconde classe, sont ceux où les corps eux-mêmes ont des mouvemens progressifs, par lesquels ils s'approchent ou s'écartent les uns des autres. M. Æpinus expose d'abord les loix que suit la matiere électrique, dans les cas qui appartiennent à la premiere classe, comme étant les plus simples.

6. Supposons un corps qui ait reçu une certaine quantité de fluide électrique au-dessus de sa quantité naturelle, ou qui soit électrisé positivement (4). Il s'agit de déterminer l'action du fluide sur une molécule électrique, située auprès de la surface du corps. Tant que ce corps étoit dans son état naturel, la force attractive de sa

matiere propre, à l'égard de la molécule dont il s'agit, étant égale à la force répulsive que son fluide exerçoit sur cette même molécule, (3), ces deux forces se faisoient équilibre, & la molécule restoit immobile auprès de la surface du corps, sans être attirée ni repoussée. Mais à cause de l'accroissement qu'a reçu le fluide renfermé dans le corps, la force répulsive de ce fluide se trouve elle-même augmentée; & alors son action l'emportant sur celle de la force attractive, la molécule est repoussée en raison du surcroît de fluide ajouté à la quantité naturelle.

Les autres molécules situées auprès de la surface du corps, étant dans le même cas que celle dont il s'agit, la couche entiere formée par ces molécules sera repoussée, & forcée de s'éloigner du corps, à moins que quelqu'obstacle ne s'y oppose. Si l'on conçoit tout le fluide renfermé dans le corps, comme divisé en une multitude de couches concentriques, il sera facile de voir que celles de ces couches, qui seront situées vers la surface du corps, s'écarteront successivement du centre; en sorte qu'il se fera un *effluvium* continuel de matiere électrique, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli, ou que le corps n'ait plus que sa quantité naturelle de fluide.

7. Concevons maintenant un autre corps, qu'on

ait perdu une partie de sa quantité naturelle d'électricité, ou qui soit électrisé négativement. Alors la force répulsive du fluide sur une molécule située près de la surface du corps, étant inférieure à la force attractive de la matière propre de ce corps, par rapport à la même molécule, l'attraction exercera sur celle-ci une partie de son action, d'où l'on conclura, par un raisonnement semblable à celui que nous avons fait pour le cas d'une électricité positive (6), qu'il y aura une affluence continuelle de matière électrique dans le corps, jusqu'à ce qu'il ait recouvré sa quantité naturelle d'électricité.

8. Il peut y avoir deux causes qui s'opposent aux effets que nous venons de décrire, l'une interne, & l'autre extérieure. La première aura lieu, si le corps est du nombre de ceux qu'on appelle *Idio-électriques* (2). Car le fluide ne pouvant se mouvoir qu'avec beaucoup de difficulté à travers ces sortes de corps, son effluence dans le premier cas, & son affluence dans le second, en feront sensiblement retardées. L'autre cause est celle qui provient de la nature des corps environnans, dans le cas où ceux-ci sont pareillement idio-électriques, tels qu'un air bien sec. La résistance que ces corps opposent au mouvement de la matière électrique, produira dans les effluences & affluences dont nous avons parlé,

un retard semblable à celui que peut occasionner la nature même du corps électrisé. On voit par-là pourquoi, toutes choses égales d'ailleurs, l'électricité d'un corps se maintient plus longtemps, lorsque ce corps, ou ceux qui l'environnent, sont du nombre des corps électriques par eux-mêmes.

9. Les conducteurs des machines électriques nous fournissent une application simple de ces principes, par rapport aux corps an-électriques. Dans la machine ordinaire à plateau, les coussins qui frottent ce plateau, lui transmettent sans cesse une portion du fluide électrique qu'ils renferment en eux-mêmes, & dont les pertes se réparent aux dépens de celui des corps voisins, avec lesquels ces coussins sont en communication. Le fluide est ensuite enlevé au plateau par les pointes situées aux deux extrémités des branches du conducteur, qui par-là se trouve électrisé positivement. Le support de verre, qui soutient le conducteur, & qui est du nombre des corps idio-électriques, empêche, par l'obstacle qu'il oppose à la propagation de la matière électrique (2), que le fluide ne s'échappe de ce côté; & si l'air environnant est très-sec, le conducteur conservera pendant un instant le fluide qui s'y trouve répandu par excès, au moment où l'on cesse de faire tourner le plateau entre les coussins. Alors, si

l'on présente une pointe déliée de métal, à une petite distance de ce conducteur, on verra paroître une petite étoile lumineuse, & fort courte, qui indique, comme nous le verrons, une électricité positive. Cette étoile est produite par l'*effluvium* de la matiere électrique du conducteur, dont les molécules sont sollicitées par leur force répulsive mutuelle, & par l'attraction de la pointe, à se porter vers celle-ci, & à y pénétrer, ainsi que nous l'expliquerons dans la suite.

On fait aussi des machines dont les frottoirs sont isolés, de maniere que, communiquant au plateau leur propre fluide, & ne pouvant en tirer de nouveau des corps voisins, ils tendent continuellement à acquérir l'électricité négative. Alors il se fait vers les coussins un effluve continuel de la matiere électrique renfermée dans le conducteur qui, à son tour, s'électrise négativement. Dans ce cas, si l'on présente à ce conducteur une pointe métallique, on verra sortir de celle-ci un jet lumineux, ou une aigrete allongée, produite par le fluide qui va de la pointe au conducteur, pour lui restituer celui qu'il a perdu. On peut voir, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1786, la description d'une très-belle machine de ce genre, imaginée par M. le Roi, de la même Académie.

10. Jusqu'ici nous avons supposé le fluide uniformément répandu dans le corps électrisé : mais il arrive souvent qu'il y a surabondance de fluide dans une partie de ce corps, tandis qu'il y a défaut du même fluide dans une autre partie. Pour simplifier d'abord ce nouveau cas, imaginons un corps BC (*fig. 1.*) divisé en deux parties égales, AB, AC, & telles que le fluide de AC excède la quantité naturelle, & que celui de AB soit moindre que la même quantité, le rapport de la quantité acquise d'une part à la quantité perdue de l'autre, étant variable à volonté ; cherchons l'action de ce corps sur deux molécules E, D, placées vers les deux extrémités. D'après ce qui a été dit (6 & 7), la partie AC exercera une force répulsive sur les deux molécules, en même-temps que la partie AB agira pour les attirer. Mais à cause de l'inégalité des distances où les deux molécules se trouvent par rapport à l'une quelconque des parties AB, AC, il est clair que la molécule E sera plus repoussée par la partie AC, que la molécule D, & que celle-ci, au contraire, sera plus attirée par la partie AB, que la molécule E. Cela posé, il peut arriver différens cas.

11. Pour mieux concevoir les effets relatifs à chacun de ces cas, observons d'abord que la répulsion de la partie AC, sur la molécule E,

par exemple, doit croître à mesure que la quantité de fluide additive, acquise par AC, sera elle-même plus grande. D'une autre part, l'attraction de la partie AB, sur la même molécule, croîtra aussi, à mesure que la quantité soustractive de fluide perdue par AB, sera plus considérable. Or, comme les quantités de fluide des deux parties sont censées variables, on conçoit qu'il peut arriver, par exemple, que la quantité perdue par AB soit telle, que l'excès d'attraction qui en résultera par rapport à la molécule E, compense exactement la diminution qu'éprouve, à raison d'une plus grande distance, cette même attraction, comparée à la répulsion de AC sur la même molécule. Dans ce cas, la molécule E restera immobile.

12. Si au contraire, la quantité de fluide, perdue par AB, n'est pas suffisante pour compenser l'effet de la distance, la répulsion de AC prévaudra sur l'attraction de AB, & la molécule E s'écartera du corps A. Si enfin la quantité soustractive du fluide de AB compense au-delà l'effet de la distance, il est aisé de voir que la molécule E se portera vers le corps A.

13. La molécule D, de son côté, subira divers états relatifs à ces différens cas. Si la molécule E, par exemple, reste immobile, la molécule D aura un mouvement progressif vers

Le corps A, puisqu'elle est plus voisine de la partie AB, dont la force attractive, dans ce cas, excède la force répulsive de AC, comme nous venons de le voir, il n'y a qu'un instant. Si la molécule E tend vers le corps A, la molécule D sera attirée, à plus forte raison, par le même corps.

14. En général, suivant les différens degrés relatifs des forces exercées par les deux parties du corps A, il pourra arriver que le fluide soit attiré & repoussé à la fois des deux côtés, ou qu'il soit attiré de tel côté, tandis qu'il sera repoussé de l'autre, & réciproquement; ou qu'enfin il reste immobile d'un côté, tandis que de l'autre il sera attiré ou repoussé.

15. Tous ceux qui connoissent la Théorie de M. Francklin, savent qu'une bouteille de Leyde, chargée à l'ordinaire, a sa garniture intérieure dans l'état positif, & l'extérieure, dans l'état négatif. Comme ces deux effets s'étendent jusqu'à une certaine profondeur dans la lame de verre qui forme le ventre de la bouteille, nous pouvons considérer cette lame avec ses deux garnitures, comme un corps unique, qui auroit une de ses parties, c'est-à-dire, celle qui est en dedans, électrisée en plus, & l'autre qui regarde le dehors, électrisée en moins. On peut demander lequel des différens cas que nous venons

de supposer, est celui que réalise l'état actuel de la bouteille. Or, nous verrons que la Théorie sur ce point est parfaitement conforme au résultat d'une expérience que chacun peut faire, & qui indique l'action des deux moitiés de l'épaisseur de la bouteille. Après avoir chargé cette bouteille, enlevez-la, à l'aide d'un cordon de soie attaché à son crochet, & tenez-la ainsi suspendue, au milieu de l'air, qu'il faut supposer très-sec. Approchez alors le doigt à une petite distance du ventre de la bouteille. Il ne sortira aucune étincelle intermédiaire, d'où il faut conclure que, comme la bouteille ne donne aucun signe d'électricité par sa surface extérieure, cette surface est, à l'égard du fluide voisin, comme si elle se trouvoit dans l'état naturel, c'est-à-dire, que le fluide n'est ni attiré, ni repoussé de ce côté.

Mais nous avons vu (13) que dans le cas où l'une des deux molécules E, D, étoit immobile, l'autre molécule se trouvoit nécessairement attirée ou repoussée ; en sorte qu'il ne pouvoit y avoir équilibre à la fois des deux côtés. Il suit de là que le fluide voisin de la garniture intérieure de la bouteille, qui est électrisée en plus, doit éprouver de la part de cette garniture une action répulsive. C'est ce qu'il est aisé de vérifier. Car si l'on présente le doigt à une petite distance du crochet de la bouteille, qui est censé faire

un même corps avec la garniture intérieure, on tirera une étincelle qui annonce l'effluve de la matière électrique hors du crochet (*a*). Tout ceci s'éclaircira encore par ce que nous dirons dans un article particulier, où nous traiterons de l'expérience de Leyde.

16. Nous placerons ici un résultat qui nous fera utile par la suite. Si l'on supposoit que l'excès de fluide de AC, se trouvât précisément égal au défaut de fluide de AB; alors la molécule D tendroit nécessairement à pénétrer dans le corps A, & la molécule E en seroit repouffée.

Pour le prouver, imaginons que les deux parties AC, AB, agissent seules tour à tour sur la molécule D, placée à une distance déterminée. Concevons de plus que la force répulsive de la partie AC soit concentrée dans un point déterminé. La force attractive de la partie AB pourra être conçue, comme concentrée dans le point correspondant de cette dernière partie. Car, quelle que soit la loi que suive la répulsion

(*a*) Cette étincelle n'est pas occasionnée précisément par le crochet, qui forme un surcroît de matière ajoutée à la garniture intérieure. Nous verrons dans la suite que celle-ci peut, dans ce cas, fournir une étincelle, indépendamment du crochet, & toutes choses étant supposées égales de part & d'autre.

des molécules électriques, à raison de la distance, l'attraction des molécules propres du corps électrisé doit suivre la même loi, sans quoi il n'y auroit point compensation entre cette attraction & la répulsion des molécules du corps considéré dans l'état naturel; ce qui est contraire à l'expérience (3). Il suit de là que l'attraction exercée par AB sur la molécule D, sera égale, dans l'hypothèse présente, à la répulsion de AC sur la même molécule, puisque d'un côté celle-ci est repoussée par AC, en raison de l'excès de fluide de cette même partie, & que de l'autre, elle sera attirée par la partie AB, en raison de la portion de la masse de AB, laquelle faisoit équilibre à la quantité de fluide, qui est censée avoir passé dans la partie AC. Donc dans le cas, représenté (*fig. 2*), où la molécule D est plus près de AB que de AC, l'attraction prévaudra sur la répulsion, & la molécule D sera sollicitée à entrer dans le corps BC. On conçoit qu'en même-temps l'action du corps BC sur la molécule E, doit être répulsive.

17. L'équilibre étant rompu entre les forces des parties AC, AB, il est clair qu'il tendra à se rétablir; en sorte qu'une portion du fluide de AC passera dans AB, jusqu'à ce que le corps soit rentré dans son état naturel. Ce retour se fera lentement, si le corps A est idio-électrique;

mais s'il est an-électrique, le fluide parviendra en un instant à l'uniformité.

On conclura aussi des différens états où se trouvent les molécules E, D, suivant les divers cas mentionnés ci-dessus, qu'il peut arriver que, pendant le retour du corps vers son état naturel, il sorte du fluide de AC, ou qu'il en entre du dehors dans l'intérieur de AB, & la promptitude avec laquelle cette transmission s'opérera, dépendra aussi de la nature des corps environnans, & du plus ou moins de facilité que la matière électrique éprouvera à les traverser.

18. Si le fluide n'étoit pas uniformément répandu dans chaque partie du corps A, ou si, dans le cas d'une distribution uniforme, les deux parties n'étoient pas égales entr'elles, on obtiendrait toujours des résultats analogues à ceux qui ont été exposés ci-dessus. Il y a une infinité de cas possibles, relatifs aux différens états de AC & AB. Mais chacun de ces cas ayant un rapport déterminé avec le cas le plus simple, qui est celui que nous avons considéré, sera toujours susceptible d'y être ramené.

Imaginons, par exemple, que la partie AC, soit double ou triple, ou, &c. de la partie AB; & que la portion de fluide, qui surabonde dans cette partie, soit égale à celle qui manque dans

la partie AB. Si l'on conçoit la molécule D, située entre ces deux parties séparées l'une de l'autre, le point dans lequel il faudra supposer que la force répulsive de AC est concentrée, n'aura plus, à la vérité, la même position que dans le cas mentionné (16); mais le point où il faudroit placer la molécule D, pour qu'elle fût autant attirée par AB, que repoussée par AC, se trouvera nécessairement entre les deux centres d'action des deux parties AB, AC, quoiqu'à des distances inégales de ces parties. Donc, dans le cas représenté (*fig. 2*), la molécule D étant plus voisine du centre d'action de AB que de celui de AC, cette molécule tendra toujours à pénétrer dans le corps AB; tandis que la molécule E sera sollicitée à s'en écarter.

19. Passons maintenant à la recherche des loix, suivant lesquelles deux corps électriques agissent l'un sur l'autre. Soient A, B, (*fig. 2*), ces deux corps, que l'on suppose d'abord dans l'état naturel. Toute action étant réciproque, il suffira de considérer celle du corps A sur le corps B. Or il y a quatre forces qui entrent comme élémens dans cette action.

1°. La matière propre de A attire le fluide de B.

2°. Le fluide de A repousse celui de B.

3°. Le fluide de A attire la matiere propre de B.

4°. La matiere propre de A exerce aussi sur la matiere propre de B une action que nous déterminerons plus bas.

Il est clair d'abord, d'après ce qui a été dit, (3), que l'attraction de la matiere propre de A sur le fluide de B, est égale à la force répulsive mutuelle des deux fluides : car il en est ici du corps B, vis-à-vis du corps A, comme d'une partie quelconque d'un seul corps, à l'égard d'une autre partie du même corps. Ainsi les deux forces dont il s'agit, se faisant équilibre, leur effet est comme nul.

En second lieu, la premiere force est égale à la troisieme, c'est-à-dire, qu'autant la matiere propre de A attire le fluide de B, autant le fluide de A attire la matiere propre de B. Pour le prouver, observons que l'effort que font les deux corps, pour se porter l'un vers l'autre, en vertu de l'attraction mutuelle de leurs fluides & de leurs masses, doit être estimé ici, comme la quantité de mouvement dans le cas de l'équilibre, c'est-à-dire, par le produit des masses & des vitesses. Cela posé, plus la matiere propre ou la masse de A est considerable, plus chaque molécule du fluide de B a de vitesse pour se porter vers A. Donc cette vitesse est proportionnelle à la masse de A. Donc la quantité de
B

mouvement du fluide de B, ou le produit de la vitesse de ce fluide par sa masse, est comme la masse même de A, multipliée par la masse du fluide de B. On verra de même, que l'effort avec lequel B est attiré par le fluide de A, est comme la masse de ce fluide, qui determine ici la vitesse de B, multipliée par la masse de B.

Soit M la masse de A; Q sa quantité de fluide; m la masse de B; q sa quantité de fluide; les deux attractions, ou les quantités de mouvement seront comme le produit de M par q , est au produit de Q par m . Mais les quantités de fluide naturelles étant proportionnelles aux masses, on aura M est à m , comme Q est à q ; & multipliant l'un par l'autre, les extrêmes & les moyens, on trouvera que le produit de M par q est égal au produit de Q par m ; c'est-à-dire, que les quantités de mouvement, & par conséquent la première & la troisième des forces mentionnées ci-dessus sont égales entr'elles. Or, la première étant égale & contraire à la seconde, il s'ensuit que l'effet de la troisième est nécessairement balancé par une quatrième, qui lui est pareillement égale & contraire. Mais il ne reste, pour la quatrième force, que celle qu'exerce la matière propre de A sur celle de B; d'où M. *Æpinus* conclud, 1^o. que les molécules de la matière propre des deux corps A & B, ont une

force répulsive mutuelle ; 2^o. que cette force est égale à l'une quelconque des trois premières forces ; c'est-à-dire , qu'il y a égalité entre les quatre forces dont il s'agit.

20. Quoique l'existence d'une force répulsive, mutuelle entre les molécules propres des corps , paroisse suivre immédiatement des principes de la Théorie de l'Électricité (*a*), tels que M. Francklin , & tant d'autres Physiciens après lui les ont admis ; l'Auteur ne dissimule pas la répugnance qu'il a eue d'abord à se persuader que la force dont il est question pût avoir lieu dans la nature. Mais il ajoute , qu'après y avoir bien réfléchi , il n'a rien trouvé dans cette supposition qui fut contraire à l'analogie des opérations de la nature ; puisqu'il y a une multitude de circonstances où l'on observe des actions répulsives entre les corps. La gravitation universelle prouvée par Newton , ne peut faire ici une difficulté solide. Car , comme l'effet de la répulsion dont on a parlé est détruit par l'action du fluide électrique , dans tous les corps qui renferment

(*a*) Cette conséquence n'est pas nécessaire , puisqu'il est probable que l'on trouvera une autre manière d'expliquer la chose , quand la nature du fluide électrique nous sera plus connue. Voyez le Discours préliminaire.

leur quantité naturelle de ce fluide , cette répulsion est comme nulle , par rapport à l'attraction universelle dont elle ne trouble point l'action sur les différens corps , excepté dans les cas où ceux-ci donnent des signes extérieurs d'électricité , d'où résultent des effets particuliers , qu'il faut regarder comme des especes d'exceptions à la loi générale. Et si l'on objecte à M. Æpinus , que deux forces opposées , telles que la répulsion & l'attraction , sont incompatibles dans le même sujet ; il répond , que ne considérant pas ces deux forces , comme inhérentes à la matiere , mais comme produites par des causes extérieures , il ne peut être accusé de contradiction , puisque rien ne répugne à ce qu'un corps soit sollicité à la fois par deux puissances contraires. C'est ainsi , par exemple , que les molécules d'un fluide élastique se repoussent mutuellement en vertu de leur ressort , quoique soumises à la loi de la gravitation universelle.

21. Nous venons de voir que deux corps A & B , dans l'état naturel , n'avoient l'un sur l'autre aucune action sensible qui pût être attribuée à l'électricité. Concevons que le fluide de A soit augmenté d'une certaine quantité. En reprenant les quatre forces mentionnées ci-dessus , savoir :

1°. L'attraction de A sur le fluide de B.

2°. La répulsion mutuelle des deux fluides.

3°. L'attraction du fluide de A sur B.

4°. La répulsion mutuelle de A & de B.

Il sera facile de voir que l'accroissement du fluide de A, n'altère, en aucune manière, la première & la quatrième force; puisque l'action du fluide de A n'entre point comme élément dans ces forces. Il n'y aura que la seconde & la troisième force qui subiront des changemens. Or, dans l'état naturel, la seconde force est à la troisième (19), comme le produit des masses des deux fluides, est au produit du fluide de A par la masse de B. Mais ces deux produits étant égaux, si l'on augmente d'une même quantité leur facteur commun, qui est la masse du fluide de A, il est clair que l'égalité subsistera toujours. Donc dans le cas où le fluide de A seroit augmenté, la seconde force fera équilibre à la troisième; & comme la première est égale à la quatrième dont elle balance l'effet, il s'ensuit que le corps A, dans l'hypothèse présente, n'aura pas plus d'action sur le corps B, que s'il étoit dans l'état naturel.

Si l'on suppose, au contraire, que le fluide de B soit diminué d'une certaine quantité, on trouvera que la seconde & la troisième force sont encore égales, comme dans le cas précédent.

22. Il suit delà , qu'un corps électrisé soit positivement , soit négativement , n'a aucune action sur un second corps qui est dans son état naturel. Cette conséquence , quoique déduite immédiatement de la Théorie de M. Francklin , paroît d'abord contraire à un fait admis par les partisans de cette Théorie , & que l'expérience semble confirmer au premier coup-d'œil ; savoir , que les corps électrisés , soit positivement , soit négativement , attiroient toujours d'autres corps qui n'avoient que leur quantité naturelle d'électricité. Mais tout se concilie , en admettant un autre fait , dont l'existence sera prouvée dans la suite , & qui consiste en ce qu'aucun corps , dans l'état naturel , ne peut être approché d'un autre corps , que l'on suppose électrisé , sans être tiré lui-même de l'état naturel , & sans devenir électrique. Or , c'est en vertu du nouvel état de ce corps , que l'autre a une action sensible sur lui ; & comme la cause qui le rend électrique agit très-promp-tement , il n'est pas surprenant que l'on ait regardé ce corps , comme étant encore dans l'état naturel , au moment où l'autre agissoit sur lui , & que la vraie explication de ce phénomène ait échappé aux partisans de la Théorie de M. Francklin.

23. Supposons maintenant que les corps A & B soient électrisés tous les deux positivement.

Pour concevoir l'effet qui en résultera, rappelons-nous que dans le cas où le corps A est seul électrisé en plus, la seconde & la troisième des quatre forces mentionnées ci-dessus (21), se trouvent augmentées l'une & l'autre dans un rapport égal, les deux autres forces restant les mêmes.

Or, si B est lui-même électrisé positivement, il est clair 1°. que la première force, qui est l'attraction de A sur le fluide de B, se trouvera augmentée. 2°. Que la seconde force, c'est-à-dire, la répulsion mutuelle des deux fluides, qui étoit déjà plus grande que la première force, recevra un nouvel accroissement. 3°. Que les deux autres forces ne subiront aucun changement, puisque l'action du fluide de B n'entre point comme élément dans ces forces. Cela posé, il est facile de voir que l'équilibre sera rompu; en sorte que les attractions & les répulsions ne se balanceront plus mutuellement; mais que les secondes prévaudront.

Car dans le cas où le corps A étoit seul électrisé positivement, la première force étoit égale, & contraire à la quatrième; la seconde étoit égale, & contraire à la troisième: en sorte que chacune de celles-ci étoit plus grande que l'une quelconque des deux autres. Or, supposons, pour plus de simplicité, que

l'accroissement du fluide de B, dans le cas où ce corps se trouve aussi électrisé positivement, soit capable de doubler la seconde force, ou la répulsion mutuelle des deux fluides. L'équilibre ne pourra subsister qu'autant que le même accroissement auroit doublé en même-temps une autre force égale & contraire à la seconde ; mais il n'y a que la troisième force qui soit dans ce dernier cas. Or, l'accroissement du fluide de B n'occasionne point de changement dans cette troisième force, mais seulement dans la première qui se trouvera aussi doublée ; puisque l'action du fluide de B est un de ses élémens. Donc, puisque cette force étoit plus petite que la seconde, la répulsion de celle-ci se trouvera augmentée en plus grand rapport, que l'attraction de la première, d'où il suit que la somme des répulsions l'emportera sur celle des attractions ; en sorte que les deux corps A, B, se repousseront mutuellement.

Si l'on imagine que les deux premières forces, au lieu d'être doublées, se foyent accrues dans tout autre rapport, il en résultera toujours que la première sera plus petite que la seconde ; en sorte que, dans tous les cas, il y aura répulsion entre les corps A & B (a).

(a) Pour saisir plus facilement ce résultat, on peut,

24. Supposons, au contraire, que A étant toujours électrisé positivement, B se trouve électrisé négativement. On verra, par un raisonnement semblable à celui que nous avons fait pour le cas précédent, que la diminution du fluide de B fera décroître la seconde force, qui est celle par laquelle les deux fluides se repoussent, de ma-

à l'aide des nombres, en faire l'application à un cas particulier. Représentons par 2 chacune des quatre forces mentionnées dans l'état naturel; & concevons que d'abord A seul soit électrisé positivement, de maniere que son fluide se trouve triplé. La seconde force, c'est-à-dire, la répulsion mutuelle des deux fluides, & la troisième, savoir, l'attraction du fluide de A sur B, seront aussi triplées, & l'expression de chacune sera 6. La première force, c'est-à-dire, l'attraction de A sur le fluide de B; & la quatrième ou la répulsion de A sur B, ne recevront aucun changement. Donc la somme des deux attractions & celle des deux répulsions, deviendront chacune 6 plus 2, ou 8, d'où il suit qu'il y aura encore équilibre.

Les choses étant dans cet état, concevons que le fluide de B soit doublé. La première force qui étoit 2 deviendra 4; la seconde, qui étoit 6, deviendra 12. La troisième sera toujours 6, & la quatrième toujours 2. Or, la première & la troisième sont attractives; la seconde & la quatrième sont répulsives; donc la somme des attractions sera 4 plus 6, ou 10; la somme des répulsions sera 12 plus 2, ou 14; par où l'on voit que les répulsions l'emporteront.

niere qu'elle aura perdu une plus grande partie de son action que la premiere. Donc celle-ci, qui est positive, l'emportera, & les deux corps s'attireront mutuellement.

25. Supposons enfin que les corps A, B, se trouvent tous les deux électrisés négativement. La seconde & la troisieme force perdront également, en vertu de la seule électricité négative de A; donc l'équilibre subsisteroit encore à cet égard. Mais en vertu de l'électricité négative de B, la seconde force, qui étoit devenue plus petite que la premiere, perdra moins de son action: car si elle est diminuée de moitié, par exemple, il est évident qu'une semblable diminution fera décroître davantage la premiere, qui étoit plus considérable (a). Donc puisque la seconde force est répulsive, la somme des répulsions prévaudra sur celle des attractions, & les deux corps s'écarteront l'un de l'autre.

26. Il est facile de constater ces résultats par l'expérience. Ayez deux petites balles de liège, ou de moelle de sureau, *f*, *h*, fig. 12, sus-

(a) Il faut observer, que comme les résultats sont donnés par la différence entre la somme des attractions & celle des répulsions, les accroissemens ou les pertes des forces, doivent être estimées par des quantités absolues.

pendues par des crins aux extrémités de deux tiges recourbées AB , CD , faites de quelque matière idio-électrique, telle que le verre, la Cire d'Espagne, &c. & garnies aux points de suspension e , n , de deux boules de métal; placez ces deux tiges de manière que les balles f , h , foyent à une petite distance l'une de l'autre, comme le représente la figure. Après avoir électrisé par frottement un tube de verre, que l'on fait acquérir, dans ce cas, l'électricité positive, touchez en même tems, les deux points de suspension e , n . A l'instant les deux balles f , h , étant elles-mêmes électrisées en plus, comme il sera prouvé par la suite, se repousseront mutuellement, ce qui est le premier résultat.

27. On fait que la Cire d'Espagne s'électrise en moins par le frottement. Si donc vous touchez l'un des points de suspension tel que e , avec un bâton de cire ainsi électrisé, & l'autre point n , avec le tube de verre, dont nous avons parlé plus haut, alors chaque balle acquérant une électricité analogue à celle du corps, qui touche son point de suspension, les deux balles se trouveront dans des états différens, & on les verra se porter l'une vers l'autre. Ce qui représente le second résultat.

28. Pour mettre le troisieme résultat en expérience, on conçoit, d'après ce qui a été dit,

qu'il ne s'agit que de toucher à-la-fois les deux points de suspension e , n , avec un bâton de Cire d'Espagne électrisé par frottement. L'effet de ce contact se manifestera par la répulsion mutuelle des deux balles.

29. Concluons delà, 1^o. que s'il y a excès ou défaut de fluide en même tems dans les deux corps, ils se repousseront mutuellement.

2^o. Que s'il y a excès de fluide dans l'un & défaut dans l'autre, ils s'attireront mutuellement.

30. Il peut arriver (& ce cas est effectivement très-commun) que le fluide ne soit pas repandu uniformément dans les deux corps A, B, mais qu'il abonde dans certaines parties de ces corps, tandis que dans les autres parties, il y en auroit moins que la quantité naturelle; supposons d'abord, pour plus grande simplicité, un corps A (fig. 3) dans l'état où nous l'avons considéré (10), c'est-à-dire, divisé en deux parties égales AC & AB, dont la première soit électrisée positivement & la seconde négativement. On a vu que suivant les proportions des quantités additive & soustractive du fluide renfermé dans AC & AB, il pouvoit arriver que l'une quelconque des molécules E, D, restât immobile, ou fut attirée vers l'extrémité correspondante du corps A, ou en fut repoussée.

Concevons maintenant un autre corps G, voi-

fin de la partie AC. Il est clair d'abord que si ce corps est dans son état naturel, le corps A n'aura aucune action sur lui (22). Reste à examiner les cas où G seroit lui-même électrisé, soit positivement, soit négativement.

Pour estimer les effets du corps A sur le corps G, nous les comparerons avec ceux qu'il produiroit sur la molécule E. Supposons d'abord que cette molécule soit autant attirée que repoussée, & que le corps G soit dans l'état positif. Il est clair que la partie AB étant à une plus grande distance de la molécule E que la partie AC, ne balance la force répulsive de cette partie qu'à raison d'un excès d'électricité négative. Or, si l'on conçoit que la molécule E s'écarte du corps, suivant la direction RN, il est aisé de voir qu'elle s'éloignera plus à proportion de la partie AC que de la partie AB. Car supposons qu'étant appliquée à la surface du corps A, elle se trouvât à un pouce de distance du centre de la partie AC, que je prends ici pour terme de comparaison, & à deux pouces de distance du centre de la partie AB. Donc si elle s'est écartée, par exemple, d'un pouce dans la direction RN, elle se trouvera alors à deux pouces de distance du centre de AC, & à trois pouces du centre de AB. Donc la première distance sera doublée, tandis que la seconde ne sera augmentée que dans le rapport

de deux à trois. On voit par-là que la molécule E ne peut s'écarter du corps A, sans que la répulsion de AC sur cette molécule ne diminue en plus grand rapport que l'attraction de AB. Donc partout ailleurs qu'au point E, en allant vers N, l'attraction l'emporte sur la répulsion. Donc le corps A agit sur la molécule E, dans tous les points situés vers N, comme agiroit un corps dans l'état négatif. Or, le corps G, qui est positif, ne différant d'un corps dans l'état naturel, qu'à raison d'un excès de fluide, toute l'action du corps A peut être conçue comme s'exercant sur cet excès; d'où il résulte que l'on peut assimiler cette action à celle qui a lieu par rapport à la molécule E. Donc à quelque distance que l'on place le corps G, il sera attiré par le corps A.

Il est facile de voir que si G étoit dans l'état négatif, il seroit repoussé, au lieu d'être attiré, à quelque distance qu'on le placât du corps A.

31. Concevons maintenant que la molécule E soit plus repoussée qu'attirée. Si l'on suppose qu'elle abandonne la surface du corps A, pour se porter vers N, la force répulsive de la partie AC sur cette molécule diminuant en plus grande raison que la force attractive de AB (30), on conçoit qu'il y aura un point où la distance compensera l'excès de la force attractive, en sorte que les deux forces se balanceront; & à ce

point, la molécule E, abandonnée à elle-même, resteroit immobile. Au-delà de ce point, la force attractive de AB, continuant de décroître en moindre raison, que la force répulsive de AC, deviendra prépondérante; en sorte que la molécule sera attirée dans tous les points situés plus loin que celui où elle étoit en équilibre.

Soit maintenant R ce dernier point; ayant mené la verticale OP, si l'on conçoit que cette verticale traverse le corps G, qui est censé dans l'état positif, il est facile de voir que la partie OM de ce corps sera plus repoussée qu'attirée; & qu'au contraire, la partie OS sera plus attirée que repoussée. Or, on peut toujours supposer le corps partagé par la ligne OP, de manière que la répulsion d'une part soit égale à l'attraction de l'autre, d'où il suit qu'il y a une position où le corps G resteroit immobile. On voit également que ce corps ne pourra se mouvoir de R en E, sans être plus repoussé qu'attiré, ni de R en N, sans être plus attiré que repoussé.

Si le corps G étoit dans l'état négatif, on auroit des résultats semblables, mais en sens contraire; en sorte que ce corps seroit repoussé dans les mêmes circonstances où il eût été attiré, étant positif, & *vice versa*.

32. En appliquant à la molécule D les mêmes raisonnemens que nous venons de faire pour la

molécule E , on verra qu'il peut arriver de même , suivant les divers états des parties du corps A , qu'un corps H situé du côté de AB , & dans l'état positif ou négatif , tantôt reste immobile , & tantôt soit attiré ou repouffé.

33. Nous avons fait voir (16) , que si l'excès de fluide contenu dans AC , étoit égal au défaut de fluide de AB , la molécule D seroit attirée , & la molécule E repouffée par le corps A. On conclura aisément de ce résultat & de tout ce qui vient d'être dit , que dans le même cas , le corps G étant supposé dans l'état positif , seroit repouffé à toutes les distances , & qu'au contraire il seroit attiré , s'il se trouvoit dans l'état négatif.

Mais cette conséquence suppose que les deux parties du corps A ont une épaisseur sensible. Car si , par quelque moyen , on pouvoit faire en sorte qu'elles fussent censées n'avoir qu'une épaisseur infiniment petite , on concevra qu'alors le corps G , étant à des distances sensiblement égales , par rapport aux deux parties du corps A , seroit autant repouffé qu'attiré , & resteroit immobile à toutes les distances.

M. *Æpinus* a représenté ce dernier cas , à l'aide d'une expérience curieuse. Ce Physicien a pris deux lames de verre , de plusieurs pouces
de

de largeur, & a fixé perpendiculairement sur le milieu d'une des faces de chacune, un manche de verre, en se servant de cire à cacheter pour ciment. Ayant ensuite frotté ces lames plusieurs fois l'une contre l'autre par leurs faces libres; puis les tenant en contact immédiat, il a présentée la surface postérieure de l'une d'elles, à une petite balle de liége suspendue à un fil de soie. Si l'appareil se fût trouvé susceptible de donner quelques signes d'électricité, cette balle auroit été d'abord électrisée, en vertu de la proximité des deux lames de verre, comme nous le verrons plus bas; puis attirée jusqu'au point de contact, & ensuite repoussée. Cependant la balle restoit immobile à toutes les distances: car, pendant le frottement mutuel des deux lames, une partie du fluide contenu dans celle qui se trouvoit plus disposée à en céder, avoit passé dans l'autre, en sorte que la première avoit acquis l'Électricité négative; & la seconde, l'Électricité positive. Mais comme cet effet, assez peu considérable en lui-même, ne s'étendoit dans chaque lame, qu'à une profondeur infiniment petite (2); en sorte qu'il n'y avoit que les surfaces en contact, qui fussent sensiblement électriques, les distances entre ces surfaces & la balle de liége, étant censées égales, celle-ci n'éprouvoit aucune action de la part de l'appareil.

Au contraire, dès que l'on écartoit les deux lames l'une de l'autre, la balle étoit à l'instant attirée par la lame voisine, puis repoussée, aussitôt qu'elle avoit touché cette lame. Nous donnerons dans la suite une explication détaillée de ces attractions & répulsions successives.

34. Examinons maintenant le cas où chacun des deux corps DB, FH (*fig. 4*), seroit tel que ses deux parties se trouvaient dans divers états, soit positifs, soit négatifs. Supposons d'abord que les parties CD, FG, soient dans l'état positif, & les parties BC, GH, dans l'état négatif. Concevons de plus, que, dans le cas où la partie FG existeroit seule, elle fût repoussée par le corps C, à quelque distance qu'on la placât de ce corps. L'action de C, dans ce cas, est par-tout la même, que s'il étoit dans un état positif. Si nous considérons maintenant l'effet que doit produire l'addition de la partie GH, qui est dans l'état négatif, nous pouvons imaginer que la quantité de fluide, soustraite de cette partie, soit en telle proportion avec la quantité additive du fluide de FG, qu'il y ait un point où elle compense exactement la différence des distances où se trouvent les deux parties du corps G, à l'égard du corps C; en sorte que l'effet de l'attraction sur GH, soit égal à celui de la répulsion sur FG. Dans ce cas, le corps G restera im-

mobile. Maintenant, si on le place plus près du corps C, alors la partie FG, qui est dans l'état positif, s'approchant en plus grand rapport vers le corps C (30), que la partie GH, qui est dans l'état négatif, la répulsion l'emportera. Le corps G sera attiré, au contraire, si on le place plus loin que la distance où il eût été immobile.

On aura des résultats semblables pour le cas où la partie FG seroit dans l'état négatif, & la partie GH dans l'état positif, excepté qu'il y aura attraction où il y avoit répulsion, dans le cas précédent, & *vice versa*.

35. Si les quantités de fluide des deux parties du corps C sont telles que la partie FG, que nous supposons de nouveau positive, & placée seule dans le voisinage de C, eût été attirée, puis fût restée immobile à une plus grande distance; & enfin, eût commencé à être repoussée à une distance encore plus grande, il est clair que le corps C agira d'abord dans cette hypothèse, comme s'il étoit électrisé négativement, puis dans l'état naturel, & enfin dans l'état positif: ce cas est susceptible de plusieurs solutions. Il suffira, pour notre objet, de considérer ce qui se passe, tant que le corps G reste dans l'étendue où le corps C agit comme étant négatif. On conçoit que le rapport

des quantités de fluide contenues dans les parties FG, GH, peut être tel, qu'à une distance donnée, l'effet de l'attraction qui auroit eu lieu sur la seule partie FG, soit balancé par un effet égal & contraire; & à ce point, le corps G demeurera immobile. En-deça de ce point, vers le corps C, le corps G sera attiré, parce que la distance de FG, par rapport au corps C, deviendra moindre, à proportion que la distance de GH (30) : au-delà du même point il y aura répulsion.

Si, au contraire, FG est la partie électrisée négativement, & GH la partie électrisée positivement, on aura des phénomènes analogues, avec cette différence que les forces attractives prendront la place des forces répulsives, & réciproquement.

36. Enfin, si l'on suppose BC positive, CD négative, & si le rapport des quantités de fluide de ces deux parties est tel, que FG étant positive, & placée dans le voisinage de C, fût repoussée; puis restât immobile à une plus grande distance, pour commencer à être attirée dans les points ultérieurs; on concevra, par un raisonnement semblable, qu'il pourra se faire que le corps G soit repoussé, dans une certaine proximité de C; que placé plus loin, il demeure immobile, & que plus loin encore il soit attiré.

Concluons de tout ce qui précède, que si les deux parties d'un corps C sont dans deux états

différens d'électricité, & qu'il se trouve à une certaine distance de ce corps, un second corps G, électrisé, soit en plus, soit en moins, ou même qui ait aussi ses deux parties différemment électrisées, quelle que soit d'ailleurs la position respective des parties de ces deux corps, on pourra toujours concevoir un point où le corps G resteroit immobile, & d'autres points situés en-deçà & au-delà, dans lesquels le corps G seroit, ou plus attiré que repoussé, ou plus repoussé qu'attiré. Observons cependant que ces suppositions ne peuvent avoir lieu que dans le cas, où l'on seroit le maître de faire varier à volonté les quantités de fluide des deux corps, & le rapport de celles que contiennent leurs différentes parties. Nous verrons plus bas, à l'article des attractions & répulsions, comment il peut arriver que les suppositions dont il s'agit, soient soumises à certaines conditions, qui referrent les resultats entre des limites déterminées.

37. Si les deux corps DB, FH, étoient divisés en plus de deux parties, qui fussent dans divers états d'électricité positive & négative, il seroit toujours possible de ramener l'estimation de leur action mutuelle à celle de deux corps électrisés tout entiers, en plus ou en moins, tels que ceux des Numéros 23, 25 & 27. Concevons, par exemple, un corps AD (*fig. 5*), divisé en trois

parties, dont la première CD soit dans l'état positif; la seconde BC dans l'état négatif, & la troisième AB dans l'état positif. Si l'on supprime pour un instant la partie AB , & que l'on considère l'action des deux parties CD , BC , sur une molécule f de fluide, on trouvera, d'après les principes exposés N^o. 10 & suivans, un résultat quelconque, qui fera connoître si le corps DB , composé des deux parties DC , CB , est relativement à la molécule f , dans l'état naturel, ou dans un état, soit positif, soit négatif. Supposons que le résultat donne pour DB un état négatif. On considérera la totalité DA , comme composée de deux parties DB , BA , dont la première seroit dans l'état négatif, & la seconde dans l'état positif, & l'on recherchera l'action de ce corps sur une molécule b voisine de l'extrémité A . Il résultera de cette recherche, que la molécule b , ou resteroit immobile, ou seroit attirée ou repoussée par le corps DA . On en conclura l'action de ce corps sur un autre corps G placé à une petite distance, comme pour le cas du n^o. 30.

Si le corps G étoit lui-même composé de plusieurs parties qui fussent électrisées positivement ou négativement, il sera facile, d'après ce que nous venons de dire, de ramener l'état de ce corps à celui d'un corps électrisé tout entier en plus ou en moins, & de déterminer ainsi l'action réciproque des deux corps DA & G .

III. De la loi que suit l'action de la matiere électrique, à raison des distances.

38. Dans tout ce qui précède, nous nous sommes bornés à considérer l'action de la matiere électrique, comme croissant ou décroissant en général, à mesure que la distance diminue ou augmente entre les corps électrisés; mais cet accroissement suit une loi qu'il étoit très-intéressant de déterminer. Sans cette nouvelle connoissance, la Théorie restoit incomplete, & il y avoit des problêmes dont elle ne pouvoit donner la solution, même d'une maniere approchée, ainsi que nous le verrons dans la suite. C'est à M. Coulomb, de l'Académie Royale des Sciences, que nous devons cette importante découverte, qu'il a consignée dans un Mémoire lu à l'Académie en 1785, & dont il a bien voulu nous permettre d'insérer ici un extrait. Le résultat de ses expériences est que l'Électricité suit, comme l'attraction, la raison inverse du quarré des distances (*a*).

(*a*) Le quarré d'un nombre est le produit de ce nombre par lui-même. Ainsi le quarré de 2 est 4, celui de 3 est 9, celui de 4 est 16, &c. On dit d'une force,

Le moyen que M. Coulomb a employé pour déterminer cette loi, lui appartient aussi bien que la découverte elle-même. Il a fait, relativement à cet objet, un usage très-ingénieux des effets de la force de torsion, c'est-à-dire, de celle qui est capable de maintenir un fil de métal, tordu d'une certaine quantité, & de l'empêcher de se dérouler autour de son axe, pour se remettre dans son état naturel. Les Observations de M. Coulomb, par rapport aux effets de cette force, sont la matière d'un autre Mémoire lu à l'Académie en 1784, où il indique des procédés, pour mesurer, avec beaucoup de précision, des forces de torsion proportionnelles à des poids extrêmement petits.

39. Voici en quoi consiste, dans le cas présent, l'appareil de M. Coulomb. ABDC (*fig. 6*), est un cylindre de verre, recouvert d'une plaque AC de même matière. Sur le milieu de cette plaque est soudé un tuyau vertical *febh*, pareil-

qu'elle agit en raison inverse du carré de la distance, lorsqu'à mesure que la distance augmente, l'action de la force diminue, suivant le rapport du carré de cette distance, & réciproquement. Par exemple, si la distance est successivement doublée, triplée, quadruplée, &c. l'action de la force se trouvera réduite successivement au quart, au neuvième, au seizième, &c. de ce qu'elle étoit d'abord,

lement de verre, & surmonté d'un tuyau de cuivre beaucoup plus court $cbhd$, dans lequel tourne, avec frottement, une autre portion de tuyau du même métal. Celle-ci porte une plaque ly , percée d'un trou en son milieu, pour recevoir une petite tige à laquelle est attachée une aiguille ol , que l'on fait tourner à volonté, en même-temps que la tige. Le bord de la plaque ly est divisé en 360° . dans le sens lky . La tige porte à son extrémité inférieure une petite pince, qui saisit un fil d'argent très-délié pn , au bas duquel est suspendu un petit cylindre de cuivre nu , pour le tenir tendu. Ce cylindre est, de plus, fendu dans sa longueur, & fait l'office d'une pince qui presse un fil de soie ag , enduit de Cire d'Espagne, terminé d'un côté par une balle a de moële de sureau; & de l'autre, par un morceau de papier huilé g , qui fait contre-poids.

La plaque AC est percée en m d'un trou, à travers lequel passe un second fil de soie enduit aussi de Cire d'Espagne, & maintenu dans une direction mt , à peu-près verticale, par le moyen d'un bâton rs de la même Cire. Ce fil de soie porte à son extrémité inférieure t une autre balle x de moële de sureau, qui correspond au point zéro d'un cercle gradué zq , attaché sur la surface extérieure du cylindre $ACDB$. On

peut toujours , à l'aide du tuyau de cuivre supérieur , que l'on fait tourner doucement dans celui où il est emboîté , disposer les choses de manière que la balle a touche la balle x , sans que le fil de suspension éprouve aucune torsion.

L'appareil étant dans cet état , on électrise par communication les deux balles a , x , en les touchant avec un petit conducteur électrisé que l'on introduit dans le trou m , qui doit être suffisamment ouvert. Ce conducteur n'est autre chose qu'une épingle enfoncée dans un bâton de Cire d'Espagne , électrisé par frottement. Au même instant , la balle a , repoussée par la balle x , s'en écarte d'un certain nombre de degrés , qui étoit de 36 , dans l'expérience faite par M. Coulomb , en présence de l'Académie. Par ce moyen , le fil de suspension pn , s'est trouvé lui-même tordu sous un angle de 36° ; on a continué de le tordre , en faisant tourner l'aiguille ol vers k , jusqu'à ce que l'extrémité de cette aiguille , en partant du point zéro , fût parvenue vis-à-vis le cent vingt-fixieme degré de la graduation lky .

La répulsion des deux balles n'étant plus suffisante pour résister à cette seconde torsion , la balle a s'est rapprochée de la balle x , jusqu'au point où l'équilibre s'est trouvé rétabli entre les deux forces. Dans l'expérience citée , la balle a s'est placée à 18° de distance de la balle x .

Ajoutant 18° à 126° , on a 144° , pour l'angle entier de torsion.

Or, la force de torsion, telle que M. Coulomb l'a déterminée, varie, toutes choses égales d'ailleurs, comme les angles de torsion. Mais ici, ces angles sont, le premier de 36° , & le second de 144° , quadruple du premier. En même-temps les distances entre les balles, étoient, l'une de 36° & l'autre de 18° , c'est-à-dire, dans le rapport de deux à un. D'où il suit que les répulsions qui étoient mesurées par les angles de torsion, ont suivi la raison inverse des quarrés des distances (*a*). M. Coulomb a varié l'expérience de plusieurs manières, & le résultat a toujours été conforme à la loi assignée.

40. M. Coulomb a donné depuis un second Mémoire, dans lequel il expose différens moyens qu'il a employés pour déterminer aussi la loi que

(*a*) La distance entre les deux balles n'est pas mesurée précisément par l'angle de torsion, mais par la corde de l'arc, qui joint les centres de ces balles. De plus, tandis que la balle *a* s'écarte de la balle *x*, la force répulsive de celle-ci étant censée agir, suivant une droite qui passeroit par les centres des deux balles, il est facile de voir que cette force est oblique sur le levier *na*, d'où il suit qu'elle se décompose, en sorte que le véritable levier est plus court que *na*. Or, en substituant d'une part l'arc de torsion, à la corde de

suivent les attractions électriques, à différentes distances. L'un de ces moyens est analogue à celui que nous venons de décrire. Les deux balles étant électrisées, l'une positivement, & l'autre négativement, il ne s'agit que de tordre le fil de suspension sous un certain angle, en sens contraire de celui suivant lequel agit l'attraction. Le levier qui porte la balle mobile, tend d'une part à obéir à cette torsion, en tournant autour du point de suspension; mais d'une autre part, l'attraction mutuelle des deux balles agit pour ramener ce levier, & diminuer d'autant l'angle de torsion. La quantité de cette diminution donne la mesure de la force qui fait équilibre à l'attraction réciproque des balles; & M. Coulomb, en estimant cette force à différentes distances, a trouvé que les résultats étoient les mêmes que pour la force de répulsion.

Au reste, il est facile de prouver, par la seule

cet arc, qui est plus courte, on suppose la distance entre les deux balles, plus grande qu'elle ne l'est en effet. Mais, en substituant d'une autre part au véritable levier, un autre levier, qui est plus long, on suppose aussi la force répulsive trop grande. Or, quand les angles, qui donnent les distances des balles, ne sont pas considérables, les deux erreurs sont à peu-près proportionnelles; en sorte que l'exactitude du résultat n'en est pas sensiblement altérée.

voie d'induction, que les attractions suivent, comme les répulsions, la raison inverse du carré des distances. Concevons d'abord deux balles qui se repoussent en vertu de leur électricité négative. Nous pouvons considérer chaque balle, comme composée de deux matières, dont l'une auroit ses parties dans l'état naturel, & l'autre auroit les siennes évacuées de fluide. Or, c'est en vertu de la portion de matière évacuée, que les deux balles se repoussent. Imaginons maintenant que dans l'une des balles cette portion passe à l'état naturel, en vertu d'un accroissement déterminé de fluide; cet accroissement fera équilibre à la répulsion qu'exerçoit la même portion de matière propre; en sorte que la balle n'aura plus aucune action sur l'autre (22). Concevons enfin, que cette portion de matière propre soit supprimée, & que le fluide qu'elle renfermoit se distribue dans la portion qui reste. La balle passera à l'état positif, & son attraction sur l'autre balle, s'exerçant en vertu d'une quantité de fluide proportionnelle à la partie de matière propre, qui exerçoit d'abord une force répulsive, l'attraction fera elle-même proportionnelle à cette force. Or, le même raisonnement s'appliquant à chacun des cas particuliers dans lesquels peuvent se trouver les deux balles, il en résulte que les attractions

varient dans le rapport des répulsions, & qu'elles suivent la même loi.

IV. Application de la Théorie aux attractions & répulsions électriques.

Nous avons exposé, dans le second article, les principes généraux qui peuvent servir à expliquer les attractions & répulsions électriques; mais il est nécessaire d'entrer dans un plus grand détail, pour appliquer ces principes aux divers cas particuliers que présente l'observation des phénomènes dont il s'agit. On jugera, par la comparaison qui en résultera, avec la manière dont les mêmes faits ont été expliqués par d'autres Savans, combien la Théorie de M. Æpinus a répandu de jour sur cet objet, l'un des plus curieux & des plus intéressans, qui ait occupé les Physiciens électrisans.

41. Concevons un corps A (*fig. 7*) électrisé positivement, & voisin d'un autre corps B, qui soit dans l'état naturel, & dans lequel la matière électrique puisse se mouvoir facilement. D'après ce qui a été dit (6), le fluide de A repousse celui de B avec l'excès de sa force, en sorte que les parties voisines de CD sont refoulées vers EF; & après un instant, le corps B se trouve électrisé en moins par sa partie antérieure CG, &

en plus, par sa partie postérieure GE.

On juge aisément que la répartition du fluide doit se faire inégalement dans toute la masse du corps B, en sorte que si l'on conçoit le fluide, comme divisé en un grand nombre de tranches verticales depuis CD, jusqu'en EF, le fluide, renfermé dans l'une quelconque de ces tranches, sera en général plus rare, dans un certain rapport, que celui de la tranche ultérieure, & plus dense que celui de la tranche située en-deçà, sur laquelle le fluide de A agit plus fortement, à raison d'une moindre distance.

Or, que lque soit le rapport suivant lequel varient les densités des différentes tranches, si l'on suppose le corps CE divisé en deux parties quelconques CGHD, GEFH, la quantité de fluide naturelle, perdue par la partie CGHD, sera toujours égale à la quantité acquise par l'autre partie GEFH. Maintenant on conçoit que la ligne de division GH, peut être placée à telle distance, que l'action du corps A sur le corps B, soit la même que si ce corps étoit composé de deux parties déterminées CG, GE, dans chacune desquelles le fluide seroit uniformément répandu. Substituons par la pensée ce second corps au premier, & concevons, pour plus de simplicité, que l'action de A soit telle qu'elle exige que la ligne GH soit placée au milieu de la

distance entre les extrémités C, E. Il est clair d'abord (16), que la partie GE, se trouvant à une plus grande distance du corps A, que la partie CG, celle-ci sera plus attirée que l'autre ne sera repoussée, d'où il suit, que, comme les deux parties ne peuvent se quitter, le corps entier B sera attiré, & aura un mouvement progressif vers le corps A.

42. A mesure que le corps B s'approchera de A, l'effet de la force attractive de celui-ci augmentera; en sorte que le mouvement du corps B s'accélérera continuellement. Pour le concevoir, soit une ligne *ac* (*fig. 8*), divisée en un certain nombre de parties égales *ab'*, *b'c'*, *c'e*, &c. supposons que le centre du corps A (*fig. 7*), soit en *a* (*fig. 8*), & que dans le corps B, le centre de la partie CG soit en *b*, & le centre de la partie GE en *c*. (J'emploie ici, pour plus grande facilité, les centres, comme termès de comparaison.) La distance du centre de A, à chacun des deux autres centres, sera donc successivement comme *ab* est à *ac*, c'est-à-dire, comme 4 est à 5: l'attraction fera à la répulsion, toutes choses égales d'ailleurs (39), comme 25 est à 16. Concevons maintenant que CE se soit rapproché de A, de manière que les centres de ses deux parties se trouvent en *b'* & en *c'*, les distances des centres seront alors
comme

comme ab' est à ac' , c'est-à-dire, comme 1 est à 2. L'attraction fera à la répulsion, toutes choses égales d'ailleurs, comme 4 est à 1. Or, dans le premier cas, elle étoit à la répulsion, comme 25 est à 16; mais il est aisé de juger, d'après la seule inspection des rapports que nous venons de considérer, qu'à mesure que le corps B se rapproche de A, la distance de sa partie CG à ce même corps A, se trouvant relativement plus diminuée que celle de sa partie GE, l'attraction de A sur CG l'emporte elle-même d'autant plus sur la répulsion par rapport à GE; donc la vitesse de CE s'accroît, en même-temps que la distance diminue entre les deux corps.

D'ailleurs, pendant le mouvement progressif de B vers A, le fluide de B se trouve refoulé avec une nouvelle force vers l'extrémité EF, à raison d'une moindre distance entre les deux corps, ce qui augmente encore l'attraction de A, & , par une suite nécessaire, la vitesse de B.

43. Au moment où les deux corps se toucheront, le fluide de A n'étant plus retenu par l'air environnant, à l'endroit du contact, passera en partie dans le corps CE; en sorte que tout le fluide renfermé dans les deux corps, tendra à s'y répandre uniformément, comme

s'ils n'en faisoient plus qu'un ; & puisqu'il y avoit excès de fluide dans le corps A, il est clair que les deux corps se trouveront électrisés positivement, de maniere qu'ils se repousseront (23), & que le corps CE s'écartera aussi-tôt du corps A.

44. Il est facile, d'après ces principes, d'expliquer les effets du carillon électrique ; soit E (*fig. 9*), le timbre, qui communique avec le conducteur par le moyen d'une chaîne LA ; G, l'autre timbre suspendu à un fil de soie NB, & par conséquent isolé à l'égard du conducteur, en même-temps qu'il communique avec des corps voisins an-électriques, par l'intermede d'une chaîne H. Soit D le battant suspendu à un fil de soie entre les deux timbres. Au moment où l'on charge le conducteur, le fluide électrique qui passe par le point de suspension C de la verge AB, se répand par excès dans le timbre E, qui se trouve électrisé positivement. A l'instant le battant D, attiré par le timbre E (42), va le frapper, & aussi-tôt est repoussé, pour la raison que nous avons dite plus haut (43). Il tendra donc, en vertu de cette répulsion, à s'approcher du timbre G : il y est de plus sollicité, à raison de son électricité positive (41). Enfin, le mouvement oscillatoire seconde encore cet effet ; mais aussi-tôt que le battant D aura touché le timbre G, il lui communiquera

son fluide, qui se perdra à travers la chaîne H; & alors le battant D, qui, en vertu du seul mouvement d'oscillation, se feroit rapproché du timbre E, se trouvera encore attiré vers ce timbre, par l'action du fluide électrique; en sorte que les mêmes causes recommençant à agir, comme la première fois, le battant ira frapper alternativement les deux timbres, tant que le timbre E conservera son électricité positive.

45. Lorsque l'on approche des corps légers, tels que de petites feuilles de métal battu, d'un corps électrisé positivement, il arrive assez souvent que les unes sont d'abord repoussées, tandis que les autres sont attirées, pour éprouver ensuite une répulsion au point de contact. Cette diversité d'effets que l'on a tant fait valoir en faveur du système des affluences & effluences, inventé par M. l'Abbé Nollet, s'explique très-bien dans les principes de la Théorie de M. Æpinus. Car lorsque l'électricité est un peu forte, il y a toujours quelques jets de fluide électrique, qui s'échappent à travers l'air environnant, & qui électrisent positivement quelques-uns des corps légers voisins, sur-tout ceux qui sont terminés en pointe, & que l'on fait être très-propres par leur figure, à soutirer la matière électrique. Ces corps doivent donc être repoussés (23), avant d'avoir pu se porter vers le corps prin-

cipal, tandis que celui-ci attire les autres corps légers, qui n'ont conservé que leur quantité naturelle d'électricité.

46. Si le corps A (*fig. 7*), étoit électrisé négativement, les choses se passeroient encore de la même manière. Alors une portion du fluide naturel, contenu dans le corps B, seroit déterminée à passer de la partie GE dans la partie CG, & en employant ici un raisonnement semblable à celui que nous avons fait (41), on concevra que le corps CE doit être pareillement attiré vers le corps A, pour être ensuite repoussé au moment du contact.

47. On peut déduire de là une explication simple de l'électrophore. Soit HN (*fig. 10*), la plaque de matière résineuse, GD la plaque de métal, que l'on applique sur la première, après que celle-ci a été électrisée en moins, par le frottement, & AC le cylindre de matière idio-électrique, qui sert à enlever la plaque GD. Si l'on se contentoit de poser la plaque GD sur GN, sans appliquer le doigt sur le métal, le fluide naturel, renfermé dans GD, passeroit en partie des tranches supérieures de ce corps, dans les inférieures, qui sont voisines de la plaque résineuse. Mais cette plaque n'étant pas de nature à offrir un accès facile à l'Électricité, il n'y auroit qu'une très-petite portion du fluide con-

moële de sureau c, d (*fig. 11*), suspendues par le moyen de deux cheveux à une boule de cuivre A , qui est fixée à l'ouverture d'une espece de flacon de verre ABG . Si l'on électrise par frottement un bâton de cire d'Espagne, & qu'on l'approche ensuite de la boule A , on verra les deux balles c, d , s'écarter l'une de l'autre. La raison de cet effet est, qu'une portion du fluide électrique renfermé dans l'ensemble des corps A, c, d , étant attirée par la Cire qui est dans l'état négatif, vers la partie supérieure de la boule A , les deux petites balles se trouvent électrisées elles-mêmes négativement, & doivent se repousser (25). Si l'on retire le bâton de Cire, les deux balles se rapprocheront, parce que l'appareil, dans lequel le fluide se répandra aussi-tôt uniformément, retournera vers l'état naturel (17).

Supposons maintenant, qu'en même-temps que l'on présente la Cire à une petite distance de la boule A , on pose le doigt sur cette même boule; alors, par une cause semblable à celle que nous avons indiquée, en parlant de l'électrophore (47), une partie de la matiere électrique renfermée dans le doigt coulera dans l'appareil Acd , qui se trouvera électrisé en plus. Si l'on retire d'abord le doigt, & ensuite le bâton de Cire, on verra les deux balles c, d , s'écarter l'une de l'autre,

comme cela arrive à deux corps électrisés positivement (23). Chaque fois que l'on approchera de nouveau le bâton de Cire d'Espagne de la boule A , une partie du fluide des deux balles étant déterminée à passer dans le corps A , les balles se rapprocheront. Mais cette expérience exige des précautions. Car si pendant le mouvement de la Cire vers la boule A , les deux petites balles parviennent au point de contact , & que l'on continue de l'approcher , son attraction pourra être si forte , que les balles perdent même une portion de leur fluide naturel , & alors elles s'écarteront. La Cire dans ce cas paroîtra faire la fonction d'un corps électrisé positivement , & il en résultera une forte de contradiction dans les effets , qui cependant se concilient parfaitement , comme on le voit , à l'aide des principes de la Théorie.

49. Nous croyons devoir remarquer ici que cette Théorie est la seule qui fournisse une explication satisfaisante de la répulsion qui a lieu entre deux corps électrisés négativement. Les uns ont prétendu que ces corps s'éloignoient l'un de l'autre , parce qu'ils étoient attirés par le fluide plus dense renfermé , ou dans l'air environnant , ou dans d'autres corps voisins. Mais comme les deux corps sont environnés d'air de toutes parts ,

tenu par excès dans les tranches inférieures du métal, qui pénétreroit la résine, en sorte que quand on auroit enlevé le disque métallique, le fluide qui y seroit renfermé, s'y distribuant uniformément, l'état du disque ne différencieroit pas sensiblement de l'état naturel. Concevons maintenant que l'on applique le doigt sur le métal, tandis que celui-ci est en contact avec la résine. L'appareil entier peut être considéré comme un seul corps AD (*fig. 5*), qui auroit ses trois parties AB, BC, CD, dans différens états. Supposons que CD représente la résine, BC la partie positive du disque & AB la partie négative. Il est clair que l'attraction de AB agissant en sens contraire de celle de DC sur le fluide de BC, le point où une molécule *f* de fluide seroit en équilibre, si la partie AB n'existoit pas, est situé en-deçà du point *f*, vers la partie CD; d'où l'on conclurra, par un raisonnement semblable à celui que nous avons fait (30), que dans tous les points situés de *f* en *b*, & au-delà, l'attraction de CD l'emporte sur la répulsion de BC. On voit par-là que la molécule *b* doit être sollicitée en même-temps par cette attraction, & par celle de la partie AB, qui est dans l'état négatif, à pénétrer dans cette même partie. Or, le doigt appliqué sur le disque métallique GD, étant du genre des corps où le fluide se meut librement,

on conçoit qu'une partie du fluide qui y est renfermé doit passer dans le disque qui acquerra ainsi une électricité positive très-sensible ; en sorte que si on l'enleve de dessus la résine, il donnera de fortes étincelles, comme cela arrive toujours, lorsque le temps est favorable à l'électricité.

Nous devons observer ici, que c'est M. *Æpinus* qui, le premier, a employé un appareil construit sur le même plan que l'Electrophore. Ce Savant fit faire une coupe de métal, qu'il isola par le moyen d'un support de verre ; il remplit ensuite cette coupe de soufre fondu, qui, par le refroidissement, dut se trouver électrisé, comme nous le dirons dans la suite. A l'aide d'un manche adapté au soufre, M. *Æpinus* étoit le maître de le séparer d'avec la coupe de métal, ou de les tenir l'un & l'autre en contact immédiat. Il employoit ces deux corps pour produire des résultats semblables à ceux que donnent les deux lames de verre décrites ci-dessus (33). On voit, par cet exposé, combien il restoit peu à faire, pour arriver de cet appareil à l'electrophore. (Voyez le *Tentamen Theoriæ Electricitatis & Magnetismi*, &c. pag. 66)

48. On connoît un électrometre très-sensible, dont l'invention est due à M. Cavallo, célèbre Physicien, & qui consiste en deux balles de

& qu'il peut aussi se trouver des corps voisins tout autour d'eux, & cela dans différentes positions & à des distances différentes, on ne voit pas comment le fluide plus dense de l'air, ou des corps environnans, attireroit toujours les corps électrisés en moins, suivant des directions diamétralement opposées. D'autres ont dit que les deux corps dans l'état négatif attirant nécessairement une partie du fluide des corps environnans, & ce fluide ne pouvant s'y introduire qu'avec peine, à cause de la résistance qu'il trouvoit de la part de l'air que l'on supposoit condensé à la surface des corps électrisés, il formoit une atmosphère électrique autour de chacun de ces corps, & que c'étoit en vertu de cette atmosphère que les deux corps se repouffoient mutuellement. On voit que cette explication porte sur une condensation de l'air, que l'on suppose gratuitement sans la prouver.

50. On peut juger néanmoins, par tout ce qui a été dit, que les attractions & répulsions dépendent en grande partie de la résistance de l'air, qui maintient les corps électrisés dans leur état positif ou négatif, & retarde leur retour à l'état naturel (8). Aussi, ces effets n'ont-ils presque plus lieu sous un récipient purgé d'air, & on peut présumer que s'il étoit possible de

se procurer un vuide parfait, on n'y observeroit plus ni attractions, ni répulsions, entre les corps an-électriques.

51. Nous ajouterons ici un mot au sujet des atmospheres électriques, admises par la plus grande partie des Physiciens. Dans la théorie de M. *Æpinus*, l'électricité a une sphere d'activité, qui s'étend autour des corps à une certaine distance. Mais ces corps n'ont point proprement d'atmosphere formée par un fluide électrique ambiant, à moins qu'on n'entende par ce mot le fluide aërien, qui entoure ces corps, & qui est toujours électrisé jusqu'à un certain point, soit positivement, soit négativement. Mais cet air n'influe pas sensiblement dans les phénomènes électriques, en sorte que si, par le moyen d'un soufflet, on parvenoit à le renouveler sans cesse, les phénomènes ne laisseroient pas d'avoir lieu, comme dans un air tranquille.

On objectera que quand on présente le dos de la main à une petite distance d'un corps électrisé, on ressent une espece de chatouillement semblable à celui que produiroient les fils d'une toile d'araignée; ce qui paroît supposer l'existence d'une véritable atmosphere électrique. On répond que cette sensation est occasionnée, non par le contact d'une atmosphere, mais par le

mouvement qu'imprime au fluide naturel répandu sur la surface de la main , l'action du fluide contenu dans le corps électrisé. Car si la sensation , dont il s'agit , provenoit d'une atmosphère ; un homme qui , placé sur un support à isoler , communiqueroit avec un conducteur électrisé , devrait ressentir une légère impression , lorsqu'il présente le dos de la main au conducteur. Cependant l'expérience montre que l'on n'éprouve alors aucune sensation particulière , ce qui vient de ce que le fluide étant en équilibre dans le corps de l'Observateur & dans le conducteur de la machine , ses différentes parties n'ont aucune action l'une sur l'autre. Quant à l'odeur que le fluide électrique répand dans certaines circonstances , comme cette odeur ne se fait jamais sentir que quand le fluide sort réellement d'un corps électrisé , par quelque partie anguleuse ; il est clair qu'elle dépend de la transmission du fluide d'un corps dans un autre , & non pas d'une atmosphère , qui circuleroit autour du premier de ces corps.



V. Des changemens que l'action des causes extérieures peut apporter dans les attractions & répulsions électriques.

52. Nous avons supposé jusqu'ici que les corps qui se repouffoient mutuellement, restoient abandonnés à eux-mêmes & à l'action du fluide électrique, qu'ils renfermoient, au moment où ils ont commencé à exercer leur force l'un sur l'autre, sans qu'aucune cause extérieure intervint, soit pour changer leurs distances respectives, soit pour augmenter ou diminuer la quantité de leur fluide électrique. Et en effet, tant que cette condition aura lieu, les choses se passeront, comme nous l'avons exposé, c'est-à-dire, qu'il arrivera toujours que deux corps, dont les électricités seront homogènes, se repouffent mutuellement.

Mais si, dans le moment auquel ces deux corps se repouffent, on suppose qu'une cause extérieure agisse sur tous les deux, ou seulement sur l'un des deux, pour le rapprocher de l'autre; ou bien, ce qui revient au même, si l'on conçoit que, dans le même tems, l'un des deux corps soit électrisé de nouveau, de maniere qu'il

reçoive un surcroît de fluide électrique, ou perde une partie de celui qu'il renfermoit, les changemens d'état qui en resulteront, par rapport aux corps dont il s'agit, pourront donner lieu à des phénomènes singuliers, qui, au premier coup-d'œil, paroîtront contraires à l'analogie des opérations de la nature; mais dont l'explication suit naturellement des principes établis par M. *Æpinus*, & imprime, en quelque sorte, à sa théorie un nouveau caractère de certitude.

Quant aux phénomènes produits par deux corps électrisés originairement, l'un en plus & l'autre en moins, nous verrons plus bas qu'ils ne sont susceptibles d'aucune variation, c'est-à-dire, que ces corps s'attireront mutuellement à toutes les distances.

53. Concevons d'abord deux corps C, G, (*fig. 4.*) électrisés positivement, & supposons que tandis qu'ils s'écartent l'un de l'autre, une cause extérieure agisse pour rapprocher le corps G du corps C. La force répulsive du fluide de C refoulera une portion du fluide contenu dans FG, & la fera passer dans l'autre partie GH. Pareillement la force répulsive du fluide de G, agira sur le fluide de C, pour faire passer une portion de ce fluide, de la partie BC, dans la partie CD.

Or, il pourra arriver qu'il y ait un point

où la partie CB, par exemple, ait perdu une telle quantité de son fluide, en passant à l'état négatif, que l'effet de la force attractive de cette partie sur le corps G, compense exactement l'effet de la force répulsive de la partie CD. Alors les deux corps resteront immobiles, & si la même cause extérieure continue de pousser G vers C, les deux corps s'attireront réciproquement.

Si, au lieu d'approcher G de C, on augmente son électricité, comme on en est bien le maître, puisque cette augmentation est encore plus favorable à l'hypothèse présente, qui exige que la totalité du fluide de chacun des deux corps soit au-dessus de sa quantité naturelle; le refoulement du fluide, augmentant à proportion dans le corps C, le même effet aura lieu, & il pourra arriver que les deux corps ou restent immobiles, ou s'attirent, dans le cas d'une plus forte électricité de la part du corps G.

Ces phénomènes paroissent d'abord offrir des especes de paradoxes, en ce qu'on y voit la force répulsive des deux corps, qui sembleroit devoir s'accroître à mesure que la distance diminue entre ces corps, devenir d'abord nulle, & ensuite se changer en une force opposée, qui produit des attractions. Mais on voit en même tems combien ces phénomènes s'accordent lieu-

reusement avec les principes de la théorie, & avec les loix auxquelles sont soumises les opérations de la nature.

M. *Æpinus* indique un moyen simple, pour mettre ce cas en expérience. Suspendez à un fil de soie une petite balle de liége, & placez auprès de cette balle, un cylindre de métal isolé; en sorte que le fil de soie étant dans une direction verticale, la balle touche presque le cylindre de métal. Attachez ensuite à cette balle un second fil de soie, que vous ferez passer dans un crochet, de maniere que vous puissiez rapprocher à volonté la balle, du cylindre de métal, lorsqu'elle s'en sera écartée. Enfin, faites communiquer ce cylindre avec un long fil de fer pareillement isolé. Les choses étant dans cet état, électrisez par frottement un tube de verre. Touchez ensuite successivement, avec ce tube, la balle de liége, & le fil de fer dont on a parlé; bientôt la balle repoussée par le conducteur s'en écartera. Tirez alors le second fil de soie, pour la ramener vers ce conducteur, &, lorsqu'elle n'en sera plus éloignée que de trois ou quatre lignes, vous verrez la répulsion se changer tout-à-coup en attraction, & le fil de suspension se porter de lui-même vers le conducteur.

On peut varier cette expérience de la maniere

suivante. Après avoir assujetti le fil de soie qui sert à tirer la balle de liége, en lui faisant faire plusieurs révolutions autour du crochet ; en sorte que la balle ne puisse s'écarter du cylindre de métal, que d'environ deux lignes, électrisez l'appareil, mais d'abord foiblement. La balle sera repoussée par le conducteur, & s'en écartera autant que le permettra le fil qui est fixé au crochet. Communiquez alors au conducteur une électricité beaucoup plus forte, & à l'instant l'attraction succédera à la répulsion, comme dans le premier cas.

54. Si les deux corps *G* & *C* étoient d'abord électrisés négativement, les résultats seront semblables, quoique produits par des causes contraires. Alors, tandis qu'on approchera les deux corps l'un de l'autre, une partie du fluide de *C* sera attirée de *DC* en *CB*, & une partie de celui de *G* passera de *GH* en *FG*. Or, à mesure que les deux corps deviendront plus voisins, les parties *FG*, *BC*, continuant d'acquérir de nouveau fluide, il pourra arriver, qu'à une certaine distance, l'excès du fluide de *CB*, par exemple, sur celui de *DC* soit tel, que l'effet de la répulsion de *DC*, sur le corps *G*, soit balancé par l'attraction de *BC*, & alors les deux corps resteront immobiles. Si l'on continue d'approcher

d'approcher G de C, il y aura attraction entre les deux corps.

La même attraction agira encore, si, au lieu de faire mouvoir G vers C, on diminue le fluide de la partie FG, auquel cas l'attraction de cette partie faisant passer de nouveau fluide de CD en BC; il en résultera un surcroit de force attractive entre les deux corps. Rien ne gêne, par rapport à la diminution du fluide de FG, puisque la quantité totale du fluide de G, différera encore plus de la quantité naturelle, que dans le premier instant.

55. Il ne nous reste plus qu'à rechercher ce qui doit arriver, lorsque l'un de deux corps, tel que C, est dans l'état positif, & l'autre corps G dans l'état négatif; nous avons vu (25), qu'alors les deux corps s'attiroient mutuellement & s'approchoient l'un de l'autre. Il s'agit de savoir maintenant, si, dans la supposition où tandis que ces corps s'approcheroient, leur état vint à éprouver des changemens, il seroit possible, qu'à une certaine distance, ils restassent immobiles, ou commençassent à se repousser.

Observons d'abord qu'en vertu de la force répulsive du fluide de C, une portion de celui qui est contenu dans FG, passera dans GH. D'un autre côté, l'attraction de G forcera une

portion du fluide de DC de passer dans BC. Donc, quel que soit l'état des deux corps, la partie BC du corps C sera toujours électrisée en plus, & la partie FG du corps G toujours électrisée en moins. Cela posé, il peut y avoir quatre cas différens.

Le premier est celui où les deux parties du corps C seroient dans l'état positif, & les deux parties du corps G dans l'état négatif. Dans ce cas, il est évident que le premier corps étant tout entier positif, & le second tout entier négatif, les deux corps s'attireront (25), à quelque'endroit de leur Sphere d'activité qu'on les suppose placés.

56. Le second cas est celui où les deux parties du corps C étant toujours dans l'état positif, & la partie FG, du corps G, dans l'état négatif, l'autre partie GH, du même corps, seroit dans l'état positif. Remarquons que si le corps G eût été d'abord dans l'état naturel, & qu'une partie de son fluide eût passé de FG dans GH, ce corps eût agi comme un corps électrisé en moins, sur le corps C, placé à une distance quelconque; car, dans ce cas, la force répulsive de GH, qui auroit été capable par elle-même de faire équilibre à la force attractive de FG, (16), eût agi plus foiblement sur le corps C, à raison d'une plus grande distance. A plus forte raison, la force attractive de FG l'emportera-

elle dans l'hypothèse présente, où cette même partie est encore plus évacuée de fluide que dans le cas cité, puisqu'on suppose que la totalité du fluide de G est moindre que la quantité naturelle. Donc, à quelque distance que se trouvent les deux corps, G agissant comme s'il étoit électrisé négativement, & C étant tout entier positif, il y aura attraction entre les deux corps (24).

57. Passons au troisieme cas, dans lequel DC seroit électrisé en moins, BC électrisé en plus, & les deux parties FG, GH, du corps G, électrisées en moins. Par un raisonnement semblable à celui que nous avons fait pour le second cas (56), il sera facile de concevoir que C agira à toutes les distances, comme s'il étoit dans l'état positif; donc, le corps G étant dans l'état négatif, les deux corps s'attireront réciproquement dans tous les points de leur sphere d'activité.

58. Reste le quatrieme cas, qui est celui où CD, FG seroient dans l'état négatif, & BC, GH dans l'état positif. Or dans ce cas, comme dans le précédent, les deux corps s'attireront à quelque distance qu'on les suppose l'un de l'autre (a).

(a) Je suis obligé de m'écarter ici du sentiment de M. Æpinus. Ce savant pense que la question relative

Pour le démontrer, remarquons d'abord que le corps C est dans le cas d'un corps électrisé positivement, à l'égard d'un autre corps G placé à la droite de l'extrémité B; supposons maintenant que le corps G, considéré dans sa totalité, n'ait que sa quantité naturelle d'électricité. Dans ce cas, si l'on imagine, pour un instant, que les deux parties FG, GH, se pénètrent, de manière que leurs actions sur le corps G s'exercent à la même distance de ce corps, ces actions étant égales & contraires (16), leur somme sera zéro.

59. Les choses étant toujours dans cet état,

au cas présent qui est celui du n^o. 138 de sa théorie, p. 139, ne peut être résolue, qu'autant qu'on connoîtroit la loi suivant laquelle agit le fluide électrique, à raison des distances; & il essaye de le prouver par la considération de la formule générale, qui représente les actions que les deux corps exercent l'un sur l'autre. Cette formule renferme quatre quantités, dont les trois premières sont toujours positives; reste à savoir, selon M. *Æpinus*, si la quatrième quantité ne peut pas devenir négative, ce qui exige que l'on connoisse la loi que suit l'action du fluide, eu égard à la distance. 1^o. Ce raisonnement n'est pas exact, puisqu'il faudroit, pour que la formule exprimât une force répulsive, qu'elle devînt négative; or il ne suffit pas pour cela que la quatrième quantité soit simplement négative; il faut encore qu'elle surpasse la somme

concevons maintenant que la relation des quantités de fluide des deux parties FG, GH, se trouve ramenée à l'hypothèse présente, qui exige que le corps G, considéré dans sa totalité, ait moins que sa quantité naturelle de fluide. Dans ce cas, il faut concevoir une nouvelle portion de ce fluide, soustraite de la partie FG, & qui n'ait point passé dans la partie GH. Or, en vertu de cette diminution, la force attractive de FG, sur le corps C, se trouvera augmentée; donc elle prévaudra sur la répulsion de la partie GH, & les deux corps se porteront l'un vers l'autre. A plus forte raison, le même effet continuera-t-il d'avoir lieu, si la partie GH, dont la force est ré-

des trois autres quantités qui sont positives. Mais 2^o. j'ai trouvé, à l'aide d'un calcul simple, qu'il y avoit nécessairement attraction entre les deux corps, tant que la partie GH du corps G, étoit à une plus grande distance du corps C, que la partie FG, ce qui a toujours lieu. La même chose se trouve prouvée, ce me semble, d'une manière claire & à l'abri de toute équivoque par le raisonnement que j'ai employé. Ce qui paroît avoir trompé M. *Æpinus*, c'est que sa formule, dans l'état où il la présente, laisse effectivement la question indéterminée, & n'exprime point les conditions du problème de manière à fournir une solution directe; en sorte qu'il est nécessaire d'y en substituer une autre, pour parvenir à cette solution.

pulsive, se trouve placée, comme le représente la figure, c'est-à-dire, à une plus grande distance du corps C, que la partie FG, qui exerce une force attractive. Et comme le même raisonnement a lieu relativement à tous les points de la sphere d'activité des deux corps; il faut en conclure qu'il y aura attraction entr'eux, dans toute l'étendue de cette sphere.

VI. Du pouvoir des pointes.

60. On fait que les corps terminés en pointes soutirent beaucoup plus puissamment la matiere électrique, que les corps mouffles ou arrondis. Le même fluide s'échappe aussi beaucoup plus facilement des conducteurs, qui ont des angles ou des parties aiguës, que de ceux qui sont courbes. On a tenté d'expliquer ces phénomènes, en supposant que l'air environnant résistoit moins au passage de la matiere électrique, à l'endroit des pointes, qu'à tout autre endroit d'un corps. Mais on peut deduire de la théorie de M. Æpinus, une autre explication beaucoup plus satisfaisante des mêmes faits.

61. Concevons une pointe *bc* (fig. 13), d'un métal quelconque, placée à une petite distance du

corps *A* électrisé en plus. Nous avons vu (41) que, dans ce cas, une partie du fluide contenu dans la pointe, seroit refoulée de *b* vers *c*, d'où il suit qu'il y aura défaut de fluide dans la partie antérieure de la pointe, & excès dans la partie postérieure, située vers *c*. Concevons une seconde pointe *de* placée à côté de la première. Les molécules du fluide de *de*, situées dans le voisinage de la partie antérieure de la pointe *bc*, qui est électrisée en moins, seront attirées par cette pointe (16). D'ailleurs elles seront repoussées vers l'extrémité *e*, par le corps *A*. Mais l'attraction balançant en partie l'effet de cette répulsion, les molécules seront moins refoulées vers *e*, que si la pointe *bc* n'existoit pas. Or, la pointe *de* faisant la même fonction, par rapport à la pointe *bc*, que celle-ci à l'égard de la première; les molécules de *bc* seront aussi moins refoulées vers l'extrémité *c*, que dans le cas où la pointe *bc* eût existé seule. Si donc l'on imagine une multitude de pointes semblables, rangées les unes à côté des autres, il est clair que leurs actions mutuelles s'opposant en partie à la force répulsive du corps *A*, le nombre des molécules refoulées vers les parties postérieures de cet assemblage de pointes, en sera sensiblement diminué.

62. Remarquons maintenant qu'en vertu du

défaut de fluide des parties antérieures de l'assemblage dont il s'agit, cet assemblage exerce une force attractive sur le fluide des corps environnans, & en particulier sur celui du corps A (41); & que cette force est d'autant plus grande que les parties antérieures des pointes ont perdu une quantité plus considérable de leur fluide naturel. Si donc nous supposons qu'une des pointes dépasse les autres, comme on le voit en *g* (fig. 14), cette pointe se trouvant comme isolée à l'égard des pointes voisines, il sera facile de conclure, du raisonnement que nous avons fait plus haut, que l'attraction de cette même pointe, par rapport au fluide de A, s'accroîtra de manière que le fluide de A soit soutiré beaucoup plus efficacement que si cette pointe se trouvoit de niveau avec les premières.

Or, un corps quelconque pouvant être considéré comme un faisceau de petites aiguilles disposées parallèlement les unes aux autres, on voit, par ce qui précède, que si ce corps forme des angles dans quelqu'une de ses parties, ces angles soutireront plus puissamment la matière électrique, que dans le cas où ce même corps seroit arrondi de toutes parts.

63. On prouvera également qu'un corps terminé en pointe & électrisé positivement, doit

lancer le fluide en plus grande quantité que si ce corps ne formoit aucune saillie. Car alors, à cause de la résistance de l'air, il se fait toujours au point *b* (fig. 13) une condensation du fluide renfermé dans la pointe *bc*, & qui tend à en sortir en vertu de la répulsion mutuelle de ses molécules. Cette portion de fluide condensé exercera donc une force répulsive oblique sur le fluide situé vers *e*, dans la pointe voisine; & comme une partie de cette force agit en sens contraire de celui suivant lequel les molécules tendent à s'échapper, elle s'opposera, jusqu'à un certain point, à la sortie du fluide. Le même raisonnement s'applique à chacune des pointes relativement à celles qui l'environnent; d'où il suit que si une pointe est comme isolée à l'égard des autres, le fluide en sortira plus librement & plus abondamment.

64. Plus la pointe *g* sera déliée, plus elle aura de vertu pour soutirer le fluide électrique; & cet effet est si sensible, qu'une pointe bien aiguisée, présentée à un pied de distance, d'un conducteur fortement chargé, ou même à une distance plus considérable, suffit pour rendre presque nuls les effets de l'électricité de ce conducteur; tandis que la présence d'un corps rond,

placé à la même distance , les laisse subsister sans aucune altération sensible.

Pour mieux concevoir la raison de cette grande différence , supposons que *bhnk* (fig. 15) soit le corps rond dont il s'agit , & que *AB* soit l'extrémité du conducteur. Toutes les pointes situées sur l'arc *hbk* soutireront l'électricité de *AB* , en même tems qu'elles agiront les unes sur les autres pour empêcher une partie de leur électricité propre d'être refoulée vers l'arc opposé *rns*. Supprimons maintenant les portions *hbo* , *kbk* , pour ne laisser subsister que la pointe *obg* ; d'une part , toutes les pointes situées le long de la corde *hk* , continueront de soutirer le fluide de *AB* , & la différence de leurs distances au corps *AB* , comparée à celle des pointes qui étoient situées sur l'arc *hbk* , occasionnera , à la vérité , une certaine diminution dans la force avec laquelle le fluide de *AB* est soutiré. Mais cette diminution sera compensée bien au-delà , par la situation de la pointe *obg* ; celle-ci se trouvant alors soustraite aux forces attractives des aiguilles renfermées dans les portions *hbo* , *gbk* , qui toutes contribuoient à maintenir dans cette pointe une partie de son fluide naturel ; d'où il suit que cette pointe se trouvant beaucoup plus évacuée que dans le cas

où elle étoit environnée par les autres pointes , sa force attractive se trouvera augmentée d'une maniere très-sensible (a).

VII. Des étincelles & aigrettes électriques.

65. Nous venons de voir (63) qu'un corps terminé en pointe , & électrisé positivement , lançoit avec beaucoup plus de force la matiere électrique , qu'un corps d'une figure ronde. Cette

(a) Tout le monde connoît la belle application que le célèbre Francklin a faite du pouvoir des pointes à l'électricité des nuages par l'invention des paratonnerres. La construction de ces appareils , qui se font fort multipliés , depuis quelques années , demande un Artiste attentif & intelligent , & personne ne nous paroît mériter plus de confiance , relativement à cet objet important , que M. Billiaux , Ingénieur en instrumens de Physique. Cet Artiste , entre un grand nombre de paratonnerres dont l'exécution a été confiée à ses soins , a placé ceux du Louvre , sous la direction de M. le Roy , de l'Académie des Sciences ; & lorsque cet Académicien fut envoyé à Brest , par M. le Maréchal de Castries , pour en faire placer sur les édifices de ce port & sur les vaisseaux , il demanda M. Billiaux à ce Ministre , comme l'Artiste le plus en état d'en conduire l'exécution sous ses yeux ; ce qui lui fut accordé.

force est telle, que, dans le cas d'une électricité ordinaire, elle surmonte, jusqu'à un certain point, la résistance qu'oppose l'air environnant au passage de la matière électrique; alors celle-ci sort sous la forme d'une espèce de cône ou d'aigrette, dont les molécules, poussées les unes sur les autres, se condensent & choquent celles de l'air, qui réagissent contre elles. Ce choc produit deux effets, dont l'un est de faire entendre un léger bruissement, & l'autre d'exciter la lumière, en sorte que l'aigrette devient brillante dans l'obscurité.

66. Si l'on présente, à une certaine distance de la pointe, le plat de la main, ou quelque autre corps situé parallèlement à la base de l'aigrette, celle-ci s'allonge & prend un nouvel éclat, parce que le corps, dont nous venons de parler, se trouvant lui-même électrisé négativement par sa partie antérieure (41), exerce sur l'aigrette une force attractive, qui détermine la sortie d'un plus grand nombre de molécules électriques.

67. Supposons maintenant un corps métallique de forme globuleuse ABC (fig. 16) électrisé en plus, & concevons qu'on approche de ce corps, par degrés, un second corps rond *asc* dans l'état naturel & non isolé; indépendamment de ce second corps, le fluide renfermé

dans ABC, tend à s'échapper, en vertu de la force répulsive mutuelle de ses molécules (6); mais il est maintenu, du moins en très-grande partie, par la résistance de l'air environnant. A mesure que le corps *afc* s'approche du corps ABC, il attire à lui le fluide situé à la surface de ce corps, en sorte que les molécules situées, par exemple, en *d* & en *g*, sont sollicitées vers *afc*, par les directions *df*, *gn*, qui, étant sur les prolongemens des rayons *fo*, *no*, sont les plus courtes distances des points *d*, *g*, à l'arc *anc*. Enfin, la distance entre les deux corps devenant toujours plus petite, il y a un point, où les molécules situées dans la direction *gn*, qui sont les plus attirées de toutes, puisque *gn* est la ligne la plus courte entre les deux arcs *AgC*, *afc*, surmontent entièrement la résistance de l'air, en sorte qu'elles s'échappent de *g* en *n*; là il se forme une espèce de canal, par lequel l'excès de fluide renfermé dans le globe ABC, passe avec une sorte d'explosion, pour se porter vers le globe *afc*, qu'il pénètre; & cette explosion est si rapide, qu'elle est accompagnée d'un bruit éclatant & d'une vive lumière, que l'on désigne par l'expression d'*étincelle électrique*.

68. Si, à la place du corps globuleux *afc*, on substitue une pointe *srt* (fig. 17), la force

attractive de cette pointe étant beaucoup plus considérable que celle d'un corps arrondi (62), & le fluide électrique contenu dans ABC, surmontant, dès le premier instant, la résistance de l'air, se portera rapidement des différens points de ce corps, vers le point r , par des jets continus, qui suivront des directions convergentes dr , gr , &c. de maniere que ses molécules ne formant que des filets épars, traverseront l'air, sans se condenser, excepté au point r , par lequel tous ces filets entrent à-la-fois. Alors, il n'y aura ni étincelle, ni aigrette allongée, mais seulement un point lumineux, ou une espece de petite étoile, que l'on appercevra en r , où se fait la condensation.

69. Supposons, au contraire, que le corps ABC soit électrisé négativement, alors la forme globuleuse de ce corps ne laissera à son attraction que l'activité nécessaire pour déterminer le fluide à sortir de la pointe, sous la forme d'une aigrette, ou d'un jet de lumiere. On peut observer les deux effets, qui viennent d'être exposés, en présentant une pointe de métal successivement vis-à-vis du crochet & de la garniture extérieure d'une bouteille de Leyde, chargée à l'ordinaire, & suspendue dans l'air à un cordon de soie; on verra paroître tout à tour, à cette pointe, une étoile & une aigrette, jusqu'à ce

que toutes les petites quantités de fluide , qui passent du crochet de la bouteille dans la pointe , ou qui vont de celle-ci à la surface extérieure de la bouteille , aient rétabli l'équilibre , de maniere que la bouteille se retrouve dans l'état naturel , comme nous l'expliquerons plus amplement par la suite.

M. Le Roy , de l'académie des sciences , a fait une suite d'expériences très-intéressantes sur les aigrettes & les points lumineux que l'on aperçoit aux extrémités de différentes pointes , faisant partie d'un appareil électrique. On peut consulter sur cet objet les mémoires de l'académie des sciences , année 1753 , édition *in-12* , page 671 & suivantes , où l'on verra le parti avantageux que ce savant Physicien a su tirer des phénomènes , dont il s'agit , pour distinguer les cas où l'électricité est positive , d'avec ceux où elle est négative.

70. M. Priestley a observé (histoire de l'électricité , tome III , page 165 & suivantes) qu'il partoît toujours d'une pointe électrisée , soit en plus , soit en moins , un courant d'air , dont la direction étoit très-sensible , lorsqu'on approchoit de cette pointe la flamme d'une bougie ; car celle-ci est toujours chassée plus ou moins loin de la pointe. Le savant chimiste Anglois a donné lui-même l'explication de ce fait , sui-

vant les principes de la théorie de M. Francklin , avec laquelle celle de M. *Æpinus* s'accorde parfaitement à cet égard. Car , comme la matiere électrique est lancée ou reçue par les pointes , avec beaucoup de facilité & en grande abondance , il arrive nécessairement que l'air voisin d'une pointe électrisée en plus , se charge lui-même d'une quantité de fluide électrique au-dessus de sa quantité naturelle , & que celui qui est auprès d'une pointe dans l'état négatif , passe lui-même à un semblable état , en perdant une portion de son fluide naturel. Les molécules de l'air doivent donc s'écarter de la pointe , dans quelque'état que soit celle - ci (23 , 27) & comme elles sont aussitôt remplacées par d'autres molécules , qui sont pareillement repoussées à leur tour , il en résulte un courant qui va de la pointe vers l'endroit opposé à cette pointe.

71. Si une personne placée sur un support à isoler , & mise en communication avec un conducteur électrisé en plus , étend sa main dans une position verticale , & qu'une personne non isolée présente un doigt vis-à-vis de cette main , à la distance de quelques pouces , il s'excite un courant , qui va du doigt de la seconde personne à la main de la première , & dont l'impression est très-sensible sur celle-ci ; en même-temps on apperçoit

apperçoit une aigrette, dont le sommet est contigu au doigt de la personne non-isolée.

M. l'Abbé Nollet, qui cite cette expérience, (Leçons de Physiq. expérim. T. VI, pag. 307 & 370), en concluoit qu'il sortoit du doigt non-isolé, un courant de fluide électrique, qui alloit vers la main électrisée, & il attribuoit à ce courant, l'impression semblable à celle d'un soufle, qui se fait sentir sur cette main. Il paroîtroit cependant, d'après les principes exposés plus haut, que le courant devoit se porter de la main électrisée au doigt isolé, avec cette différence, que ce seroit un courant d'air, & non de fluide électrique. Mais il est facile de ramener ce fait aux principes de la Théorie de M. Æpinus, dont il est une suite nécessaire.

Car, en premier lieu, la forme du doigt étant semblable à celle d'une pointe mouffe, les filets de la matiere électrique, que ce doigt soutire de la main électrisée, en vertu de leur force attractive, doivent se replier vers l'extrémité du doigt; & comme ils n'y entrent pas aussi facilement que s'il étoit terminé en pointe aiguë, ils se condensent assez pour qu'il en résulte une aigrette dont le sommet est contigu à celui du doigt. De plus, le fluide électrique se trouvant plus resserré à mesure qu'il approche du doigt, devient plus abondant à proportion, dans un

espace donné , d'où il suit que la portion d'air qui entoure le doigt , reçoit un excès d'électricité plus considérable , que la portion qui occupe un égal espace auprès de la main électrisée. La force répulsive mutuelle des molécules électriques , doit donc avoir aussi plus d'énergie auprès du doigt par lequel entre l'aigrette , d'où il résulte que le courant d'air doit se porter de ce doigt vers la main de la personne électrisée.

VIII. De l'expérience de Leyde.

72. Concevons que *abfe* (*fig. 18*) , représente un segment de la lame de verre , qui forme le ventre d'une bouteille de Leyde armée à l'ordinaire , *cogd* , une portion de la matière métallique appliquée sur la surface intérieure , & *isnk* une portion du métal qui recouvre la surface extérieure ; que *tx* soit une chaîne qui communique avec le conducteur de la machine électrique , & *lm* une autre chaîne , qui tient à des corps an-électriques , & non-isolés. Supposons que l'on ait excité , par quelques tours de plateau , ou du corps qui en tient lieu , un certain degré d'électricité positive dans le conducteur. Une partie du fluide électrique passera à travers la chaîne *tx* , pour se rendre dans la lame *cogd* , qui se trouvera elle-même électrisée en plus ; & si

l'on imagine que l'air environnant soit très-sec, & que la quantité de fluide additive ne soit pas suffisante pour vaincre la résistance, cette quantité ne pouvant pénétrer d'ailleurs, qu'avec beaucoup de difficulté, le verre *abfe* (*a*), restera toute entière, ou presque toute entière dans la lame *cogd*. Voyons maintenant ce qui doit arriver à la lame extérieure *isnk*. D'abord le fluide renfermé dans *cogd*, exerçant une force répulsive sur les molécules du fluide naturel de *isnk* (41), une partie de ce dernier fluide sera forcée de sortir de la lame *isnk*, & trouvant de la résistance de la part de l'air environnant, tandis que la chaîne *lm* lui offre un libre passage, elle s'échappera à travers cette chaîne, & se perdra dans les corps contigus. A mesure qu'il sortira du fluide de *isnk*, la force répulsive mutuelle des molécules qui y resteront, diminuera, & l'attraction de la matière propre de *isnk* sur ces molécules s'accroîtra; en sorte qu'il y aura un point où cette attraction balancera l'effet de la force répulsive du fluide de *cogd*, & à ce terme l'*effluviu*m s'arrêtera, & il ne passera plus rien dans la chaîne *lm*. Les molécules situées le long de la ligne *ik*, (& il faut en

(*a*) On a tenté de supprimer le verre, pour y substituer une lame d'air qui a produit le même effet.

dire autant de celles qui se trouvent entre cette ligne & la ligne *sn*), feront alors dans le cas de la molécule *D* (*fig. 2*), lorsque les deux actions des parties *AB* & *AC* sur cette molécule, se balancent de manière qu'elle reste immobile, comme nous l'avons expliqué (11). La lame *cogd* (*fig. 29*), représente ici la partie *AC* (*fig. 2*), & la lame *isnk*, la partie *AB*.

Mais comme nous avons vu que, dans le cas dont il s'agit, la molécule *E* éprouvoit encore une répulsion de la part du corps *BC* (*fig. 2*), de même aussi, dans le cas représenté (*fig. 18*), les molécules du fluide de *cogd*, conservent une action répulsive mutuelle, qui en obligeroit une partie de sortir de cette lame, sans la résistance de l'air environnant.

Si l'on recommence à électriser le conducteur, la lame *cogd* continuera de se charger, & il sortira de nouvelles molécules de la lame *isnk*, jusqu'à ce que l'équilibre soit encore rétabli. Cet effet se renouvellera toutes les fois que l'on recommencera l'électrisation. Mais enfin, la force répulsive mutuelle des molécules qui seront entrées dans la lame *cogd*, & qui augmente en même-temps que le fluide s'accumule dans cette lame, deviendra si considérable, qu'elle vaincra la résistance que lui oppose l'air environnant, & passé ce terme, si l'on continue d'électriser le

conducteur, toute la portion de fluide qui excédera la quantité nécessaire pour balancer la résistance de l'air s'échappant continuellement de la lame *cogd*, cette lame ne pourra plus rien acquérir, tandis que la lame *isnk*, de son côté, cessera de perdre. C'est à cet instant que la bouteille se trouvera chargée jusqu'au point de saturation.

73. Comme le verre n'est pas absolument imperméable à la matière électrique (2), on conçoit qu'une partie du fluide de *cogd* doit passer dans les couches voisines de *og*, en même-temps qu'une partie de celui qui est renfermé dans les couches voisines de *sn*, passe dans la lame *sikn*, pour aller se perdre par la chaîne *lm*.

74. Il est essentiel de remarquer, qu'en vertu de la proximité des deux lames métalliques *cogd*, *sikn*, la première de ces lames se trouve électrisée beaucoup plus fortement, qu'elle ne l'eût été, sans la présence de l'autre lame : car une partie du fluide renfermé par excès dans la lame *cogd*, étant retenue dans cette lame par la force attractive de *sikn* (7), le fluide s'y accumule encore bien au-delà du terme où il eût été en état de vaincre la résistance de l'air, si la lame *sikn* n'existoit pas ; ce qui s'accorde avec l'expérience. Il suit encore de là que la lame *cogd* doit conserver beaucoup plus long-temps son électricité positive, qu'elle ne le feroit dans le cas où la lame *sikn* se

trouveroit supprimée. Aussi, lorsqu'on électrise une bouteille qui n'a point d'armure extérieure, en se contentant d'appliquer la main au-dehors, cette bouteille se décharge-t-elle beaucoup plus promptement, quand on la laisse suspendue au milieu de l'air, que dans le cas où l'on auroit appliqué une lame de métal sur sa surface extérieure.

75. Concevons maintenant que l'on pose sur la surface ik , l'extrémité z d'un fer recourbé zqr , ou de tout autre corps semblable & an-électrique. Il n'arrivera rien de nouveau, en vertu de cette seule application; puisque le fluide situé le long de ik , étant dans l'état d'équilibre (72), il en résulte que la bouteille ne doit avoir aucune action sur le fluide renfermé dans le corps zqr . Mais si l'on applique ensuite l'autre extrémité r de ce corps sur la surface cd ; comme le fluide renfermé dans $cogd$, éprouve encore une action répulsive, qui n'est détruite que par la résistance de l'air, une portion de ce fluide passera aussi-tôt dans le corps rq , où il trouve un libre accès. Mais la lame $cogd$ ne peut pas perdre de son fluide sans que la répulsion qu'elle exerce sur le fluide de $sikn$ ne diminue en même-temps, & par conséquent sans que la lame $sikn$ n'attire elle-même de nouveau fluide; elle exercera donc son attraction sur le corps zqr , & ces deux actions simultanées, tant celle de la lame

cogd, pour se débarrasser de son excès de fluide, que celle de la lame *sikn*, pour reprendre celui qu'elle a perdu, feront que le retour du fluide, d'une lame à l'autre, s'opérera avec une extrême promptitude. C'est cette espèce d'éruption vive & rapide, qui produit la forte étincelle que l'on voit jaillir entre la surface *cd* & l'extrémité *r* de l'excitateur, lorsqu'on approche celle-ci de *cd*. Et si, au lieu d'employer un corps métallique, la personne qui fait l'expérience se met en contact d'un part avec la surface *ik*, & de l'autre, avec la surface *cd*, ou la chaîne *tx*, on conçoit que cette personne doit ressentir alors une violente secousse aux parties du corps qui se trouvent dans la direction du courant, comme l'éprouvent tous ceux qui font cette expérience.

76. On conclura aisément des principes de la Théorie que nous exposons ici, que les mêmes effets auroient lieu, dans le cas où la lame *cogd* seroit électrisée en moins, au lieu de l'être en plus. Alors la lame *sikn* s'électrifieroit positivement, & le retour du fluide électrique se feroit avec la même rapidité que dans l'exemple précédent; mais en sens contraire, c'est-à-dire, en allant de *ik* vers *cd*.

77. Plus la bouteille sera mince, & plus, toutes choses égales d'ailleurs, elle s'électrifiera fortement. Car, d'une part, la force répulsive du

fluide de *cogd*, par rapport à celui de *sikn*, agira avec plus d'énergie, à raison d'une moindre distance entre les deux lames. D'une autre part, la lame *sikn* se trouvant plus évacuée, son fluide repoussera d'autant moins celui de *cogd*, ou, si on l'aime mieux, sa matière propre attirera d'autant plus le même fluide; d'où il suit que l'électricité positive d'une part, & l'électricité négative, de l'autre, seront plus considérables que dans le cas où le verre *abfe* auroit eu plus d'épaisseur.

78. Une bouteille suspendue à un conducteur au milieu d'un air très-sec, ne peut s'électriser que très-foiblement: car alors le fluide ne pouvant passer dans l'air environnant, si ce n'est en très-petite quantité, l'effet de la répulsion du fluide de *cogd* sur celui de *sikn*, se bornera à refouler une partie de ce dernier fluide vers *ik*, & à en faire passer quelques molécules dans l'air voisin. Mais ces effets étant très-limités, il n'en résultera qu'une foible électricité négative dans la partie de la lame *sikn* située vers *sn*; d'où il suit que la force répulsive du fluide de cette lame, à l'égard du fluide de *cogd*, n'ayant subi qu'une légère diminution, ne permettra à *cogd* de se charger que d'une petite quantité de fluide additif; après quoi, si l'on continue d'électriser le conducteur, tout le fluide excédant s'échappera à travers l'air voisin de *cd*. Il n'est donc pas

rigoureusement vrai, comme le disent les partisans de la Théorie de M. Francklin, que la bouteille ne se chargeroit nullement dans un air très-sec. Effectivement, si l'on essaie de décharger une pareille bouteille, à l'aide d'un exciteur, on tirera de la partie *cd*, ou de toute autre partie en communication avec elle, une étincelle qui, quoique foible, le fera moins cependant, que si la surface intérieure n'avoit de fluide électrique que ce qu'elle auroit reçu, indépendamment de la lame *sikn*.

79. Une bouteille chargée, suspendue sous un récipient que l'on purge d'air, se décharge à mesure que l'on fait le vuide. Si cette expérience est faite dans l'obscurité, on voit une multitude de jets lumineux qui sortent du crochet de la bouteille, & se replient vers sa partie extérieure. La raison de ce phénomène est sensible d'après ce qui a été dit ci-dessus. Car la matière électrique n'étant plus retenue, dans l'armure intérieure, par la résistance de l'air, s'échappe à travers le crochet, pour se rendre à la surface extérieure, qui exerce sur elle une force attractive; en sorte que les deux surfaces reviennent peu-à-peu à l'état naturel, celle qui est électrisée en plus, transmettant successivement tout son excès de fluide à celle qui est dans l'état négatif. Cette belle expérience a été imaginée par

M. de Parcieux, neveu du célèbre Académicien de ce nom, & connu par ses talens pour la Physique expérimentale.

80. Il suit encore delà, qu'une bouteille ne peut se charger, du moins que très-faiblement, dans le vuide, lors même que sa surface extérieure est en communication avec des corps an-électriques. Car, en purgeant d'air le récipient, on supprime un puissant obstacle, qui eût maintenu, dans l'armure intérieure, l'excès de fluide électrique fourni par le conducteur; en sorte qu'il ne faut à cette armure qu'un léger degré d'électricité positive, pour qu'elle parvienne à son point de saturation.

81. Si l'on suspend à un cordon de soie, au milieu d'un air sec, une bouteille de Leyde, après l'avoir chargée, & qu'on approche le doigt de sa surface extérieure, il n'en sortira aucune étincelle, quoique cette surface soit électrisée négativement, ce qui doit arriver, d'après les principes établis ci-dessus (72), puisque les actions des deux surfaces sur le fluide extérieur, se balancent tellement, que ce fluide est autant attiré que repoussé, & qu'il doit par-là rester immobile le long de la surface *ik* (*fig. 29*). Mais si l'on approche le même doigt du crochet qui est en communication avec la surface intérieure, on en tirera une petite étincelle, parce que,

comme nous l'avons dit, la bouteille exerçant encore une partie de sa force répulsive sur le fluide de la surface extérieure, qui n'y est retenu que par l'air environnant, l'attraction du doigt, qui ajoute à cette force répulsive, doit déterminer une portion du fluide dont il s'agit, à s'échapper au-dehors. Alors la surface intérieure ayant perdu de son fluide électrique, sa force répulsive, à l'égard de la surface extérieure, se trouve diminuée; en sorte que celle-ci sera capable d'attirer une certaine quantité de molécules, & l'attireroit en effet, en la dérobant à l'air environnant, sans la difficulté qu'éprouve le fluide à se mouvoir dans cet air.

Les choses étant donc dans cet état, si l'on approche de nouveau le doigt de la surface extérieure, il sortira une étincelle occasionnée par le fluide, qui se portera du doigt vers cette surface. Alors l'équilibre sera encore rétabli; en sorte qu'on ne pourra plus obtenir d'étincelle, en approchant de nouveau le doigt de la surface extérieure. Mais si on l'approche du crochet, on tirera une nouvelle étincelle; & ainsi successivement, de manière qu'en portant le doigt tour à tour de l'une à l'autre surface, on déchargera peu à peu entièrement la bouteille.

82. On voit par-là, que la bouteille suspendue & isolée, ne peut commencer à se décharger

spontanément, qu'en perdant une partie du fluide de sa surface intérieure, & en la communiquant à l'air, après quoi la surface extérieure commencera elle-même à perdre, & ainsi de suite, jusqu'à ce que les deux surfaces soient retournées à leur état naturel. Ce retour se fera d'autant plus lentement, que l'air voisin sera plus sec, & l'on a vu quelquefois des bouteilles, ainsi suspendues, donner encore des signes sensibles d'électricité, au bout de vingt-quatre heures, & même de plusieurs jours.

IX. De quelques moyens particuliers d'exciter la vertu électrique.

83. L'appareil & le jeu de nos machines électriques, sont dirigés vers les deux moyens les plus ordinaires d'électriser les corps, l'un, à l'aide du simple frottement; l'autre, par le contact ou la proximité d'un corps qui a déjà reçu la vertu électrique. Ces deux moyens ont été pendant long-temps les seuls que l'on ait connus. On s'est apperçu depuis, que parmi les substances susceptibles d'être électrisées par frottement, quelques-unes, telles que la Résine, la Cire d'Espagne, le Soufre, &c. donnoient des signes d'électricité, lorsqu'on les avoit fait fondre, & qu'elles étoient récemment refroidies. La Cire

d'Espagne, en particulier, est, en quelque sorte, si sensible à l'action de la chaleur, relativement au même effet, qu'il suffit de chauffer très-légerement un bâton de cette Cire, & de le présenter à une petite distance d'une aiguille tournante, dont je parlerai plus bas, pour voir cette aiguille se mettre en mouvement. La même Cire se trouve presque continuellement électrique, sans aucune préparation, pour le peu que la température de l'air soit chaude & sèche en même-temps.

84. L'effet de la chaleur, pour seconder l'action du fluide électrique, paroît consister dans la dilatation, qui écarte les molécules propres des corps, & facilite par-là le mouvement interne du fluide, pour se porter d'une partie de ces corps vers l'autre. Cet effet ne prouve donc aucune analogie directe entre la matière de la chaleur & la matière électrique, & il me semble qu'en assignant des rapports entre ces deux matières, comme l'ont fait quelques Physiciens, on doit distinguer les cas où la chaleur entre seulement comme moyen auxiliaire dans la production des phénomènes, d'avec ceux où sa manière d'agir seroit semblable à celle du fluide électrique. Parmi les faits relatifs à ce dernier point de comparaison, il en est un, par exemple, qui est très-remarquable. La chaleur, comme

l'on fait, se répand avec beaucoup de facilité dans les corps métalliques, les corps aqueux, &c. au contraire, elle se propage lentement dans les substances vitreuses & résineuses. L'émailleur tient impunément une des extrémités du même tube de verre, dont l'autre extrémité entre en fusion, par l'activité de la flamme où elle est plongée. La Cire à cacheter n'excite aucune impression de chaleur sensible sur la main qui la tient, même à une petite distance de l'extrémité par laquelle on l'allume, pour en faire usage. De même, le fluide électrique se propage en un instant d'une extrémité à l'autre des métaux & de l'eau. Quant au verre & aux corps résineux, on peut bien les électriser aussi jusqu'à un certain point, par communication. Mais il faut pour cela, exposer successivement toutes les parties de leur surface à l'action immédiate d'un corps déjà électrisé; & pour leur faire perdre en peu de temps leur vertu, il faut les appliquer à la fois par toute leur surface sur celle d'un corps an-électrique; en sorte que si l'on se contente de les toucher par intervalles avec le doigt, il n'y a que la partie que l'on touche qui se décharge. Cet effet est une suite de la difficulté qu'éprouve le fluide électrique à se mouvoir dans les pores des substances vitreuses & résineuses, ce qui indique, comme je l'ai remarqué, entre ce fluide

& la matiere de la chaleur , une analogie toute différente de celle que l'on prétendroit inférer de l'effet cité plus haut.

86. Parmi les phénomènes de ce dernier genre , il n'en est point qui ait piqué davantage la curiosité des Physiciens , que celui qu'on obtient à l'aide de certaines substances minérales. On a découvert que celles de ces substances , que l'on appelle *Tourmalines* , & qui ont communément une forme allongée & prismatique , s'électrifoient très-sensiblement par la seule chaleur , sans le secours du frottement ; en sorte qu'un de leurs côtés étoit dans l'état positif , & le côté opposé dans l'état négatif (*a*). Toutes les pierres qui ont cette propriété sont du même genre , & j'ai reconnu qu'elles avoient la même structure ; il en faut excepter les deux pierres gemmes , connues sous les noms de *Topaze* & *Rubis* du Bresil , qui s'électrifient aussi par la chaleur , quoiqu'elles appartiennent à un genre différent de celui des *Tourmalines*. Mais les unes & les autres ont un rapport de structure qui consiste en ce que certaines faces de leurs molécules sont disposées parallèlement à l'axe du crystal ; en sorte que la pierre a des points de

(*a*) Voyez pour les détails de cette découverte , l'Histoire de l'Électricité de M. Priestley , Tome II , pag. 137 & suivantes.

séparation continus dans ce sens , qui est aussi celui , suivant lequel paroît se mouvoir le fluide , lorsqu'il reflue d'une partie du crystal vers l'autre (*a*).

86. Avant d'aller plus loin , il ne sera peut-être pas inutile de décrire ici un appareil fort simple , dont je me sers pour les expériences électriques de la Tourmaline. Cet appareil consiste 1^o. dans une aiguille de fil de laiton , terminé par deux petites boules , & qui tourne librement , à l'aide d'une chappe , sur un pivot de même métal , non isolé ; 2^o. dans un bâton de Cire d'Espagne , à l'extrémité duquel est attaché un fil de soie très-délié , de quelques lignes de longueur.

Lorsque la Tourmaline a été chauffée , je commence par la présenter à une petite distance d'une des extrémités de l'aiguille , & je juge qu'elle est au degré de chaleur convenable , quand elle produit sur l'aiguille des attractions sensibles. Je frotte aussi-tôt le bâton de Cire , à plusieurs reprises , sur une étoffe : en vertu de cette opération , l'extrémité du fil de soie se trouve électrisée négativement. Je présente alors à ce fil alternativement les deux bouts de la Tourmaline ,

(*a*) Voyez l'essai d'une Théorie sur la structure des cristaux , pag. 191 , & les Mémoires de l'Académie pour l'année 1787.

en maintenant celle-ci, de maniere que son axe soit, autant qu'il est possible, dans le même plan que le fil, & il arrive constamment qu'un des bouts de la Tourmaline repousse ce fil, & que l'autre l'attire.

87. Les expériences des Tourmalines ont exercé plusieurs Savans distingués, tels que MM. Lechman, Daubenton, Adanson, &c.; mais personne ne s'en est plus occupé que M. Wilson, & M. Æpinus lui-même, qui a donné sur ce sujet un Mémoire inséré parmi ceux de l'Académie de Berlin, pour l'année 1756. Ce Savant a bien constaté l'existence des deux électricités, l'une positive & l'autre négative, que manifestent les Tourmalines. Il ajoute, que si on place la pierre sur un métal très-chaud, ou sur un charbon ardent, elle s'électrifie en sens inverse, de maniere que le côté qui est communément positif devient négatif, & réciproquement; mais qu'au bout de quelques instans elle retourne à son état ordinaire. Selon M. Æpinus, ce renversement d'état provient de ce que les différentes parties de la Tourmaline s'échauffent inégalement; d'où il résulte une espece de déviation dans le mouvement interne & la maniere d'agir du fluide. Mais M. Wilson qui a fait, comme nous l'avons dit, un grand nombre d'expériences sur la Tourmaline, assûre que quand la pierre est échauffée inégalement,

elle se trouve électrisée en plus de part & d'autre , si le côté le plus chaud est celui qui eût dû être positif , & que dans le cas contraire , les deux côtés sont électrisés en moins. Il attribue la diversité des résultats que présentent les expériences comparées avec celles de M. *Æpinus* , aux différentes grosseurs des Tourmalines qu'ils ont employées , ou à la différence même des procédés. J'ai répété les mêmes expériences avec une Tourmaline d'Espagne crySTALLISÉE , de 26 lignes de longueur , sur une épaisseur d'une ligne $\frac{3}{4}$, en la plaçant sur un charbon ardent ; & j'ai obtenu , à différentes reprises , des résultats conformes à ceux de M. *Æpinus* , & d'autres qui s'accordoient avec ceux de M. *Wilson*. J'ai même observé quelquefois que la Tourmaline , après avoir été retirée du feu , conservoit encore pendant quelques instans la propriété de repousser en même-temps par ses deux bouts un fil de soie électrisé négativement. On conçoit en effet que ces différentes modifications accidentelles de l'action du fluide peuvent avoir lieu successivement , en vertu des variations qu'une chaleur & une dilatation inégales peuvent occasionner dans les densités du fluide que renferme la pierre.

88. J'ai désiré de savoir , si parmi les substances minérales il y en avoit d'autres qui produisissent les mêmes effets que la Tourmaline ; & ayant

éprouvé, dans cette vue, toutes celles qui ne font pas à l'état métallique proprement dit, j'ai trouvé que les Calamines cryftallisées partageoient feules, avec les Tourmalines, la propriété de devenir fenfiblement électriques par la Chaleur; ce qui est d'autant plus fingulier, que la calamine appartient au genre du zinc, que l'on fait être un demi-métal. La description détaillée de ces substances n'étant pas de mon objet, je me contente de les indiquer aux Naturalistes. On peut confulter fur ce point les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1785.

89. MM. Lavoisier & de la Place ont découvert une autre phénomène de l'électricité, d'autant plus digne d'attention, qu'il peut répandre un grand jour sur la maniere dont le fluide électrique agit dans la nature. Ces deux Savans avoient remarqué que les corps, en passant de l'état de solides ou de liquides à celui de vapeurs, & réciproquement, donnoient des signes non-équivoques d'électricité négative ou positive. Ils ont annoncé ces résultats à l'Académie, le 6 Mars 1781; & quelque temps après, ils lui ont communiqué le détail de leurs expériences, relativement au même objet.

Dans ces expériences, les corps d'où s'élevoient les vapeurs, ou qui se convertissoient en vapeurs, étoient isolés. Lorsque les signes d'électricité

paroissoient devoir être légers & instantanés, les deux Physiciens faisoient communiquer les corps, par le moyen d'une chaîne, ou d'un fil de fer, directement avec un petit électrometre, à peu-près semblable à celui de M. Cavallo, dont nous avons donné la description (48). Mais lorsqu'il y avoit lieu d'espérer que l'électricité s'accroîtroit par des degrés successifs, & feroit durable, on employoit le condensateur de M. de Volta (a).

MM. Lavoisier & de la Place, ayant mis de la limaille de fer dans un bocal à large ouverture, ont versé sur cette limaille de l'acide vitriolique, étendu de trois parties d'eau. Il s'est

(a) Cet instrument n'est autre chose qu'une espece d'électrophore, dans lequel M. de Volta substitue au gâteau de résine qui reçoit le disque métallique, un corps du genre de ceux qui n'isolent qu'imparfaitement, & qui tiennent comme le milieu entre les substances an-électriques & idio-électriques. De ce nombre est, par exemple, le marbre blanc. Tandis que le disque est placé sur un pareil support, si on fait prendre à ce disque, par communication, un certain degré, même très-foible, d'électricité; le fluide naturel renfermé dans la partie supérieure du support, qui est voisine du disque, est à l'instant attiré ou repoussé, suivant l'état de ce même disque; & comme par la nature du support, qui est en partie perméable au fluide, celui-ci a une certaine liberté de s'y mouvoir, sans cependant être assez mobile pour s'échapper

fait une vive effervescence, un dégagement rapide d'air inflammable, & au bout de quelques minutes, le condensateur a été tellement chargé d'électricité, qu'il a produit une assez forte étincelle. L'Electrometre a fait connoître que l'électricité étoit négative. La production de l'air fixe & celle de l'air nitreux, par l'acide vitriolique & par l'acide nitreux versés sur la craie en poudre, ont donné des résultats semblables. Des réchauds isolés & remplis de charbon allumé, ont aussi donné, après la combustion du charbon, des signes très-marqués d'électricité négative.

Il paroît que, dans ces expériences, les corps

facilement, l'état du support differe beaucoup plus de l'état naturel, en conséquence de l'action qu'exerce sur lui le disque, que dans le cas d'un isolement parfait. Par une suite nécessaire, le support, à son tour, agissant beaucoup plus fortement sur le disque, le rend susceptible de se charger des plus légères quantités d'électricité qui s'y accumulent insensiblement, sans pouvoir passer dans le support, à cause de la résistance que le fluide éprouve à l'endroit du contact qui se fait par une surface plane; en sorte qu'au bout d'un certain temps, la somme de toutes ces petites quantités peut s'accroître au point que quand, après avoir enlevé le disque, on lui présente le doigt, ou la boule d'un excitateur, on en tire une étincelle assez vive. Delà le nom de *condensateur* que porte l'instrument dont il s'agit.

qui se vaporisent , enlèvent aux vases avec lesquels ils sont en contact , une partie de leur électricité propre , ce qui indique un nouveau point d'analogie entre l'électricité & la chaleur. Mais les résultats varient , lorsque les deux Académiciens employèrent un procédé particulier , qui consistoit à verser de l'eau sur des poëles de fer battu , chauffées & isolées : cette opération ayant été répétée jusqu'à trois reprises , l'électricité produite ne fut négative que dans la première épreuve ; elle étoit décidément positive dans les deux suivantes. (Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences , ann. 1781 , pag. 292).

M. de Sauffure a fait depuis une longue suite d'expériences du même genre , sur-tout , relativement au dernier des faits que nous venons de citer. Ce savant Physicien , ayant plongé un fer rouge dans un petit volume d'eau , qui étoit au fonds d'un vase de métal isolé , obtint une forte électricité , qui se trouva être positive. Surpris de ce résultat , qui ne s'accordoit point avec celui de la vaporisation occasionnée par la simple ébullition , puisque celle-ci produit une électricité négative , il se proposa de rechercher la cause de cette différence. Pour y parvenir , il multiplia & diversifia les épreuves : il employa successivement des creusets de fer , de cuivre , d'ar-

gent, &c. fortement échauffés, & dans lesquels il jettoit successivement, à plusieurs reprises, une quantité déterminée du fluide qu'il vouloit réduire en vapeurs. Il se servit aussi de différens fluides, tels que l'eau distillée, l'esprit de vin & l'éther. Il forma des tables qui indiquent le moment de chaque projection, la durée de la vaporisation, la nature, ainsi que le degré de l'électricité produite; enfin, l'état du creuset & celui des vapeurs, dans les différentes projections successives. L'électricité a été tantôt nulle, tantôt positive & tantôt négative. M. de Sauffure pense, que quand l'opération, qui convertit l'eau en vapeurs, décompose en même-temps ce fluide, ou le corps qui est en contact avec lui, il se produit une nouvelle quantité de matiere électrique, & que le vase qui sert à l'opération reçoit une électricité positive, ou négative, ou qui devient nulle, suivant que la quantité du fluide engendré est supérieure, inférieure, ou égale à celle que la vaporisation enleve au vase. On peut voir le détail de ces belles expériences, ainsi que des conséquences très-plausibles que l'Auteur en a déduites, dans le second Volume de ses Voyages dans les Alpes, (pag. 227 & suiv.), où l'on trouvera aussi une suite très-intéressante d'observations sur l'électricité de l'atmosphère.

Quant à cette électricité, M. de Sauffure croit,

avec M. de Volta, qu'elle est essentiellement positive, & que l'état négatif de l'atmosphère, qui a lieu dans certaines pluies, & quelquefois pendant les orages, tient à des causes accidentelles & locales. Il attribue la première de ces électricités à l'élévation des vapeurs qui dérobent à la terre une portion de son fluide électrique, & vont le déposer & l'accumuler dans le sein de l'atmosphère. (Ibid. pag. 226).

90. Personne ne doute aujourd'hui que la matière du tonnerre ne soit le fluide électrique; mais devenu, pour ainsi dire, si différent de lui-même par son abondance & par son énergie, qu'il falloit l'œil du génie, pour reconnoître, au milieu du spectacle imposant & terrible d'un orage, le même agent qui produit les étincelles & les aigrettes lancées par nos conducteurs. Ce rapprochement avoit été soupçonné par divers Savans, tels que MM. Gray, l'Abbé Nollet, Duhamel, Halles, &c. mais il étoit réservé au célèbre Francklin d'en donner la démonstration, en allant chercher le fluide électrique jusqu'au haut de l'atmosphère, & en substituant à nos machines un nuage orageux, pour en obtenir tous les effets que nous produisons à l'aide des moyens artificiels qui sont en notre pouvoir. On conçoit que les orages dépendent, en général, d'une distribution très-inégale du fluide répandu dans la nature, & qui

abonde par excès en certains endroits ; tandis que d'autres se trouvent évacués , & sont dans l'état négatif. Quelques Physiciens (*a*) ont déjà donné des conjectures sur les causes de cette grande variation de densité ; mais ce point de Physique n'a pas été suffisamment éclairci , & des résultats tels que ceux qui naissent des observations faites par les Savans illustres que nous avons cités , doivent certainement être regardés comme des données précieuses , pour

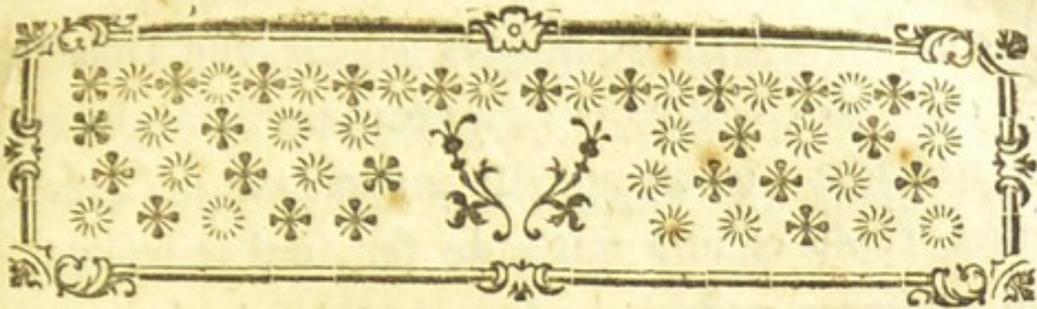
(*a*) Quoique je ne me sois point proposé d'entrer ici dans le détail de ce qui concerne les effets de la foudre , je crois devoir en citer un très-remarquable , dont Milord Mahon a parlé le premier , dans son savant ouvrage qui a pour titre , *Principes d'Électricité*. Concevons un nuage orageux d'une certaine étendue , & que je suppose électrisé positivement. Si une personne est située de manière à se trouver en prise à l'action de ce nuage , sans cependant en être assez près pour provoquer une explosion , la force répulsive du nuage refoulera le fluide naturel de cette personne , & en chassera une partie dans le sein de la terre , en sorte que la personne sera électrisée en moins. Supposons qu'alors le nuage se décharge sur quelque objet terrestre , placé même à une assez grande distance de la personne : celle-ci à l'instant reprendra tout le fluide qu'elle avoit perdu , & la violence de cette espèce de reflux pourra être telle , que la personne en soit dangereusement blessée , ou même qu'elle

conduire à l'entière solution des questions relatives à la Théorie de l'électricité naturelle ; & de la formation du tonnerre.

en périffe. On voit par là comment il peut arriver qu'un homme situé loin de l'endroit où la foudre éclate, soit cependant foudroyé. Le même raisonnement s'applique à un nuage électrisé négativement. Milord Mahon donne le nom de *choc par retour* à cet effet , qu'il a représenté à l'aide d'un appareil électrique , dans une suite d'expériences variées & curieuses.

Fin de la Théorie de l'Électricité.





THÉORIE

D U

MAGNÉTISME.

*I. Des propriétés du fluide magnétique ;
& de sa comparaison avec le fluide
électrique.*

91. **L**A matière magnétique, suivant M. Æpinus, est un fluide très-subtil, dont les molécules ont la propriété de se repousser mutuellement, comme celles du fluide électrique (1). Mais elles en diffèrent en ce que celles-ci sont attirables par tous les corps connus, au lieu qu'il n'y a qu'une seule substance qui exerce une attraction sensible sur les molécules magnétiques. Cette substance est le fer à l'état métallique.

92. Tous les naturalistes savent que l'espèce de minéral, d'une couleur ordinairement brune ou noirâtre, qu'on appelle *aimant naturel*, n'est autre chose qu'une mine de fer, qui se trouve, en plusieurs endroits, dans le sein de la terre. On la reconnoît sur-tout à la propriété qu'elle a d'attirer la limaille de fer. On fait aussi, avec le fer forgé, ou plutôt l'acier, des aimans artificiels, dont nous parlerons dans la suite.

93. Tous les corps de la nature, si on excepte le fer, sont entièrement perméables au fluide magnétique, qui les pénètre librement, sans éprouver aucune action de leur part. Aussi ne donnent-ils aucun signe de magnétisme. Il n'en est pas de même du fer; le fluide magnétique, à la vérité, le pénètre aussi, mais avec beaucoup de difficulté. Le fer est, à l'égard de ce fluide, ce que les corps idio-électriques (2), sont par rapport au fluide électrique.

94. Plus le fer est dur, & plus le fluide magnétique éprouve de difficulté à se mouvoir dans ses pores. Le fer tendre livre un accès beaucoup plus facile aux molécules de ce fluide, & se rapproche davantage, à cet égard, de l'analogie avec les corps an-électriques. Mais en général, il paroît, par des expériences qui seront citées dans le cours de cet ouvrage, que le fer

est moins perméable au fluide magnétique, que les corps idio-électriques, même au plus haut degré, ne le sont par rapport au fluide électrique.

95. Nous avons vu (3), que chaque corps renfermoit naturellement une certaine quantité de fluide électrique, qui lui étoit propre. Le fer, même celui qui ne donne aucun signe de magnétisme, a aussi sa quantité naturelle de fluide magnétique. Mais il y a une différence très-remarquable entre le fer & les corps électriques, quant à la manière dont ils passent de leur état naturel à celui où le fluide, qui les pénètre, manifeste son action. Il arrive souvent, dans ce passage, que les corps électriques, ou acquièrent une quantité surabondante de fluide électrique, ou perdent une portion de leur fluide naturel. Au contraire le fluide magnétique éprouve une si grande difficulté à pénétrer le fer, qu'il n'est gueres possible que ce métal reçoive de celui des corps environnans, ou perde de celui qui lui est propre, en sorte que tous nos efforts pour communiquer au fer les qualités de l'aimant, se bornent à produire un simple mouvement de translation du fluide, dans l'intérieur même du fer.

96. Il résulte delà une nouvelle différence entre les corps électriques & les corps magnéti-

ques. Il n'est pas rare d'en trouver , parmi ces derniers , qui soyent tout entiers électrisés en plus ou en moins (4). Le fer , au contraire , lorsqu'il est devenu aimant , a toujours une de ses parties dans l'état positif , & l'autre dans l'état négatif. Nous parlerons dans la suite du résultat des tentatives que l'on a faites , pour augmenter la quantité naturelle de fluide renfermée dans le fer.

97. On fait qu'un aimant suspendu librement , tourne un de ses côtés vers le nord , & l'autre vers le sud ; delà les noms de *pole du nord* , ou *pole boréal* , & *pole du sud* ou *pole austral* , que l'on a donnés aux deux côtés d'un aimant , relativement à leur direction vers l'un ou l'autre des poles de notre globe. On n'a pu decouvrir encore lequel des deux poles d'un aimant étoit dans l'état positif , & lequel avoit un magnétisme négatif.

98. Quelques Physiciens ont cru que le fluide électrique & le fluide magnétique n'étoient que le même fluide. Cette opinion ne peut être admise , lorsque l'on considère que ces deux fluides différent sensiblement dans leurs propriétés , sur-tout dans celle qu'a le premier d'être attiré par tous les corps connus , tandis que l'autre ne l'est que par le fer (91) : seulement , les actions de ces deux fluides , ainsi que nous

le verrons bientôt, sont soumises aux mêmes loix, & ne diffèrent entr'elles, quant à la manière dont elles s'exercent, qu'à raison de la différence même qui se trouve entre les corps qui les manifestent.

99. Concluons de ce qui précède, qu'il n'est pas étonnant que l'électricité soit beaucoup plus féconde en phénomènes que le magnétisme; car ceux qui dépendent du fluide magnétique se bornent à une seule espèce de corps, dans lesquels le fluide ne se meut qu'avec beaucoup de difficulté; mais l'électricité, outre qu'elle embrasse toute l'étendue des trois regnes de la nature, produit, à l'aide de l'action réciproque des corps an-électriques & idio-électriques, une multitude d'effets qui se diversifient de mille manières.

II. Des loix auxquelles est soumise l'action du fluide magnétique, en conséquence des propriétés exposées dans l'article précédent.

100. Les loix que suit le fluide magnétique, étant les mêmes que celles qui agissent dans la production des phénomènes, qui dépendent du fluide électrique; tout ce que nous avons dit (n^o. 6, & suiv.), sur les différens cas relatifs

à l'action de ce dernier fluide, s'applique en général au magnétisme. Mais la différence qu'occasionne dans les résultats, celle qui existe entre les corps électriques & les corps magnétiques, exige que nous apportions certaines modifications à ceux de ces résultats, qui concernent les corps susceptibles de magnétisme.

101. Nous avons considéré (6 & 7) l'action d'un corps électrisé tout entier en plus ou en moins, sur des molécules de fluide voisines de ce corps; mais le magnétisme ne nous offrant peut-être jamais de cas analogues à celui-ci (95), nous nous bornerons à l'examen du seul cas où les parties d'un corps sont dans différens états de magnétisme positif ou négatif.

Concevons donc un corps Λ (fig. 19), & que le fluide magnétique soit inégalement répandu dans les deux parties AB , AC , de ce corps, en sorte qu'il y ait excès de fluide dans la partie AC , & défaut de fluide dans la partie AB . Si l'on pouvoit faire varier à volonté les quantités de fluide renfermées dans ces deux parties, ainsi que le rapport de ces quantités, nous pourrions appliquer ici tout ce que nous avons dit (10 & suiv.) de l'action d'un corps électrisé d'un côté en plus & de l'autre en moins, sur les molécules de fluide voisines de ce corps, c'est-à-dire, qu'il pourroit arriver que

le fluide fut attiré ou repoussé d'un côté, tandis que de l'autre il resteroit immobile, ou qu'il fût attiré ou repoussé des deux côtés à-la-fois, ou enfin qu'il fût attiré d'un côté & repoussé de l'autre.

Mais nous avons déjà observé (95), & cette assertion se trouvera encore confirmée d'après ce que nous dirons dans la suite, qu'en général tous les corps qui donnoient des signes de magnétisme, ne renfermoient en total que leur quantité naturelle de fluide, qui étoit seulement distribuée inégalement dans les différentes parties de ces corps. Cela posé, la seule hypothèse à faire est celle où l'excès du fluide de AC, seroit précisément égal au défaut du fluide de AB. Or, nous avons prouvé (16), que, dans ce cas, une molécule D de fluide seroit attirée par le corps A, en sorte qu'elle tendroit à y pénétrer, tandis que la molécule E en seroit repoussée.

101. Supposons maintenant que le corps A soit abandonné à lui-même, sans qu'il y ait aucun autre corps magnétique dans sa proximité. Ce corps tendra à retourner vers l'état d'uniformité, en sorte que le fluide surabondant renfermé dans la partie AC, sera sollicité à-la-fois par la répulsion mutuelle des molécules (6), & par la force attractive de la partie AB (7), à se

répandre dans cette partie , jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli.

Quant à la résistance de l'air qui s'oppose ; comme nous l'avons vu (8) , à la tendance qu'ont les corps électrisés vers l'état naturel , elle est nulle , par rapport aux aimans , puisque le fluide magnétique pourroit traverser l'air & tous les autres corps , excepté le fer , avec une extrême facilité. Cependant l'expérience prouve que la vertu magnétique se maintient très-longtemps dans les corps qui l'ont acquise , & même beaucoup plus longtemps que la vertu électrique dans les corps les plus susceptibles de la conserver , tels que la bouteille de Leyde. Or , cette différence ne peut venir que de la grande difficulté qu'éprouve le fluide magnétique à se mouvoir dans le fer.

102. La résistance qui provient de cette difficulté peut être considérée comme une force opposée à l'effort , que fait le corps pour retourner à l'état naturel , & capable de balancer cet effort , de manière que l'équilibre subsiste entre l'un & l'autre , pendant un certain temps , sans altération sensible. Quand le corps est parvenu à cet équilibre , on dit qu'il est à *son point* , ou à *son degré de saturation* ; & il est clair que , si l'on continue alors de l'aimanter , il perdra aussitôt toute sa nouvelle vertu magnétique. Le degré de

saturation fera d'autant plus élevé, c'est-à-dire, que la force magnétique, que le corps sera susceptible de conserver, sera d'autant plus considérable, que le fluide éprouvera plus de difficulté à se mouvoir dans ce corps. Or, comme le fluide se meut plus aisément dans le fer tendre que dans le fer dur (79), il en résulte que le degré de saturation est toujours plus élevé dans le second que dans le premier. Cette conséquence s'accorde avec l'observation; car ceux qui font des aimans artificiels savent très-bien que le fer tendre acquiert aisément une vertu considérable, mais qu'il la perd, en très-grande partie, avec la même facilité; au lieu que le fer dur, plus difficile à aimanter, conserve beaucoup plus longtemps un degré de magnétisme très-supérieur à celui qui reste dans le fer tendre, & c'est pour cette raison qu'on le préfère à celui-ci dans la construction des aimans artificiels.

103. Les actions réciproques de deux aimans sont les mêmes que celles de deux corps électrisés. Mais d'après ce qui a été dit plus haut (80), les différens cas, dans lesquels ces actions peuvent s'exercer, se réduisent à ceux où les corps ont une partie dans l'état positif, & l'autre dans l'état négatif, de manière que la totalité du fluide de chacun de ces corps est égale à la quantité na-

turelle. Avant d'examiner les effets relatifs à ce point de théorie, nous dirons un mot d'un cas particulier, qui rentre dans ceux dont nous venons de parler.

104. Concevons que l'on approche d'un aimant C (fig. 4), un barreau de fer G, dans l'état naturel. Il en fera de ce barreau comme d'un corps non électrisé que l'on approche d'un corps électrisé (19), c'est-à-dire, que l'aimant ne produiroit aucun effet sur le fer, si celui-ci conservoit son état naturel; mais il en est bientôt tiré par l'action que l'aimant exerce sur lui. Supposons que CB soit le côté positif, & CD le côté négatif; l'action de la partie CB prévaudra nécessairement sur celle de la partie CD (16), en sorte que CB, en vertu de son excès de force répulsive, refoulera une certaine portion du fluide, contenu dans le barreau G, de l'extrémité F de ce barreau vers son extrémité opposée; d'où il suit que le barreau deviendra lui-même un véritable aimant, que nous devons considérer comme ayant sa partie antérieure FG, dans l'état négatif, & son autre partie GH, dans l'état positif.

Si au contraire, les côtés CB, CD de l'aimant étoient, le premier dans l'état négatif, & le second dans l'état positif; il est facile de voir que le barreau G se trouveroit aimanté en sens

contraire, de maniere que GF deviendrait son pole positif, & GH son pole négatif.

105. Cela posé, considérons les deux corps C, G, comme deux aimans qui auroient leurs moitiés dans différens états de magnétisme positif ou négatif, & supposons, pour plus de simplicité, que le fluide soit uniformément répandu dans chacune de ces moitiés.

Supposons de plus que CB, FG soient les poles positifs, & CD, GH, les poles négatifs. La force répulsive de la partie CB, étant égale à la force attractive de la partie CD, abstraction faite des distances (16); il est clair que la premiere agit plus puissamment sur le corps G, à raison d'une moindre distance; donc le corps C agit sur le corps G, comme étant dans l'état positif; donc il tend à repousser la partie FG, & à attirer la partie GH. Or, à distances égales, l'attraction feroit équilibre à la répulsion; donc, puisque la partie FG est plus voisine du corps C que la partie GH, la répulsion l'emportera, & les deux corps s'écarteront l'un de l'autre.

On prouvera par un raisonnement semblable, que dans le cas où CB, FG seroient les poles négatifs, & DC, GH, les poles positifs, les deux aimans se repousseroient encore, comme dans le cas précédent. Il ne faut, pour le de-

montrer , que substituer le mot d'*attraction* à celui de *répulsion* , & réciproquement.

106. Supposons enfin que CB , GH , soyent les poles positifs , & DC , FG , les poles négatifs. D'après ce qui a été dit plus haut , le corps C agit sur le corps G , comme étant dans l'état positif ; donc , il tend à attirer la partie FG , & à repousser la partie GH. Mais l'attraction agit plus fortement sur la premiere , à raison d'une moindre distance ; donc , les deux corps tendront à s'approcher l'un de l'autre.

107. Il n'arrive peut-être jamais que le fluide soit répandu uniformément dans chacune des parties d'un aimant , & nous n'avons d'abord supposé cette uniformité que pour simplifier l'explication des phénomènes. Mais de quelque maniere que le fluide soit distribué dans les parties CD , BC , ou FG , GH ; on pourra toujours ramener l'état des deux corps aux différens cas , exposés dans les nos. précédens , en appliquant ici ce que nous avons dit (18) , de deux corps électriques , dans lesquels le fluide ne seroit pas uniformément répandu.

108. Concluons delà que si deux aimans se regardent par leurs poles positifs , ou négatifs , ils se repousseront mutuellement , & qu'ils s'attireront au contraire , si le pole positif de l'un est tourné vers le pole négatif de l'autre. On

exprime, d'une manière abrégée, ce fait connu de tous les Physiciens, en disant que *deux aimans se repoussent par leurs poles de même nom, & s'attirent par leurs poles de noms différens.*

109. Nous placerons ici la définition des *centres magnétiques*, dont nous aurons besoin pour la suite. M. Æpinus appelle ainsi le point de séparation entre la partie positive & la partie négative d'un aimant. A la rigueur, ce centre est moins un point, qu'une surface qui s'étend dans toute l'épaisseur de l'aimant. Mais il n'y a aucun inconvénient à employer la dénomination de *centre*, pourvu qu'on n'y attache que l'idée qui naît de la définition que nous venons d'en donner.

110. Nous avons exposé (105 & suiv.) les effets qui résultent de l'action réciproque de deux aimans, dont chacun a un pole positif & un pole négatif. Mais il peut arriver que cette action même apporte divers changemens à la manière dont le fluide est distribué dans chacun des deux aimans, sur-tout si une cause extérieure intervient pour les rapprocher l'un de l'autre, dans le cas où ils se fuyent, en vertu d'un magnétisme homogène. Nous avons vu (53 & suiv.), que l'action d'une pareille cause, par rapport à deux corps électriques, pouvoit donner

lieu à des phénomènes opposés, en apparence, à l'analogie des effets naturels; mais au fond parfaitement d'accord avec la théorie. Le magnétisme présente la même singularité dans les faits, & la même liaison avec les principes de la théorie, dans les explications de ces faits; toujours cependant eu égard aux modifications que la différence des corps occasionne nécessairement dans les phénomènes (100).

111. Remarquons, avant d'aller plus loin, qu'il peut arriver, & qu'il arrive en effet assez souvent, qu'une verge magnétique a plusieurs poles, qui se succèdent l'un à l'autre, en sorte que si on la conçoit divisée en autant des parties qu'il y a de poles, ces différentes parties seront alternativement dans des états positifs & négatifs. Ces poles contraires, qui se suivent dans un même aimant, ont été appelés, par les Physiciens, *points conséquens*. Nous verrons bientôt comment on peut mettre un barreau de fer, dans cet état de magnétisme.

112. Cela posé, concevons d'abord que *ab* (fig. 20) soit une verge de fer dans l'état naturel, située à une petite distance d'un aimant B, dont BC soit le pole positif, & BD le pole négatif. Nous avons déjà vu (104) que dans ce cas, la verge *ab* deviendrait elle-même un ai-

mant, dont *ga* seroit le pole négatif, & *gb* le pole positif. Or, la quantité de fluide, renfermée dans la totalité du corps *ab*, étant égale à la quantité naturelle, il est clair que les deux corps *B*, *g*, s'attireront, à quelque distance qu'ils se trouvent l'un de l'autre (106).

Le même effet aura lieu, si l'on suppose que *BC* soit le pole négatif, & *BD* le pole positif de l'aimant *B*.

113. Il est possible cependant que la verge *ab* acquierre des points conséquens (111), tandis qu'elle s'approche de l'aimant *B*, sur-tout si celui-ci a une puissante vertu magnétique; car, en supposant toujours que les poles *BC*, *BD* soyent l'un le pole positif, & l'autre le pole négatif, il est clair, qu'à mesure que la verge *ab* s'approche de l'aimant *B*, la force répulsive de la partie *BC* augmentant, à raison d'une moindre distance, tend à refouler une nouvelle portion de fluide, de la partie *ag* dans la partie *gb*, en même-temps qu'elle refoule encore davantage le fluide de cette dernière partie. Or, deux causes font obstacle au refoulement du fluide de *ag*, savoir, la difficulté qu'éprouve ce fluide à se mouvoir dans le fer, & la répulsion du fluide accumulé dans la partie *bg*. Il peut donc arriver qu'il y ait un point, tel que *n*, où la résistance qui naît du concours de ces deux causes

déviennne supérieure à la force répulsive de l'aimant B, & passé ce terme, les deux aimans continuant de s'approcher, le fluide accumulé, par exemple, dans l'espace gn , pourra même y abonder au point que sa répulsion rende la partie voisine no négative, & alors l'aimant ab aura quatre points conséquens.

Mais dans le même cas, il est encore impossible que les deux aimans commencent à se repousser, quelle que soit leur distance réciproque. Car, si la quantité de fluide qui a passé dans gn , fut restée dans ag , sa répulsion sur le fluide de BC n'auroit pas empêché les deux corps de s'attirer à toutes les distances; à plus forte raison continueront-ils de s'attirer, lorsque la même quantité de fluide, en passant dans gn , a perdu de sa force, à raison d'une plus grande distance.

Les mêmes effets auront lieu, dans le cas où le pole BD eut été positif, & le pole BC négatif; avec cette différence que les attractions prendront la place des répulsions, & réciproquement.

De plus, il est bien évident que si, dans le moment où les deux aimans s'approchent l'un de l'autre, une cause extérieure agissoit pour les écarter, & les abandonnoit ensuite à leur action réciproque, ils s'attireroient de nouveau, puis-

qu'ils auroient toujours leurs parties antérieures dans des états opposés de magnétisme positif & négatif.

Concluons delà, que deux aimans, qui se regardent par leurs poles de noms différens, s'attireront mutuellement à toutes les distances, quelque changement qu'apporte dans leur état, soit leur action mutuelle, soit l'action d'une cause extérieure.

114. Passons au cas où deux aimans AD, EH (fig. 21) se regardent par leurs poles de même nom. Concevons que AC, EG soyent les poles positifs, & CD, GH les poles négatifs; chacun des deux aimans repousse le fluide de l'autre, en sorte qu'une portion du fluide est refoulée des parties antérieures, vers l'extrémité opposée. Concevons chacune des parties AC, EG, sous-divisée en deux autres parties AB, BC, & EF, FG. Supposons de plus qu'une certaine quantité du fluide de AB ait passé dans BC, & une certaine quantité du fluide de EF dans GF. Suivant que ces quantités seront plus ou moins considérables, il pourra arriver, ou que les deux aimans continuent de se repousser, ou qu'ils s'attirent mutuellement, ou qu'ils n'aient plus aucune action l'un sur l'autre.

Car, 1°. tant que les quantités chassées de

AB ou de EF , seront telles que ces dernières parties restent dans l'état positif, ou du moins conservent leur quantité de fluide naturelle ; il est évident que les deux corps seront toujours dans le cas de deux aimans , qui n'auroient chacun que deux poles , & se regarderoient par leurs côtés positifs. Or , nous avons vu (105), que dans ce cas les deux aimans doivent se repousser à toutes les distances.

2°. Si les quantités de fluide qui sont sorties de AB & de EF , s'accroissent au point de faire passer ces parties , ou du moins l'une des deux , à l'état négatif, il pourra arriver que les deux aimans s'attirent mutuellement à une certaine distance. Supposons en effet que la partie EF , restant toujours dans l'état positif , la partie AB soit devenue négative , auquel cas le corps AD aura trois points conséquens. L'aimant EH , qui agit à toutes les distances , comme étant dans l'état positif , tend à attirer les parties AB , CD de l'aimant AD , & à repousser la partie BC. Or , il peut très - bien se faire que l'excès de fluide , qui a passé dans la partie BC , ne soit pas suffisant pour balancer l'effet de l'attraction que le corps EH exerce sur les parties AB , CD. Pour le mieux concevoir , supprimons pour un instant , par la pensée , la partie CD , & suppo-

sons que le fluide renfermé dans AC, n'excede pas la quantité naturelle. Nous avons vu (106) que dans ce cas, les deux aimans s'attireroient mutuellement. Augmentons maintenant le fluide de BC d'une certaine quantité, mais moindre que celle qui est nécessaire, pour que cet excès de fluide compense la différence des actions du corps EH, sur les parties AB, BC, à raison des distances. Il est évident que les deux aimans s'attireront encore réciproquement. Remettons enfin la partie CD, & imaginons que la quantité dont nous venons d'augmenter le fluide de BC soit précisément égale à celle qui manque au fluide naturel de CD, auquel cas, le corps AD n'aura en totalité que sa quantité naturelle de fluide. La force attractive mutuelle des deux aimans se trouvera encore augmentée, puisque CD est dans l'état négatif. Donc il est très-possible qu'à une certaine distance la répulsion mutuelle des deux aimans se change en attraction.

3°. On concevra de même que le rapport des quantités de fluide, renfermées dans les diverses parties du corps AD, peut être tel, que l'excès du fluide de BC soit capable de compenser exactement l'excès de distance de cette même partie, sur la distance de AB, par rapport au corps EH, & en même-temps la force attractive de EH,

sur CD, & dans ce cas, les actions respectives des deux aimans se faisant équilibre, ces aimans demeureront immobiles.

Tout ce qui précède peut s'appliquer au cas où deux aimans tourneroient l'un vers l'autre leurs poles négatifs; alors, une certaine portion du fluide de l'un & de l'autre étant attirée vers les extrémités qui se regardent, on conçoit que l'une de ces extrémités peut acquérir l'état positif à un tel degré, que les deux aimans commencent à se repousser, ou qu'ils cessent d'avoir aucune action l'un sur l'autre, & s'arrêtent tout-à-coup à une certaine distance.

III. Application des principes précédens à plusieurs phénomènes du Magnétisme.

115. Si les effets qui tiennent au magnétisme, sont en général moins curieux & moins imposans que ceux qui dépendent du fluide électrique, ils n'ont rien de moins piquant pour le Physicien, qui les suit avec attention, & s'efforce de les analyser, par l'opposition apparente, qu'on remarque souvent entr'eux, lorsqu'on les rapproche les uns des autres. L'intérêt qu'ils excitent ne fait que s'accroître, lorsqu'à la sur-

prise succede la satisfaction de voir avec quelle facilité ils se lient ensuite, & se placent dans une dépendance mutuelle, à l'aide de l'ingénieuse théorie, dont nous avons exposé les principes, dans les deux articles précédens.

116. L'expérience prouve que, toutes choses égales d'ailleurs, un aimant est d'autant plus fort qu'il est plus long, en sorte que si on le diminue, dans le sens de la longueur, on l'affoiblit beaucoup plus que dans le cas où l'on en auroit retranché une égale quantité de matiere dans le sens de la largeur. Ce fait, qui est fort difficile à expliquer, à l'aide des théories, qui supposent une atmosphère réelle autour de l'aimant, est une suite nécessaire de ce que nous avons dit plus haut; car l'action de l'aimant sur le fer doit augmenter à proportion que la force attractive ou répulsive du pôle voisin l'emporte sur la force contraire de l'autre pôle. Or, cet excès croît avec la longueur de l'aimant, puisque dans le cas où celui-ci est plus long, l'action du pôle le plus éloigné, s'exerçant à une plus grande distance, nuit moins à l'action du pôle qui regarde le fer (a). Ceci sert à expliquer pourquoi, en général, les aimans artifi-

(a) Cette conséquence est d'autant plus juste, que les points dans lesquels la force des poles est censée

ciels sont plus forts que les aimans naturels non armés, qui ont ordinairement beaucoup moins de longueur que ceux qui sont le produit de l'art.

117. Ayez deux aimans artificiels très-minces, de formes semblables, &, autant qu'il se pourra, d'égale force. Placez l'un quelconque CD (*fig. 22*), de ces aimans sur une table AB; de manière que son extrémité C, que je suppose être le pôle positif, dépasse un peu le bord de la table. Suspendez à cette extrémité un corps de fer F, d'un tel poids que l'aimant CD soit capable d'en porter un beaucoup plus pesant. Appliquez ensuite le second aimant *cd* sur le premier, de manière que *d* soit le pôle négatif; à l'instant le poids F se détachera, & l'aimant CD ne sera plus capable de soutenir même un corps léger.

Car d'un côté, l'action répulsive du pôle C refoule de *g* en *h*, une partie du fluide contenu dans le corps F, & c'est en vertu de ce refoulement que l'aimant CD acquiert, par rapport au corps F, une vertu attractive. Mais d'une autre part, l'action contraire du pôle *d*, qui agit sensiblement à la même distance, à cause du peu d'épaisseur de l'aimant *cd*, détruit l'effet produit

être concentrée, sont très-voisins des extrémités de l'aimant, comme nous l'expliquerons dans la suite.

par l'aimant CD, d'où il suit que la somme des actions de ces deux aimans sur le corps F se réduit à zéro.

Il est cependant bien évident que chacun des deux poles *c*, *d*, s'il agissoit seul, seroit capable de soutenir le corps F. La Théorie fait évanouir le merveilleux apparent de ce fait, qui présente une espece de paradoxe, en ce qu'on y voit deux actions, dont chacune prise séparément, est capable de produire un certain effet, devenir nulles par leur réunion; tandis qu'elles sembleroient alors devoir produire un effet double.

118 M. de Réaumur a observé le premier, qu'un aimant soulevoit plus facilement un morceau de fer placé sur une enclume, que si ce fer se fut trouvé sur quelque'autre corps d'une nature différente. Pour rendre raison de ce fait, supposons d'abord un poids F (*fig. 22*), suspendu au pole positif C, d'un aimant CD, & qui soit le plus considérable que cet aimant puisse soutenir. Si l'on présente en-dessous du corps F, & à la distance d'un ou deux pouces, un second aimant GH, dont G soit le pole négatif, l'action de ce pole attirera vers l'extrémité *h* du corps F, une nouvelle quantité de fluide. Donc la partie Fg se trouvera plus évacuée que dans le cas où l'aimant CD agissoit seul sur le corps F, d'où il suit que, si l'on substitue au corps F un autre

corps plus pesant , il pourra se faire que l'aimant CD soit capable de le soutenir , tant qu'on laissera subsister la présence de l'aimant GH. Si , à la place de cet aimant , on se sert d'un barreau de fer mou d'un poids considérable , & dans l'état naturel , la proximité du pole positif C , de l'aimant CD , & celle du pole positif *h* du corps F , qui est lui-même devenu un aimant (104) , produiront un certain degré de magnétisme dans le barreau de fer mou , substitué à l'aimant GH , de maniere que le pole de ce barreau , qui regardera le pole *h* , se trouvant négatif , fera en partie la même fonction que le pole G de l'aimant GH. Or , dans l'expérience citée , l'enclume représentant aussi en quelque sorte cet aimant , le résultat , proportion gardée , doit être le même.

119. Voici encore un fait qui a surpris plusieurs des Physiciens qui ont écrit sur le Magnétisme. Il consiste en ce que , si l'on met successivement en contact , avec l'un des poles d'un fort aimant , différens barreaux de fer non-aimanté ; qui soient de même longueur , & qui aillent en augmentant d'épaisseur , la force attractive de l'aimant sur ces barreaux , s'accroitra en même-temps que l'on emploira des barreaux plus épais , mais seulement jusqu'à un certain terme ; en sorte que , passé cette limite , si l'épaisseur augmente , l'attraction ne recevra plus d'accroissement.

La Théorie que nous exposons ici nous fournit une explication très-satisfaisante de ce fait.

Concevons que DEFG (*fig. 23*), soit un barreau de fer mou très-mince, dans l'état naturel. Si l'on dispose ce barreau, par rapport à un aimant vigoureux C, comme le représente la figure, l'action du pole BC, que je suppose être le pole positif, fera refluer une partie du fluide contenu dans le barreau DEFG, de l'extrémité DE, vers l'extrémité GF (104). Supposons qu'en vertu de cette action, le centre magnétique (109) de DEFG, se trouve placé sur la ligne *kt*. Si l'on dispose à côté de ce barreau, un autre barreau semblable EHIF, en le tenant d'abord à une certaine distance, la force du pole B agira sur ce barreau, comme sur le premier; en sorte que si le barreau EHIF existoit seul, son centre magnétique se trouveroit par exemple en *g*. Or, la partie EtyH étant dans l'état négatif, son action sur le fluide de DEFG, tend à ramener dans la partie DktE, quelques-unes des molécules qui en avoient été chassées par l'action du pole B. Soit *m* une molécule située à la hauteur du centre magnétique: soit *a* le point dans lequel on peut supposer que la force attractive de la partie EtyH, est concentrée. Cette force s'exerçant, suivant la direction *am*, oblique par rapport au côté EF, se décompose en deux autres forces, dont l'une agit suivant

ac , perpendiculaire sur EF , & l'autre, suivant mc , parallèle à ce même côté. Or, l'épaisseur du barreau $DEFG$, étant extrêmement petite, la force ac peut être considérée comme nulle, d'où il suit que la force suivant mc , est censée agir seule pour attirer la molécule m dans la direction ms . Supposons qu'en vertu de cette attraction, la molécule se trouve transportée en n ; dès-lors le barreau $DEFG$ sera moins attiré par l'aimant C , qu'il ne l'étoit indépendamment de la présence du barreau $EHIF$. Mais le barreau $DEFG$, produisant un effet semblable sur l'autre, le centre magnétique de ce dernier, se trouvera aussi rapproché dans quelque point r placé entre ty & HE .

Maintenant, si l'on applique immédiatement les deux barreaux l'un contre l'autre, comme le représente la figure, il est évident que l'action de l'aimant C , sur l'assemblage de ces deux barreaux, ne se trouvera pas augmentée en raison de la matière qui est doublée. Il est clair encore que, toutes choses égales d'ailleurs, les deux centres magnétiques se trouveroient rapprochés à la même distance de la ligne DH .

Concevons que l'on applique de l'autre côté du barreau $DEFG$, un troisième barreau semblable $DKLG$. La force de ce barreau agira pour rapprocher encore de la ligne DH , les centres magnétiques des deux autres barreaux, & ceux-ci

produiront un effet semblable sur le barreau $DKLG$; mais la somme des distances des deux barreaux $EHIF$, $DKLG$, par rapport au barreau $DEFG$, est évidemment moindre , que la somme des distances des deux autres barreaux , par rapport à l'un quelconque des barreaux $EHIF$, $DKLG$; d'où il suit que le centre magnétique du barreau intermédiaire $DEFG$, se trouvera plus rapproché de la ligne KH , que celui de chacun des deux barreaux voisins. Si nous supposons maintenant que l'on ajoute successivement de nouveaux barreaux $KUTL$, $HMPI$, &c. de part & d'autre du premier assemblage , cette addition produira deux effets.

1°. Le centre magnétique se trouvera d'autant moins rapproché de la ligne RN , que les barreaux seront plus éloignés de celui du milieu ; en sorte que tous ces centres seront placés sur deux lignes courbes nd , nz (*fig. 24*) , qui iront en s'écartant de la ligne RN , depuis le point n du centre magnétique du barreau $DEFG$ (*fig. 23*).

2°. Plus on ajoutera de barreaux , plus aussi les courbes se rapprocheront de la ligne RN ; en sorte que si , en supposant un certain nombre de barreaux , les limites de l'espace qui sera dans l'état négatif , sont représentées par $edzh$ (*fig. 24*) , ces limites , avec un plus grand nombre de barreaux , seront représentées par $quxf$.

Mais d'une autre part, le pole B de l'aimant C (*fig. 23*), agit plus fortement sur les barreaux situés vers le milieu de l'assemblage, tant à cause que l'action de l'aimant C sur ces barreaux, est plus directe, qu'à cause qu'elle s'exerce à une moindre distance. Il résulte delà que les courbes *mu*, *mx*, se trouvent plus rapprochées par leurs extrémités *u*, *x*, de la ligne RN, que nous ne le supposions il y a un instant; en sorte que ces courbes prendront une position, telle que *mg*, *mp*.

Or, ces mêmes courbes continuant de se rapprocher de la ligne RN, à mesure que l'on ajoute de nouveaux barreaux, on conçoit qu'il y aura un terme où la diminution qui résulte de ce mouvement des courbes, pour la force attractive de l'aimant C, compensera l'accroissement produit par l'addition des nouveaux barreaux, & passé ce terme, si l'on augmente l'épaisseur de l'assemblage, l'attraction cessera de croître. La même chose arrivera, proportion gardée, si l'on met l'assemblage RNOX, en contact avec le pole B de l'aimant C, ce qui explique le phénomène singulier dont nous avons parlé.

120. On a vu (114), que si deux aimans se regardoient par leurs poles de même nom, il pourroit arriver que leur action mutuelle changeât l'état de l'un des deux, au point qu'à une certaine distance l'attraction, ou deviendroit nulle, ou se changeroit en répulsion. Ce résultat, qui

a paru singulier à plusieurs Physiciens , peut être vérifié à l'aide de l'expérience suivante.

Soit AB (*fig. 25*), un fort aimant qui ait son pôle boréal en A , & son pôle austral en B. Si l'on approche de cet aimant une aiguille aimantée CD , dont D soit le pôle austral , & C le pôle boréal , cette aiguille se dirigera de la manière que le représente la figure. Si alors on fait tourner doucement l'aiguille sur son centre , par quelque moyen que ce soit , de manière qu'elle ne s'écarte que peu de sa première direction , & qu'elle prenne , par exemple , la position *cd* ; & si on l'abandonne ensuite à elle-même , elle reprendra la position CD. Si l'on rapproche continuellement le pôle *c* du point A , & que l'on donne , par exemple , à l'aiguille la position *c'd'* , auquel cas les pôles de même nom , commenceront à se regarder , il pourra arriver encore que *c'* soit repoussé par A. Mais enfin il y aura un point où la force répulsive de A , que je suppose être le pôle positif , refoulera tellement le fluide contenu par excès dans le pôle *c'* , que ce pôle deviendra négatif ; & alors la répulsion se changeant en attraction , l'aiguille prendra une direction diamétralement opposée à celle qu'elle avoit d'abord ; en sorte que le pôle D se trouvera à la place du pôle C , & réciproquement.

121. Il se présente ici une question assez

curieuse. Concevons que A, B , (*fig. 26*); soient deux aimans qui ayent leurs poles positifs en C & en F , & leurs poles négatifs en D & en E . D'après ce que nous avons dit (106), les deux aimans s'attireront à toutes les distances. Concevons maintenant qu'à la place de l'aimant B , on substitue un autre aimant b , de même volume & de même forme, mais dont le magnétisme soit sensiblement plus foible. On demande s'il est possible que les deux aimans A, b , s'attirent plus fortement que ne le faisoient les deux aimans A, B . Quoiqu'il semble d'abord que la réponse doive être négative, il peut arriver cependant, que l'attraction entre les aimans A, b , l'emporte. Concevons en effet que le fluide magnétique se meuve avec beaucoup plus de facilité dans les pores de l'aimant b , que dans ceux de l'aimant B . Il pourra se faire, qu'en vertu de la répulsion de CA , sur le fluide de be , cette dernière partie se trouve plus évacuée que ne l'étoit la partie correspondante BE de l'aimant B . Or, la force attractive mutuelle des deux aimans, dépend, en grande partie, de la différence d'état entre leurs poles voisins. Cette différence peut donc s'accroître au point qu'elle compense au-delà la supériorité de l'aimant B sur l'aimant b , avant l'expérience, & alors l'attraction entre les aimans A, b , prévaudra sur celle des aimans A, B .

Quand même le corps *b* seroit dans l'état naturel, avant d'être approché de *A*, la facilité avec laquelle le fluide pénétreroit ses pores, pourroit être telle, que la même compensation eût lieu, en vertu de l'évacuation produite dans la partie *be*, par la force répulsive du pole *C*; en sorte qu'il seroit vrai de dire, qu'il y a tel cas, où un corps aimanté & un corps non-aimanté, se feroient attirés plus fortement, que le premier de ces corps, & un autre corps pareillement aimanté.

122. Quand nous disons que le fluide magnétique pénètre certains corps avec plus de facilité que d'autres, on conçoit bien qu'il ne s'agit ici que d'une facilité relative, puisqu'en général le fer, ainsi que nous l'avons déjà observé plusieurs fois, oppose une résistance considérable au mouvement de ce fluide à travers ses pores. Il suit de là qu'il seroit impossible de décharger subitement un corps magnétique *A* (*fig. 27*), par un procédé semblable à celui que l'on emploie pour la bouteille de Leyde; savoir, en appliquant les deux extrémités d'un fil de fer recourbé *GF*, sur les faces extrêmes *CN*, *DL* de l'aimant. Car, soit *CN* le pole positif, *DL* le pole négatif; la force répulsive de *CN*, refoule le fluide du fil de fer, de *G* vers *F*; en sorte que celui-ci a une partie telle que *Gh*, dans l'état négatif, & l'autre

partie hF dans l'état positif. L'action de la première tendra donc à attirer une partie du fluide de l'aimant A dans le fil de fer, en même-temps que la force attractive du pôle DL , tendra à attirer dans l'intérieur de l'aimant une portion du fluide renfermé dans hF . Mais la difficulté avec laquelle le fluide magnétique se meut dans le fer, & sur-tout dans le fer dur, que l'on suppose ici être la matière de l'aimant A , s'oppose au retour de ce fluide d'un pôle vers l'autre; en sorte que la quantité de molécules qui s'échappent en pareil cas, du pôle positif, pour se rendre au pôle négatif, en traversant le fer, est censée nulle.

IV. De la communication du Magnétisme.

123. Il n'y a, en général, qu'une seule manière de transmettre la vertu magnétique au fer, qui consiste à placer ce métal dans la sphère d'activité d'un corps aimanté. Les phénomènes du magnétisme se trouvent encore resserrés, à cet égard, dans des bornes plus étroites que ceux de l'électricité; puisque certains corps peuvent devenir électriques par frottement, & que tous le deviennent plus ou moins par communication.

On a remarqué, il est vrai, que plusieurs

instrumens de fer, tels que les limes, acqueroient un certain degré de magnétisme, par l'usage qu'en faisoient les Ouvriers, en les passant rudement sur les ouvrages auxquels ils vouloient donner le poli. Les corps exposés à de fréquentes secouffes, comme les pincettes, se trouvent aussi assez souvent en état d'enlever de la limaille de fer par leurs extrémités. Mais dans ces différens cas, le frottement où les secouffes ne sont que des moyens auxiliaires, qui contribuent à ouvrir les pores du fer; & facilitant ainsi le mouvement du fluide dans ce métal, le rendent plus susceptible de l'action que le magnétisme du globe terrestre, ainsi que nous le verrons dans la suite, exerce sur tous les corps de la Nature, où le fer est à l'état métallique.

Il en est de même de l'action du feu, qui en dilatant le fer, donne plus de jeu au fluide magnétique dans les pores de ce métal.

124. Nous avons parlé, dans les articles précédens, de plusieurs cas, où l'approche d'un aimant communiquoit au fer la vertu magnétique. Mais la nature des procédés que l'on a imaginés pour porter cette communication au plus haut degré possible, exige que nous entrions sur cet objet dans des détails plus étendus.

Considérons d'abord, d'une manière plus particulière, les effets qui résultent de l'influence

d'un aimant E (*fig. 28*), dont on approche un barreau de fer B, dans l'état naturel. Quel que soit le pole A de l'aimant, que regarde l'extrémité C du barreau de fer, cette extrémité (104) recevra toujours une vertu contraire à celle du pole A.

Supposons que ce soit le pole positif; son action chassera de C vers D, une partie des molécules voisines de l'extrémité C. Or, d'une part, le nombre des molécules déplacées est d'autant plus grand, que la partie qu'elles abandonnent est plus voisine du pole A. Mais d'une autre part, plus le fluide s'accumule, plus aussi son mouvement vers les parties ultérieures du barreau se trouve ralenti, par la difficulté qu'éprouve ce fluide à pénétrer le fer. Il y aura donc un point où il sera tellement accumulé, que la résistance qui en résultera, fera équilibre en même-temps à l'action du pole A, & à la force répulsive mutuelle des molécules; & l'état du barreau sera tel, que les parties voisines de son extrémité C, étant les plus évacuées, la quantité de fluide ira toujours en augmentant vers D, dans un espace donné, de maniere qu'à un certain terme, par exemple en *g*, le barreau sera dans l'état naturel; passé ce point, le fluide continuera de s'accroître jusqu'au terme de la plus grande accumulation, que je suppose en *n*. Enfin, au-delà de *n*, le fluide

ira en diminuant progressivement, jusqu'à l'extrémité D ; de maniere cependant qu'il restera toujours au-dessus de la quantité naturelle, en supposant que le barreau B n'ait que deux poles.

125. Mais si ce barreau a une certaine longueur, alors au moment où le fluide, chassé de l'extrémité C (*fig. 29*), aura atteint le point de sa plus grande accumulation, que je suppose placé en B, il commencera à repousser le fluide ultérieur vers l'extrémité D ; en sorte qu'en supposant, par exemple, que le fluide abonde par excès dans la partie BF, il pourra se faire qu'il y ait défaut de fluide dans la partie suivante FG. Alors le fluide de GK exercera à son tour une force répulsive sur le fluide de la partie voisine KH, qui passera à l'état négatif, & ainsi de suite ; de maniere que le barreau aura des points conséquens, mais dont la force sera d'autant moindre, qu'ils s'écartent davantage de l'extrémité C, & dont le nombre dépendra de la longueur du barreau CD.

126. Jusqu'ici nous avons supposé que le fer, après avoir reçu la vertu magnétique par communication, avoit toujours au moins deux poles, l'un positif, l'autre négatif. Mais on pourroit demander, s'il n'y auroit pas aussi quelque moyen de se procurer un aimant qui ne possédât qu'une seule espece de magnétisme, & qui attirât

ou repoussât à la fois des deux côtés, le même pôle d'un autre aimant, comme on voit des corps électrisés tout entiers en plus ou en moins.

127. M. *Æpinus* essaya de mettre un barreau dans cet état, en employant un procédé qui, au premier coup-d'œil, sembloit devoir lui réussir. Il consiste à séparer en deux un aimant artificiel qui ait deux pôles; de manière que la ligne de séparation corresponde à peu-près au centre magnétique. On seroit tenté de croire, qu'alors une des deux parties doit se trouver toute entière dans l'état positif, & l'autre, toute entière, dans l'état négatif.

M. *Æpinus* prit un barreau quarré de fer très-dur, ayant deux lignes de côté, & dix pouces $\frac{3}{10}$ de longueur; soit *AB* (*fig. 30*), le barreau dont il s'agit. Notre Auteur, après l'avoir coupé en deux parties, dont la plus longue *ab* avoit 5 pouces $\frac{2}{10}$ de longueur, & la plus courte *bd* avoit 4 pouces $\frac{4}{10}$, appliqua ces deux parties sur une planche, de manière qu'elles se rejoignoient exactement. Après les avoir fortement aimantées, comme si elles n'avoient formé qu'un seul barreau, il observa que ce barreau n'avoit que deux pôles, dont le boréal étoit *md*, & l'austral *am*: le centre magnétique se trouvoit dans la partie *ab*, au point *m*, distant du point *a* de 5 pouces $\frac{2}{10}$;

en sorte qu'il étoit situé à peu-près au milieu du barreau. M. *Æpinus* sépara ensuite les deux portions *ab*, *bd*, de la verge, & il remarqua que *bd*, qui auparavant n'avoit qu'une seule espece de magnétisme, présentoit deux poles différens, dont *d* étoit le boréal, & *b* l'austral; le centre magnétique se trouvoit de $\frac{4}{10}$ de pouce plus près de *b* que de *d*. Pareillement *am* avoit deux poles, savoir, le boréal situé vers *b*, & l'austral vers *a*. Le centre magnétique étoit d'un pouce $\frac{11}{20}$ plus près de *m* que de *a*.

M. *Æpinus* essaie d'expliquer, d'après les principes de sa Théorie, ce retour subit de chaque partie du barreau à l'état des aimans ordinaires qui ont deux poles. Mais il faut convenir que son explication n'est pas satisfaisante. Il seroit nécessaire, en effet, qu'une portion du fluide renfermé dans la partie *bd*, fût repoussée dans l'air voisin, & qu'il entrât de nouveau fluide de cet air dans la partie *ab*. Or, il paroît résulter de ces deux faits une inconséquence dans la Théorie, suivant laquelle tout le mécanisme des forces magnétiques se réduit à un simple déplacement du fluide dans l'intérieur même des corps susceptibles de l'attirer. Au reste, on peut considérer deux parties dans la Théorie de M. *Æpinus*: l'une concerne les actions réciproques des corps, en conséquence des quatre forces qui entrent

comme élémens dans la production des phénomènes, & l'on ne peut nier que les explications heureuses & mécaniques auxquelles conduit la supposition de ces différentes forces, n'en rendent l'existence extrêmement probable, quelle qu'en soit d'ailleurs l'origine. L'objet de l'autre partie est de déterminer la nature des agens d'où émanent les forces mentionnées, ainsi que la disposition de ces agens dans l'intérieur des corps, & cette partie est susceptible d'être encore perfectionnée, d'après ce que j'ai dit dans le Discours Préliminaire. Or, la difficulté dont il s'agit ici, ne tombe que sur cette seconde partie, & il y a lieu d'espérer que les recherches des Physiciens ajouteront à la Théorie ce qui lui manque encore de ce côté, & la concilieront par-tout avec elle-même & avec l'observation.

128. Passons à la considération de plusieurs autres résultats d'expériences, qui sont autant de conséquences naturelles des principes exposés précédemment. La résistance que le fer oppose au mouvement interne du fluide magnétique, est telle que, pendant un certain temps, elle est capable de balancer l'action des forces qui tendent à ramener un aimant dans l'état naturel; de manière que l'équilibre subsistera, durant cet espace de temps, sans altération sensible. Le degré où cet équilibre a lieu, est ce que nous avons appelé, d'après M. *Æpinus* (102), le

degré

degré de saturation d'un aimant, & l'on conçoit qu'il doit varier avec la dureté des aimans.

Cela posé, si l'on approche d'un aimant A (*fig. 32*), un barreau de fer B dans l'état naturel, il peut arriver de trois choses l'une, savoir, que la force soit attractive, soit répulsive de l'aimant A sur le barreau B, communique à ce dernier un degré de magnétisme supérieur, ou égal, ou inférieur au degré de saturation, & suivant que l'un de ces trois cas aura lieu, le barreau B, aussitôt qu'on l'aura éloigné de l'aimant A, ou perdra en peu de temps une certaine quantité du magnétisme acquis; savoir, celle qui excédera le degré de saturation, ou conservera tout le magnétisme acquis.

Concevons maintenant que l'on approche successivement de l'aimant A, le barreau B, que je suppose de fer mou, & un second barreau *b* tout semblable, qui soit de fer dur. Il est clair qu'en général le degré de magnétisme acquis par le corps B, sera plus élevé que celui du corps *b* (102). Or, si l'on examine ensuite ces deux corps, on aura des résultats singuliers, & qui paroîtront tenir du paradoxe.

Si l'aimant A est assez fort pour communiquer à chacun des barreaux B, *b*, un degré de magnétisme au-dessus du degré de saturation;

alors l'un & l'autre de ces derniers, après qu'on les aura écartés de l'aimant A , perdront toute la quantité excédente; & comme le degré de saturation du barreau b est plus élevé, à raison d'une plus grande dureté, ce barreau se trouvera avoir acquis un magnétisme plus considérable que celui du barreau B .

Si l'aimant A n'est capable que de communiquer aux deux barreaux B , b , un degré de magnétisme inférieur au degré de saturation, alors chacun de ces barreaux étant isolé, conservera tout le magnétisme acquis; & comme le corps B , qui est moins dur que le corps b , est en même-temps susceptible de recevoir un magnétisme plus fort, toutes choses égales d'ailleurs, sa force se trouvera supérieure à celle du barreau b , ce qui est l'inverse du premier cas.

Concevons enfin que l'aimant A ait un magnétisme, dont la relation avec la nature des corps B , b , soit telle que, tandis qu'il est capable de communiquer au premier un degré supérieur, ou égal, ou inférieur au degré de saturation, il ne puisse communiquer au second, dans tous les cas, qu'un degré inférieur à celui de saturation. Alors, suivant le degré acquis par B , il pourra arriver qu'après la séparation des deux corps d'avec l'aimant A , tantôt le magnétisme de B

paroisse l'emporter, tantôt ce soit le magnétisme de *b*, tantôt, enfin les deux corps se trouvent avoir le même degré de magnétisme.

129. Il suit encore delà, que le degré de saturation étant le plus élevé que puisse conserver pendant un certain temps un corps abandonné à lui-même (128), si un aimant *A* a communiqué ce degré à un corps *B*, qu'ensuite on approche ce corps d'un aimant plus vigoureux, & enfin qu'on l'en sépare, il ne paroitra avoir reçu du second aimant aucun surcroît de magnétisme. Au contraire, sa force se trouvera augmentée, si le premier aimant avoit été trop foible pour élever son magnétisme jusqu'au degré de saturation.

130. On conçoit, d'après ce qui vient d'être dit, la raison de la diversité que l'on trouve entre les Auteurs qui ont parlé du magnétisme, les uns prétendant que l'acier le plus dur est en même-temps le plus susceptible d'acquérir une grande force magnétique, & les autres préférant un acier moins dur. Ces Auteurs rejettoient ainsi sur la nature des divers aciers, une différence qui tenoit plutôt à la vertu plus ou moins puissante des aimans qu'ils avoient employés pour communiquer le magnétisme à l'acier.

131. On a observé depuis long-temps qu'un aimant, en communiquant un certain degré de vertu magnétique à un barreau de fer dans l'état

naturel , ne perdoit rien de sa force , & cet effet a dû paroître inexplicable à ceux qui supposoient que le fluide magnétique passoit du corps qui communiquoit le magnétisme à celui qui le recevoit. Mais on voit avec quelle facilité on rend raison du même effet , dans les principes de M. *Æpinus* , puisque toute l'action d'un aimant sur un corps non-aimanté , se borne à transporter le fluide naturel renfermé dans ce dernier , d'une extrémité vers l'autre. Il y a plus ; c'est que la vertu de l'aimant , loin d'être altérée par cette opération , doit , au contraire , en être augmentée. Car à peine le barreau soumis à l'action de cet aimant , a-t-il reçu lui-même un commencement de magnétisme , qu'il agit de son côté sur l'aimant ; & comme les poles , par lesquels l'un & l'autre se regardent , ont des qualités opposées , le pole du barreau , suivant qu'il est positif ou négatif , contribue , soit à évacuer encore davantage le pole correspondant de l'aimant , soit à y attirer une nouvelle quantité de fluide , d'où il suit que l'aimant doit en recevoir un surcroît de force.

132. Ces principes s'appliquent , comme d'eux-mêmes , à un fait remarquable & connu de tous les Physiciens. C'est que l'adhérence du fer à l'aimant fait croître , quoique lentement , la vertu de celui-ci. On a observé encore qu'un

aimant qu'on avoit chargé d'abord de toute la quantité de fer qu'il pouvoit porter, se trouvoit, au bout d'un certain temps, capable de soutenir un poids plus considérable. Mais alors, si l'on détache ce poids, l'aimant perdant aussitôt tout ce qu'il avoit acquis au-dessus de son degré de saturation, en vertu de l'action que le poids exerçoit sur lui, n'est plus en état de soutenir la même charge, & ne recouvre que peu à peu sa première force.

133. Ceci nous conduit naturellement à parler des armures, c'est-à-dire, des morceaux de fer mou que l'on applique contre les aimans, & qui contribuent, soit à en conserver la vertu, soit même à l'augmenter.

Que *DEGF* (*fig. 32*), représente un barreau de fer d'une certaine épaisseur, appliqué par le milieu au pôle positif *A* d'un aimant *AB*. Soit *a* le point dans lequel on peut supposer la force répulsive de ce pôle, concentrée. Cette force s'exercera sur les molécules situées immédiatement au-dessous du point *a*, suivant une direction perpendiculaire à la ligne *DE*, & sur toutes les autres molécules, suivant des directions plus ou moins obliques à *DE*. Or, il est facile de concevoir que la partie du barreau, qui se trouvera évacuée en vertu de toutes ces différentes actions, sera terminée par une courbe *HIK*, dont le sommet *I* répondra au point *a*.

Si A étoit le pôle négatif de l'aimant, il y auroit, au contraire, excès de fluide dans l'espace HIK, & tout le reste du barreau passeroit à l'état négatif.

Si l'on diminue l'épaisseur du barreau, de manière à supprimer, par exemple, la partie NFGO, les molécules refoulées par la force répulsive du pôle A, n'éprouvant plus autant de résistance de la part de celles qui sont situées dans la partie qui passe à l'état positif, la partie évacuée prendra plus d'étendue que dans le cas précédent. Enfin, on conçoit que l'épaisseur du barreau peut devenir telle, que toute la partie du milieu se trouve évacuée, comme dans le cas où DESR représenteroit la coupe du barreau. L'effet contraire auroit lieu, si A étoit le pôle négatif de l'aimant. Cela posé, imaginons que l'on applique aux extrémités BC, AD (*fig. 33*), d'un aimant, soit naturel, soit artificiel, deux armures minces de fer doux, BGHI, AMLK, & que BC soit le pôle positif, & AD le pôle négatif de l'aimant. Il est clair qu'à cause de la répulsion que BC exerce sur le fluide de BGHI, ce fluide sera refoulé de manière que la partie évacuée pourra être représentée par la courbe BadC, d'où il suit que le pied IH de l'armure passera à l'état positif. D'une autre part, il y aura dans la branche AMLK un certain espace curviligne, tel que AfgD, qui passera à l'état positif, en

vertu de la force attractive du pole AD ; en sorte que le pied LK de l'armure acquerra le magnétisme négatif.

Les corps de fer mou, auxquels on suspend la charge de l'aimant, sont mis en contact avec les surfaces inférieures LK, IH de l'armure. Celle-ci, comme on voit, ayant de chaque côté le même magnétisme que le pole correspondant, ajoute une nouvelle force à celle que l'aimant exerce pour soutenir la charge. Mais elle produit encore les deux effets que nous avons indiqués ci-dessus. Car la partie *AfgD*, qui est dans l'état négatif, contribue à retenir dans le pole AD le fluide qui y abonde, & cet effet n'est que légèrement balancé par la force contraire de la partie excédente *Dklg*, qui ne correspond qu'à une petite portion de la surface du pole AD. Pareillement la partie *BadC*, qui est dans l'état positif, tend à maintenir dans le pole AB le magnétisme contraire. Mais de plus, l'action de chacune des deux branches ajoute sensiblement, avec le temps, à la force du pole qui lui correspond (132), en contribuant, soit à évacuer encore davantage le pole négatif, soit à attirer de nouveau fluide dans le pole positif.

Il suit de ce qui précède, qu'il y a, par rapport aux branches *BGdC*, *AMgD*, de l'armure, un *maximum* d'épaisseur, d'où résulte le plus grand

effet possible. Pour que ce *maximum* ait lieu, il faut que le magnétisme positif ou négatif de chacune de ces branches, & en même-temps celui des pieds HI, LK de l'armure, soient aussi grands qu'ils puissent l'être. Or, si les branches sont trop épaisses, elle se trouveront dans le cas du barreau DFGE (*fig. 32*), & leurs parties situées vers GH, ML (*fig. 33*), ayant un magnétisme opposé à celui des parties voisines des poles, le magnétisme de celles-ci ne parviendra pas à tout l'accroissement dont il est susceptible. Si, au contraire, les branches sont trop minces, on conçoit aisément que les pieds de l'armure n'acquerront pas toute la vertu qui leur eût été communiquée dans le cas d'une épaisseur plus considérable. Il est donc intéressant, pour la perfection d'un aimant que l'on veut armer, de chercher la limite qui donne le *maximum* de vertu, ce qui ne peut se faire qu'à l'aide de divers tâtonnemens.

134. Jusqu'ici nous n'avons considéré que les méthodes d'aimanter, qui se pratiquent en mettant un aimant en contact avec un fer non-aimanté, ou en les tenant à une petite distance l'un de l'autre. Mais comme il étoit intéressant pour les Physiciens de communiquer une plus grande vertu aux aiguilles de bouffole, que celle qui résulte des opérations précédentes, on a imaginé

différens procédés pour y parvenir. Le plus simple de tous consiste à frotter une verge de fer ou une aiguille DE (*fig. 34*), avec un aimant AB, dont on fait glisser le pole A dans toute la longueur de la verge, en répétant plusieurs fois l'opération, & toujours dans le même sens. On trouve alors que l'extrémité D par laquelle les frictions ont commencé, a le même magnétisme que le pole A, & que l'extrémité E, qui a reçu la dernière friction, est douée du magnétisme contraire, ce qui est une conséquence nécessaire de la Théorie (*a*). Car, tandis que le pole A, que je suppose positif, est appliqué sur la partie DC de la verge de fer, il repousse le fluide de cette partie, & le fait refluer dans les parties voisines CF, FG, GH, &c; parvenu ensuite sur la partie CF, il repousse le fluide de cette partie vers D & vers E; d'où il suit que la partie DC recouvrera une certaine portion du fluide qu'elle avoit perdu, tandis que la partie CF deviendra négative.

(*a*) Tel est le procédé indiqué par l'Auteur. Mais il paroîtroit plus avantageux de commencer l'opération à une certaine distance du point D, pour n'être point dans le cas de produire d'abord un effet contraire au but de l'opération, & qu'il faut ensuite détruire. Dans les frictions suivantes, on pourroit se rapprocher par degrés du point D, en évitant cependant d'y arriver.

tive, de positive qu'elle étoit. A mesure que le pole A passera successivement sur chacune des parties FG, GH, HI, &c, il fera sortir de ces parties une portion du fluide qu'elles contenoient, pour le chasser vers E & vers D; en sorte que toutes les parties un peu éloignées du point de contact, deviendront positives, par l'accumulation du fluide, & qu'il n'y aura que la partie en contact avec le pole A, & les parties situées à une petite distance, qui soient dans l'état négatif. Enfin, lorsque le pole A sera parvenu à l'extrémité E du barreau DE, il rendra cette extrémité négative; & l'expérience prouve, qu'alors le pole D ayant acquis par des degrés successifs plus de fluide qu'il n'en avoit d'abord perdu, se trouve dans l'état positif.

Si l'on recommence l'opération, le pole D ayant un excès de fluide, fera moins évacué par l'action du pole A, que la première fois où il n'avoit que sa quantité naturelle; d'où il suit que pendant le passage de l'aimant sur les parties ultérieures CF, FG, &c, le pole D acquerra plus de fluide qu'il n'en avoit à la fin de la première opération; en sorte que plusieurs frictions successives augmenteront le magnétisme du barreau. Mais ces effets seront très-limités, parce que le pole A détruit continuellement presque tout le magnétisme qu'il avoit produit dans chaque

partie du barreau ; en sorte que cette maniere d'aimanter, ainsi que l'atteste l'expérience, est peu avantageuse, & seulement un peu plus efficace que ne le seroit le simple contact du pole A, appliqué à l'extrémité E du barreau. Car, comme ce pole, dans le cas d'une friction, agit immédiatement sur tous les points du fer, quoiqu'il produise à chaque point un effet contraire à celui qu'il avoit produit précédemment ; cependant la somme de toutes les petites accumulations du fluide qui se porte vers D, à mesure que l'aimant, parvenu à une certaine distance de ce point, s'avance vers l'extrémité E, cette somme, dis-je, est un peu au-dessus de l'effet unique, résultant du simple contact du pole A, qui n'agit alors immédiatement que sur un seul point du barreau, & demeure toujours éloigné du point opposé, de toute la longueur de ce barreau.

135. Si, après avoir aimanté un barreau par le procédé qui vient d'être décrit, on prend un second aimant plus foible que le premier, & qu'on le passe de la même maniere sur le barreau déjà aimanté, celui-ci se trouvera avoir perdu une quantité sensible de sa force magnétique. Cet effet singulier, que Muschenbroeck a cité dans les Mémoires de l'Académie *Delcimento*, seconde partie, page 80, s'explique très-bien

dans les principes de la Théorie de M. *Æpinus*. Car, si l'extrémité *D*, par exemple, étoit le pôle positif du barreau, après les frictions du premier aimant, il est clair qu'en appliquant sur *D* le pôle positif du second aimant, on détruit en partie l'effet du premier. La même chose a lieu, par rapport à tous les autres points situés vers *E*. Il est vrai qu'à mesure que le second aimant s'approche de *E*, il refoule de nouveau fluide vers *D*. Mais comme il a moins de force que le premier aimant, il repousse plus foiblement les molécules; en sorte que le point *D*, ainsi que les suivans, ne recouvrent pas tout le fluide qu'ils avoient perdu, en vertu du passage immédiat de l'aimant sur chacun d'eux (*a*). Le

(*a*) On pourroit objecter que, si le second barreau, en allant de *D* vers *E*, n'est pas capable de faire entrer autant de fluide, par exemple, dans la partie *DC*, que le premier n'y en eût fait entrer, à l'aide du refoulement, comme, d'une autre part, il en avoit moins fait sortir, il semble que tout se trouve compensé. Mais cette compensation n'a pas lieu. Car, supposons le fluide de la partie *DC* divisé en dix portions, après un nombre quelconque de frictions faites par le premier barreau. Supposons de plus, qu'en reportant sur *DC* le pôle positif du barreau, on fasse sortir trois parties de fluide, & qu'en le faisant ensuite glisser jusqu'en *E*, on fasse rentrer cinq parties; le segment *CD* se trouvera avoir acquis deux parties, c'est-à-dire,

barreau perdra donc nécessairement de sa vertu, pendant les frictions du second aimant.

Si cependant cet aimant avoit peu de dureté, & que le barreau lui-même fût d'un fer très-dur, & eût acquis une grande vertu par les frictions du premier aimant, il pourroit se faire que la force répulsive du pole D sur le pole A fût telle, que celui-ci devînt négatif de positif qu'il étoit; & alors les frictions du second aimant, loin de détruire la vertu du barreau, ne pourroient que l'augmenter.

Si, au lieu d'un second aimant, on employoit un barreau de fer mou non-aimanté, il est clair que le barreau acquerant aussitôt une vertu négative dans le pole en contact avec D, il pourroit arriver la même chose que dans le cas précédent, & il est singulier de dire qu'un barreau non-aimanté augmente, par ses frictions, la vertu

les $\frac{2}{3}$ en surplus de ce qui étoit sorti. Supposons maintenant qu'en plaçant sur DC le pole positif du second barreau, au lieu de celui du premier, on n'eût fait sortir que deux parties de fluide au lieu de trois; alors, pour que l'effet de la friction vers E se trouvât égal à celui de la friction du premier barreau, il faudroit qu'elle fît entrer quatre portions de fluide dans DC, c'est-à-dire, le double de ce qui seroit sorti. Or, il est évident que le barreau n'a pas assez de vertu pour produire cet effet.

d'un barreau aimanté, tandis qu'il peut se faire qu'un véritable aimant la diminue.

136. On connoît un autre procédé beaucoup plus efficace, inventé par M. Micheli, & qui porte le nom de *méthode du double contact*. Voici en quoi il consiste. On prend deux barreaux aimantés AN, BQ (*fig. 35*), que l'on dresse verticalement à une petite distance l'un de l'autre, de manière que leurs poles opposés soient tournés du même côté. Concevons que A soit le pole positif du barreau AN, & B le pole négatif du barreau BQ. Ayant placé ces deux barreaux sur la verge DE que l'on se propose d'aimanter; en sorte que leurs poles A, B, soient à égale distance des extrémités D, E, on les fait glisser d'un bout à l'autre de cette verge, en les maintenant toujours écartés entr'eux de la même quantité, & sans leur permettre de dépasser les extrémités. Ainsi, quand le pole B, par exemple, est arrivé près du point E, on ramene les deux barreaux dans la direction opposée vers le point D, & on recommence comme la première fois. Lorsqu'après plusieurs frictions, les barreaux se retrouvent vers le milieu de la verge DE, on les enleve suivant leur direction perpendiculaire à cette verge. Alors celle-ci se trouve beaucoup plus fortement aimantée que dans aucun des cas

précédens ; & cela de maniere qu'une moitié FE, ou à peu-près, de sa longueur, est dans l'état positif, & l'autre moitié DF dans l'état négatif, à moins que cette longueur ne soit telle, que la verge ait acquis des points conséquens.

Examinons plus en détail les effets que doit produire cette méthode. Soit *m* une molécule de fluide située vers le milieu F de la verge DE. Le pôle positif A tend à repousser cette molécule, suivant la direction *mq*, tandis que le pôle négatif B tend à l'attirer dans la même direction. Il en faut dire autant de toutes les autres molécules situées entre les poles AB. Concevons que les deux aimans soient portés vers E. A mesure qu'ils s'approchent de ce point, le fluide renfermé entre leurs poles, est sollicité à tendre vers cette extrémité ; en sorte que les actions simultanées des deux poles A, B, conspirent à l'accumuler dans toute la moitié FE de la verge DE. Pendant le retour des deux aimans de E vers D, le fluide étant continuellement sollicité à se mouvoir dans la direction *mq*, il est clair que les parties situées vers D s'évacuent sans cesse, & que celles qui sont voisines de E continuent de se remplir.

Les poles A, B, agissent aussi sur les autres molécules, telles que *n*, *q*, qui ne sont pas

interceptées entr'eux ; par exemple , le pole A tend à repouffer la molécule n vers D , & par conséquent nuit à l'effet général que l'on a en vue d'obtenir. Mais en même-temps le pole B attire cette molécule vers E ; si elle se trouvoit à égale distance des poles A , B , que l'on suppose de même force , elle ne seroit ni attirée , ni repouffée , & resteroit immobile ; en sorte que l'effet total n'en souffriroit aucune altération. Mais la molécule étant plus éloignée du pole B que du pole A , celui-ci a plus d'action sur elle ; en sorte qu'elle est repouffée vers D , en raison de la différence des forces de A & de B. Cependant , comme les deux poles sont à une petite distance l'un de l'autre , cette différence est peu considérable , & l'action des deux poles sur la molécule n ; (il en faut dire autant de cette action sur une autre molécule q située vers E) , n'occasionne aucun changement bien sensible dans le fluide situé hors de l'intervalle de ces poles. Et , comme d'ailleurs cette action opere très-efficacement dans l'intervalle dont il s'agit , on conçoit comment cette méthode d'aimanter doit produire un grand effet sur la verge DE.

137. Il résulte de cette méthode un autre avantage précieux , qui consiste en ce que le centre magnétique se trouve précisément au milieu de la verge , ce qui est très-intéressant par rapport

aux aiguilles de bouffole. Cet effet provient, & de ce que les forces qui tendent à accumuler le fluide d'une part, sont égales à celles qui tendent à le repousser de l'autre, & de ce que le nombre des frictions sur les deux moitiés DF, FE de la verge, est le même pour l'une & l'autre, en supposant, comme nous l'avons dit, qu'après avoir conduit d'abord les aimans de F en E, on les ramene de D en F, pour terminer l'opération au point F.

138. La force des poles a nécessairement une limite, passé laquelle on continueroit inutilement l'opération pour augmenter le magnétisme de la verge DE. Cette limite a lieu, lorsque la force répulsive mutuelle des molécules qui se sont accumulées dans la partie FE est telle, que l'action qu'elle exerce sur la molécule *m*, par exemple, fait équilibre à la force qu'exercent les poles A, B, pour chasser cette molécule vers E.

139. On seconde l'action des poles A, B, en plaçant la verge DE entre deux aimans G, H, (*fig. 36*), dont les poles, qui regardent les extrémités D, E, sont dans un état contraire à celui que l'on se propose de produire dans ces mêmes extrémités. On peut aussi substituer aux aimans G, H, deux parallépipèdes de fer doux, qui produiront à peu-près le même effet. On en

conçoit aisément la raison, d'après ce qui a été dit plus haut.

140. On a ordinairement au moins quatre barreaux, dont deux, savoir, GH, FE (*fig. 37*), que l'on suppose avoir déjà un commencement de magnétisme, sont disposés, comme le représente la figure, entre deux parallélépipèdes de fer mou BA, DC; en sorte que si G, par exemple, est le pôle boréal du barreau GH, E doit être le pôle austral du barreau EF. On prend les deux autres barreaux dont on se sert, comme pour la méthode du double contact que nous avons exposée plus haut, en les faisant passer à plusieurs reprises, d'abord sur toute la longueur d'un des barreaux GH, puis sur celle du barreau FE; & enfin sur les faces inférieures des mêmes barreaux, après avoir retourné ceux-ci. On conçoit que, dans cette opération, les parallélépipèdes de fer doux, & celui des deux barreaux, que l'on n'aimante pas actuellement, contribuent à seconder l'action des deux barreaux que l'on tient à la main, par rapport à celui sur lequel on opere.

On substitue ensuite les deux barreaux qui ont servi à aimanter les autres, à la place de ceux-ci, auxquels on fait faire la même fonction, en les employant pour augmenter la vertu des deux premiers, & ainsi de suite; en sorte que les

aimans pris deux, à deux se succèdent les uns aux autres, jusqu'à ce qu'ils aient acquis tout le magnétisme dont ils sont susceptibles, après quoi l'on s'en sert pour aimanter des aiguilles de bouffoles, & autres corps de la même nature.

141. L'avantage de la méthode du double contact dépend, comme on l'a vu, de ce que les particules interceptées entre les poles A, B, (*fig. 35*), éprouvent, de la part de ces poles, deux actions simultanées, qui concourent à l'effet que l'on se propose d'obtenir, tandis que les particules situées hors de l'intervalle des mêmes poles, ne sont sollicitées que par de très-petites forces contraires à l'action des deux poles, relativement au but général de l'opération. Il semble d'abord, que la position la plus favorable que l'on puisse donner aux aimans AN, BQ, pour produire un très-grand effet, soit celle où les poles A, B, seroient le plus rapprochés qu'il est possible l'un de l'autre. Car, dans ce cas, chacun des deux poles étant très-voisin de la molécule *m*, son action sur cette molécule paroît devoir être très-puissante. D'une autre part, nous avons vu (136), que plus les poles A, B étoient rapprochés, & moins l'action perturbatrice qu'ils exerçoient sur les molécules *n*, *q*, étoit sensible.

Mais il s'en faut bien que ce raisonnement soit exact. Observons en effet, que la force d'un

barreau magnétique agit diversement des différens points de ce barreau; par exemple, la partie inférieure du barreau AN, étant dans l'état positif, tandis que la partie supérieure est dans l'état négatif, il est clair que les actions des deux parties ne sont pas inhérentes aux points A, N, mais qu'elles sont composées d'une multitude d'actions particulières, qui partent des différens points du barreau. Or, toutes ces actions, d'après les principes de la statique, peuvent être considérées, comme réduites en une seule qui seroit leur résultante. Supposons donc que r, s , soient les deux points dans lesquels toutes ces actions sont censées être réunies. Nous appellerons dans la suite ces points *les centres d'actions*. Cela posé, il faut considérer les forces des deux barreaux AN, BQ, comme si elles agissoient des points r, s , suivant les lignes rm, sm , qui seront nécessairement obliques par rapport à la longueur DE du barreau. Dans ce cas, chacune des forces se décompose en deux autres, l'une perpendiculaire sur DE, l'autre parallèle à cette même ligne; or, la force qui agit, suivant la première direction, ne pouvant contribuer au mouvement de la molécule m vers E, il n'y a que la force parallèle à DE, qui tende à produire l'effet que l'on a en vue d'obtenir.

Prolongeons indéfiniment les lignes rm , ms (*fig. 38*), & prenons sur ces lignes ainsi prolongées, les parties mt , mp , égales entr'elles, & qui soient censées représenter les forces, suivant rm , sm . Si l'on termine le parallélogramme $mtpq$, la diagonale mq de ce parallélogramme représentera l'action des deux forces, suivant rm , ms , relative au but de l'opération.

Or, il est évident que cette diagonale croît à mesure que l'angle rms des deux forces devient plus ouvert. Mais en même-temps les distances r , s , des centres d'actions augmentent; d'où il suit que les deux forces diminuent à cet égard, & que la force réelle, représentée par la partie de la direction mq qui lui est proportionnelle, décroît aussi sous même rapport; en sorte qu'à une distance infinie, chacune des deux forces rm , ms , étant réduite à zéro, la force représentée par la diagonale, est elle-même zéro. D'une autre part, plus la distance entre les points r , s , est petite, plus, à cet égard, les deux forces augmentent. Mais en même-temps leurs directions devenant plus opposées à celle de la diagonale, la force, représentée par cette diagonale, diminue; en sorte qu'elle devient nulle dans le cas où les deux centres r , s , sont censés se confondre en un seul point.

On voit donc qu'il y a, par rapport à l'angle

rms, une certaine mesure moyenne, qui donne pour la force dont il s'agit, la plus grande valeur possible. Cette mesure dépend de la loi suivant laquelle agit le fluide magnétique, à raison des distances. M. Æpinus suppose que cette action est simplement en raison inverse des distances, & il trouve que la force qui agit dans la direction *mq*, est la plus grande possible, lorsque *rf* est égale à *fm*, c'est-à-dire, lorsque l'angle *rms* est droit (*a*).

(*a*) Ceux qui possèdent les premiers élémens de la Géométrie, ne seront peut-être pas fâchés de trouver ici une démonstration fort simple de ce cas, que j'ai substituée à celle que M. Æpinus donne par le calcul différentiel. Elle servira à leur faire mieux concevoir en quoi consiste le *maximum* de force dont il s'agit. Soient *rm*, *op*, *gu*, &c. (*fig. 39*), plusieurs positions successives d'un des barreaux, dont on suppose le centre d'action aux points *r*, *o*, *g*, &c. Du milieu *C* de *rm*, traçons la demi-circonférence *rm*; menons les lignes *mo*, *mg*, &c, & par les points *a*, *b*, &c, où ces lignes coupent la demi-circonférence, faisons passer *ak*, *bx*, &c, perpendiculaires sur le diamètre *rm*. Menons enfin les cordes *ra*, *rb*, &c, qui seront évidemment perpendiculaires sur *mo*, *mg*, &c.

Les forces étant supposées agir en raison inverse des distances, la force au point *r* est à la force au point *o*, comme *om* est à *rm*. Mais dans le triangle rectangle *rom*, *rm* est moyenne proportionnelle entre *om* & *am*,

Mais M. Coulomb a prouvé, ainsi qu'on le verra plus bas, que le magnétisme agit comme l'électricité (39), c'est-à-dire, en raison inverse des quarrés des distances. J'ai cherché quel étoit dans ce cas le *maximum* de la force suivant *mq*, & j'ai trouvé qu'il avoit lieu lorsque la ligne *fm* étoit à la ligne *rf*, dans le rapport du côté du quarré à la diagonale, c'est-à-dire, lorsque l'angle *rms* étoit de $70^{\text{d}} \frac{1}{2}$ à peu-près (a). Cet

d'où il suit qu'à la place du rapport *om* est à *rm*, on peut substituer le rapport *rm* est à *am*. Donc, si l'on représente maintenant par *rm* la force au point *r*, celle au point *o* sera représentée par *am*. On prouvera de même à l'aide du triangle rectangle *rgm*, que la force au point *g* est représentée par *bm*. Mais la force *am*, par exemple, étant oblique, se décompose en deux directions, l'une *km*, l'autre *ak*, & la seule qui agisse pour faire avancer la molécule *m* vers *n*. Par une raison semblable, la force *bm*, relativement au même effet, se réduit à *bx*. Or, tous les points *a*, *b*, & *c*, étant sur la circonférence d'un cercle, il s'ensuit que la plus grande force sera le rayon *cz*; ce qui a lieu lorsque l'angle *rmi* ou *rmz* est de 45^{d} .

(a) La véritable valeur de cet angle est $70^{\text{d}}, 31', 44''$. Tel est le résultat que m'a donné directement le calcul différentiel. On pourroit aussi le déduire des propriétés du cercle par la Géométrie simple. Car en raisonnant comme ci-dessus, & en substituant à la place des lignes *om*, *rm*, &c, leurs quarrés \overline{om}^2 , \overline{am}^2 , &c, on trouvera que la force oblique est ici représentée par \overline{am}^2 ,

angle ne peut être déterminé que par le calcul. Mais on conçoit, à l'aide de la seule raison, qu'il doit être sensiblement moindre que celui de 90^{d} , qui a lieu pour le cas du rapport inverse des simples distances. Car, dans l'autre cas, les forces décroissant en plus grand rapport, doivent atteindre plutôt la limite qui donne leur *maximum*; en sorte que les positions d'où dépendent cette limite, interceptant un espace plus resserré,

ou \overline{bm}^2 , &c, au lieu de l'être simplement par *am* ou *bm*. Or, dans ce dernier cas, la force réelle est à son *maximum*, lorsque le produit *mk* par *kr* des deux parties du diamètre est le plus grand possible, c'est-à-dire, lorsque *mk* égale *kr*; ce qui a lieu au centre *C*. Mais, à cause du triangle rectangle *mar*, *am* est moyenne proportionnelle entre *mk* & le diamètre *mr*, qui est une constante; d'où il suit que le carré de la force oblique croît & décroît comme *mk*. Donc, lorsque la force oblique est égale au carré même de *am*, comme dans le cas présent, le produit *mk* par *kr*, devient \overline{mk}^2 par *kr*. Or, ce produit est le plus grand possible, lorsque *mk* est double de *kr*, comme il est aisé de le sentir, en faisant l'opération sur des nombres. Par exemple, le plus grand produit du carré d'une des parties de 12 par l'autre partie, a lieu, lorsque ces deux parties sont 8 & 4; ce qui donne quatre fois 64, ou 256 pour le *maximum* cherché. Maintenant le cas où *mk* est double de *kr*, est aussi celui où *mk* est à *ak*, comme la diagonale du carré est au côté. Donc, &c.

l'angle dont les côtés s'étendent aux extrémités de cet espace, doit par-là même se trouver plus petit.

Il suit encore des expériences & des calculs du savant Académicien que nous venons de citer, que dans un barreau de 25 pouces de longueur, les centres d'action des poles sont à environ dix lignes de distance des extrémités. Or, en supposant que les deux barreaux AN, BQ (*fig. 35*), aient cette dimension, & en négligeant l'action du pole supérieur, qui est peu sensible, parce qu'elle s'exerce très-obliquement sur la molécule *m*, on trouve que le *maximum* de force a lieu, lorsque les deux barreaux sont écartés l'un de l'autre d'un peu plus de 14 lignes.

Il faut donc reconnoître que la méthode du double contact, telle que l'ont employée MM. Micheli & Canton, quoique préférable à toutes celles qui avoient été imaginées jusqu'alors, a un défaut essentiel. Car, comme en faisant usage de cette méthode, on est obligé de tenir les poles A, B, à une certaine distance, pour ne pas trop affoiblir leur vertu, il arrive delà que les parties des forces qui agissent sur les molécules *n*, *q*, & qui tendent, ainsi qu'on l'a vu, à détruire l'effet principal de l'opération, conservent toujours une quantité sensible de leur action perturbatrice.

142. On peut vérifier ceci par l'expérience,

en prenant deux barreaux magnétiques, que l'on placera perpendiculairement sur une des faces d'un autre barreau DE (*fig. 40*), qui soit de fer mou, de manière que A par exemple, étant le pôle positif d'un des aimans, B soit le pôle négatif de l'autre. Il est évident que, dans cette circonstance, chacun des poles A, B, tend à communiquer à la partie du barreau DE, qui est en contact avec lui, un magnétisme contraire au sien, & que par conséquent il exerce une force attractive sur cette partie. Or, la quantité de magnétisme acquise par les parties GF, FH, situées sous les poles A, B, dépendant, jusqu'à un certain point, de la distance des centres d'action, l'attraction de ces mêmes poles sur le barreau DE, dépend aussi de cette distance. Cela posé, si l'on tient d'abord les deux barreaux en contact l'un avec l'autre, & qu'on les écarte ensuite peu-à-peu, on observera que leur force attractive, par rapport au barreau, qui d'abord étoit presque nulle, croîtra jusqu'à une certaine limite, passé laquelle elle ira en diminuant.

143. M. Æpinus a imaginé un moyen pour perfectionner la méthode du double contact, & en augmenter notablement l'effet. Nous avons vu que, dans le cas où les centres d'action étoient placés en *r* & en *s*, (*fig. 35*), l'angle *rms* le plus favorable, étoit celui de $70^{\text{d}} \frac{1}{2}$ (141).

Mais ceci suppose que l'on n'est pas maître de rapprocher ces centres, de la verge DE, c'est-à-dire, que les barreaux AN, BQ, conservent une position verticale. Car, il est clair que si, par quelque moyen, on pouvoit ramener les centres d'action plus près de DE, en conservant la même longueur aux barreaux AN, BQ, l'action des deux poles sur la molécule *m*, augmenteroit toujours de plus en plus. Alors en effet, la partie *fm*, ou *mh* (*fig. 38*), qui représente l'action des poles, deviendroit toujours plus grande, à proportion de la partie *rf*, *sg*, qui représente la force perdue; en sorte que si les centres d'action se trouvoient sur la même ligne que le point *m*, l'action des poles sur la molécule *m* seroit à son *maximum*. Cela posé, concevons que l'on incline les barreaux AM, BN, (*fig. 42*), de maniere que les centres d'action *r*, *s*, décrivent les arcs *rR*, *sS*; il est clair qu'alors les centres se rapprocheront de la verge ED, d'où il suit que, dans cette position, l'action des barreaux sur la molécule *m* s'accroîtra considérablement. Cette méthode permet de rapprocher les poles A, B, beaucoup plus que celle de MM. Micheli & Canton, puisque l'on n'a plus à craindre que cette proximité n'altère les forces simultanées des barreaux sur la molécule *m*.

Mais de plus, un grand inconvénient de la

méthode du double contact, consiste en ce que l'attraction & la répulsion des centres d'action sur les molécules n, q , tendent à détruire l'effet principal. Or, la méthode de M. Æpinus pare encore, en grande partie, à cet inconvénient. Car les centres r, s , venant à dépasser les molécules situées vers n, p , pendant l'inclinaison des barreaux, l'action de ces centres s'exerce alors sur les molécules dont il s'agit, dans les mêmes directions que sur la molécule m , & concourt ainsi au succès de l'opération, au lieu d'y faire obstacle.

Pour procéder suivant cette méthode que M. Æpinus appelle *Méthode du double contact corrigée*, il ne s'agit donc que d'incliner les barreaux magnétiques ML, IK , comme on le voit (*fig. 42*), en laissant simplement entre leurs poles une distance de quelques lignes, & de manière qu'ils fassent avec la verge EF un petit angle de 15 ou 20 degrés. Du reste, on opere comme par la méthode du double contact. La comparaison des effets produits successivement par l'une & l'autre méthode, à l'aide des mêmes barreaux, conspire, avec la Théorie, à prouver la supériorité de la seconde.

144. Il semble d'abord qu'il seroit encore plus avantageux de coucher tout-à-fait les barreaux ML, IK , sur la verge EF , puisqu'alors l'effet

des centres d'action seroit le plus grand possible. Mais il faut observer que dans ce cas, les poles L, E, (& il en faut dire autant des poles K, F), se trouveroient en contact, à chaque friction; & comme ces poles ont un magnétisme homogène, le pole L tendroit à détruire le magnétisme déjà communiqué au pole E, & ainsi des deux autres poles; au lieu que si l'on écarte ces poles d'une certaine quantité, cette cause destructive devient peu sensible.

145. Ce qui précède nous conduit à une remarque importante sur les aimans naturels garnis d'une armure. Car, si un pareil aimant, que l'on suppose être d'une bonne qualité, a une telle longueur, que les poles de son armure soient à une distance beaucoup plus grande ou plus petite, l'un à l'égard de l'autre, que ne l'exige le cas du *maximum*, on conçoit que cet aimant n'acquerra point, à l'aide de l'armure, une vertu aussi considérable qu'on eût pu l'espérer. Au contraire, un aimant d'une moindre qualité, mais qui auroit une juste longueur, pourra acquérir, proportion gardée, plus de vertu que le précédent, par le moyen de l'armure. C'est probablement delà que viennent, du moins en partie, les phénomènes singuliers que l'on a observés en armant des aimans naturels, & dont on lit le détail dans les différens Auteurs qui ont écrit sur le magnétisme.

146. Il suit encore de ce qui a été dit plus haut, que la force des aimans faits en forme de fer-à-cheval, dépend beaucoup de leur courbure, puisque celle-ci détermine l'écart des poles C, D, (*fig. 43*), que l'on n'est plus le maître de faire varier. Or, comme les centres d'action de ces poles sont très-rapprochés des extrémités (141), & que l'angle le plus favorable sous lequel agissent les directions des forces qui partent des centres d'action, est un angle aigu de $70^{\text{d}} \frac{1}{2}$, il en résulte que l'écart qui donne le *maximum* d'action doit être peu considérable à proportion de la longueur des branches. Mais ce rapport ne peut gueres être déterminé avec précision, que par l'expérience.

147. Voici ce que prescrit l'Auteur, pour aimanter fortement un fer courbé en fer-à-cheval. Après avoir couché ce fer à plat sur une table, placez à ses extrémités C, D (*fig. 43*), les deux poles opposés de deux barreaux aimantés AC, BD, de maniere que les longueurs de ceux-ci soient perpendiculaires aux branches du fer-à-cheval, comme le représente la figure. Soit C le pole boréal de AC, & D le pole austral de BD. Prenez deux autres barreaux fortement aimantés EF, GH, & après les avoir disposés, comme pour la méthode corrigée du double contact, placez leurs poles E, G, sur le milieu du fer-à-

cheval, & faites glisser les deux barreaux sur toute l'étendue de sa courbure, en allant de C vers D, & de D vers C, précisément comme si CKD étoit un barreau droit. Ramenez enfin les barreaux EF, GH, sur le milieu K de la courbe, pour terminer là l'opération, & répétez les mêmes frictions sur la face opposée du fer-à-cheval.

148. Ordinairement on dispose les deux barreaux AC, BD, parallèlement l'un à l'autre, comme on le voit (*fig. 44*). Mais il est plus avantageux de leur donner la situation respective représentée par la *fig. 43*. Car, soit C le pôle positif de l'aimant AC (*fig. 44*), & D le pôle négatif de l'aimant BD. Le pôle C agit sur la molécule *m* pour la repousser; mais le pôle D agit sur la même molécule pour l'attirer. Concevons que le centre d'action du barreau BD soit en *g*. La molécule *m* sera attirée par ce centre, suivant *gm*; mais cette action se décompose en deux autres; l'une, selon *mn*, l'autre, selon *mq*. Or, celle-ci est directement opposée à l'action du pôle C sur la molécule *m*. Il en faut dire autant des molécules situées dans la branche DK, à l'égard desquelles l'action attractive du pôle D est diminuée par une partie de la force répulsive du pôle C. Or, plus l'angle *gmq* est considérable, & plus la force perturbatrice, représentée par *mq*,

est petite. Donc, si l'on suppose que cet angle augmente jusqu'à ce que les deux lignes mq , mg , se trouvent sur la même direction, ce cas sera celui où la force perturbatrice se trouvera à son *minimum*. Or, il est clair que l'on obtient cette condition, en disposant les bareaux AC, DB, comme dans la fig. 43. Donc, &c.

V. De la loi que suit l'action du fluide magnétique, à raison des distances.

149. La facilité avec laquelle on explique les principaux effets que présentent les corps aimantés, en admettant, pour la Théorie du Magnétisme, les mêmes principes fondamentaux que pour celle de l'Électricité (100), nous suggère déjà une raison d'analogie, qui nous porte à croire que le fluide magnétique suit la même loi que le fluide électrique, à raison des distances. Mais, comme en Physique, les preuves directes sont toujours préférables de beaucoup à celles qui se tirent de la seule analogie, M. Coulomb s'est proposé de rechercher si l'expérience donneroit pour le fluide magnétique les mêmes résultats qu'il avoit obtenus par rapport au fluide électrique, à l'aide de la balance dont nous avons donné la description (39).

150. Mais il faut observer que les épreuves relatives au magnétisme, exigeoient une recherche préliminaire, qui étoit inutile à l'égard des expériences faites sur la maniere d'agir du fluide électrique. Dans ces dernières expériences, les corps qui s'attirent ou se repoussent, sont d'une forme globuleuse. Or, on fait que quand des corps de cette forme s'attirent ou se repoussent, en raison inverse du quarré des distances, leurs actions s'exercent, comme si toute leur matiere étoit réunie au centre (*a*). Mais dans les expériences magnétiques, ce sont des barreaux ou des aiguilles que l'on emploie, c'est-à-dire, des corps allongés; & alors il faut des expériences particulières, pour déterminer les points dans lesquels les forces, qui s'exercent de toutes les différentes parties de ces corps, sont censées être concentrées (*b*).

(*a*) Les parties situées entre le centre de chaque corps & l'autre corps, s'attirent ou se repoussent plus que les centres, & ceux-ci plus que les parties ultérieures. Or, dans le cas de la raison inverse du quarré des distances, il y a compensation entre les actions plus fortes & plus foibles que celles qui partent du centre; en sorte que leur somme est la même que si toutes les parties agissoient du centre.

(*b*) Ces points sont les mêmes que nous avons déjà appellés *les centres d'action*.

151. Nous donnerons ici une idée du procédé à l'aide duquel M. Coulomb a déterminé les points dont il s'agit. Ce Physicien suspendit à un fil de soie une aiguille magnétique de trois pouces de longueur. On fait en général qu'une aiguille ainsi suspendue fait d'abord différentes oscillations, qui vont toujours en diminuant, jusqu'à ce qu'enfin elle s'arrête sur une ligne dirigée à peu-près du midi au nord, & que l'on appelle *méridien magnétique*. Nous donnerons dans la suite des détails plus étendus sur cette direction, dont nous exposerons la cause. Quand l'aiguille se fut arrêtée, M. Coulomb traça son méridien magnétique *au* (*fig. 45*); il tira sur ce méridien des perpendiculaires *bc*, *df*, &c. à la distance d'un, de deux, de quatre, de huit & de seize pouces, comme le représente la figure.

Il prit ensuite un fil d'acier bien aimanté, de vingt-cinq pouces de longueur, & l'appliqua successivement sur ces différentes perpendiculaires. Alors l'aiguille se derangeoit de sa position, & n'y revenoit que quand le fil d'acier lui-même avoit pris une certaine situation. Car supposons par exemple, que *SN* représente ce fil couché sur la perpendiculaire *uz*, de manière que ses extrémités *S*, *N*, soient toutes les deux en deçà du méridien magnétique du côté de *z*. Soit *n* le pole négatif

de l'aiguille, a son pôle positif, n le centre d'action du pôle positif S du fil d'acier, & x' celui du pôle négatif N. D'une part, l'action de x attire le pôle n de l'aiguille, & repousse le pôle a (108), & ces actions concourent pour faire tourner l'aiguille suivant l'arc np . Mais d'une autre part, l'action de x' repousse le pôle n de l'aiguille & attire le pôle a , & ces actions conspirent aussi à faire tourner l'aiguille, mais en sens contraire, c'est-à-dire, suivant l'arc nk . Or, les pôles x, x' , agissant suivant des directions & avec des forces différentes, il arrive que, selon les diverses positions qu'on leur fait prendre, & les diverses distances auxquelles on les place à l'égard de l'aiguille, tantôt la force du centre x l'emporte sur celle du centre x' , tantôt ces deux forces sont égales, & tantôt la dernière devient prépondérante.

M. Coulomb, pour première épreuve, fit glisser le fil SN sur la première perpendiculaire bc , en allant de c vers b , jusqu'à ce que l'aiguille se trouvât ramenée sur son méridien magnétique, & il observa qu'alors le fil dépassoit le méridien, vers b , d'une quantité eS égale à environ dix lignes. Le fil, transporté ensuite sur la seconde perpendiculaire df ne dépassoit plus le méridien, dans le même cas, que de neuf lignes; sur la troisième perpendiculaire eg ,

il dépaffoit le méridien de huit lignes ; fur la quatrieme il , il reftoit en deça vers l , à la diftance hS de quatre lignes ; enfin , fur la cinquieme perpendiculaire mz , il reftoit plus en deça, à la diftance uS de quarante-deux lignes. Examinons , d'une maniere plus particuliere , les réfultats de ces différentes épreuves.

Dans la premiere , il eft aifé de concevoir que l'action de la partie eS , du fil d'acier , qui s'exerce en fens contraire de celle de la partie ge (le centre magnétique étant fupposé en g), concourt avec l'action de la partie gN , pour faire tourner l'aiguille fuivant l'arc nk , & que par conféquent ces deux actions réunies font équilibre à l'action de la partie eg ; donc la partie eS , confidérée feule, agit plus foiblement que la partie eg ; d'où il fuit que le centre d'action du pole positif, eft fitué dans quelque point x , entre e & g .

Remarquons maintenant que l'action de chaque pole de l'aimant s'exerçant obliquement , par rapport à la longueur de l'aiguille , fe décompofe en deux directions , l'une parallèle à l'aiguille , l'autre parallèle aux perpendiculaires bc , df , &c. & qui feule contribue à faire tourner l'aiguille. La force que chaque centre exerce fur l'aiguille , dépend donc à-la-fois de la longueur du levier , par lequel elle eft cenfée agir parallèlement aux perpendiculaires bc , df , & de la diftance

du même centre aux poles de l'aiguille. Or, à mesure que l'on transporte le fil d'acier successivement sur les perpendiculaires df , eg , il , &c. en leur donnant les positions représentées par la figure, les obliquités des actions exercées par les centres x , x' , suivant xn , $x'n$, &c. approchent d'autant plus de l'égalité, c'est-à-dire, que celle du pole x diminue, & que celle du pole x' augmente; & à cet égard ce dernier pole perd continuellement de l'avantage qu'il avoit d'abord sur le pole x , à raison de son action plus directe. Mais, d'une autre part, les distances de x & de x' , aux poles de l'aiguille, approchent aussi d'autant plus d'être égales, & comme elles augmentent toutes les deux en même-temps, le centre x perd, à cet égard, de l'avantage qu'il avoit sur le centre x' . Or, les avantages & les pertes se balancent, suivant un tel rapport, que la force du centre x' augmente continuellement, à l'égard de celle du centre x ; toutes choses égales d'ailleurs. Car, puisque le fil d'acier, placé sur la perpendiculaire eg , par exemple, ne dépasse plus le méridien que de huit lignes, lorsque l'aiguille reste sur ce méridien, il s'ensuit que la partie excédante tS , qui, conjointement avec la partie gN , fait équilibre à la partie tg , n'a plus besoin d'être aussi longue, ou d'exercer une action

aussi forte, & que par conséquent le centre x' a acquis un accroissement de force.

Cette force continuant de tendre vers l'égalité avec la force du centre x , il y a un terme où ces deux forces se font équilibre, & ce terme est nécessairement entre t & h , en sorte que le fil d'acier, placé sur une perpendiculaire menée à la hauteur correspondante, auroit son extrémité S contiguë au méridien magnétique.

Au-dessous de ce terme, la force du centre x' l'emporteroit sur celle du centre x , si on laissoit le point S sur le méridien, de manière qu'il faut alors l'en écarter vers le point l , ou le point z , pour que l'aiguille reste sur son méridien.

Cet écart est de quarante-deux lignes sur la perpendiculaire uz , d'où il suit que, pendant le cours des différentes épreuves, le point S , qui étoit d'abord à dix lignes au-delà du méridien, a parcouru cinquante-deux lignes de gauche à droite, c'est-à-dire, près de quatre poudes & demi. Or, la quantité de cet écart suppose que les rapports des forces ont varié considérablement dans le même temps. Mais on conçoit que ces variations doivent être en général d'autant plus sensibles, que les centres x , & x' , sont à une plus grande distance l'un de

l'autre. Car s'ils étoient très-voisins, l'angle xnx' ne variant que très-peu, pendant le mouvement du fil d'acier sur les différentes perpendiculaires, les obliquités des actions de x & de x' , ainsi que les rapports des distances de ces points aux poles de l'aiguille, ne subiroient que de légers changemens, au lieu qu'en supposant les points x , x' , très-écartés l'un de l'autre, comme le représente la figure; on voit, par la seule inspection de cette figure, que l'angle xnx' étant considérablement diminué, lorsque le fil d'acier est sur la perpendiculaire uz , les obliquités des forces & leurs distances, qui dépendent des variations de cet angle, sont changées elles-mêmes dans un grand rapport. Le raisonnement infinie donc & que les points x , x' sont très-rapprochés des extrémités S , N , & que les forces de ces points varient plus que dans la raison inverse des simples distances.

Le calcul va plus loin & change cette conjecture en certitude. M. Coulomb, en supposant que les centres x , x' , soient distans des points S , N , d'un peu plus de dix lignes, & que les forces de ces centres agissent en raison inverse du quarré des distances, démontre que les résultats du calcul s'accordent parfaitement avec ceux que donne l'observation, relativement aux diverses positions qu'il faut faire prendre au fil

d'acier sur les différentes perpendiculaires, pour que les forces x , x' , foyent en équilibre par rapport à l'aiguille (a).

152. Les expériences que nous venons d'exposer, conduisent donc en même - temps à deux résultats importans; elles déterminent la position des centres x , x' , & font connoître la loi suivant laquelle agit le fluide magnétique, à raison des distances. Mais pour rendre la démonstration encore plus rigoureuse, M. Coulomb a séparé ensuite ces deux résultats, & supposant seulement que les centres d'action étoient, dans un fil d'acier de vingt-cinq pouces, à un peu plus de dix lignes de distance de ses extrémités, il a cherché directement, par des procédés très-ingénieux, si ce fil agiroit en raison inverse du quarré de la distance aux centres d'action. Nous n'exposerons ici que celui de ces procédés, qui

(a) M. Coulomb suppose, pour la commodité du calcul, que les centres d'actions des deux poles de l'aiguille, sont situés à ses extrémités, quoiqu'ils s'en écartent un peu. Mais comme chaque centre du fil d'acier agit sur les deux centres de l'aiguille, si, par la supposition, on fait le centre n trop près du centre S , de deux ou trois lignes, on fait en même-temps le centre a de l'aiguille trop éloigné du centre N d'une égale quantité, d'où il arrive que les deux erreurs se compensent sensiblement l'une l'autre.

consiste à employer une balance magnétique, semblable à la balance électrique; avec cette différence, que M. Coulomb substitue au levier, qui porte la balle mobile de moëlle de sureau, une longue aiguille magnétique de vingt-cinq pouces de longueur, & à la balle fixe, une seconde aiguille pareille, & placée verticalement sur le méridien magnétique. Le pole inférieur de cette dernière aiguille est dans le même état que le pole de l'aiguille mobile, qui en est voisin, lorsque celle-ci est dans son méridien magnétique, & l'aiguille fixe est située de manière que, quand on met l'autre en contact avec elle, les extrémités des deux aiguilles se dépassent mutuellement de dix lignes, c'est-à-dire, qu'elles se croisent par les centres d'action de leurs poles de différens noms.

Remarquons, avant d'aller plus loin, que quand on tord, sous un certain angle, le fil de suspension, qui porte l'aiguille mobile dirigée suivant son méridien magnétique, la même force, qui la retenoit dans ce méridien, tend à l'y ramener. Il étoit nécessaire d'évaluer cette force, & M. Coulomb a trouvé que si l'on tordoit le fil de suspension successivement sous des angles de 36^d , 72^d , 108^d , &c. en doublant, triplant, quadruplant, &c. le nombre 36, l'aiguille qui réagissoit contre cette torsion, s'éloignoit de son

méridien à la distance d'un degré pour 36^d . de torsion, de 2^d pour 72^d , de 3^d pour 108^d , &c. Donc les quantités de torsion vaincues par l'aiguille étant successivement comme les nombres 35, 70 ou deux fois 35, 105 ou trois fois 35, &c. il faut en conclure en général que, sous un angle donné de torsion, la force qui réagit contre cette torsion est toujours égale à autant de fois 35, qu'il y a de degrés dans l'arc intercepté entre le méridien & la direction actuelle de l'aiguille (a).

(a) Ce rapport, sensiblement constant entre le nombre de degrés dont l'aiguille s'écarte de son méridien, & la résistance qu'elle oppose à la force de torsion, dépend d'une cause qu'il est bon de développer ici. Comme la force qui tend à ramener l'aiguille sur son méridien, s'exerce à une distance immense, ainsi qu'on le verra dans la suite, elle est censée agir, suivant des directions parallèles, qui passent par les centres d'action des poles de l'aiguille, ces directions ne faisant entr'elles que de très-petits angles, pendant le mouvement de cette aiguille; d'où il suit que la force dont il s'agit doit être regardée comme constante. C'est ce que M. Coulomb a prouvé d'ailleurs par des expériences directes. Cela posé, soient *oy*, *ok* (*fig. 45*), deux positions de l'aiguille, produites par deux torsions différentes. La force qui tend à ramener l'aiguille au méridien, s'exerçant parallèlement à ce méridien; & étant censée constante, ainsi que je l'ai dit, représentons-la dans les deux cas par *no*. Il faudra

Cela posé, le fil n'ayant aucune torsion, & l'aiguille mobile étant sur son méridien magnétique, on a présenté à celle-ci l'autre aiguille dans la position qui a été décrite plus haut. Alors l'aiguille mobile ayant été repoussée, s'arrêta à vingt-quatre degrés du méridien, tandis que l'aiguille fixe étoit située de manière que le centre d'action de son pôle inférieur se trouvoit dans ce méridien. Or, si l'aiguille mobile eût été écartée de son méridien par une force de torsion, sous un angle de 24° , il eût fallu, d'après ce qui a été dit, 24° , plus trente-cinq fois 24° de torsion, c'est-à-dire, 864° pour produire cet écartement, & la quantité de la torsion vaincue par la résistance de l'aiguille, auroit été de trente-cinq fois 24° , c'est-à-dire,

la décomposer en deux directions; savoir, oy , ny , d'une part, & od , nd , de l'autre; les lignes ny , nd , étant perpendiculaires à la direction de l'aiguille. Or, la partie de la force qui agit dans le sens de ces perpendiculaires, est la seule qui contribue à ramener l'aiguille sur son méridien. Mais ces mêmes perpendiculaires sont les sinus des arcs ny , nk , avec lesquels on peut supposer qu'ils se confondent, lorsque ces arcs ont peu d'étendue; par où l'on voit que la force qui tend à ramener l'aiguille sur son méridien, doit varier dans les rapports de ces mêmes arcs.

de 840^d , d'où il suit que la force répulsive des deux aiguilles doit être estimée 840^d .

Les choses étant dans cet état, le fil de suspension a été tordu de trois cercles, en allant de l'aiguille mobile vers l'aiguille fixe, en sorte que si l'on suppose, par exemple, que l'aiguille mobile eut la direction ok , l'arc kn étant de 24^d , la torsion s'est faite suivant l'arc knp . Cette torsion produite en sens contraire de l'action qui tenoit l'aiguille écartée de 24^d du méridien, a ramené celle-ci à 17^d du même méridien, suivant une direction oy . Or trois cercles font 1080^d ; dont il faut retrancher les 17^d d'écartement, ou l'arc ny , parce que ces 17^d produisoient dans le fil une petite torsion qui, étant en sens opposé à celle de 1080^d , la diminue d'autant. Ainsi la torsion réelle est de 1063^d .

Mais la force qui tendoit à ramener l'aiguille sur le méridien, dans le cas d'un écartement de 24^d , équivaloit à une torsion de 840^d . Ajoutant donc à cette quantité la torsion réelle de 1063^d , qui agit dans le même sens, suivant l'arc knp , on a 1903^d pour la somme des deux forces contraires à la répulsion exercée par l'aiguille fixe. Mais il y a eu 7^d de cette répulsion, qui ont été détruits par les actions des

deux forces citées, puisque l'aiguille a été ramenée de 24^d à 17^d . Donc, pour avoir la force à laquelle celle de l'aiguille fixe fait équilibre dans la seconde épreuve, il faut retrancher de 1903^d , sept fois 35^d , ou 245^d : reste 1658^d qui expriment la force répulsive mutuelle des deux aiguilles.

Les forces répulsives sont donc, dans les deux épreuves, comme 840 est à 1658, rapport qui approche beaucoup de celui d' $\frac{1}{2}$ à 1. Mais les distances étant comme 24 & 17, la raison inverse de leurs quarrés est $\frac{1}{576}$, $\frac{1}{289}$, qui approche aussi de très-près du rapport $\frac{1}{2}$ à 1. La différence qui se trouve entre ces deux rapports, ne peut être attribuée qu'à un petit défaut de précision inévitable dans ces sortes de résultats. Ainsi, l'on doit conclure de l'expérience citée, ainsi que de plusieurs autres du même genre, qui ont eu un pareil succès, que l'action du magnétisme est en raison inverse du quarré des distances. On peut aussi, par un procédé analogue au précédent, prouver que les attractions suivent la même loi (a).

(a) Nous devons observer ici que M. Æpinus a supposé quelquefois dans les calculs employés pour déterminer certains résultats de sa Théorie, que le fluide magnétique agissoit en raison inverse du quarré

VI. De la vertu magnétique du globe terrestre.

153. Une des différences les plus remarquables entre l'électricité & le magnétisme, est celle que nous offre la comparaison des effets spontanés & purement naturels de l'un & l'autre fluide, du moins de ceux qui sont très-sensibles pour nous. Les phénomènes de ce genre, qui dépendent du fluide électrique, sont pro-

des distances. Mais ce n'étoit dans l'esprit de l'Auteur qu'une supposition purement arbitraire, qu'il n'a même hasardée qu'en avertissant que son intention n'étoit pas de donner la loi dont il s'agit, pour la véritable loi du magnétisme; mais de parvenir à des résultats conformes, en un certain sens, aux effets naturels, puisqu'on en obtiendra toujours qui seront analogues à ces effets, quelle que soit la loi que l'on admette pour le magnétisme, pourvu que son action décroisse lorsque la distance augmente. Aussi, le même Physicien suppose-t-il dans un autre endroit (141), comme nous l'avons vu, que le fluide magnétique agit en raison inverse des simples distances. Sa Théorie n'a donc pu être, à cet égard, d'aucun secours à M. Coulomb, & ce Savant conserve tout le mérite d'une découverte à laquelle il a été conduit à la fois par des expériences absolument neuves, & par des calculs qui portent sur une base réelle.

duits par des explosions locales & passageres , lorsque ce fluide, mis en action dans l'atmosphère, à l'aide de causes qui nous sont encore inconnues , se manifeste par des éclairs redoublés & par le bruit de tonnerre , ou nous donne le spectacle à-la-fois brillant & paisible d'une aurore boréale. L'action du magnétisme , au contraire , émane sans cesse , quoique sourdement , du sein de notre globe , & étend au loin son influence , par des effets très-marqués , & susceptibles d'être soumis à des observations suivies & comparables entr'elles. C'est ici , sans contredit , le point de vue le plus intéressant de la théorie , soit que l'on considère la généralité du phénomène à la considération duquel elle s'éleve , ou les ressources dont l'homme lui est redevable , depuis que , par l'invention de la boussole , il a su en tirer un parti si avantageux pour les progrès de la navigation & du commerce.

154. Afin de procéder par principes dans l'examen de ce phénomène , concevons d'abord un aimant *fe* (*fig. 46*) , dont le centre *d* soit situé sur la même ligne que l'axe *nr* d'un autre aimant plus considérable *BC*. Supposons de plus que l'aimant *fe* soit mobile autour du centre *d* , & qu'une cause extérieure agisse pour l'écarter un peu de la position *fde* , puis l'abandonne à

lui-même. Soient B, f , les poles positifs, & C, e , les poles négatifs. Il est clair que le pole B agit sur le pole f pour le repousser, & sur le pole e pour l'attirer, tandis qu'au contraire le pole C attire le pole f , & repousse le pole e . Mais l'action, tant attractive que répulsive du pole C , l'emportant sur les actions analogues du pole B , qui est à une plus grande distance de l'aimant fe , on voit que le pole f se tournera vers le pole C ; & comme l'aimant BC agit plus fortement dans le plan de son axe, que dans tous les autres plans, & que rien n'empêche l'aimant fe d'obéir à cette action, il est clair que cet aimant se dirigera sur la même ligne que l'axe prolongé de BC , pour que les forces attractives & répulsives de cet aimant soient en équilibre.

Il y a un autre cas d'équilibre, qui est possible mathématiquement. Ce seroit celui où l'on feroit faire à l'aimant fe une demi-conversion, de maniere que le pole f prit la place du pole e , & réciproquement. Car on peut prouver, par les loix de la mécanique, que dans ce cas, il y auroit encore équilibre entre les forces attractives & répulsives de l'aimant BC . Mais comme le moindre dérangement dans l'axe fe romproit cet équilibre, & qu'alors l'aimant reprendroit sa première position, en sorte qu'à considérer la chose

chose physiquement, cet aimant ne peut rester, pendant un instant même très-court, dans la position renversée, dont nous venons de parler; il est superflu de considérer ce cas.

Soit A le centre de l'aimant BC. Ayant mené la verticale A δ , si l'on dispose l'aimant ou l'aiguille $\epsilon\phi$, de manière que son centre δ soit dans cette même verticale, il est clair qu'en supposant que les deux poles de chaque aimant aient des forces égales, l'aimant $\epsilon\phi$ se dirigera parallèlement à l'aimant BC, de manière que ϕ sera le pole positif, & ϵ le pole négatif. Car d'une part, le pole ϕ sera autant attiré par le pole C, que le pole ϵ par le pole B. D'une autre part, le pole ϕ sera autant repoussé par le pole B, que le pole ϵ par le pole C; donc &c.

On conçoit aussi un autre cas d'équilibre dans lequel l'aimant $\epsilon\phi$ auroit une situation renversée. Mais c'est encore un cas purement mathématique, qui est censé nul, si on l'envisage physiquement. Il en est de ces sortes de cas, comme de celui d'un corps aigu, que l'on s'efforceroit de mettre en équilibre, en le plaçant verticalement sur une table par la pointe. L'expérience prouve qu'on n'y réussit jamais, quoique la théorie démontre que la chose est possible.

Entre les deux positions fe , $\epsilon\phi$, il y en a une infinité d'autres qui peuvent avoir lieu, &

dans lesquelles le centre D de l'aimant EF , ne seroit plus ni sur la direction de l'axe de l'aimant BC , ni sur la verticale menée par le point A . Pour que l'équilibre subsiste dans chacun de ces cas, il faut que l'aimant EF prenne une direction oblique par rapport à l'aimant BC , laquelle variera à l'infini, suivant les différentes positions respectives des deux aimans.

155. Si le centre de l'aimant EF reste dans le plan vertical $rn\delta$, tandis que cet aimant s'écarte des positions $fe, e\phi$, il est évident que sa direction coïncidera toujours avec ce plan. De plus, à mesure que l'aimant s'approchera de l'un ou l'autre des centres d'action, que je suppose placés en M & en N , il s'inclinera davantage vers ce centre. Il y aura une position telle que $e'f'$, où le point d' se trouvera à peu-près dans la même ligne verticale que le centre N ; alors la force de ce centre, pour attirer le pôle f' de l'aiguille, & à la fois pour repousser le pôle e' , sera à son *maximum*. Mais cette même action sera à son *minimum* pour maintenir l'aiguille dans le plan vertical $nr\delta$, ou pour l'empêcher de tourner autour du point d' . C'est ce que l'on concevra, en considérant qu'alors le centre de l'aiguille étant sur une ligne menée du centre d'action N , perpendiculairement à l'axe de l'aimant, la partie de la force qui agit du

point N , pour faire tourner l'aiguille dans les autres cas, devient nulle, quelle que soit la position de l'aiguille. Il n'y a donc plus alors que les actions du pôle M , qui tendent à ramener l'aiguille dans le plan mn . Or, comme ces actions sont très-obliques, & qu'elles s'exercent à des distances assez considérables, & qui approchent sensiblement de l'égalité, en supposant l'aiguille beaucoup plus courte que l'aimant, elles ne produisent qu'un léger effet. J'ai observé qu'alors on pouvoit déranger l'aiguille de sa position, en lui faisant parcourir un arc de cercle, ou même une demi-circonférence, par ses extrémités, de manière qu'elle restoit dans la position qu'on venoit de lui donner; le petit frottement qu'elle éprouvoit sur son pivot, étant capable de vaincre l'effort du point M pour la ramener à sa première direction. Le point N où cet effet avoit lieu, étoit, dans un barreau magnétique, de près d'un pied de longueur, environ à neuf lignes de distance de l'extrémité r . Si l'on transporte l'aiguille au-delà de ce point, en allant vers r , sa position se renverse subitement; en sorte qu'elle se dirige, suivant une ligne $f'e''$, inclinée en sens contraire de $e'f'$, & que les poles sont pareillement renversés; ce dont on conçoit aisément la raison. Enfin, si l'on continue de faire mouvoir l'aiguille, de manière

qu'elle se rapproche de la position *fe*, son inclinaison diminue graduellement, jusqu'à ce que sa direction coïncide avec l'axe *nr* prolongé, comme cela a lieu quand l'aiguille a pris la situation *fe*.

156. Or, l'expérience fait voir qu'une aiguille aimantée, portée sur différens points de la surface du globe terrestre, prend une infinité de directions différentes, qui varient, à l'égard du globe, comme celles d'un aimant *EF*, relativement à l'aimant *BC*. Pour déterminer la variation de ces directions, il étoit nécessaire de les rapporter à deux plans donnés de position. On a choisi le plan de l'horizon & celui du méridien, & l'on appelle *angle d'inclinaison*, celui que fait l'axe de l'aiguille avec l'horizon, en s'abaissant plus ou moins vers ce cercle; & *angle de déclinaison*, celui qu'elle fait avec le méridien, en s'écartant plus ou moins du plan de ce méridien, soit vers l'orient, soit vers l'occident.

157. Cela posé, voici ce qu'on a observé (*a*).

(*a*) Baffin, dans le Journal du voyage qu'il fit en qualité de Pilote avec Byleth, dit qu'au-delà du 78^e degré de latitude septentrionale, la déclinaison de l'aiguille alla jusqu'à 56^d; & il ajoute que c'est la plus grande qui ait été observée. Baffin se trouvoit alors vers la Baye, qui depuis a pris son nom. Il se pouvoit

1°. La déclinaison de l'aiguille n'a guere été trouvée jusqu'ici plus grande que 30°. Elle varie suivant les lieux ; dans quelques-uns, la position de l'aiguille coïncide avec le plan du méridien ; ailleurs, elle s'en écarte plus ou moins vers l'orient ou l'occident, comme nous l'avons dit.

2°. Les points où la déclinaison est nulle, forment autour du globe une courbe irrégulière, & différemment contournée ; & il en est de même des points où la déclinaison est d'un nombre de degrés déterminé, comme de 5, 10, 15, &c.

3°. La déclinaison change insensiblement pour un même point du globe. On n'a encore aucune connoissance précise sur la loi de cette variation. On ignore pareillement si la courbe dont nous avons parlé, est constante en elle-même, & a

qu'il ne fût pas éloigné du centre d'action de l'un des poles du noyau magnétique dont il sera bientôt parlé ; & dans ce cas (155), l'intensité de la force magnétique étant à peine sensible, l'aiguille n'est presque plus soumise à la loi qui par-tout ailleurs détermine la déclinaison, & peut éprouver des déviations considérables. Une pareille observation demanderoit à être suivie dans tous ses détails, pour qu'on pût en tirer quelqn'induction propre à répandre du jour sur la Théorie.

seulement un mouvement lent autour du globe, en vertu duquel elle change continuellement de position, ou si elle varie plutôt dans son inflexion.

4°. On a découvert dans la déclinaison de l'aiguille une variation diurne, relativement à un même point de la terre. M. de Cassini, de l'Académie des Sciences, qui a suivi ce phénomène avec beaucoup d'affiduité, sur des aiguilles placées dans les caves de l'Observatoire, & qui a porté, dans ses recherches, les attentions les plus délicates, compare la variation dont il s'agit, à une espèce de mouvement d'oscillation, par lequel l'aiguille quitte le matin sa direction, & parcourt vers l'ouest, depuis 5' jusqu'à 14', plus ou moins, suivant les saisons, pour retrograder ensuite de la même quantité, dans le cours de l'après-dinée. Le moment où l'aiguille est le plus écartée de sa première direction, varie aussi, selon les saisons, depuis midi jusqu'à trois heures. Les deux instans où elle est à son *minimum* de variation, ont lieu vers les huit heures du matin, & vers les dix heures du soir. Mais en général, cette limite est beaucoup plus changeante que celle du plus grand écart, parce que c'est alors, & particulièrement le soir, que l'aiguille est le plus sujette à l'action de certaines causes perturbatri-

ces, telles que les vents d'est & de nord-est, & sur-tout les aurores boréales. (Voyez les Mém. de l'Académie des Sciences, année 1784.)

Quant à l'inclinaison de l'aiguille, on a fait les observations suivantes.

1^o. Cette inclinaison est sensiblement nulle à l'équateur, ce qui ne doit cependant pas s'entendre dans un sens rigoureux. Car la courbe, formée par tous les points où l'aiguille est perpendiculaire sur la verticale, coupe l'équateur sous un petit angle.

2^o. A mesure que l'on s'écarte de ce cercle, en allant vers le pôle boréal, l'extrémité de l'aiguille, qui regarde ce pôle, s'abaisse au-dessous de l'horizon, en sorte que l'inclinaison croît avec la latitude, jusqu'à ce qu'enfin elle parvienne à l'angle de 90^d. Cependant cette variation n'est pas exactement proportionnelle au changement de latitude. Car, d'une part, l'inclinaison n'est pas tout-à-fait constante sous tous les points d'un même parallèle; & d'une autre part, on peut inférer de la progression qu'elle suit, que son *maximum* n'auroit pas lieu précisément au pôle, quoique le point où il existeroit, ne doive pas en être éloigné.

3^o. Les mêmes effets se répètent en sens contraire, lorsqu'on transporte l'aiguille vers le pôle austral.

4°. L'inclinaison est, ainsi que la déclinaison, sujette à varier, avec le temps, dans le même lieu, suivant une loi jusqu'alors inconnue.

158. Il résulte de ces observations, que l'aiguille aimantée, portée à différens points du globe terrestre, y change de position, comme nous l'avons déjà dit, de la même manière que si on la faisoit mouvoir autour d'un aimant de figure sphérique. Quelques anciens Physiciens, & la plupart des modernes, en ont conclu qu'il étoit extrêmement probable que le globe terrestre renfermoit un très-gros aimant de forme globuleuse; & cette conséquence, adoptée par M. *Æpinus*, sera encore appuyée par les divers raisonnemens que nous aurons lieu de faire dans la suite.

L'aimant dont il s'agit a un de ses hémisphères DHE (*fig. 47*), dans l'état positif, & l'autre DIE dans l'état négatif. Mais, d'après ce qui a été dit, (*157*), le plan DE qui sépare ces deux hémisphères, ne coïncide pas exactement avec le plan de l'équateur, quoiqu'il s'en écarte peu. Il paroît que la figure de ce noyau magnétique n'est pas parfaitement régulière, & que la distribution du fluide n'y est pas tout-à-fait uniforme; & c'est delà que proviennent probablement, du moins en grande partie, les légères déviations dont nous avons parlé, soit dans la déclinaison,

soit dans l'inclinaison de l'aiguille. Il paroît aussi, d'après les petits changemens que subit, dans un même lieu, la déclinaison de l'aiguille, ou que le noyau magnétique du globe a un mouvement lent, par lequel sa position change à l'égard de ce globe, comme l'a soupçonné Halley, ou, ce qui est plus probable, que la distribution du fluide varie, avec le temps, dans l'intérieur du noyau.

159. Avant d'aller plus loin, essayons d'analyser les diverses circonstances de l'action d'un aimant BC (*fig. 48*), sur une aiguille *ab*, extrêmement courte & mobile autour du point *c*. Concevons que les centres d'action de l'aimant BC soient en A & en N, de manière que la force de A soit positive, & celle de N négative. Il est clair que l'aiguille *ab* deviendra elle-même un aimant (104), dont le pôle *a* sera dans l'état négatif, & le pôle *b* dans l'état positif. De plus, cette aiguille prendra nécessairement une direction oblique, telle que *ad*. Les choses étant dans cet état, concevons que l'on fasse mouvoir le centre *c* de l'aiguille, d'une très-petite quantité, le long de la ligne *ad*, en sorte que ce centre parvienne, par exemple, en *g*. En vertu de ce seul mouvement, l'extrémité *a* de l'aiguille s'écartera du point A, & l'extrémité *b* se rapprochera du point N; d'où il suit que l'extrémité *a* étant plus attirée à proportion par le point N, & moins

repouffée par le point A , que dans le cas précédent, l'aiguille s'inclinera un peu vers le point N par son extrémité b , & se dirigera, par exemple, suivant la ligne em , qui fera, avec la ligne ad , un angle infiniment petit. Si l'on fait faire au centre c un nouveau mouvement, selon la ligne em , de maniere que ce centre parvienne en f , l'aiguille prendra une nouvelle direction, telle que il , infiniment peu inclinée sur la direction précédente. Si l'on continue de faire mouvoir de la même maniere le centre de l'aiguille, on conçoit que ce centre décrira une courbe $cgfn$, &c.

Il y aura un point de la courbe, où l'aiguille qui s'écarte continuellement du parallélisme par rapport à BC , prendra une direction nr perpendiculaire sur cette ligne. Au-delà de ce point, l'extrémité b de l'aiguille, tendant toujours à se rapprocher de plus en plus du point N , les côtés rs de la courbe seront inclinés en sens contraire des premiers côtés ag , gf , &c.; & enfin, lorsque l'extrémité b de l'aiguille sera infiniment près du point N , l'attraction de ce point agira si fortement, que la courbe passera par ce même point. Au-dessous, elle formera des côtés qui approcheront toujours davantage du parallélisme avec BC ; & lorsque le centre de l'aiguille sera en p , précisément au-dessous du centre O de l'aimant

BC, la direction xy de l'aiguille fera parallèle à BC. Plus loin, la courbe s'infléchira vers le point A, par lequel elle passera, en formant une nouvelle branche AM semblable à la branche opposée, en sorte que la courbe fera rentrante sur elle-même.

Imaginons maintenant que l'on ait disposé sur la circonférence de cette courbe, les centres d'une multitude de petites aiguilles très-courtes; bientôt ces aiguilles prendront des situations telles, que chacune d'elles se dirigera suivant la tangente au point de la courbe, lequel se confondra avec le centre de l'aiguille: & comme toutes ces aiguilles se regardent par leurs poles de différens noms, elle adhéreront entr'elles, & formeront elles-mêmes une courbe continue. On aura le même résultat, soit que l'on dispose, suivant l'ordre mentionné, ou des aiguilles magnétiques, ou des fils de fer non-aimantés, puisqu'en vertu de l'action exercée par l'aimant autour duquel ces fils seront disposés, ils deviendront eux-mêmes autant de petits aimans.

Si, au lieu de supposer que ces petits corps aient leurs centres fixes sur un pivot, on les conçoit couchés sur un plan où ils éprouvent un certain frottement, la résistance produite par ce frottement, les empêchera de glisser vers les points A, N, qui agissent pour les attirer; en

même-temps cette force attractive peut être telle, que les fils de fer prennent la direction qu'ils auroient, s'ils étoient mobiles autour de leur centre. On seconde encore cet effet, en imprimant une légère secouffe au plan qui les soutient; car alors ils se détachent de ce plan, & prennent d'autant plus facilement les positions qu'exigent les attractions des points A, N, en sorte qu'ils retombent sur le plan, en formant la ligne courbe dont nous avons parlé. Si donc l'on imagine qu'on ait semé de la limaille de fer sur ce plan, les parcelles de cette limaille formeront une multitude de courbes rentrantes, & de portions de courbes, qui passeront toutes par les points A, N. La figure 49 peut donner une idée de cet assemblage de courbes.

Pour se procurer le spectacle amusant d'une pareille disposition, on pourra placer verticalement deux barreaux magnétiques, de maniere que leurs poles opposés soient tournés du même côté. On recouvrira ensuite les deux poles supérieurs avec un carton horizontal parsemé de limaille, & en imprimant de légères secouffes au carton, on verra naître toutes ces courbes, qui ont paru si merveilleuses, & ont tant excité l'étonnement des Physiciens, mais que la Théorie fait rentrer dans la classe des effets ordinaires du magnétisme.

160. Si l'aiguille dont nous avons parlé plus haut, eût été placée d'abord vers un point D (*fig.* 48), de manière que sa longueur dépassât de ce côté celle de l'aimant BC, on concevra que la courbe décrite par cette aiguille, en vertu des suppositions que nous avons faites (159), après avoir passé par le point A, formeroit une inflexion AE en sens contraire de l'arc DA; après quoi elle iroit passer par le point N, en formant l'arc AEN, au-delà duquel elle deviendroit une courbe rentrante du même genre que la courbe NAM. Observons que l'aiguille, au-dessous du point A, prend une nouvelle direction $b''a''$, opposée à la direction précédente $a'b'$. Ce renversement est une suite de l'attraction que le centre A de l'aimant exerce sur le pôle b de l'aiguille, & de sa répulsion par rapport au pôle a .

161. Dans tout ce que nous avons dit de la courbe décrite par le centre de cette aiguille, en vertu de l'action de l'aimant BC, nous avons supposé que cette action se combinait, avec les petites impulsions que l'on imprimoit à l'aiguille pour déranger son centre de sa position actuelle, mais que du reste l'aiguille étoit libre dans l'espace. Il n'en seroit pas de même d'une aiguille aimantée, que l'on transporterait successivement sur tous les points du globe terrestre, qui seroient dans le plan d'un même méridien. Il est évident

qu'alors le centre de l'aiguille étant forcé de décrire la circonférence de ce méridien, s'écarteroit continuellement de la courbe qu'il eût décrite, d'après les suppositions faites ci-dessus. Dans le même cas, la direction de l'aiguille ne seroit tangente au méridien, que dans les deux points où elle deviendroit parallèle à l'axe du noyau magnétique, c'est-à-dire, vers l'équateur. Par-tout ailleurs cette direction seroit tangente à la courbe que l'aiguille eût commencé à décrire, si elle fût partie de sa position actuelle, & que son mouvement eût été libre dans l'espace. Il suit delà, que si l'on suppose chacune de ces tangentes infiniment petite, elles formeront un polygone d'une infinité de côtés, dont chacun pourra être considéré, comme l'arc initial d'une portion de courbe AD^* , zy , &c., qui eût été décrite en vertu d'une position donnée de l'aiguille, le mouvement étant supposé libre dans l'espace. On conçoit, d'après ce qui a été dit plus haut, que si l'on transportoit l'aiguille à une certaine proximité de l'un ou l'autre des poles de notre globe, on verroit cette aiguille se renverser, en prenant une inclinaison & une direction opposées aux précédentes. De plus, le polygone, à ce même point, commenceroit à former une nouvelle branche inclinée en sens contraire de la partie adjacente. Cette

inclinaiſon iroit en diminuant , par rapport à l'axe du globe , juſqu'au pôle , où la branche ſeroit dans le prolongement du même axe. Remarquons encore , qu'au point où l'aiguille ſe renverſeroit , ainſi que dans les points voiſins , l'intenſité de la force magnétique , relativement à cette aiguille , ſeroit peu ſenſible , de manière que l'aiguille , dérangée de ſa poſition , n'oſcille-roit que très-lentement , & pourroit même reſter ſtationnaire , pendant quelques inſtans , dans une direction quelconque qu'on lui auroit fait prendre.

162. Les deux centres d'action du noyau magnétique de notre globe , étant à une diſtance que l'on peut regarder preſque comme infinie , par rapport à une aiguille de bouſſole placée ſur la ſurface de la terre ; il en réſulte que les directions de ces actions ſont entr'elles , comme nous l'avons dit (note du n^o. 152), des angles infiniment petits , & doivent être cenſées parallèles , même relativement à différentes aiguilles ſituées ſur divers points de notre globe. De là on conclura encore que les forces exercées par les mêmes centres , ſont ſenſiblement conſtantes , même ſur un eſpace d'une certaine étendue , pourvu qu'on ne s'approche pas trop des pôles. Un des plus ūrs moyens que l'on puiſſe employer , pour vérifier ce point de Théorie ,

consiste à compter les oscillations que fait une bonne aiguille de boussole, dans un temps déterminé. Si les nombres de ces oscillations se trouvent égaux dans plusieurs lieux différens, on en infère que les forces magnétiques du noyau sont constantes à l'égard des mêmes lieux. C'est ainsi que M. le Chevalier de Borda, de l'Académie des Sciences, a trouvé, par des observations faites d'abord à Brest, à Cadix, à Teneriffe, à Gorée sur la côte d'Afrique, & ensuite à Brest & à la Guadeloupe, que l'intensité de la force exercée par le noyau magnétique sur une aiguille aimantée, étoit sensiblement la même dans ces différens endroits.

163. Si la supposition de l'existence du noyau dont il s'agit, est conforme à la vérité, il en résulte qu'une verge de fer située d'une certaine manière, doit devenir un aimant, en vertu de l'action de ce noyau (104). Or, les Physiciens savent que cela arrive ainsi, & qu'en général, une verge de fer que l'on dirige dans une position, soit oblique, soit perpendiculaire à l'horizon, donne en peu de temps des signes plus ou moins marqués de magnétisme; en sorte que si l'on fait l'expérience, par exemple, entre l'équateur & le cercle polaire arctique, l'extrémité inférieure de la verge repousse le pôle boréal d'une aiguille aimantée, & attire le pôle austral :

le contraire a lieu vers le point opposé du globe, & ces effets sont une fuite nécessaire des principes établis. Car, en supposant que l'on fasse l'expérience dans nos contrées, le pôle boréal de l'aiguille est dans un état de magnétisme contraire à celui du pôle correspondant du noyau. D'une autre part, l'action de ce dernier pôle communique à l'extrémité inférieure de la verge un magnétisme contraire au sien, d'où il suit que le pôle inférieur de la verge, & le pôle nord de l'aiguille, étant des pôles de même nom, doivent se repousser, tandis que le même pôle de la verge doit attirer le pôle boréal de l'aiguille (108).

164. L'observation fait voir encore que la quantité de vertu magnétique, que le globe terrestre communique à une verge de fer, varie suivant les positions que l'on donne à cette verge, & que de plus, il y a telle position où la verge ne reçoit aucune vertu. Pour expliquer ces différens faits, concevons que A (*fig. 50*), soit le pôle positif du noyau magnétique de notre globe, & B son pôle négatif, & que les actions de ces deux pôles soient concentrées dans les points M, N. Cherchons la direction & la quantité de cette double action sur une molécule O de fluide, placée au-dessus de la surface du globe terrestre. Il est clair que cette molécule est repoussée par

l'action du point M, suivant la direction MO, & attirée par l'action du point N, suivant la direction ON. Représentons par OR la quantité de la répulsion, & par OS celle de l'attraction. Ayant terminé le parallélogramme ORPS, on voit que la molécule O sera sollicitée à parcourir la diagonale OP, dans le même temps qu'elle auroit employé à se mouvoir sur l'un ou l'autre des côtés OR, OS. La ligne OP représentera donc la résultante de l'action des deux poles A, B.

165. Imaginons maintenant une verge de fer, située de maniere que sa longueur soit dans la direction OP. Il est clair que le fluide renfermé dans cette verge sera repoussé de O vers P; en sorte que l'extrémité O deviendra négative, & l'extrémité P positive. Supposons que la verge eût pris une autre direction OI (*fig. 52*), qu'il faut concevoir, comme s'écartant du plan MON (*fig. 50*), dans lequel est la ligne OP. Pour représenter l'action des deux poles du noyau magnétique, relativement à la position actuelle de cette verge, observons que la force exprimée par OP, se décompose en deux autres, l'une PD ou OH, (*fig. 51*), perpendiculaire sur OI; l'autre OD, qui coïncide avec cette dernière ligne. De ces deux forces, la première ne contribue pas sensiblement au magnétisme de la verge, parce qu'elle s'exerce dans le sens de l'é-

paiffeur de cette verge, que l'on fuppofe être peu confidérable. L'autre force représentée par OD, agira, au contraire, avec une certaine intensité, & cette action fera telle, que l'extrémité O deviendra négative, & l'extrémité D positive; & comme l'on a OD plus petite que OP, la vertu communiquée à la verge, fera moindre que dans le cas précédent.

Enfin, concevons que l'on eût placé la verge de maniere qu'elle fît un angle plus ouvert avec OP, & qu'en même-temps elle reflât dans le même plan vertical fur lequel se trouve la ligne OD: foit OZ la direction de la verge, dans ce troisieme cas, cette ligne étant censée s'abaisser au-deffous de la direction OD. Alors la partie OX qui représente l'action des poles, pour communiquer le magnétisme à cette verge, se trouvant encore diminuée, la verge fera dans un cas encore moins favorable, & n'acquerra pas autant de vertu que quand elle avoit la position OD.

En général, plus l'angle formé par l'incidence de la verge fur la ligne OP sera ouvert, plus auffi la partie de l'action des poles qui s'exerce fuivant la longueur de la verge sera petite, & plus par conséquent le magnétisme communiqué à la verge, ira en décroiffant.

Il fuit delà que le cas où la verge, que l'on fuppofe, rester dans le même plan vertical, reçoit le *maximum* de magnétisme, est celui où l'angle

dont on vient de parler, est le plus petit possible. Or, si l'on mène du point P une perpendiculaire sur le plan où se trouve la verge; en sorte que cette perpendiculaire soit, par exemple, la ligne PD, & si l'on joint les points O, D, par une droite, la direction OD sera celle où le *maximum* de magnétisme aura lieu. Car, alors la ligne PD qui représente la force nulle, étant la plus petite possible, la ligne OD qui exprime la force réelle, sera plus longue que dans toute autre position de la verge.

A mesure que la direction de la verge s'écartera de la position OD, que nous avons vue être la plus favorable, & passera à d'autres positions telles que OZ, en restant toujours néanmoins dans le même plan vertical, l'angle de la nouvelle direction avec OD augmentera, & il y aura un point où cet angle deviendra droit, comme DOY. Or, la force des deux poles représentée par OD, s'exerce alors toute entière, suivant l'épaisseur de la verge; & par conséquent ce cas est celui où le magnétisme communiqué à la verge est à son *minimum*.

166. Il y a donc, relativement à chaque plan vertical, une position qui donne le *maximum* du magnétisme acquis par la verge. C'est celle qui coïncide avec la direction OD de la force OP, rapportée au plan dont il s'agit.

Il y a une autre position qui donne le *minimum* de magnétisme : c'est celle qui est dirigée perpendiculairement à OD. Entre ces deux positions, on en conçoit une infinité d'intermédiaires, dans lesquelles la force du magnétisme varie, en se rapprochant plus ou moins de l'un ou l'autre des extrêmes.

167. Mais de plus, parmi tout les plans verticaux possibles, il y en a un où la verge située de la manière la plus favorable, relativement à toutes les autres directions qui peuvent avoir lieu dans ce même plan, acquerroit un degré de magnétisme plus considérable que dans tout autre plan; & l'on conçoit aisément que ce plan est celui dans lequel se trouvent les lignes MO, NO (*fig. 50*), & que la direction la plus avantageuse pour la verge, est celle de la ligne OP, qui représente la résultante des forces exercées par les centres d'action du noyau magnétique.

C'est dans ce plan que se dirige toujours une aiguille aimantée, suspendue librement. On lui a donné le nom de *Méridien magnétique*; & l'on appelle *Équateur magnétique*, le plan qui divise le noyau en deux hémisphères, dont l'un seroit tout entier dans l'état positif, & l'autre, tout entier dans l'état négatif. Si le fluide étoit uniformément distribué dans le noyau, en sorte que son centre magnétique se confondît avec le

centre de notre globe , il est clair que l'équateur magnétique ne feroit point distingué de l'équateur terrestre. De plus , la déclinaison feroit nulle pour tous les lieux de la terre ; car le noyau magnétique pourroit être censé réduit dans ce cas à un simple fil , dirigé suivant l'axe du globe ; d'où il suit qu'il produiroit par rapport à une aiguille aimantée , mobile sur un pivot vertical au-dessus de la surface de la terre , les mêmes effets qu'un fil d'acier aimanté , à l'égard d'une aiguille dont le support feroit situé dans le même plan vertical que l'axe de ce fil. Or , il est évident que la direction de l'aiguille coïncideroit avec ce plan. Il suit de là que , dans la supposition présente , le méridien magnétique se confondroit toujours avec le méridien du lieu. Quant à l'inclinaison de l'aiguille , elle existeroit nécessairement , dans la même hypothèse , excepté à l'équateur , où elle feroit absolument nulle ; elle croîtroit par degrés depuis l'équateur jusqu'aux poles , où l'aiguille prendroit une direction qui feroit dans le prolongement de l'axe de la terre.

Mais il paroît , comme nous l'avons déjà dit , que la distribution du fluide se fait irrégulièrement dans l'intérieur du noyau magnétique ; en sorte que ses centres d'action ne sont pas situés exactement sur l'axe de notre globe , ni à des distances égales de son centre. Or , par une suite

nécessaire de cette déviation ; 1^o. ce n'est point à l'équateur que l'inclinaison est nulle , parce qu'une aiguille dont le support seroit situé dans le plan de ce cercle , ne peut avoir ses deux poles également attirés & repoussés dans le sens horizontal , par les centres d'action du noyau magnétique , qui sont à des distances inégales de ces mêmes poles. 2^o. Les lieux où l'inclinaison est nulle , ne forment point une courbe réguliere dont tous les points seroient situés dans le même plan. Car , à cause de la distribution inégale du fluide , l'aiguille transportée successivement à différens endroits du globe , s'approche & s'écarte tour à tour de certaines parties du noyau , dans lesquelles le fluide est plus dense ou plus rare qu'il ne devoit l'être , & par conséquent les points où elle cesse de décliner , se trouvant tantôt au-delà , & tantôt en-deçà de ceux où le même effet auroit lieu , dans le cas d'une distribution uniforme ; la courbe qui en résulte , forme des especes d'inflexions ou d'ondulations en différens sens. 3^o. Les centres d'action n'étant pas situés sur l'axe du globe , ainsi que nous l'avons observé ; il s'ensuit que l'aiguille transportée sur différens points de la surface de la terre , doit s'écarter du méridien du lieu , suivant l'angle que fait avec ce méridien la ligne qui joint les centres d'action. 4^o. Il y aura cependant certains points où la déclinaison sera nulle ;

favoir, ceux à l'égard desquels les différentes densités des portions de fluide répandues inégalement dans les deux hémisphères du noyau, combinées avec les distances de ces portions de fluide aux deux poles de l'aiguille, seront telles, que la résultante de toutes les forces du noyau sur l'aiguille, passera par le plan du méridien; en sorte que par rapport aux lieux dont il s'agit, les centres d'action du noyau se trouveront accidentellement sur l'axe du globe terrestre. Mais tous ces points, ainsi que ceux où la déclinaison seroit d'un nombre déterminé de degrés, ne pourront former aucunes courbes régulières, tant à cause de la position, en général oblique, de la ligne qui joint les centres d'action, que de la variation continuelle à laquelle ces centres sont soumis, par la raison que nous avons exposée plus haut.

168. Il y a donc, pour chaque lieu du globe, un méridien magnétique particulier, dont la position change un peu, relativement au même lieu, tant par l'effet d'une déviation continue, qui paroît provenir de la mobilité du fluide renfermé dans l'intérieur du noyau, que d'une autre variation passagère qui tient à des causes extérieures & locales, ainsi que nous l'avons déjà dit. Par exemple, le premier Janvier 1784, une aiguille aimantée, suspendue dans les caves

de l'Observatoire, déclinait de 21^{d} , $41'$, $8''$ vers l'ouest. Mais cette déclinaison diffère d'une certaine quantité d'avec celle qui avoit été observée précédemment ; & il y a tout lieu de croire qu'elle subira par la suite de nouveaux changemens.

169. On voit, par ce qui précède, qu'il n'est pas nécessaire d'avoir aucun aimant, soit naturel, soit artificiel, en sa disposition, pour faire prendre à une verge de fer, dans l'état naturel, un certain degré de magnétisme. Il suffit de disposer cette verge de manière, que les forces des centres d'action du noyau magnétique de notre globe puissent déplacer le fluide, en le faisant mouvoir d'une extrémité vers l'autre. La position la plus avantageuse est celle qui coïncide avec la direction que prendroit d'elle-même une aiguille aimantée & mobile sur son centre. Au bout d'un certain temps, la verge donnera des signes marqués de magnétisme. Ceci rend raison de certains effets, qui ont dû causer d'abord beaucoup de surprise, tels que le magnétisme qu'acquerent naturellement les barres de fer qui ont une position constante au haut des édifices. Une des premières observations de ce genre dont on ait parlé, est celle que fit Gassendi, au sujet de la tige qui soutenoit la croix du clocher de S.

Jean d'Aix en Provence. Cette observation a été répétée depuis sur d'autres tiges semblables.

170. M. Æpinus cite un autre fait encore plus curieux, que chacun peut vérifier, à l'aide d'une expérience facile. Ayez une verge de fer mou AB (*fig. 52*), & tenez-la pendant un instant dans une position où l'action du globe puisse lui communiquer un certain degré de magnétisme. Si vous présentez une aiguille aimantée *sn*, successivement aux deux extrémités de la verge, en maintenant celle-ci parallèle à elle-même, vous observerez que l'extrémité inférieure B attire le pôle austral *s* de l'aiguille, & que l'extrémité supérieure A repousse le même pôle, (108). Renversez alors la verge, de manière que l'extrémité A prenne la place de l'extrémité B, & réciproquement; puis répétez l'expérience. Vous aurez des résultats contraires, c'est-à-dire, que A repoussera le pôle *s* de l'aiguille, & que B l'attirera. Ce changement subit qui s'opère dans l'état de la verge, a paru merveilleux aux Physiciens qui en ont été les premiers spectateurs. Mais on en conçoit aisément la raison, d'après ce qui a été dit, puisque la verge ayant acquis, par sa première position, un certain magnétisme, mais léger & en quelque sorte fugitif, doit le perdre à l'instant, pour passer au magnétisme

opposé , auffi-tôt qu'on l'a dirigée dans une position inverfe , à l'égard des poles du noyau magnétique de notre globe.

Il eft prefqu'inutile de remarquer , que fi l'on place un barreau de fer dur dans une fituation convenable , il acquerra plus difficilement la vertu magnétique qu'un barreau de fer mou , mais la confervera auffi plus long-temps ; en forte que fi l'on renverfe fa position , il paſſera beaucoup plus lentement à l'état contraire.

171. Les obſervations précédentes ont fourni aux Phyficiens des moyens pour communiquer à des barreaux d'acier trempé le plus haut degré de magnétisme dont ils fuſſent ſuſceptibles , ſans avoir préalablement , ſous la main , aucune eſpece d'aimant , ſoit naturel , ſoit artificiel. Il ne s'agit que de faire prendre d'abord à des barreaux de fer mou , un commencement de magnétisme , en les plaçant d'une manière convenable , relativement au méridien magnétique du lieu : on emploie enfuite ces barreaux , pour en aimanter d'autres plus durs , par la méthode du double contact ; ces derniers font à leur tour la même fonction , par rapport à d'autres barreaux , qui ont le degré de trempe requis pour les aimans artificiels ordinaires. On parvient ainſi à conduire , dans ces différens barreaux , la vertu magnétique , par des accroiffemens ſucceſſifs , à

son *maximum*. Nous n'entrerons pas dans le détail de ces procédés, que chacun peut varier à son gré, en se dirigeant d'après les principes de la Théorie.

172. Mais nous ne devons point passer sous silence un moyen indiqué par M. *Æpinus*, pour seconder, à l'égard des premiers barreaux de fer, l'action du magnétisme terrestre. Au lieu de disposer simplement ces barreaux dans les directions dont nous avons parlé, on peut, en même-temps qu'on les tient dans une direction verticale, les frapper à coups redoublés, à l'aide d'un marteau. Les secouffes imprimées aux barreaux par ces percussions, occasionnent dans leur masse une espèce de vibration générale, qui déplace un peu leurs particules, les écarte les unes des autres, & donnant par-là plus de jeu au mouvement du fluide magnétique, facilite l'action des forces du globe, pour refouler ce fluide d'une extrémité des barreaux vers l'autre.

173. C'est probablement en vertu d'un Mécanisme semblable, que l'on parvient à aimanter des aiguilles qui sont encore dans l'état naturel, ou à renverser leurs poles, si elles étoient déjà aimantées, en leur faisant subir une forte commotion électrique. La foudre est capable de produire le même effet sur une verge de fer qui en seroit frappée; & cette cause peut concourir

avec la direction des tiges qui soutiennent les croix des clochers , pour produire dans ces tiges le magnétisme dont nous avons parlé plus haut.

174. M. Æpinus a éprouvé encore , que l'action du feu fournissoit un moyen d'augmenter sensiblement la vertu des aimans naturels. Ce Physicien ayant fait rougir sur un brasier , des aimans de ce genre , & les ayant laissés refroidir , observa , qu'à la vérité , ils avoient perdu presque tout leur magnétisme. Mais les ayant ensuite placés entre deux barreaux d'acier fortement aimantés , il trouva , après les avoir retirés au bout d'un quart-d'heure , ou d'une demi-heure , qu'ils avoient acquis un degré de vertu beaucoup plus considérable que celui dont ils étoient doués d'abord.

175. Il se présente ici une difficulté qui paroît très-forte , & dont on ne voit pas d'abord que la Théorie puisse fournir la solution. « Si l'action du noyau magnétique de notre globe , est capable , dira-t-on , de communiquer au fer une vertu si sensible , elle devoit aussi exercer une certaine attraction sur ce métal , comme cela a lieu , par rapport aux aimans que nous employons dans nos expériences. Un exemple choisi entre plusieurs que l'on pourroit citer , servira à mettre la difficulté dans tout son jour. Placez une verge aimantée sur une lame de bois ou de liége , de maniere qu'elle nage à fleur

d'eau dans un vase d'une largeur suffisante. La verge se dirigera dans le plan du méridien magnétique ; & il paroît de plus , que si l'on fait l'expérience , par exemple , entre l'équateur & le pole du nord , cette verge doit s'avancer vers le bord du vase qui sera tourné vers le même pole , comme cela arriveroit , si l'on plaçoit à une certaine distance , un aimant , même foible , dans la position convenable. Cependant la verge , quoiqu'elle se dirige , comme on l'a dit , quoiqu'elle eût pu même , suivant la Théorie , emprunter du noyau supposé , la vertu nécessaire pour que cette direction ait lieu , ne fera aucun mouvement pour s'approcher des bords du vase. N'est-ce pas une contradiction , de prétendre que ce noyau agisse à la maniere des aimans ordinaires sur le fer dans l'état naturel , ou sur le fer déjà aimanté , pour faire passer l'un à l'état de magnétisme , & diriger l'autre du midi au nord ; tandis qu'il semble avoir perdu ses propriétés , dès qu'il s'agit de produire la moindre attraction sensible sur les mêmes corps » ?

On ne dira pas , pour résoudre l'objection , que le noyau magnétique du globe , quoique d'un volume considérable , n'a qu'une très-petite force. Car cette réponse est détruite par le fait du magnétisme communiqué au fer , à une très-grande distance , en vertu de la seule action d'

noyau. Voici une autre solution d'autant plus satisfaisante, qu'en faisant évanouir la difficulté, elle donne une nouvelle solidité aux bases sur lesquelles porte la Théorie.

Soit cd (*fig. 53*), une verge de fer non-aimantée : concevons que l'on place un aimant A , à une petite distance de cd , & autre aimant B très-vigoureux, à une très-grande distance de la même verge. Supposons que g, n , soient les poles positifs, & h, f , les poles négatifs. Il est clair que la quantité de fluide de chaque aimant, étant la même que la quantité naturelle (96), ces aimans agissent par-tout dans la direction xc , comme étant dans l'état positif. Concevons les actions relatives à cet état, comme concentrées dans les points a, b , & considérons celle de chaque aimant sur une molécule placée vers l'extrémité d de la verge cd . Cette action tend à chasser la molécule de d vers c , & par conséquent à communiquer le magnétisme négatif à l'extrémité d , & le magnétisme positif à l'extrémité c . Or, les forces étant en raison inverse du quarré de la distance (152), celle de l'aimant B pourra être représentée par la fraction $(\frac{1}{ld})^2$, & celle de l'aimant A , toutes choses égales d'ailleurs, par la fraction $(\frac{1}{de})^2$, les quantités $(ld)^2$ & $(de)^2$, exprimant ici les quarrés des distances.

Évaluons maintenant les attractions des aimans, pour faire avancer la verge cd dans la direction cx . Pour que ces attractions produisent quelque effet, il faut que l'aiguille cd soit déjà elle-même un aimant, dont d fera le pôle négatif, & c le pôle positif. Or, l'action de chacun des aimans tend à attirer le pôle d & à repousser le pôle c . Les effets produits seront donc ici en raison des différences entre les deux actions de chaque aimant sur les pôles d , c . Mais l'action de l'aimant A sur le pôle d , étant toujours $(\frac{1}{de})^2$, son action sur le pôle C sera $(\frac{1}{ce})^2$, & la différence de ces deux fractions exprimera l'effet total de l'aimant pour attirer la verge cd . On concevra de même que l'effet de l'aimant B , pour attirer la même verge, doit être représenté par la différence des deux fractions $(\frac{1}{ld})^2$, $(\frac{1}{lc})^2$, dont la première exprime la force attractive, & la seconde la force répulsive.

On fait que plus le dénominateur d'une fraction est grand, son numérateur restant le même, & plus cette fraction est petite. Or, les deux dénominateurs $(ld)^2$, $(lc)^2$, sont incomparablement plus grands que les dénominateurs $(de)^2$, $(ce)^2$, d'où il suit que les fractions $(\frac{1}{ld})^2$, $(\frac{1}{lc})^2$, sont aussi incomparablement plus petites que les fractions

fractions $(\frac{1}{de})^2$, $(\frac{1}{ce})^2$. Donc la différence de ces dernières, en supposant l'aimant B à une distance immense, sera presque nulle par rapport à la différence entre les premières (a).

On voit par cet exposé, que les forces communicatives des deux aimans sont exprimées par de simples fractions, & leurs forces attractives par des différences de fractions. Les résultats auxquels conduisent ces deux sortes d'expressions, sont eux-mêmes très-différens; en sorte que l'action de l'aimant B, pour attirer l'aiguille *cd*, se trouve presque infiniment petite à l'égard de celle qu'exerce l'aimant A pour produire le même effet, tandis qu'au contraire, l'action de l'aimant B, pour communiquer le magnétisme à la verge *cd*, est encore très-comparable à l'action analogue de l'aimant A.

176. La force des poles du même noyau magnétique est susceptible pareillement de faire

(a) Les dénominateurs $(ld)^2$, $(lc)^2$, différent plus entr'eux que les dénominateurs $(de)^2$, $(ce)^2$, ce qui tend à rendre la différence entre les deux fractions $(\frac{1}{ld})^2$, $(\frac{1}{lc})^2$, plus grande que celle des deux autres fractions. Mais la compensation qui résulte de l'extrême petitesse des dénominateurs, rend presque nul l'effet de la différence dont il s'agit.

prendre à une aiguille aimantée la direction du nord au sud, quoique leur force attractive soit comme nulle. Concevons que cd (*fig. 54*), représente une aiguille aimantée, mobile sur son centre o , & écartée par une force extérieure quelconque de la direction rs de son méridien magnétique. Soit b le point dans lequel seroit concentrée la force d'un aimant très-éloigné de l'aiguille, cette force étant toujours supposée être positive. Soit c le pôle positif de l'aiguille, & d son pôle négatif. La force b agit sur le pôle c , suivant la direction bc qui se confond sensiblement avec zc , parallèle à bo , à cause de la grande distance. Soit nc la quantité de cette action. La même force b agit sur le pôle d , suivant la direction db ou dx parallèle à bo ; soit fd la quantité de cette action. La première action nc se décompose en deux, l'une suivant cl , qui est détruite par la résistance du point o , l'autre suivant nl , qui seule contribue à ramener l'aiguille sur son méridien rs . Pareillement l'action fd se décompose en deux, l'une suivant dg , & nulle dans le cas présent; l'autre suivant fg , qui seule doit être considérée. On voit par-là que les deux actions de l'aimant b sur les poles de l'aiguille, conspirent à produire le même effet, en sorte que leur somme exprime la quantité de cet effet. Or, à une très-grande distance, la somme dont il

s'agit peut être encore très-appréciable , comme celle qui exprime la force communicative de l'aimant. Au contraire , la force attractive , comme nous l'avons vu (175) , n'est exprimée que par la différence des deux actions de l'aimant sur les poles de l'aiguille , différence qui est censée infiniment petite à une distance immense. Il n'est donc pas étonnant que le noyau magnétique de notre globe exerce une force directive très-sensible sur une aiguille aimantée , tandis qu'il ne donne aucun signe de force attractive , relativement à la même aiguille.

Remarquons , en finissant , que les différences entre les forces communicative & directive d'une part , & la force attractive de l'autre , sont bien plus grandes dans l'hypothese de la raison inverse du quarré des distances , que dans celle du rapport inverse des simples distances ; ce qui confirme les résultats obtenus par M. Coulomb , pour prouver que le fluide magnétique suit la premiere des deux loix que nous venons de citer.

VII. Des aimans naturels , & des mines de fer renfermées dans l'intérieur du globe.

177. La force magnétique du noyau qui occupe le milieu du globe terrestre , exerce

continuellement sur les mines de fer situées autour de lui, à une certaine distance, une action semblable à celle qui a lieu, par rapport aux verges de fer que nous disposons à la surface, dans des situation convenables (169). Si ces mines de fer sont propres, par leur nature, à recevoir facilement la vertu magnétique, & que leur position seconde la communication de cette vertu, elles formeront des mines d'aimant, dont les différens morceaux, après avoir été retirés du sein de la terre, auront deux poles, & feront susceptibles de prendre la même direction que les aiguilles magnétiques.

178. L'aimant se trouve en masses dans l'intérieur de plusieurs montagnes, en Sibérie, en Dalécarlie, en Norvege, dans le Devonshire, province d'Angleterre, &c. Ces masses, d'après la Théorie, doivent avoir, en général, leurs poles dans des états opposés à ceux du noyau magnétique, vers lesquels ces mêmes poles sont tournés, en forte, par exemple, que le pole, qui dans le sein de la terre étoit le plus voisin du nord, fera encore le pole boréal, après l'extraction de la mine (163). Mais il est possible aussi que parmi les morceaux détachés d'une même masse d'aimant, quelques-uns aient leur poles dans des situations renversées. C'est ce qui arriveroit, suivant M. *Æpinus*, si la masse avoit

plusieurs points conséquens (III), & que les ruptures eussent été faites entre les limites des parties, alternativement aimantées en plus & en moins. Car, soit AN (*fig. 55*), une masse qui ait sa partie AB dans l'état positif, sa partie BG dans l'état négatif, & ainsi de suite. Si l'on coupe cette masse en trois fragmens AC, CD, DN, on voit que la partie négative CD se trouvera adjacente à celle de AC, & qu'ainsi les poles de ces deux fragmens seront situés en sens contraire les uns des autres. C'est à l'observation à décider si ce cas, dont la Théorie fait voir la possibilité, existe réellement dans la nature.

179. On conçoit assez facilement, d'après ce qui vient d'être dit, l'origine de la vertu magnétique, dont plusieurs mines de fer se trouvent douées naturellement, sur-tout si l'on fait attention que ces mines ont pu être exposées pendant une longue suite d'années à l'action du noyau magnétique. Mais on demandera pourquoi toutes les mines de fer ne manifestent pas au moins un certain degré de magnétisme. Car il y en a qui sont simplement attirables à l'aimant, sans offrir aucune apparence de poles, telles que les mines de fer octaëdre de Falun en Dalécarlie, de l'île de Corse, &c. La mine de l'île d'Elbe, en cubes incomplets dans leurs angles solides; celle de Framont dans les Vosges, en pyramides exaëdres

naissantes , opposées bâte à bâte , &c. Les Minéralogistes ont désigné ces mines sous le nom de *Ferrum retractorium* , pour les distinguer de la mine d'aimant , qu'ils appellent *Ferrum attractorium*.

180. De plus , on trouve une grande quantité de mines de fer sur lesquelles le barreau aimanté n'a aucune action sensible , même lorsqu'elles sont réduites en parcelles. De ce nombre sont les concrétions ferrugineuses produites par l'action de l'eau , les mines de fer hépatiques & limoneuses , qui n'ont qu'un aspect mat & terreux , &c. Les Minéralogistes ont nommé toutes ces mines , *Ferrum refractarium*.

181. Pour résoudre la question proposée , il faut regarder d'abord , comme un principe , qu'il n'y a que les corps où le fer est à l'état métallique , qui puissent posséder les propriétés de l'aimant. En second lieu , si le fer , en le supposant à l'état de métal , est combiné avec d'autres substances qui le minéralisent (a) , le mélange de celles-ci pourra

(a) On dit d'une substance métallique , qu'elle est *minéralisée* , lorsqu'elle se trouve intimement unie avec une autre substance qui altere plus ou moins les propriétés dont elle jouissoit dans l'état de pureté. Par exemple , un métal ainsi combiné avec son minéralisateur , n'est plus malléable , ou l'est beaucoup moins

s'opposer plus ou moins au déplacement nécessaire du fluide, soit pour que le fer se convertisse en aimant, soit pour qu'il devienne simplement attirable à l'aimant.

Cela posé, il est clair qu'aucune des mines citées en dernier lieu, ne peut acquérir, ni par son séjour dans le sein de la terre, ni à l'aide de nos procédés artificiels, les propriétés magnétiques. Car ces mines ne sont formées que d'une chaux de fer, qui a besoin d'être traitée chimiquement, pour que le métal soit revivifié (a), & devienne susceptible de magnétisme. Il n'y a donc nulle difficulté par rapport aux mines dont il s'agit.

182. A l'égard des autres, qui ont le brillant métallique, comme celles des îles d'Elbe & de Corse, ce n'est pas un fer pur, ou un fer natif, suivant l'expression des Minéralogistes. L'existence du fer, dans ce dernier état, est encore un problème, & quand elle seroit avérée, le fer

qu'auparavant, comme cela arrive au fer minéralisé par le soufre dans la pyrite.

(a) Revivifier un métal, c'est le ramener de l'état terreux sous lequel il se présentoit, à celui de métal, proprement dit. C'est ainsi que la rouille, qui n'est qu'une chaux de fer, reprend, à l'aide d'une opération de Chimie, le brillant & les autres propriétés métalliques.

natif paroîtroit devoir être rare dans la nature , puisqu'on ne cite qu'un petit nombre d'endroits où l'on prétende en avoir trouvé. Ce métal , dans les mines ordinaires attirables à l'aimant , est minéralisé par des principes particuliers que la Chimie n'a pas encore déterminés. De plus , quelques-unes de ces mines , quoiqu'elles présentent l'aspect métallique , sont composées , en très-grande partie , de chaux de fer mélangée d'une petite quantité de métal , qui masque , en quelque sorte , cette chaux par le brillant qu'il répand sur elle. Telle est la mine de l'île d'Elbe , que l'on croiroit , au premier coup-d'œil , abondante en métal tout formé , mais qu'il suffit de limer , pour la réduire presque toute entière en une poudre rougeâtre & onctueuse , semblable à celle de certaines hématites.

Il n'est donc pas étonnant qu'il y ait tant de mines de fer qui se refusent au magnétisme que l'action du globe tend à leur communiquer. Aussi , quoique plusieurs de ces mines aient une action marquée sur l'aiguille aimantée , il est rare que l'on parvienne à leur faire prendre la vertu magnétique , en les frottant avec un aimant , ou en les plaçant , pendant quelque temps , entre deux barreaux fortement aimantés. J'ai fait d'inutiles efforts pour communiquer même un léger degré de vertu à des octaèdres de fer , de la

mine de Falun en Dalécarlie , dont l'axe avoit près d'un pouce. J'ai pris une lame de fer spéculaire de la mine de Bitsberg , située au même pays : cette lame a deux pouces & demi dans sa plus grande dimension ; un de ses angles repouffoit naturellement le pole sud d'un barreau aimanté , & attiroit le pole nord. Mais cette action étoit foible & resserrée dans un petit espace. Car tous les autres angles de la lame attiroient indifféremment les deux poles du barreau , & ces attractions n'avoient non plus qu'une énergie peu sensible. J'ai essayé d'aimanter cette lame par la méthode corrigée du double contact , & elle n'a pas donné plus de signes de magnétisme qu'auparavant.

On conçoit , d'après ces expériences , comment il peut arriver que , parmi les mines de fer répandues dans l'intérieur du globe , il n'y en ait que quelques-unes qui se prêtent à l'action communicative du noyau magnétique. L'impuissance de l'art nous fournit ici un terme de comparaison pour juger du peu d'effet que doivent produire les forces de la nature , par le défaut de circonstances propres à en seconder l'application.

183. Avant de finir , nous ne devons pas omettre une conjecture de M. Æpinus sur la cause des variations de l'aiguille aimantée. Ce

Physicien présume que ces variations pourroient bien être dues, en grande partie, ou même en totalité, à la force perturbatrice des mines d'aimant, dont l'action détourneroit sans cesse l'aiguille de la direction qu'elle eût prise, proportionnellement aux latitudes, si le noyau magnétique agissoit seul sur elle. Car d'un côté, la quantité de ces mines varie sans cesse, soit par l'exploitation qui s'en fait, soit par l'addition de celles qui se forment naturellement, avec le temps : d'une autre part, l'action continuée du noyau magnétique, augmente successivement l'intensité de la vertu acquise par les mines d'aimant. Enfin, les ruptures occasionnées par les tremblemens de terre, & autres accidens semblables, peuvent déplacer des masses considérables d'aimant, & produire ainsi des changemens dans leur manière d'agir sur l'aiguille. Ce soupçon paroît être confirmé par certaines relations, où nous lisons qu'à la suite d'un violent tremblement de terre, les aiguilles aimantées avoient subi tout-à-coup des déviations sensibles. Si la conjecture étoit fondée, ce seroit en vain qu'on se flatteroit de pouvoir déterminer, à l'aide du temps, la loi que suivent les variations de position qu'on observe dans l'équateur magnétique, ainsi que dans les méridiens magnétiques des différens lieux de la

terre , puisque ces variations dépendroient d'une cause qui ne seroit assujétie à aucune regle constante dans sa maniere d'agir. Au reste , on voit combien seroit intéressante une suite de bonnes observations faites dans la vue de jeter du jour sur ce point de Théorie. Il seroit à souhaiter encore que les Minéralogistes Voyageurs , qui rencontreroient des mines d'aimant , observassent la direction qu'avoient dans le sein de la terre , les poles des différens morceaux détachés de ces mines , & qu'ils présentassent même au barreau aimanté , les mines de fer en minerai , quelles qu'elles fussent , immédiatement après leur extraction , pour éprouver si elles n'auroient pas alors un certain degré de magnétisme naturel , mais susceptible de se dissiper en peu de temps , comme celui que nous communiquons au fer mou , qui le laisse échapper aussi facilement qu'il l'avoit acquis. Les Sciences ne feront de progrès réels , que quand on saura ainsi les associer les unes aux autres , les faire marcher de concert , & réunir , dans une même recherche , plusieurs points de vue dont l'ensemble répande des traits de lumiere , toujours perdus pour l'homme borné à la considération des détails isolés.

Additions à faire.

Page 83, après la note, *ajoutez* : Suivant M. Priestley, (Hist. de l'Électricité, Tom. II, pag. 37), l'expérience dont il s'agit ici, fut imaginée par MM. Wilke & Æpinus. Mais il paroît plutôt que l'idée en est due à M. Æpinus seul, & que ce Savant, après l'avoir communiquée à M. Wilke, travailla avec lui à constater une découverte d'autant plus belle, qu'indépendamment du jour qu'elle devoit répandre sur la Théorie, elle étoit le fruit de la réflexion, & avoit été suggérée à son Auteur par les principes même de cette Théorie. La lame d'air se trouvant renfermée entre deux grandes planches garnies de fer blanc; l'une de ces planches passa à l'état négatif, tandis qu'on électrisoit l'autre positivement, & la démonstration fut complète, lorsque M. Æpinus, ayant touché à la fois les deux planches, ressentit une commotion semblable à celle de l'expérience de Leyde.

Page 190, après la note, *ajoutez* : Je dois dire cependant que M. Æpinus s'exprime plus positivement, page 38, que dans d'autres endroits de son Ouvrage, & y incline en faveur de la raison inverse du quarré des distances, mais sans alléguer d'autre preuve que l'analogie.



