

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Singer, George John (1786-1817)
Auteur(s) secondaire(s)	Thillaye, L.J.S. (17..-18..)
Titre	Élémens d'électricité et de galvanisme
Adresse	Paris : Bachelier, 1817
Collation	1 vol. (VIII-XXXVI-655-[1] p.-5 f. de pl.) ; 21 cm
Nombre de vues	666
Cote	CNAM-BIB 8 Ca 237
Sujet(s)	Électricité -- Histoire -- 18e siècle
Thématique(s)	Énergie
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	01/02/2000
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/003292029
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8CA237

G. Lamey

ÉLÉMENS
D'ÉLECTRICITÉ
ET
DE GALVANISME.

IMPRIMERIE DE FAIN, PLACE DE L'ODEON.

84182
Vol. 8^e Ca. 237 Estm. 6.
ÉLÉMENS 8^e Ca 237

D'ÉLECTRICITE

ET

DE GALVANISME,

PAR GEORGE SINGER,

OVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS, ET AUGMENTÉ
DE NOTES,

PAR M. THILLAYE,

Docteur en Médecine de la Faculté de Paris, Aide-Conservateur
de ses Collections, Membre de la Société établie dans son sein,
Professeur de Physique au Collège royal de Louis-le-Grand.



A PARIS,

CHEZ BACHELIER, LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, n°. 55.

1817.

AVERTISSEMENT

DU TRADUCTEUR.

DEPUIS plus de vingt-cinq ans, on n'a pas publié en France d'ouvrage élémentaire uniquement consacré à exposer et développer les divers phénomènes que présente l'électricité (*). Cependant cette branche importante de la Physique a fait, depuis cette époque, de nombreuses acquisitions. La découverte de Galvani, les travaux immortels de Volta, et les savantes recherches de plusieurs autres physiciens aussi justement célèbres, ont agrandi le

(*) Le Manuel de l'Électricité publié par M. Veau-Delaunay, et celui du Galvanisme que l'on doit à M. Izarn, sont d'une date plus récente ; mais les auteurs de ces ouvrages, ainsi que l'annoncent les titres qu'ils ont adoptés, n'ont eu d'autre but que de mettre les lecteurs en état de répéter sans difficulté les diverses expériences dont ils ont donné la description. Aussi, malgré les services que ces livres ont rendus, on ne saurait les considérer comme des Traité spéciaux.

domaine de cette science, et ont fait voir que l'agent électrique pouvait , par la continuité de son action , produire des effets plus énergiques encore que tous ceux auxquels il donne naissance quand il est accumulé sur d'immenses conducteurs , ou condensé dans de puissantes batteries. On a donc quelque raison d'espérer que les physiciens accueilleront favorablement la traduction d'un livre qui peut remplir cette lacune, et nous faire connaître l'état de l'électricité chez nos voisins.

L'Ouvrage de M. Singer est généralement estimé en Angleterre ; et l'on peut dire qu'il mérite sa réputation par le nombre et l'exactitude des faits que ce savant a su y rassembler , et par la clarté avec laquelle les expériences y sont décrites. Aussi aurais-je pu , sous ce rapport , me borner à une simple traduction ; mais l'auteur ayant suivi , pour les développemens théoriques , l'hypothèse adoptée par les physiciens anglais , qui ne reconnaissent qu'un seul agent comme cause des actions électriques , j'ai pensé que ce traité serait plus utile , si , indépendamment de la théo-

rie de Franklin, il contenait aussi celle qui est à présent admise en France. Il m'eût d'ailleurs été impossible, en suivant une autre marche, de faire connaître les travaux importans de plusieurs physiciens français, qui, dans leurs recherches, ont supposé que les phénomènes électriques étaient produits par deux fluides de nature différente. Cependant, afin de ne pas rompre la liaison des idées émises par M. Singer, et afin de conserver aux détails théoriques l'ordre dans lequel il les a présentés, j'ai cru devoir renvoyer à la fin de l'Ouvrage, et sous forme de notes, toutes les considérations relatives aux deux électricités; en telle sorte que l'on pourra, à volonté, en prendre connaissance en lisant l'Ouvrage, ou ne s'en occuper qu'après l'avoir lu: mais, dans les deux cas, il sera toujours facile de comparer les diverses explications qui se déduisent de l'une et de l'autre hypothèses.

Pendant l'impression de son Ouvrage, M. Singer s'est livré à quelques recherches dont il a donné les détails dans un appendice: j'ai cru qu'il était convenable de re-

porter chacun de ces articles à la place qui semblait devoir lui être naturellement assignée ; et je désire que cette transposition soit la seule différence que l'on puisse trouver entre le texte et la version : car , autant qu'il m'a été possible , j'ai toujours cherché à rendre littéralement le sens de l'auteur anglais , et j'ai poussé cette exactitude jusqu'au scrupule , lorsqu'il m'a fallu faire connaître des idées qui lui étaient propres. Ce travail , qui n'a pas toujours été exempt de quelques difficultés , m'en aurait sans doute présenté de beaucoup plus grandes , si je n'avais pas été puissamment secondé par un de mes frères , dont les connaissances dans la littérature anglaise sont les fruits du sage emploi qu'il a su faire des loisirs que lui laissait une longue captivité ; et je regrette que des notions de physique un peu plus étendues ne lui aient pas permis de se charger de cette traduction , dont il se serait probablement acquitté beaucoup mieux que je n'ai pu le faire.

PRÉFACE DE L'AUTEUR

JE me propose de donner , dans le cours de cet Ouvrage , l'esquisse exacte d'une science qui a , pendant plus de deux siècles , accidentellement fixé l'attention des physiciens : mais elle n'a été que rarement l'objet d'une étude sérieuse et suivie. Le merveilleux de quelques-uns des phénomènes qu'elle présente , et la facilité avec laquelle plusieurs peuvent être produits , ont nécessairement dû la faire tomber entre les mains des ignorans et des charlatans , qui tantôt en ont fait un objet de spectacle , et d'autres fois en ont abusé pour tromper la multitude.

Il est hors de doute qu'une des causes qui a le plus particulièrement engagé les physiciens à s'occuper de l'électricité, est qu'ils ont pensé qu'elle devait être une source féconde de découvertes. En effet, aussitôt que l'immortel Franklin eut démontré l'influence qu'elle exerce sur les phénomènes atmosphériques, elle fut constamment regardée comme un des puissans agens de la nature : mais l'*isolement* de la plupart des faits et la difficulté de les rattacher à un principe général et simple, ne purent manquer de ralentir l'ardeur des physiciens et d'empêcher cette persévérance, si nécessaire à l'avancement de toutes les sciences en général.

La découverte de l'électricité de la torpille et de la gymnote, les recherches de Galvani sur l'*électricité animale*, et l'invention de la *pile de Volta*, qui a

si récemment procuré à la chimie des découvertes intéressantes et nombreuses , ont complètement démontré les rapports qui existent entre l'électricité et la plupart des matières qui peuvent être le sujet de recherches expérimentales. Son importance est donc suffisamment établie , et rien ne peut empêcher d'en faire une étude approfondie , sinon la difficulté d'acquérir une notion convenable des divers faits découverts jusqu'à ce jour , et de se former une juste idée de leurs relations et dépendances mutuelles.

Il existe , sans contredit , plusieurs bons ouvrages sur l'électricité ; mais cette science est actuellement si étendue qu'on ne peut espérer en avoir une connaissance exacte qu'en réunissant péniblement des matériaux épars ça et là , ce qui exigerait beaucoup d'attention pour les coordonner , et

d'habileté pour les réunir en un corps de doctrine. Un pareil travail demanderait un temps que ne peuvent dérober à leurs travaux beaucoup d'observateurs actifs et intelligens ; inconvenient qu'on pourrait généralement regarder comme une objection plausible.

En publiant cet Ouvrage , je n'ai eu d'autre but que d'aplanir cette difficulté; et peut-être suis-je fondé à espérer quelque succès , ayant consacré une grande partie de ma vie, soit à des recherches pratiques en ce genre , soit à des leçons dans lesquelles j'ai toujours cherché à mettre autant de méthode que de clarté.

J'ai apporté beaucoup de soin à choisir une méthode qui me permît de rassembler, dans un seul volume, plus de faits qu'il n'y en a de consignés dans aucun des ouvrages qui sont à ma connaissance; atten-

tion qui peut avoir donné aux descriptions plus de concision sans les rendre moins intelligibles. Les matériaux ainsi disposés peuvent être comparés à l'arrangement des pierres d'une voûte ; elles se prêtent un appui mutuel , et forment un assemblage dans lequel chaque partie est essentielle à l'existence du tout.

J'ai décrit un assez grand nombre d'expériences ; quelques-unes me sont propres , et parmi les plus essentielles , il en est dont la simplicité sera avantageuse à l'étudiant qui ne peut se procurer un appareil régulier ou assister à des leçons expérimentales ; et il sera sans doute commode pour chaque lecteur de pouvoir , en lisant attentivement cet Ouvrage , répéter la majeure partie des expériences qui y sont décrites.

Je devrais peut-être m'excuser d'avoir

quelquefois employé la nomenclature chimique ; mais je ne l'aurais pu éviter qu'en omettant une partie bien essentielle. Les bornes d'un Ouvrage élémentaire ne m'ont d'ailleurs pas permis d'entreprendre de les expliquer. Ceux donc qui sont étrangers à cette science peuvent eux-mêmes s'y préparer en lisant attentivement quelques-uns des excellens ouvrages écrits sur cette matière , et qui sont aujourd'hui si communs.

INTRODUCTION.

Au commencement du dix-septième siècle, un médecin anglais, nommé Gilbert, créa, pour ainsi dire, une nouvelle branche de connaissances physiques. Dans un Traité publié en 1600, écrit en latin, et intitulé *de Magnete*, il indique une série de corps dans lesquels l'expérience lui a fait reconnaître que le frottement développe une faculté attractive observée par les anciens, mais qu'ils avaient cru être particulière à une substance minérale (le sucin ou ambre jaune), nommée par les Grecs *ἤλεκτρον*, dénomination qui a fait appeler *corps électriques* toutes les substances dans lesquelles Gilbert, et d'autres physiciens ensuite, ont découvert une semblable propriété, le mot électricité ayant été plus particulièrement réservé pour exprimer la cause inconnue de ces phénomènes.

Dans le cours du dix-septième siècle, on ajouta fort peu aux recherches de Gilbert; seulement le catalogue qu'il avait dressé des corps susceptibles de contracter la vertu électrique, fut augmenté par Boyle, qui découvrit qu'on

pouvait rendre plus énergique l'électricité , en ayant la précaution d'échauffer et d'essuyer les corps avant de les soumettre au frottement; et à cette occasion il observa que , souvent pendant cette opération , on apercevait des traînées lumineuses , qu'il regarda comme un nouveau caractère du pouvoir électrique de ces substances.

Otto de Guericke (*contemporain de Boyle , et inventeur de la machine pneumatique*) confirma les expériences de ce physicien , et inventa un appareil dans lequel le corps qu'on veut électriser , éprouvait un mouvement de rotation qui rendait le frottement plus facile. Cet instrument est , quant au principe , le même que celui actuellement si connu sous le nom de machine électrique. Otto de Guericke , aidé de ce nouveau moyen , s'assura que constamment une forte électricité est accompagnée de lumière ; et il découvrit en outre ce fait curieux , que l'attraction électrique est généralement suivie d'une répulsion sensible.

Newton , en 1675 , remarqua que l'attraction électrique n'était point arrêtée par l'interposition d'une lame de verre , puisque la face opposée à celle qui a été frottée , est aussi capable d'attirer les corps légers , et d'exciter en eux des mouvements variés.

C'est au commencement du dix-huitième siècle que parut le premier Traité d'électricité. Il fut publié par Hauksbée ; il contient l'énumération des faits constatés par ses prédecesseurs, et une série de nouvelles expériences, dont le but principal était de déterminer la nature de la lumière électrique. Les découvertes faites par Hauksbée sont sans doute nombreuses et importantes ; mais elles ne sont point assez saillantes pour faire époque dans cette science, ce qu'il nous a laissé de plus remarquable, étant ses recherches sur la production de la lumière électrique dans le vide.

Vers 1729, M. Grey, qui alors cultivait avec avantage cette branche de physique encore dans son enfance, s'efforça de développer la propriété électrique dans tous les corps connus ; il parvint à étendre considérablement la liste des substances douées de cette propriété, et vit que plusieurs, auxquelles le frottement n'avait pu communiquer la faculté attractive, tant qu'elles étaient restées dans leur état naturel, devenaient fortement susceptibles de la contracter lorsqu'on avait eu la précaution de les chauffer modérément avant de les frotter : propriété qu'elles perdaient ensuite avec plus ou moins de promptitude en se refroidissant. Ce fait indiquait évidemment une relation entre

l'état des corps , et la faculté qu'ils ont d'être rendus électriques ; relation dont M. Grey a d'ailleurs , par des expériences subséquentes , développé la nature. On avait jusqu'alors fait de vains efforts pour électriser les métaux en les frottant. M. Grey s'occupa de ce genre de recherches , et ne fut pas plus heureux ; mais se rappelant que la lumière électrique se communique aux corps , lors même qu'ils ne sont pas susceptibles d'être électrisés , il pensa qu'il pourrait en être ainsi du pouvoir attractif. Pour s'en assurer , il suspendit une boule d'ivoire à un fil de fer , qu'il fixa à l'extrémité d'un tube de verre au moyen d'un bouchon ; et bientôt il reconnut que la faculté d'attirer développée dans le tube par le frottement , était transmise au fil de fer et à la boule. Il augmenta la longueur du fil de métal autant que le lui permirent les vibrations communiquées à son appareil lors du frottement du tube ; puis , substituant une ficelle au fil de fer , il vit que les résultats étaient encore les mêmes ; enfin il se plaça sur un balcon élevé de trente-six pieds au-dessus du sol , et suspendant la boule à une corde de longueur convenable , il s'assura qu'elle recevait encore l'électricité du tube , et attirait les corps légers placés sur le pavé de la cour. M. Grey s'était associé M. Wheeler.

Ils firent des expériences plus en grand ; et dans l'une d'elles ils parvinrent à transmettre , sans diminution sensible , le pouvoir attractif du tube à une distance de huit cents pieds , employant à cet usage une ficelle placée horizontalement. Dans le cours de ces recherches , ils eurent occasion de remarquer qu'un cordon de soie refusait de transmettre l'action attractive du tube , ce qu'ils attribuèrent d'abord à sa ténuité ; mais ils furent promptement désabusés en voyant qu'un fil de métal d'un diamètre beaucoup moindre conduisait parfaitement le fluide électrique. C'est ainsi qu'ils découvrirent que les divers corps de la nature ont une faculté conductrice différente. Les uns propagent l'électricité à une grande distance , et d'autres ne lui permettent pas de franchir aucun intervalle sensible. Les premiers ont été nommés corps *conducteurs* , et les seconds corps *non-conducteurs* ou *électriques*. Le docteur Desaguliers paraît être le premier qui ait proposé cette dénomination.

Une conséquence des expériences de MM. Grey et Wheeler semble être , que la faculté conductrice dépend , non des dimensions des corps , mais de quelques conditions résultant de leur nature , et dont la

cause n'a pas encore pu être déterminée.

En 1752, M. du Fay (membre de l'académie royale des sciences de Paris) répéta les expériences de M. Grey auxquelles il ajouta quelque chose ; il s'assura que la propriété conductrice d'une ficelle , ou de toute autre substance , soit végétale , soit animale , dépend particulièrement de l'eau qu'elle contient ; aussi parvint-il à transmettre l'électricité à une plus grande distance en humectant la corde qui devait remplir l'office de conducteur ; il reconnut que , particulièrement dans les corps fibreux , la faculté conductrice était d'autant moindre qu'ils avaient davantage perdu de leur humidité naturelle ; il observa également que les substances les moins propres à s'électriser par frottement , étaient aussi celles qui conduisent le mieux l'électricité , bien que d'ailleurs il réussit à électriser par communication tous les corps qu'il essaya en les plaçant sur des supports non conducteurs . En conséquence il s'électrisa lui-même en se faisant toucher par un tube frotté , après avoir eu toutefois la précaution de se faire soutenir au moyen de cordons de soie ; et c'est à cette occasion que M. l'abbé Nollet , qui l'a aidait dans ces expériences , retira du corps humain la première étincelle électrique .

On doit encore à M. du Fay d'avoir, le premier, donné une explication satisfaisante de la répulsion qui accompagne la plupart des expériences électriques. Ce phénomène fut d'abord remarqué par Otto de Guericke, auquel il n'échappa point, que non-seulement les filaments d'un duvet électrisé s'écartent les uns des autres, mais encore que le duvet lui-même fuit le tube qui lui a communiqué la vertu électrique: M. du Fay trouva dans ce phénomène l'indication d'un principe général en électricité, et que l'on peut ainsi énoncer : « Les corps électrisés attirent ceux qui ne le » sont pas, et les repoussent aussitôt que par » le contact ils les ont fait passer à l'état électrique ; ainsi une feuille d'or, placée dans le » voisinage d'un tube frotté, est d'abord attirée, puis repoussée aussitôt qu'en le touchant elle a été rendue électrique, et ne » peut être de nouveau attirée tant qu'elle » persévère dans cet état ; mais s'il arrive qu'elle » touche un corps quelconque, elle perd son » électricité, et conséquemment est de nouveau attirée par le tube, lequel, après lui avoir donné une nouvelle électricité, la repousse une seconde fois. C'est ainsi que les attractions et les répulsions subsistent aussi

» long - temps que le tube garde sa puissance (*). »

En réfléchissant sur ce principe général , cet habile physicien fut conduit à une découverte de la plus haute importance , c'est-à-dire , à reconnaître l'existence de deux pouvoirs attractifs distincts , susceptibles d'être développés par le frottement de diverses substances. Le premier , auquel il donna le nom d'électricité vitrée , s'obtient en frottant le verre , le cristal de roche , les pierres précieuses , la laine , les cheveux , et beaucoup d'autres substances ; le second , désigné sous le nom d'électricité résineuse , se manifeste lorsqu'on frotte l'ambre , la copal , la gomme laque , les résines en général , la cire à cacheter , etc. , etc. Les caractères distinctifs de ces deux espèces d'électricités sont de s'attirer fortement l'une l'autre , et de produire des actions diverses lorsqu'on les met en opposition ; tandis que considérées isolément , elles paraissent agir de la même manière sur tous les corps non électrisés ; mais l'effet de l'une est détruit ou affaibli par l'approche de l'autre. Ainsi , une feuille d'or électrisée

(*) Ce principe est ici énoncé à peu près dans le langage de du Fay et de la plupart de ceux qui lui ont succédé ; mais nous aurons occasion d'y revenir plus tard.

par le contact du verre frotté s'éloigne aussitôt, et ne s'en approchera plus, tant qu'il persévétera dans son état électrique; mais cette même feuille sera fortement attirée, si on lui présente un corps résineux quelconque frotté: aussi la verra-t-on s'élancer vers un bâton de cire à cacheter, ou un morceau d'ambre, avec plus de rapidité que vers tout autre corps non électrisé. Tels sont les principaux phénomènes qui conduisirent du Fay à admettre l'existence de deux espèces d'électricité bien distinctes, chacune agissant par répulsion sur ses propres molécules, et par attraction sur celles de la seconde. Ainsi les corps électrisés vitreusement repoussent ceux qui sont dans le même état, tandis qu'ils attirent les corps dans leur état naturel, et ceux qui sont résineusement électrisés. La résine frottée produirait des effets absolument contraires.

A l'époque où écrivait du Fay, les dénominations, électricités vitreuse et résineuse, devaient sans doute paraître exactes; mais l'expérience ayant depuis démontré qu'on pouvait, en choisissant convenablement le frottoir, obtenir indistinctement l'une ou l'autre espèce, soit du verre, soit de la résine, au mot *électricité vitrée* on a substitué celui *d'électricité positive*, et celui *d'électricité négative*

à l'expression électricité résineuse. Franklin fut l'auteur de ces changemens.

Ceux qui , après MM. Grey, Wheeler, du Fay et Nollet , s'occupèrent des recherches électriques , durent beaucoup à ces physiciens ; leurs découvertes sur la propriété conductrice et non conductrice de certains corps , ayant nécessairement amené des améliorations dans la structure de l'appareil électrique , en même temps que la généralisation des faits observés par du Fay , et ses découvertes des deux espèces d'électricités positive et négative , donnaient à cette science une extension à laquelle on ne peut comparer les progrès qu'elle avait précédemment faits. Aussi à cette époque elle prit un aspect plus imposant , le nombre de ceux qui se livraient à ce genre de recherches devint plus considérable , et les résultats de leurs travaux sont consignés dans les recueils des plus célèbres académies de l'Europe , dont ils forment un des principaux ornemens.

En 1742 , les Allemands commencèrent aussi à s'occuper sérieusement d'électricité , et , en faisant une application convenable des principes découverts par Grey , ils améliorèrent considérablement l'appareil électrique : on leur doit la substitution d'un coussin à la main qui jusqu'alors avait servi de frottoir ; l'idée de

rendre le frottement plus rapide en se servant de rouages combinés pour mouvoir le corps électrique, leur appartient aussi; enfin la forme cylindrique de la principale pièce de la machine et l'emploi du conducteur isolé, pour recueillir l'électricité et rendre les expériences plus faciles, sont également de leur invention.

L'énergie de l'appareil imaginé par les Allemands donna plus de probabilité à l'analogie déjà anciennement remarquée entre la lumière électrique et le feu commun; ils purent interroger l'expérience avec des moyens plus puissans, et réussirent à enflammer l'éther, l'esprit-de-vin et autres corps inflammables. Ils furent donc les premiers qui prouverent que l'électricité peut être employée comme agent chimique. Le docteur Watson et d'autres membres de la société royale de Londres cultivèrent le champ qui venait d'être défriché, et la singularité, autant que la nouveauté des effets produits, appellèrent l'attention générale sur un sujet qui devait bientôt exciter l'admiration de tout le monde et provoquer les recherches des savans.

En 1746, quelques professeurs de l'université de Leyde découvrirent le moyen d'accumuler

l'électricité à un haut degré. L'expérience consistait à mettre de l'eau, ou tout autre conducteur, dans une bouteille de verre qu'on électrisait, et dont on saisissait ensuite l'extérieur d'une main, tandis qu'avec l'autre on touchait le conducteur qui était dans son intérieur, ou toute autre substance en communication avec lui : à l'instant on voyait briller une vive étincelle, et on ressentait une forte commotion qui traversait les bras et la poitrine. Le professeur Musschenbroek, MM. Cuneus, Allaman et Winkler répétèrent cette expérience au moyen d'eau contenue dans des jarres ou bouteilles de verre ; et M. Von-Kliest (que l'on dit en être l'inventeur) employait une fiole dans laquelle il faisait entrer un fil de fer irrégulièrement ployé. Cette expérience devint bientôt populaire : on donna à l'appareil le nom de *jarre* ou *bouteille de Leyde*, et à la sensation qu'il fait éprouver celui de *commotion électrique*. Ceux qui les premiers se soumirent à cette expérience, en firent un récit exagéré ; et on pourrait peut-être, en grande partie, regarder cette circonstance comme une des causes qui contribuèrent le plus à exciter vivement la curiosité publique. Dans la même

année des démonstrateurs ambulans promenèrent cette expérience dans presque toute l'Europe , et les physiciens de tous les pays eurent occasion de la répéter et de la modifier.

Les bornes que prescrit un ouvrage élémentaire ne permettent pas de suivre pas à pas les progrès que fit l'électricité depuis cette époque ; et d'ailleurs les recherches qui se sont rapidement succédées , à raison de leur nombre et de leur variété , se prêtent moins bien à des détails historiques , qu'à un arrangement méthodique qui présente les découvertes dans l'ordre de leur dépendance mutuelle ; plan que je me suis proposé de suivre dans un ouvrage , qui avant peu fera connaître l'histoire de cette science depuis son origine jusqu'à nos jours.

Pour achever , en quelque sorte , cette esquisse de la science électrique , je rapporterai brièvement les découvertes les plus importantes qui suivirent l'invention de la bouteille de Leyde. A peu près dans le même temps , et sans aucune communication entre eux , le docteur Watson en Angleterre et Franklin à Philadelphie , améliorèrent la construction de la bouteille de Leyde , et proposèrent une explication satisfaisante des divers phénomènes électriques ; leurs principes étaient à peu près

les mêmes. Cependant ceux du docteur Franklin étant réellement plus satisfaisans , et ayant d'ailleurs été publiés les premiers , ils obtinrent la préférence , et depuis ont été avantageusement connus sous le nom de *Théorie électrique de Franklin*. Ce physicien considère tous les effets que produit l'électricité , comme les résultats du mouvement d'un fluide particulier qui agit par répulsion sur ses propres molécules , et par attraction sur celles de la matière ; il regarde les électricités opposées du verre et de la cire à cacheter , comme indiquant des états différens d'un seul et même fluide ; l'électricité vitrée répondant à l'état positif , et l'électricité résineuse à l'état négatif. Tous les corps contiennent d'ailleurs une certaine quantité de fluide , mais à l'état latent : si cette quantité est augmentée , les corps sont électrisés en plus (positivement) : si , au contraire , elle est diminuée , ils sont électrisés en moins (négativement). Suivant cette théorie , tous les effets résultent donc de la distribution inégale et artificielle d'un fluide naturellement répandu dans tous les corps. Tels sont les principes fondamentaux de la théorie de Franklin ; ils ont été considérés mathématiquement par Æpinus et Cavendish , et appliqués avec

quelques modifications à la plupart des faits aujourd'hui connus.

Les recherches importantes de MM. Canton; Kinnersly, Henly, Beccaria, Cavallo, Bennett, Volta, Deluc, Morgan, Cuthbertson, ont sans doute, puissamment contribué à perfectionner cette branche de nos connaissances; mais on doit faire remonter jusqu'à Franklin l'origine de nos théories actuelles.

Avant l'époque de la découverte de la bouteille de Leyde, l'électricité n'avait pas encore été utilement employée : le docteur Franklin remplit cette espèce de lacune , et mit hors de doute l'identité des effets de la foudre avec ceux de l'électricité. Regardant ces différens phénomènes comme , les résultats d'une même cause diversement modifiée , il proposa de soumettre son hypothèse à l'expérience , et conçut le hardi projet de recueillir et d'examiner la matière de la foudre accumulée sur les nuages. Le 10 mai 1752, un physicien français employa cet agent formidable pour faire des expériences semblables à celles que produit l'électricité ordinaire ; il réussit à confirmer l'idée de Franklin , qui de son côté , et sans connaître ces résultats , obtint un égal succès. Cette expérience fut bientôt répétée dans pres-

que tous les pays civilisés (*), et rendue plus évidente encore par l'heureuse application qu'en fit Franklin : il l'employa à garantir les maisons et les vaisseaux des désastres qui trop souvent accompagnent les grands orages. Les observations de physiciens célèbres se joignirent aux siennes, et, considérées collectivement, elles trouveront place dans la suite de cet ouvrage.

La découverte de l'influence que l'électricité exerce sur notre atmosphère, a fixé l'attention des physiciens ; depuis soixante-dix ans, leurs travaux sur cette importante matière ont toujours conduit à de nouvelles connaissances, et ont contribué, soit à répandre quelque lumière sur beaucoup d'autres sciences, soit à en faciliter les progrès ; et il est très-rare que l'on puisse s'occuper de recherches relatives aux phénomènes les plus délicats de la nature, sans être obligé de recourir aux principes électriques.

L'électricité appliquée à la médecine n'a eu que des succès incertains. Il y eut sans doute beaucoup de charlatanisme dans les premiers

(*) Elle sera décrite dans le chapitre consacré aux phénomènes de l'électricité naturelle.

essais qu'on en fit, car les agens mystérieux servent toujours d'instrument à l'imposture; mais la mauvaise foi du charlatan et les erreurs de l'ignorance ne doivent point empêcher l'emploi d'un agent puissant trop légèrement blâmé et susceptible d'applications si variées. Aujourd'hui on n'a communément recours à l'électricité qu'après avoir infructueusement employé les autres remèdes: aussi le succès, dans des circonstances si défavorables, est-il un puissant argument pour engager à tenter des essais plus nombreux et mieux dirigés.

MM. Walsh et Cavendish ont fait connaître les relations de l'électricité avec l'histoire naturelle; ils ont montré que la torpille et la gymnote doivent le pouvoir dont elles jouissent de paralyser les facultés des animaux dont elles redoutent la force, et de suspendre la rapidité de ceux que leur vitesse pourrait soustraire à leurs besoins, à la propriété qu'elles ont d'accumuler subitement l'électricité; dont elles dirigent la décharge ainsi qu'il leur convient. Depuis la première observation relative à la sensation particulière que fait éprouver le choc électrique, les effets que cet agent produit sur l'économie animale ont, à différentes époques, attiré l'attention des physi-

cians. Beccaria, de Turin, paraît être le premier qui ait remarqué la puissance de l'électricité pour produire des contractions musculaires ; et Galvani, en 1791, imagina une série d'expériences qui semblaient promettre des éclaircissements sur la nature de la puissance nerveuse et sur la cause de l'action des muscles ; cette hypothèse qui suppose une influence constante de l'électricité sur l'économie animale, fut combattue par Volta, déjà recommandable par des découvertes importantes en électricité. Cette discussion conduisit à découvrir une nouvelle source d'actions électriques, *la pile de Volta*, instrument, qui dans le court espace de treize années, a pour ainsi dire créé une nouvelle science, et provoqué les découvertes les plus importantes dans la science physico-chimique.

Ainsi que je l'ai déjà dit, ce sont les Allemands qui les premiers employèrent l'électricité comme agent chimique.

Le docteur Watson, l'abbé Nollet, le docteur Franklin, Kinnersly, Beccaria, et plus particulièrement le docteur Priestley, l'appliquèrent au même usage. Ce genre de recherches fut suivi par Cavendish, le professeur Volta, les académiciens français, une société

de chimistes hollandais , M. Cuthbertson , M. Morgan , et par le docteur Pearson. Je ferai connaître les expériences les plus importantes dont on leur est redevable à fur et mesure que l'occasion favorable s'en présentera.

Pendant l'intervalle de temps écoulé depuis la découverte de la bouteille de Leyde jusqu'à l'invention de la pile de Volta , les méthodes expérimentales ont subi un grand nombre de changemens importans , l'appareil primitif fut considérablement amélioré, et beaucoup de nouveaux instrumens inventés. Le docteur Priestley , M. Nairne et M. Cuthbertson contribuèrent successivement à perfectionner la machine électrique et les appareils destinés , soit à accumuler l'électricité , soit à diriger son action suivant la diversité des expériences. MM. Canton ; Cavallo , Bennet , Volta , Nicholson , Read et Cuthbertson ont imaginé divers moyens délicats pour éprouver l'action électrique , dans les recherches auxquelles il convient d'apporter une grande exactitude ; et nous devons à ces instrumens quelques-unes des plus intéressantes découvertes.

Depuis l'invention de la pile de Volta , les succès en ce genre ont été tellement associés

avec les recherches chimiques, qu'il en est résulté une nouvelle branche de connaissances, dont l'origine remonte à la découverte de Volta, et qui depuis a été cultivée par les physiciens les plus célèbres de nos jours : aussi ai-je pensé qu'il convenait d'en former une classe particulière sous la dénomination d'*électricité voltaïque*.

ÉLÉMENS D'ÉLECTRICITÉ.

PREMIÈRE PARTIE.

DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES ET DES CIRCONSTANCES
ESSENTIELLES A LEUR PRODUCTION.

CHAPITRE PREMIER.

Nature de l'action électrique. — Source de l'excitation électrique. — Électricité positive et négative.

Si deux rubans , l'un de soie noire et l'autre de soie blanche , de deux ou trois pieds de long , parfaitement secs , et mis en contact l'un avec l'autre , sont passés plusieurs fois entre l'indicateur et le pouce , ou sur un tissu de soie ou de laine , ils adhéreront entre eux ; et , si on les sépare par une de leurs extrémités , ils se précipiteront rapidement l'un vers l'autre . Chaque ruban considéré isolé-

ment, attirera indistinctement les corps légers qu'on lui présentera, et, si on fait l'expérience dans un lieu privé de lumière, il se manifestera quelquefois, au moment de la séparation des rubans, une apparence lumineuse.

Des bâtons de cire à cacheter, de résine ou de soufre, frottés avec une étoffe de laine ou avec une fourrure privées d'humidité; des tubes de verre frottés avec de la soie, produisent des effets semblables, et, s'ils ont une dimension convenable, ils font éprouver, lorsqu'on les approche à une petite distance du visage ou de la main, une sensation particulière et remarquable.

Ces effets ayant d'abord été obtenus par le frottement de l'ambre (électron), on les a nommés phénomènes électriques; et les moyens employés pour les produire, *excitation électrique*.

L'attraction étant le phénomène qui se montre le plus constamment après l'excitation, on l'a regardée comme un indice certain de la présence et de l'action de l'électricité. En conséquence on l'a fait servir de base aux épreuves que l'on fait pour constater la présence de cet agent. Les physiciens, qui les premiers s'occupèrent de ces recherches, employèrent quel-

quefois des aiguilles de bois ou de métal , dont le centre était porté sur un pivot ; d'autres fois , ils se servirent d'un fil ou d'une plume légèrement suspendus. Un corps frotté étant approché de ces appareils ; quand il les attirait , l'attraction était attribuée à l'électricité , et le corps excité , réputé électrique. L'aiguille suspendue , ou tout autre moyen employé pour donner les mêmes indications , est nommé *électroscop e* , lorsqu'il sert seulement à reconnaître l'existence des phénomènes électriques ; mais il prend le nom d'*électromètre* , quand on l'emploie pour mesurer leur intensité ; et il est possible de n'adopter que cette dernière dénomination , car chaque essai , dont on a jusqu'à présent fait usage pour constater la présence de l'électricité , peut aussi servir à en calculer la force. Ainsi , dans l'exemple de l'aiguille et de la plume suspendues , la distance plus ou moins considérable à laquelle il faut approcher le corps électrisé pour que l'attraction se manifeste , donne en quelque sorte la mesure de cette action.

Les électromètres les plus usités sont construits avec deux petites feuilles d'or suspendues dans un cylindre de verre (comme on le voit fig. 1). Ces feuilles d'or , dans leur état naturel , occupent le centre du cylindre , sont

verticales, et appliquées l'une contre l'autre; aussitôt qu'elles sont électrisées, elles s'écartent (comme le représente la fig. 1), ce qui est une conséquence de l'attraction qu'elles exercent sur l'air environnant et sur les parois du cylindre de verre (*) (1).

Quelquefois on substitue aux petites feuilles d'or, de petites balles de moelle de sureau suspendues à des fils métalliques , autant fins que possible : elles ont moins de sensibilité , mais conservent plus long-temps leur électricité. Les balles de sureau , ainsi suspendues , sont souvent employées sans être renfermées dans un cylindre de verre. (fig. 2.)

La présence du fluide électrique est carac-

(*) L'écartement des corps électrisés est communément attribué à la répulsion; supposition hypothétique et absolument inutile. Lord Stanhope a fait voir que la séparation est moindre dans l'air raréfié que dans l'air dense , ce qui est opposé à ce qu'on devrait obtenir en admettant l'existence de cette force. M. Kinnersly remarqua le premier qu'il n'y avait point de preuves de la répulsion électrique , et il montra que cette supposition était un obstacle à l'explication satisfaisante des phénomènes (*Voyez Franklin's, Electricity*, pag. 384). M. G. Morgan a depuis émis la même opinion, qui est aussi celle du professeur Volta. J'ai eu la même idée avant de connaître ces autorités , ce qui , je pense , serait aussi arrivé à quiconque aurait été suffisamment familier avec les nuances de l'action électrique.

térisée par les mouvements qu'il imprime aux corps légers , en les attirant et les repoussant successivement ; par la sensation qu'il fait éprouver aux corps vivans , et aussi par une émission ou production de lumière.

Différens moyens peuvent être employés pour produire ces effets ; mais ceux auxquels on a le plus fréquemment recours , sont les suivans :

- 1^o. Le frottement ;
- 2^o. Le changement de figure ;
- 3^o. Le changement de température ;
- 4^o. Le contact de corps dissemblables.

Le premier de ces moyens est le plus habituellement mis en usage ; et l'on pourrait , en quelque sorte , croire qu'il est le seul. Il consiste à frotter un corps quelconque , pris , soit dans la classe nombreuse des substances résineuses ou vitrées , soit parmi les productions végétales , animales ou minérales desséchées. L'électricité étant une fois développée , on peut la rendre beaucoup plus apparente , en présentant la substance frottée à la partie supérieure de l'électromètre à feuilles d'or.

Le second procédé pour développer l'électricité , offre aussi de nombreux exemples. Du soufre fondu et versé dans un verre conique , diminue de volume , et devient élec-

trique en se refroidissant; si on met un tube de verre, ou un fil de soie, dans le soufre encore liquide, il en résultera, lorsqu'il sera froid, une sorte de manche qui servira à le séparer du vase dans lequel il a été fondu. Étant alors présenté à l'électromètre, il le fera diverger, et manifestera aussi les autres signes de l'électricité. Si on a la précaution de conserver le cône de soufre dans le verre qui lui a servi de moule, il gardera sa faculté électrique pendant plusieurs années, et en donnera des signes chaque fois qu'il sera séparé du verre.

Le chocolat en se solidifiant acquiert de semblables propriétés, ce que M. Chaptal a aussi remarqué pendant la congélation de l'*acide phosphorique glacial*; le *muriate de mercure doux* (proto-muriate de mercure) que la sublimation attache à la partie supérieure du matras dans lequel on le prépare, a aussi été trouvé fortement électrique; la condensation de la vapeur et l'évaporation des fluides, bien qu'elles soient en apparence des procédés opposés, sont cependant aussi des sources d'électricité.

Différentes pierres cristallisées paraissent devenir électriques par la seule application de la chaleur. Mais parmi elles il n'y a guère que la tourmaline qui manifeste sans équivoque cette propriété; quoique d'ailleurs les effets du

frottement soient généralement augmentés , lorsqu'il est précédé par une élévation modérée de température.

Le contact de corps dissemblables est probablement , dans tous les cas , la cause première de l'électricité ; mais il est rarement employé seul . Nous ne connaissons réellement cet agent que par ses effets , qui toujours résultent d'une disposition artificielle , plus ou moins compliquée , laquelle ne saurait par conséquent représenter la cause première du mouvement électrique . Le talc de Moscow s'électrise lorsqu'on sépare brusquement ses lames les unes des autres , et il laisse en même temps apercevoir une lumière assez vive ; ce qui arrive aussi quelquefois à plusieurs autres substances . Cependant nous n'avons aucune expérience qui nous mette à portée de juger si la séparation est ici la cause première , ou seulement la cause prochaine du phénomène . Dans beaucoup de circonstances , le contact paraît produire un effet , qui devient seulement sensible lorsqu'on le détruit ; mais la pile inventée par J.-A. Deluc fournit une preuve incontestable d'électricité produite par le seul contact ; elle consiste en huit cents ou mille petits disques d'argent , de zinc et de papier placés les uns sur les autres , dans l'ordre indiqué , et ren-

fermés ensuite dans un tube de verre (*). Chaque extrémité de cet appareil, dans tous les temps, agira évidemment sur l'électromètre, sans aucune préparation préalable ; les effets qu'il détermine doivent donc être exclusivement attribués au contact des différens éléments qui entrent dans sa composition. Or, comme cet appareil est le plus simple de tous ceux qui sont employés à la production de l'électricité, et que ses effets sont constans ; il est probable que le contact préalable peut être regardé comme la cause des résultats obtenus dans les autres modes de production électrique.

Quels que soient les moyens employés pour donner naissance à l'électricité, ses effets sont constamment les mêmes. Cependant quelques phénomènes observés, il y a déjà long-temps, montrent qu'il faut établir une différence relativement aux sources d'où elle provient. Par exemple, de la cire à cacheter, ou du verre, également frottés, feront indistinctement l'un et l'autre diverger les feuilles ou les balles de l'électromètre, lorsqu'on les en approchera iso-

(*) Une description plus étendue de la structure et des propriétés de cet appareil est réservée pour une autre partie de cet ouvrage.

lement; mais, si on les présente conjointement; l'effet sera nul; de plus, si l'électromètre a été rendu divergent par le contact de la cire à cacheter, cette divergence sera diminuée par l'approche, et complètement détruite par le contact du verre frotté; si au contraire l'instrument avait d'abord été électrisé au moyen du verre, les effets décrits se renouvelleraient en lui présentant de la cire électrisée (*). Ces faits conduisent à admettre qu'il existe deux espèces d'électricités, semblables quant aux actions qu'elles exercent séparément sur l'électromètre, ou sur tout autre corps indistinctement, mais qui détruisent mutuellement leurs propriétés individuelles lorsqu'elles agissent l'une sur l'autre.

On pensa d'abord que ces phénomènes étaient particuliers aux substances dont on se servait pour les produire, ce qui fit nommer *électricité vitrée* celle que l'on développe en frottant le verre, et *électricité résineuse* celle qui

(*) Il faut, pour que ces expériences réussissent, user de quelques précautions, que l'habitude seule peut faire connaître. La cire à cacheter et le verre ne doivent point être plus fortement excités qu'il convient pour affecter sensiblement l'électromètre, et lorsqu'on veut que les feuilles restent divergentes, le corps excité doit être mis en contact avec la partie supérieure de l'instrument (2).

provient de la cire à cacheter. Mais il est maintenant démontré que l'une et l'autre espèces sont toujours simultanément produites ; et comme les effets qu'elles déterminent en réagissant mutuellement l'une sur l'autre , ont quelque analogie avec ce qui résulterait des actions opposées de puissances positive et négative , aux expressions vitrée et résineuse, on a substitué celles d'*électricité positive* et d'*électricité négative*.

Il importe au physicien de pouvoir déterminer, par l'expérience, les divers états électriques que prennent les corps frottés , et il pourra y parvenir de la manière suivante. La cire à cacheter , frottée sur de la laine , s'électrise négativement ; et le verre , excité avec la soie , devient positif. Si donc un électromètre est rendu divergent pour avoir été mis en contact avec de la cire d'Espagne électrisée , lorsque vous en approcherez un corps frotté , dont vous vous proposerez de déterminer l'espèce d'électricité , si la divergence augmente , le corps présenté est négatif , et il sera au contraire positif s'il y a diminution : ou , en d'autres termes , tout corps qui diminue la divergence occasionnée par la cire frottée , est positif; et ceux qui l'augmentent , sont négatifs ; au lieu que les corps qui affaiblissent la divergence qui résulte

du verre électrisé sont négatifs , et ceux qui la font croître sont au contraire positifs.

Si nous soumettons à cette épreuve les résultats obtenus dans quelques-uns des exemples déjà cités relativement à la production électrique , la vérité des principes que nous venons d'établir deviendra manifeste , ce qui rendra plus intelligible le rapport qui subsiste entre les procédés mis en usage , et les différens états électriques qui en résultent (*).

EXP. 1. Avec une flanelle chaude et bien sèche , formez une sorte de rouleau que vous tiendrez par une extrémité , tandis qu'avec l'autre vous frotterez légèrement un bâton de cire d'Espagne ; après quoi , approchant la flanelle d'un électromètre , il y aura divergence. Pendant qu'elle aura lieu , mettez la cire à caucher dans le voisinage de la partie supérieure de l'électromètre , aussitôt ses feuilles se rapprocheront. Le frottement a donc en même temps rendu électriques la cire et le tissu de laine ; mais ils sont dans des états opposés , la cire est négative , et la laine positive.

(*) Après chaque expérience , il faut détruire la divergence de l'électromètre , à moins que le contraire ne soit indiqué. A cet effet , on touche avec le doigt , ou avec un morceau de métal , la partie supérieure de l'instrument.

EXP. 2. L'énergie de l'électricité ainsi développée , est la même pour l'un et l'autre corps ; car , si en répétant l'expérience , la cire et la flanelle sont simultanément approchées de l'électromètre , il ne se manifestera aucun signe électrique de ces deux corps ; les actions opposées produisant alors une neutralisation réciproque des effets que développerait chacun d'eux , considéré isolément.

EXP. 3. Si on électrise , ainsi que nous l'avons dit au commencement de ce chapitre , deux rubans de soie , l'un noir et l'autre blanc , après leur séparation , le ruban noir sera trouvé négatif , et le blanc positif .

EXP. 4. Le cône de soufre et le verre dans lequel il a été moulé , étant successivement présentés à l'électromètre , l'un donne des signes d'électricité négative , tandis que le second indique l'électricité positive .

EXP. 5. Si on applique successivement à l'électromètre , les extrémités opposées d'une pile de Volta , on les trouvera différemment électrisées ; le bout qui répond au zinc étant positif , et celui qui est terminé par l'argent , négatif (*).

(*) Lorsqu'on emploie la cire à cacheter pour électriser négativement les feuilles de l'électromètre , souvent il arrive

Il résulte de ce qui précède, que dans toutes ces expériences, les électricités positive et négative sont produites en même temps, et peuvent être rendues sensibles lorsqu'on emploie des moyens convenables. Il est également évident que le frottement exercé avec un même corps sur diverses substances, les électrise différemment, puisque le verre excité avec la soie devient positif, tandis que la cire à cacheter, frottée avec la même étoffe, passe à l'état négatif; de même le verre poli, frotté avec la soie, ou une peau dont la laine n'a pas été retirée, ou bien avec un métal, devient positif (3); mais si on le passe sur le dos d'un chat vivant, il paraît négatif. La laine, la soie, ou toute espèce de fourrures, lorsqu'elles servent à frotter la cire d'Espagne, sont rendues positives; négatives, au contraire, lorsqu'elles agissent avec l'or, l'argent, l'étain (*).

qu'elles sont déchirées à raison d'une électricité trop forte. On trouve plus d'avantage à se servir de la pile. Un contact de peu de durée entre la partie supérieure de l'électromètre et l'extrémité argent de la colonne, suffit pour lui communiquer une divergence négative; aussi peut-on user de ce moyen pour faire les expériences précédentes.

(*) M. Deluc a consigné, dans le vingt-huitième volume du *Journal de Nicholson*, une série d'expériences relatives

On a dressé des tables indiquant les effets qui ont lieu entre différentes substances ; la suivante est extraite de l'ouvrage de M. Cavallo.

	DEVIENT	FROTTE AVEC
Le poil de chat	{ positif négatif	{ toutes les substances qu'on a essayées jusqu'à présent. toutes les substances, excepté le poil de chat.
Le verre poli	{ positif négatif	{ le taffetas ciré sec, le soufre, les métaux. les étoffes de laine, les tuyaux de plume, le bois, le papier, la cire d'Espagne, la cire blanche, la main.
Le verre dépoli	{ positif négatif	
La tourmaline	{ positive négative	{ l'ambre, l'air injecté au moyen d'un soufflet. le diamant, la main.
La peau de lièvre	{ positive négative	{ les métaux, la soie, l'aimant, le cuir, la main, le bois séché au four, le papier. d'autres peaux plus fines.

à la production de l'électricité, et qui viennent à l'appui de tout ce qui a été dit jusqu'ici. Il a construit un petit appareil dans lequel différens corps sont opposés l'un à l'autre, et peuvent à volonté remplir les fonctions de cylindre et de frottoir. Celui qui est employé à ce dernier usage est isolé, et un conducteur également isolé reçoit l'électricité du corps frotté, en sorte que l'effet produit sur l'un et l'autre peut toujours être exactement déterminé. Dans toutes les expériences de M. Deluc, l'électricité du frottoir est toujours contraire à celle du corps employé comme cylindre ; mais elle varie avec les différentes substances.

	DEVIENT	FROTTE AVEC
La soie blanche	positive	la soie noire, les métaux, le drap noir.
	négative	le papier, la main, les cheveux, la peau de belette.
La soie noire	positive	la cire d'Espagne.
	négative	les peaux de lièvre, de belette et de furet, l'aimant, le laiton, l'argent, le fer, la main, la soie blanche.
La cire à cacheter	positive	quelques métaux (*).
	négative	les peaux de lièvre, de belette, de furet, la main, le cuir, les étoffes de laine, le papier, quelques métaux.
Le bois séché au four	positif	la soie.
	négatif	la flanelle.

(*) M. Cavallo, dans la liste qu'il donne, indique les métaux en général; d'où il paraît conclure que la cire d'Espagne s'électrise positivement lorsqu'on l'oppose à un métal quelconque. Je pense qu'il y a erreur à cet égard; le fer, l'acier, la plombagine, le plomb et le bismuth rendent la cire à cacheter négative, tandis que tous les autres métaux que j'ai essayés la laissent positive, ce qui m'a engagé à modifier un peu la table donnée par ce physicien. Une légère différence dans la manière de faire ces sortes d'expériences peut produire de grands changemens dans les résultats. Avec le même frottoir (une chaîne de fer) on peut électriser positivement un bâton de cire à cacheter, et négativement un autre; ce qui arrive, lorsque la surface de l'un est raboteuse, et celle du second unie. Ces sortes d'expériences doivent être répétées plusieurs fois pour que l'on puisse conclure avec exactitude.

Les résultats qu'on obtient dans ces sortes d'expériences , sont singulièrement influencés par l'état des corps employés , et par la manière dont on les frotte. En général , ce n'est qu'en opposant des corps dissemblables qu'on peut obtenir des signes d'une forte électricité ; cependant, lorsqu'on fait agir l'une contre l'autre des substances de même nature , elles sont quelquefois électrisées , quand le frottement qu'elles éprouvent individuellement , n'a pas la même intensité pour toutes les deux ; et , dans ce cas , le corps dont la surface frottée présente la moindre étendue , devient communément négatif; telles sont les cordes d'un violon sur une portion peu considérable desquelles on promène l'archet dans toute sa longueur , et dont les crins sont alors électrisés positivement. Il faut en dire autant de deux rubans également longs et frottés de telle sorte , que toute l'étendue de l'un passe sur une portion seulement de la surface du second. Celui qui a été frotté dans toute sa longueur est positif , et l'autre négatif.

De tous ces faits , nous tirons comme conséquence , que la production de l'électricité positive et négative est toujours simultanée , quelle que soit d'ailleurs la méthode employée. Cependant il arrive quelquefois qu'une seule

espèce d'électricité est rendue sensible (circons-tance dont j'aurai bientôt occasion de parler.) On voit aussi que nulle classe de corps ne jouit exclusivement de cette propriété, et qu'on peut indifféremment ou alternativement électriser, d'une manière donnée, un corps quelconque, soit en changeant le frottoir, soit en modifiant la manière dont on opère le frottement. L'as-pect sous lequel nous avons envisagé les phénomènes dont nous nous sommes occupés jus-qu'à présent, a ceci d'avantageux qu'il les sim-plifie, en leur donnant une origine commune ; mais dans l'état actuel de cette science, nous n'avons point de connaissances assez certaines sur la nature intime des actions électriques, pour nous permettre de remonter jusqu'à la cause qui les produit.

CHAPITRE II.

Des corps conducteurs et non conducteurs de l'électricité, et de la machine électrique.

L'ÉCARTEMENT permanent que produit, dans les feuilles de l'électromètre, le contact établi entre lui et un corps électrisé, prouve la fa-culté que l'électricité a de passer d'un corps à un autre corps ; et dans l'Introduction, j'ai

donné l'histoire des découvertes que M. Grey a faites à cet égard. La propriété de transmettre l'électricité est variable dans les différents corps; plusieurs la propagent avec une grande rapidité; d'autres le font plus faiblement; et il en est qui s'y refusent absolument. Les plus simples expériences suffisent pour mettre ces faits hors de doute. En touchant la partie supérieure de l'électromètre avec différents corps, on voit la divergence disparaître, diminuer ou persévéérer. Or, puisque nous savons que cette divergence dépend de l'électricité; de tels résultats ne peuvent avoir lieu, qu'en raison de la faculté relative de ces diverses substances pour en dépouiller l'électromètre; car, tant que son électricité demeurera, sa divergence ne sera point altérée.

EXP. 6. Si l'on touche la partie supérieure d'un électromètre; soit avec un tube de verre sec, soit avec un bâton de soufre, ou de cire à cacheter, la divergence des feuilles continuera; preuve que ces diverses substances ne conduisent pas l'électricité.

EXP. 7. En substituant aux corps, qui dans l'expérience précédente ont servi à toucher l'électromètre, un morceau de bois, une verge d'un métal quelconque, un végétal vert, ou le doigt, à l'instant la divergence disparaîtra.

Donc ces corps livrent passage à l'électricité.

Ces expériences prouvent qu'il existe des nuances dans la faculté conductrice des différents corps. Ceux qui transmettent aisément l'électricité ; sont nommés *conducteurs* ; ceux qui le font moins bien , s'appellent des *conducteurs imparfaits* ; et ceux qui sont nuls à cet égard, sont dits *non conducteurs*. Le plus généralement , les corps, quels qu'ils soient , considérés sous ce point de vue , sont seulement partagés en deux classes : ceux qui se trouvent éloignés des extrêmes , forment une division intermédiaire.

En faisant , ci-après , l'énumération des principaux corps *conducteurs* et *non conducteurs* , on a eu le soin de les placer à peu près dans l'ordre suivant lequel ils transmettent l'électricité. Mais jusqu'à présent on n'a point encore apporté beaucoup d'exactitude dans cette détermination.

CORPS CONDUCTEURS.

Tous les métaux connus ;

Le charbon bien fait ;

La plombagine ;

Les acides concentrés ;

Le charbon en poudre ;

Les acides étendus d'eau , et l'eau chargée de sel ;

Les mines métalliques ;

Les fluides animaux ;
 L'eau de mer , l'eau de source ;
 L'eau de rivière , la glace , et la neige ;
 Les végétaux vivants ;
 La flamme , la fumée , les vapeurs ;
 La plupart des substances salines ;
 L'air raréfié , la vapeur de l'alcool et de l'éther ;
 Presque toutes les terres et les pierres.

La plupart des substances qui viennent d'être énumérées , refusent de transmettre le fluide électrique lorsqu'elles sont parfaitement desséchées : ce qui a fait penser que c'est à l'eau qu'elles contiennent qu'il faut attribuer leur faculté conductrice. En effet , dans le nombre , beaucoup n'en jouissent pas d'une manière persévérente ; mais elle varie ou disparaît avec les changemens de température , etc.... Ainsi l'eau chaude conduit mieux que l'eau froide , ce que l'on remarque aussi pour le charbon et autres substances.

CORPS NON CONDUCTEURS (*).

Gomme laque , ambre , résines ;
 Soufre , cire , jayet ;
 Le verre , et toutes les substances vitreuses , le talc ;

(*) Les corps non conducteurs sont quelquefois aussi appelés *électriques* , et , dans quelques cas , *isolans* ; mais cette dernière dénomination n'est applicable qu'à ceux qui occupent le premier rang .

Le diamant , et toutes les pierres précieuses transparentes ;
 La soie écrue , la soie apprêtée , la soie teinte ;
 La laine , les cheveux , les plumes ;
 Le papier sec , le parchemin , et le cuir ;
 L'air et les gaz (non associés aux vapeurs) ;
 Le bois séché au four , les végétaux secs ;
 La porcelaine , le marbre privé d'humidité ;
 La plupart des pierres siliceuses et argileuses ;
 Le camphre , la gomme élastique , le lycopode ;
 Le carbonate de barite natif ;
 La craie sèche , la chaux vive , le phosphore ;
 La glace à — 13° de Farenheit (— 25° C.) ;
 Beaucoup de cristaux transparens quand ils sont parfaitement secs ;
 Les cendres des substances animales et végétales ;
 Les huiles : en général , les plus denses paraissent être moins bons conducteurs ;
 Les oxides métalliques secs .

Les corps les moins bons conducteurs deviennent capables de transmettre l'électricité , lorsqu'ils sont humides ; d'où la nécessité de les maintenir propres et secs pendant les expériences : les substances résineuses , la soie écrue , et le talc de Moscovie étant moins susceptibles d'attirer l'humidité , doivent être employés de préférence lorsqu'on a besoin de mauvais conducteurs . L'humidité ne s'attachant qu'à la surface du verre , on peut , jusqu'à un certain point , remédier à cet inconvénient en le couvrant avec de la cire d'Espagne fon-

due, ou avec un bon vernis. Dans la structure d'un appareil électrique, le verre est la substance qu'on emploie le plus fréquemment, d'une part à cause de la résistance qu'il oppose, et de l'autre à raison de la facilité avec laquelle il se prête à prendre toutes les formes, ce qui le rend très-convenable pour ces sortes d'appareils.

Beaucoup des substances indiquées dans la liste précédente, perdent leur faculté non conductrice quand elles sont fortement chauffées : c'est ce qui arrive au verre qu'on fait rougir à blanc, à la résine et à la cire d'Espagne fondues, etc. Mais l'air reste non conducteur, quelle que soit la température à laquelle on le porte, à moins qu'il ne soit associé avec la flamme (*). Il y a des substances fibreuses

(*) Il est généralement établi, par les auteurs qui ont écrit sur cette matière, que l'air chaud est conducteur de l'électricité, parce que la flamme, ou les substances échauffées jusqu'au rouge, détruisent les effets de l'isolement. Les raisons qui m'ont fait émettre une opinion contraire sont : 1^o. que je ne trouve point qu'un électromètre à feuilles d'or, ou une bouteille de Leyde électrisée, soient déchargés quand on les présente à une distance modérée d'un grand feu, à moins que le verre ne devienne chaud au point d'être conducteur; 2^o. les rayons du soleil, concentrés au moyen d'une lentille, ne transmettent pas davantage l'électricité;

qui attirent l'eau si puissamment qu'il est indispensable de les sécher et de les chauffer pour rendre apparente leur faculté non conductrice; tels sont le papier, la flanelle, le parchemin, le cuir, etc. La chaleur exerce à cet égard une influence qui est en effet bien remarquable, mais dont il est cependant impossible de rendre compte d'une manière satisfaisante. Ainsi, par exemple, le bois, dans son état naturel, est conducteur; desséché au four, il perd son humidité, sans que sa structure en soit altérée; il est alors non conducteur: exposé à une plus haute température, les parties volatiles qu'il contient se dissipent, et celles qui ne peuvent être volatilisées (c'est-à-dire le charbon et les sels) restent seules, et il est conducteur; exposé de nouveau à la chaleur, avec le concours de l'air, il brûle, se convertit en gaz, qui ainsi que les cendres, ne transmettent pas l'électricité.

Il ne paraît y avoir aucun rapport connu entre les caractères chimiques des corps et leur

3°. M. Read a trouvé qu'un électromètre électrisé, en le faisant successivement entrer et sortir avec rapidité d'un four assez chaud pour brûler une des balles, conserve cependant son électricité. (*See Read on Spontaneous Electricity*, p. 8, etc.)

faculté conductrice. Les meilleurs conducteurs (comme les métaux), et ceux qui jouissent le moins de cette propriété (les résines et le soufre, etc.), sont les uns et les autres des substances combustibles. On peut, à cet égard, en dire autant des produits de la combustion. Les acides et les alcalis conduisent l'électricité; mais les oxides métalliques lui refusent passage. La densité, la dureté, la ténacité et l'arrangement régulier des molécules dans les substances cristallisées, ne paraissent point avoir plus d'influence sur cette propriété, puisqu'on rencontre indistinctement ces caractères dans les deux classes de corps conducteurs et non conducteurs. Ainsi le platine, qui est le plus dense des corps, est conducteur, propriété qui appartient également au charbon et à l'air raréfié. Le carbonate de barite, dont la densité est considérable, est non conducteur; mais l'air sec et les différens gaz qu'il faut ranger parmi les corps les plus rares, ont aussi ce caractère. Plusieurs substances isolantes appartiennent à la classe des corps fragiles; quelques-unes sont élastiques, d'autres fluides, mais on trouve des conducteurs qui jouissent aussi de ces propriétés.

Quelle que soit la cause de la faculté non conductrice, il est évident que, sans cette pro-

propriété de l'air et de quelques autres substances, les phénomènes électriques n'eussent jamais été connus. En effet, si tous les corps transmettaient indistinctement l'électricité, la cause de ces sortes d'actions disparaîtrait à l'instant même qui l'a vue naître : mais, à raison de la propriété non conductrice de certains corps, l'électricité déposée sur ceux qu'ils entourent est conservée : on dit alors qu'ils sont *isolés*; pour la même raison on nomme *support isolant*, ou seulement *isoloir*, un support de verre, de cire à cacheter, de soie, ou d'un autre non conducteur quelconque; et un morceau de métal, ou autre conducteur ainsi soutenu, est dit *conducteur isolé*.

On peut, par des expériences très-simples, donner des exemples de l'usage qu'on fait en électricité des isoloirs et des conducteurs : ce qui servira comme d'introduction à la considération d'appareils plus importans et plus compliqués.

EXP. 8. On présente au feu une feuille de papier, jusqu'à ce qu'elle soit chaude et bien séchée ; on la met à plat sur un table, après quoi on frotte vivement sa face supérieure avec de la gomme élastique ; le papier alors adhère à la table : si on l'enlève, en le tenant par un coin, et qu'on le présente à un corps conduc-

teur ayant une surface aplatie, comme un lambris, etc., il sera attiré et s'y appliquera : cette adhérence dépend de l'attraction qu'exerce l'électricité développée par le frottement du papier qui, dans cet état de sécheresse, est *isolant* ou *non conducteur*. Pour s'assurer combien cette circonstance est essentielle au succès de l'expérience, il suffit de remarquer que le papier tombe aussitôt qu'il a repris assez d'humidité, pour que sa propriété *isolante* soit détruite ; ce dont on pourrait d'ailleurs également se convaincre par l'impossibilité où l'on serait d'obtenir ces résultats en frottant un papier qui n'aurait point été desséché au-delà de ce qu'il l'est ordinairement.

EXP. 9. Le papier de l'expérience précédente étant frotté dans une chambre obscure, si après l'avoir séparé de la table, en le soulevant par un des coins, on présente successivement à différentes parties de sa surface le dos de la main pliée, ou seulement la jointure d'un doigt, on verra jaillir des traits divergents d'une faible lumière. L'électricité accumulée sur le papier, en se transmettant à la main, détermine l'apparence lumineuse, et elle se renouvelle à chaque contact, parce que la propriété isolante du papier empêche la transmission du fluide d'un point de la sur-

face à l'autre ; toutes les parties qui ont été frottées étant d'ailleurs électrisées.

EXP. 10. Si on électrise de nouveau la feuille de papier, et qu'on la place immédiatement après sur un support isolant (fig. 3), (formé d'un disque de métal, ayant environ six pouces de diamètre, et supporté par une colonne de verre fixée à son centre), en approchant la jointure du doigt du rebord ou de la face inférieure du support métallique, à l'instant il éclate une brillante étincelle. Si on en provoque une seconde, elle sera faible, et souvent même imperceptible. Le métal étant conducteur, il manifeste en une fois tout l'effet que peut produire l'électricité développée. Les conducteurs isolés sont employés dans les appareils électriques, pour recevoir et rassembler l'électricité développée par le frottement des corps, et répandue à leur surface ; ils permettent aussi de l'employer plus commodément aux expériences.

La construction d'une machine électrique consiste dans la combinaison raisonnée de corps conducteurs et non conducteurs. Les premiers servent à rassembler ou transmettre l'électricité ; et les seconds s'opposent à sa dissipation : ainsi le métal qui forme la partie supérieure de l'électromètre, et les feuilles d'or

qui en sont une partie essentielle , offrent un conducteur propre à transmettre l'action électrique , lequel est isolé par le cylindre de verre formant les parois de l'instrument ; ce qui le rend propre aux usages auxquels on le destine.

Il existe un rapport entre la quantité d'électricité développée par le frottement d'un corps et l'étendue de la surface frottée. D'où il semble naturel de conclure , que chacune des portions de la superficie concourt à la production de l'effet général. Cela étant , il est indispensable que chacun des points de la surface soit isolé ; car , le frottement n'étant qu'une succession progressive de contact , l'effet produit dans le premier instant serait détruit par la faculté conductrice de la substance , avant qu'une nouvelle opération pût contribuer à son augmentation ; telle est la raison qui engage à développer le plus communément l'électricité , en frottant la surface d'un corps non conducteur , au moyen d'un corps conducteur d'une moindre étendue.

Un appareil disposé convenablement pour produire de l'électricité , prend le nom de *machine électrique* : le plus ordinairement , c'est au moyen d'un tube de verre , d'à peu près un pouce de diamètre et de deux pieds de long ,

que l'on développe l'électricité positive. Pour cet effet , avec un taffetas ciré , que l'on tient à la main , on enveloppe la circonference du tube , que l'on frotte suivant sa longueur. En opérant ainsi la soie et le tube sont électrisés ; mais le contact de la main , à raison de sa faculté conductrice , détruit l'électricité de la soie , et il n'y a que celle du tube qui devient sensible. C'est par un semblable procédé qu'on obtient l'électricité négative , en frottant un bâton de cire d'Espagne , de grosseur convenable , avec une flanelle sèche ou une fourrure. L'électricité de la cire à cacheter est aussi alors la seule que l'on puisse recueillir ; ainsi donc , avec la plus simple des machines , on a recours à deux procédés pour obtenir les électricités opposées ; bien que d'ailleurs , dans chaque opération , elles soient l'une et l'autre produites ; mais , si l'on voulait les avoir toutes les deux simultanément , il faudrait alors que la soie ou la flanelle dont on se sert comme frottoir , fussent isolées , soit en les employant dans un grand état de sécheresse et roulées , afin d'exercer le frottement avec une de leurs extrémités suffisamment éloignée de la main qui tient l'autre , soit en les fixant à un support de verre ou de toute autre substance non conductrice ; mais aucune de ces

méthodes ne serait convenable, si on avait beaucoup d'expériences à faire. Le moyen le plus avantageux, est de substituer au tube une glace ayant une grande surface ; on lui imprime un mouvement circulaire, d'où résulte un frottement entre elle et un coussin fixé à un support élastique. Il y a deux sortes de machines électriques construites d'après ce principe; elles ont chacune leurs avantages particuliers. La première, inventée par le docteur Ingen-housz, a été perfectionnée par M. Cuthbertson ; la seconde, originairement imaginée par les Allemands, a été considérablement améliorée par M. Nairne.

La machine électrique de M. Cuthbertson consiste en un plateau circulaire de glace, tournant au moyen d'un axe qui passe par son centre ; quatre coussins élastiques, opposés deux à deux, et adaptés à des montans en bois d'acajou, servent à frotter l'une et l'autre surface de cette glace, qu'ils touchent dans des points opposés. Des vis de pression, en rapprochant les coussins, permettent de donner au frottement le degré d'énergie qui est jugé convenable. Un conducteur en cuivre est fixé à un des montans de la machine par un cylindre de verre ; il est recourbé en forme d'arc, de façon que ses deux extrémités viennent abou-

tir dans le voisinage du plateau frotté. La direction de ce conducteur est d'ailleurs telle, qu'un plan qui toucherait ses deux branches latérales, formerait un angle droit avec la verticale qui répond aux coussins. Des pointes métalliques destinées à rassembler l'électricité que le frottement a développée à la surface du verre, garnissent les portions de ce conducteur qui avoisinent le plan de glace. Cette machine est représentée (fig. 4).

Ces sortes de machines produisent de grands effets, et on peut leur donner des dimensions plus considérables qu'à celles de toute autre forme; c'est pourquoi on les emploie de préférence, toutes les fois qu'on a besoin d'une forte électricité. La difficulté d'isoler les coussins, sans nuire à l'élégance de l'instrument, fait qu'il est rarement employé pour fournir simultanément les deux espèces d'électricité.

La figure 5 représente la machine la plus simple et la plus parfaite. Elle est formée d'un cylindre de glace de huit à seize pouces de diamètre, sur douze ou vingt-quatre de long, tournant entre deux piliers de verre posés verticalement, et fixés à une forte table en bois d'acajou. Deux conducteurs de métal polis, ayant à peu près la longueur du cylindre de glace, et environ un tiers de son dia-

mètre, sont supportés par deux piliers de verre, dont la situation est aussi verticale, et qui sont mastiqués dans deux pièces de bois d'acajou séparées et mobiles, de façon que les conducteurs peuvent être, suivant le besoin, rendus parallèles au cylindre de verre, et en être plus ou moins rapprochés. L'un des conducteurs porte un coussin, qui s'y adapte à l'aide d'un ressort métallique ; il est disposé de manière à ce que sa surface s'applique exactement au cylindre. Il peut avoir de huit à dix pouces de long, sur environ un et demi ou deux de large. A peu de distance de son bord supérieur, et au-dessus de sa surface, doit être proprement cousu un morceau de taffetas ciré, destiné à recouvrir la partie supérieure du cylindre, à peu près jusqu'à un pouce des pointes fixées à la partie latérale du second conducteur. Celui qui porte le coussin est dit *négatif*, parce qu'il s'électrise de la même manière que ce dernier. Le conducteur opposé, qui reçoit et manifeste l'état électrique du cylindre de glace, est appelé *positif*. Des ouvertures ayant à peu près le diamètre d'une plume d'oie, et destinées, dans différentes expériences, à recevoir des fils de métal, sont pratiquées dans l'un et l'autre conducteur. La base, en bois d'acajou, dans laquelle est mas-

tiqué le pilier *isolant* qui supporte le conducteur négatif, se meut au moyen d'une vis qui la rapproche ou l'éloigne, pour augmenter ou diminuer la pression du coussin contre le cylindre de glace , dont le mouvement doit toujours suivre la direction du taffetas ciré. Ce mouvement peut être imprimé , soit par une simple manivelle , soit en multipliant les rouages. Cette dernière disposition donne plus d'électricité en moins de temps , mais exige plus de force de la personne qui tourne la machine.

Le verre s'électrise avec plus ou moins de facilité à raison de la nature de la substance employée comme frottoir. La soie sèche produit de grands effets ; mais on obtient des résultats plus efficaces en appliquant à la surface du coussin de cuir ou de taffetas ciré , et au moyen de saindoux, un amalgame fait avec de l'étain , du zinc et du mercure. Le frottoir d'une machine électrique est toujours enduit d'une semblable préparation , uniformément étendue sur sa surface , et en assez grande quantité pour faire disparaître la couture qui unit le coussin et le taffetas ciré ; mais on doit avoir soin qu'aucune portion de cet amalgame ne s'attache à la soie , et il faudrait la nettoyer , si , en se servant de la machine , de la poussière ou des parcelles métalliques y avaient été dé-

posées. Il faut user de la même précaution à l'égard de la surface du cylindre , sur laquelle on remarque souvent des taches , ou lignes noires , d'autant plus abondantes que l'amalgame a été plus récemment appliqué. On ne peut les enlever trop soigneusement , puisqu'elles tendent à diminuer la force de la machine. La surface enduite du coussin est aussi bientôt salie ; car la glace électrisée attire la poussière des corps environnans , et la dépose à mesure que les différens points de sa surface passent sur le frottoir. Si chaque fois qu'on se sert de la machine , on a l'attention de la nettoyer en séparant le coussin du conducteur négatif , et en essuyant légèrement , avec un linge sec , sa surface , et celle du morceau de soie , l'appareil se conservera en bon état sans qu'on soit obligé d'y appliquer souvent de nouvel amalgame , lequel est seulement nécessaire lorsque la couche qu'il forme à la surface du coussin est inégale ou salie par la poussière , soit à raison d'un long usage ou du défaut de soin (*).

(*) L'amalgame dont je me sers est formé d'une once d'étain et deux onces de zinc : lorsqu'ils sont fondus on les mêle avec six onces de mercure : on agite ce mélange dans une boîte de bois épais ou de fer , jusqu'à ce qu'il soit refroidi :

Les appareils accessoires de la machine consistent principalement en guéridons , ou supports isolans de différentes formes , en fils métalliques, et autres conducteurs flexibles , qui servent à établir une communication entre l'un ou l'autre des conducteurs de la machine électrique. L'usage de ces divers moyens sera plus amplement développé , en les appliquant aux expériences elles-mêmes ; et c'est à quoi je vais procéder.

on le réduit alors en poudre fine dans un mortier , et on le mêle avec une quantité suffisante de saindoux pour en former une espèce de pâte. Quelques amalgames contiennent une plus grande quantité de mercure; mais leur action est plus passagère , et , durant le mouvement du cylindre , ils s'attachent davantage à sa surface , ainsi que l'ont éprouvé quelques physiciens.

L'auteur indique , dans un appendix , les proportions suivantes comme étant plus convenables : deux onces d'étain , quatre onces de zinc , sept onces de mercure. On doit faire chauffer ce dernier jusqu'à peu près trois cents degrés de Farenheit avant de lui ajouter les métaux fondus : quand l'amalgame a été agité jusqu'à ce qu'il soit froid et réduit en poudre fine , on le triture avec de l'axonge dans un mortier. Si , par la suite , il arrivait qu'il devînt dur , il faudrait y ajouter un peu d'axonge et le triturer de nouveau.

CHAPITRE III.

Expériences faites avec la machine électrique ; théorie de son action ; phénomènes d'attraction et de répulsion.

La machine électrique étant disposée ainsi qu'il a été dit dans le chapitre précédent, et le coussin modérément pressé contre la glace , au moyen de la vis qui sert à cet usage , on met le cylindre en mouvement, et l'on observe les phénomènes suivans :

1^o. Des traînées distinctes de lumière , accompagnées de scintillations latérales, passent d'un conducteur à l'autre , en glissant sur cette portion de la surface du cylindre de glace , qui n'est point recouverte par la soie : on les appelle étincelles électriques.

2^o. Des étincelles brillantes s'élançent de l'un ou l'autre conducteur vers la main , ou sur toute autre substance polie , et non isolée , qu'on en approche à une distance modérée : quand elles sont dirigées sur le dos de la main , ou sur une partie quelconque du corps , elles font éprouver une sensation douloureuse.

3^o. Ces effets ont encore plus d'intensité , et les étincelles fournies par chaque conducteur

sont plus fortes , lorsqu'on les retire en même temps de l'un et de l'autre.

4°. Les étincelles fournies par le conducteur positif ou négatif , atteignent leur maximum d'intensité , quand l'autre conducteur n'est point isolé : ce qu'on obtient en établissant , au moyen d'une chaîne de métal , une communication entre lui et le sol.

5°. Si une communication métallique est établie entre les deux conducteurs , le frottement du cylindre , quelque vif et prolongé qu'il soit d'ailleurs , ne donnera naissance à aucune portion d'électricité appréciable.

6°. Si , au lieu d'un fil de métal , les conducteurs sont réunis par un cordon de soie , sur lequel sont enfilés , en nombre suffisant , des grains de plomb , ou de tout autre métal , distants les uns des autres d'à peu près la vingtième partie d'un pouce , on verra éclater , entre chaque grain , des étincelles brillantes qui se manifesteront aussi long-temps que durera le mouvement de la machine.

Il est bon de rappeler que l'un des conducteurs , celui qui porte le coussin , est électrisé de la même manière que lui , tandis que l'autre est dans le même état électrique que le cylindre de verre ; c'est pourquoi les phénomènes qu'ils présentent sont conformes à ce qu'on obtien-

trait dans toute autre circonstance où le frottement serait la cause productrice de l'électricité.

La première et la seconde expériences semblent indiquer que l'électricité dépend d'une cause matérielle ; car elle affecte les sens, et fait éprouver une impulsion qui a quelque chose de mécanique ; et qu'il serait difficile de concevoir dans toute autre supposition.

Le troisième phénomène prouve qu'il existe une action mutuelle entre les électricités de chaque cylindre métallique, puisque, lorsqu'elles sont simultanément dirigées sur un corps conducteur, elles produisent des effets plus intenses.

Le quatrième phénomène montre aussi qu'il existe entre les conducteurs inversement électrisés un rapport qui, à un degré différent, est le même que celui qui subsiste entre le sol et chaque conducteur.

Le cinquième fait conduit à admettre que, quand les électricités positive et négative sont développées en même quantité, et peuvent se réunir au moyen d'une substance conductrice, les phénomènes électriques disparaissent.

La sixième expérience a seulement pour but de prouver que, malgré le contact de ses con-

ducteurs, la machine continue à développer de l'électricité; mais les apparences ne se manifestent plus à raison de la communication établie.

D'après ces faits on peut raisonnablement rendre compte des phénomènes électriques, de la manière suivante :

1°. La cause des phénomènes électriques est matérielle, et jouit des propriétés qui appartiennent aux fluides élastiques.

2°. Le fluide électrique attire et est attiré par toute espèce de corps; en conséquence de cette attraction, il existe dans toutes les substances connues.

3°. L'attraction des différens corps pour le fluide électrique est variable, ce qui a également lieu pour un même corps placé dans des circonstances diverses : conséquemment la quantité d'électricité naturelle des différentes substances peut être en proportion inégale, et le même corps, lorsqu'il est combiné avec d'autres, peut agir plus ou moins puissamment que s'il était seul; mais sa force d'attraction primitive sera rétablie en détruisant la combinaison artificielle.

4°. Une des particularités qui résultent de la nature du fluide électrique, est que son

attraction pour la matière dépend plutôt de la figure que de la masse du corps; aussi est-elle plus grande pour des surfaces étendues que pour celles qui sont plus limitées (4).

5°. Une des propriétés du fluide électrique est de se mouvoir avec une grande facilité sur la surface et à travers la substance de quelques corps, tandis qu'il en est d'autres qui refusent de le propager.

6°. Quand l'attraction d'une substance quelconque pour l'électricité est égale au fluide qu'elle contient, cette substance ne manifeste point de signes électriques; mais il y en aura au contraire d'immédiats, lorsque la quantité de fluide sera supérieure ou inférieure à ce qu'exige *la saturation* de l'attraction existante; s'il y en a davantage, les signes seront ceux de l'électricité positive; si, au contraire, il y en a moins, ils seront ceux de l'électricité négative.

On peut donc concevoir que la production de l'électricité a lieu de la manière suivante: les corps employés contiennent *chacun* une certaine *quantité* de fluide proportionnée à l'attraction naturelle qu'ils exercent sur lui; ils le retiennent et paraissent n'être point électrisés, aussi long-temps qu'ils demeurent dans leur *état habituel*. Si donc deux pareils

corps sont mis en contact, les actions qu'ils exerçaient dans leur état ordinaire seront *modifiées*; l'un agira plus et l'autre moins fortement qu'ils ne le faisaient isolément. Le fluide électrique se partagera donc entre eux en proportion de *leurs attractions actuelles*, et par conséquent ils paraîtront encore n'être pas électrisés. En les séparant tout à coup, la nouvelle distribution du fluide électrique se maintiendra, tandis que les attractions primitives se rétabliront; et comme elles diffèrent de celles qui avaient lieu lors du contact, les corps paraîtront électrisés; celui dont l'action naturelle était augmentée, ayant reçu une *addition* à la quantité de fluide qui lui est propre, sera électrisé *positivement*; tandis que l'autre dont l'attraction a *diminué*, contenant une proportion moindre que celle qui lui est naturelle, sera *négatif*.

Prenez pour exemple la machine électrique elle-même; si l'on représente par 20 l'attraction du coussin pour le fluide électrique, et par 30 celle qu'exerce la surface de la glace, leur somme sera 50; en mettant ces deux corps en contact, leurs attractions sont modifiées. Supposons que celle de la glace devienne 40; et celle du coussin seulement 10, la somme sera encore 50: c'est pourquoi l'électricité natu-

relle, quoiqu'inégalement distribuée, est encore égale à la somme des attractions et reste insensible ; car la cause qui a produit cette inégale distribution (le contact) subsiste encore. Séparez la glace du coussin, son attraction primitive, représentée par 50, reparaîtra ; mais comme elle a acquis 40 d'électricité, à raison de son contact avec le coussin, elle est électrisée positivement d'une quantité égale à 10 : le coussin a aussi, dans ce cas, recouvré son attraction primitive égale à 20 ; mais comme il ne contient plus que 10, il sera donc électrisé négativement avec une intensité égale à 10. On voit ici pourquoi les corps qui s'électrisent, l'un positivement et l'autre négativement, agissent plus puissamment lorsqu'on les met en opposition, que dans le cas où l'une des deux substances serait nulle à cet égard : et, en effet, leur mutuelle différence est alors souvent deux fois plus grande que celle qui est particulière à chacun d'eux considéré isolément. Si donc la dernière est 10, l'autre peut être 20.

Les effets qui viennent d'être décrits se renouvellent aussi long-temps que dure le mouvement du cylindre, dont chaque partie est successivement mise en contact avec le coussin et emporte avec elle l'électricité qui a été ainsi progressivement développée : le taffetas ciré

peut être considéré comme faisant partie du frottoir , et en maintenant l'altération qu'a éprouvée la faculté attractive de la glace , il empêche la tendance que le fluide aurait à repasser dans le coussin. Cette compensation n'a plus lieu pour les portions du cylindre qui ont dépassé le taffetas : d'où il résulte que l'électricité acquise n'est plus à l'état de combinaison et a une tendance à se répandre dans les corps environnans. Le conducteur , qui est armé de pointes , étant le plus prochain réservoir , reçoit l'électricité , et passe alors à l'état positif. Pendant cette opération , le coussin et le conducteur , auquel il est fixé , fournissent constamment du fluide électrique au verre , et sont par conséquent électrisés négativement au même degré; mais , comme ils n'ont qu'une surface et une quantité d'électricité limitées , si on les suppose parfaitement isolés (c'est-à-dire environnés par des corps non conducteurs) , ils ne pourront fournir qu'une portion donnée de fluide ; mais , s'ils communiquent avec le sol dont la surface , comparativement à la leur , est infinie , ils puiseront , pour ainsi dire , à une source intarissable ; ce qui explique fort bien pourquoi l'électricité de l'un ou l'autre conducteur est plus forte lorsque celui qui lui est opposé n'est pas isolé.

Il y a quelque rapport entre cette manière d'envisager la production de l'électricité et les mouvements du calorique. Un simple contact mécanique est rarement suivi d'un changement sensible de température , ce qui arrive au contraire dans la plupart des combinaisons chimiques. La solution d'un grand nombre de sels est accompagnée d'une absorption de calorique; le mélange des acides avec l'eau présente , au contraire, une élévation de température ; et , en les unissant à certaines substances combustibles , on peut produire une inflammation accompagnée de lumière. Tous ces faits prouvent qu'en tout temps nous sommes environnés par une multitude de puissances qui , dans leur état naturel de combinaison , restent silencieuses , mais qui souvent n'attendent qu'un léger changement pour devenir actives.

Nous avons considéré l'électricité positive comme un résultat de l'accumulation du fluide électrique; et la négative comme dépendant de sa diminution : c'est pourquoi quand des étincelles , ou autres phénomènes électriques , ont lieu entre deux conducteurs électrisés inversement , on suppose que ces effets sont produits par le passage du fluide , qui du conducteur positif se porte vers le négatif; mouvement occasionné par la tendance de l'électricité

à se rétablir dans l'état d'équilibre qui lui est propre : d'après le même principe, les étincelles, et autres phénomènes que l'on remarque entre un conducteur positivement électrisé et un autre non isolé, sont supposées provenir du mouvement de la matière électrique, qui se dirige du corps électrisé vers le sol, tandis que l'on attribue les phénomènes qui ont lieu entre un conducteur négatif et le globe, au passage de l'électricité qui du dernier se porte vers le premier.

Cette direction, attribuée au fluide électrique, est, en quelque sorte, justifiée par certains faits; mais il aurait été plus sage de ne la regarder que comme une supposition probable; car la rapidité avec laquelle se meut le fluide électrique, est telle qu'il est difficile que l'œil puisse s'assurer de la direction qu'il suit, sinon dans des circonstances tout-à-fait particulières(*)).

EXP. 11. Si l'on présente une fil de métal terminé en pointe à un corps quelconque *négativement* électrisé, on apercevra une aigrette lumi-

(*) Lorsqu'on emploie des machines électriques très-puissantes, les étincelles qu'on en retire peuvent avoir de dix à vingt pouces de long, et constamment semblent se porter du conducteur positif au négatif, ou du conducteur positif à la boule qui termine l'excitateur.

neuse qui, de l'extrémité du fil, se dirigera évidemment à la surface du corps : en présentant, au contraire, cette même pointe à une surface *positive*, elle offrira un point lumineux très-brillant : cette lumière résulte indubitablement du mouvement du fluide électrique ; le fil de métal doit être regardé comme un conduit qui peut émettre ou recevoir l'électricité, et les apparences observées dépendent du mouvement de translation que l'on suppose à ce fluide ; car la surface *négative*, qui est celle que l'on croit dépoillée d'une portion de son électricité, ainsi que le fil présenté, et qui est alors terminé par une aigrette, indiquent que la cause de cette lumière se dirige de la pointe au corps négatif. La surface positive, au contraire, qui est censée contenir un excès de fluide, aussi bien que la pointe placée dans son voisinage, et qui est simplement éclairée par un point brillant, fournissent des apparences que l'on peut concevoir produites par l'entrée d'un fluide subtil qui traverse le fil de métal.

Si les pointes sont adaptées à des corps électrisés inversement, les apparences seront précisément opposées à ce qui arrive, quand elles leur sont présentées ; ce qui doit effectivement être en admettant que la supposition précédente soit exacte.

EXP. 12. La figure 6 représente deux balles de métal d'environ trois quarts de pouce de diamètre, isolées l'une et l'autre sur des piliers de verre qui les maintiennent à une distance d'à peu près deux pouces. La partie supérieure de chacune d'elles présente une excavation dans laquelle on met un petit morceau de phosphore. Une petite bougie ou une lampe est placée de façon que sa flamme soit à égale distance des deux boules, dont l'une est mise en communication avec le conducteur positif de la machine, et l'autre avec le conducteur négatif; ce que l'on fait au moyen de fils de métal : aussitôt que les boules sont rendues électriques, la flamme est agitée et s'incline vers celle qui est dans un état négatif, et bientôt l'échauffe assez, pour que le phosphore qu'elle contient prenne feu; la température de la balle positivement électrisée ne s'élève pas sensiblement, et son phosphore conserve par conséquent l'état solide. Si l'on change la disposition des fils de métal, de manière à ce que la boule, qui était négative, devienne positive, *et vice versa*, le phosphore que contient celle qui alors sera négative prendra feu à son tour. Ainsi l'électricité est dirigée du positif au négatif, et transmet avec elle la chaleur qui provient des corps en ignition (5).

EXP. 13. Fixez au centre de la platine de la machine pneumatique un fil de métal de trois pouces de long, terminé supérieurement par une boule d'un pouce de diamètre; ajustez-en une semblable à la tige de métal qui traverse la boîte à cuir d'un récipient que vous placerez sur la platine de la machine, ayant soin que les deux sphères soient dans la même verticale et distantes d'à peu près un pouce (voyez fig. 7). Faites alors exactement le vide, établissez une communication entre le conducteur négatif et la platine, agissez de même à l'égard de la boule supérieure et du conducteur positif; mettez ensuite en mouvement le cylindre de la machine électrique; et, si vous faites l'expérience dans l'obscurité, vous apercevrez un courant d'une belle lumière purpurine qui se rend de la balle positive à la balle négative, sur laquelle il se divise et forme une sorte d'atmosphère lumineuse qui l'enveloppe de toute part ainsi que sa tige; ce qui donne l'idée d'un fluide glissant sur la surface d'un solide qu'il ne peut aisément pénétrer. Aucune apparence de lumière ne se manifeste à la balle positive, si ce n'est dans le point d'où s'échappe la ligne lumineuse qui se dirige vers la boule inférieure: si vous rendez négative la sphère qui était positive, et positive celle qui était néga-

tive , vous aurez des effets entièrement opposés.

Lorsque cette expérience est faite avec soin , elle rend sensible à l'œil la direction que suit le fluide , et ceux qui en sont alors témoins , ne peuvent conserver aucun doute à cet égard .

Les phénomènes électriques sont donc produits par le mouvement d'un fluide naturellement répandu dans tous les corps , et que l'on peut , par quelques procédés , accumuler sur certains et diminuer dans plusieurs autres . Ce fluide tend constamment à l'équilibre ; c'est pourquoi , s'il ne trouve point d'obstacle , il passera des corps qui en contiennent une surabondance , à ceux qui en sont privés ; mais , si dans le voisinage il n'en est pas qui soient dans cet état , il se répandra sur les corps qui ont seulement leur quantité naturelle .

Les mots *positif* et *négatif* sont donc simplement des expressions comparatives qui indiquent différentes variations de l'état naturel . Il y a deux points fixes auxquels , dans diverses circonstances , on peut rapporter ces états : quand l'effet est mesuré par la divergence des balles de moelle de sureau ou autres corps légers suspendus dans l'atmosphère , l'air ambiant est l'étalon auquel on rapporte le *plus* ou le *moins* , et les indications données par les balles sont alors seulement proportionnelles à la différence

électrique qui existe entre elles et l'air, lequel, à raison de sa propriété *non conductrice*, peut être considéré comme étant *isolé*. Mais, dans la supposition où une substance quelconque, communiquant avec le sol, est présentée à un corps électrisé et isolé, c'est alors le globe terrestre qui devient le point fixe d'où l'on part pour mesurer la divergence positive ou négative de ce corps. Alors ce point fixe est nommé point neutre, et toute substance qui ne contient que sa quantité naturelle d'électricité, doit être regardée comme étant dans le même état; et quoiqu'elle ne soit point alors réellement électrisée, on doit la considérer comme positive si on la compare à des corps qui ont moins que leur quantité naturelle, et négative au contraire si on l'oppose à ceux qui contiennent au-delà de cette même quantité.

Le mouvement que l'électricité imprime aux corps légers, et qu'on nomme habituellement *attraction* et *réciprocité*, dépend des actions respectives qu'exercent l'un sur l'autre le fluide électrique et les molécules matérielles des corps; ce que l'on verra plus nettement encore au moyen de l'expérience.

EXP. 14. Prenez un léger duvet ou une balle de sureau suspendus à des fils de métal

(semblables à ces fils dorés dont on se sert pour recouvrir la soie). Tenant le fil par une de ses extrémités, approchez la balle contre un conducteur quelconque électrisé positivement ou négativement; elle sera attirée et restera adhérente au conducteur jusqu'à ce qu'il soit complètement dépouillé de son électricité.

Les corps qui sont positivement électrisés tendent à verser leur électricité surabondante sur tous ceux qui les environnent; tandis que les corps négatifs cherchent au contraire à acquérir ce fluide: de là l'un quelconque des états électriques produira l'attraction; car, si les corps légers doivent se mouvoir, il est indifférent que la surface électrisée attire leur fluide naturel, ou la matière à laquelle il appartient, puisque l'attraction résulte seulement de la diversité des rapports qui existent entre ces actions, considérées relativement à deux corps quelconques; et elle doit continuer tant que cette différence subsiste. Or, dans l'expérience précédente, le corps attiré communiquait avec le sol dont l'état électrique n'a pu être sensiblement altéré à raison de la surface comparativement très-limitée du corps conducteur; c'est pourquoi l'attraction a dû continuer entre lui et le globe terrestre jusqu'à ce qu'il lui ait communiqué ou en ait reçu une

quantité de fluide égale à celle dont il était surchargé, et par conséquent jusqu'à ce que la différence électrique entre lui et la terre ait totalement disparu.

EXP. 15. Répétez l'expérience précédente en suspendant la balle de sureau ou le duvet à un fil de soie. Ce corps léger sera d'abord attiré par le conducteur ; et ensuite il sera repoussé, et ne pourra renouveler le contact à moins qu'il n'ait auparavant touché un corps conducteur non isolé.

Le corps léger est ici attiré par la même cause que précédemment; mais il est isolé, et par conséquent, à l'instant où il touche la surface électrisée, il contracte une électricité de même nature, et est dès-lors repoussé, étant attiré par l'air ambiant ou autres corps environnans, qui ayant leur quantité naturelle d'électricité, différent du corps léger qui en contient *plus ou moins*; la surface électrisée, au contraire, qui est dans le même état que lui, ne peut, par conséquent, l'attirer à moins que, touchant quelque conducteur non isolé, il ne revienne à son état naturel.

De ces expériences on déduit nécessairement ce qui suit :

1°. Des corps positivement électrisés au même degré se repousseront l'un l'autre : leur

fluide électrique positif étant attiré par le milieu ambiant qui est dans son état naturel.

2°. Les corps qui sont dans un même état négatif se repousseront également; leurs molécules matérielles étant attirées par l'électricité naturelle du milieu environnant.

3°. Les corps électrisés, soit positivement ou négativement à différens degrés, s'attireront mutuellement jusqu'à ce qu'ils soient proportionnellement électrisés d'une manière égale; alors ils se repousseront l'un l'autre, et tendront à se porter vers les substances non électrisées.

4°. Les corps positifs et négatifs s'attireront réciproquement; et, s'ils sont électrisés au même degré d'intensité, au moment du contact, ils reviendront à leur état naturel.

5°. Dans le cas d'électricité positive et négative à des degrés différens, les corps s'attrireront, et, après s'être touchés, ils seront électrisés dans la proportion suivant laquelle la somme de leurs électricités différera de celle du milieu environnant.

De là on peut conclure que, quand deux corps s'écartent l'un de l'autre, ils ont des électricités semblables; lorsqu'au contraire ils s'attrient, ils sont inversément électrisés (6).

Une foule d'expériences purement récréa-

tives ne reconnaît d'autres causes que celles qui viennent d'être exposées. Des corps légers, placés entre des conducteurs différemment électrisés, se portent de l'un à l'autre, et par cette succession de mouvements alternatifs offrent des résultats assez singuliers. Dans les exemples suivans, qui sont des preuves vulgaires du mouvement électrique, le corps mû est toujours placé entre une surface électrisée et une seconde qui est en communication avec le sol. Il est d'abord attiré par la première à raison de la différence des états électriques; au moment du contact, il s'électrise de la même manière qu'elle, et est alors repoussé vers le corps qui communique avec le sol; il repasse à son état naturel aussitôt qu'il l'a touché, est alors réattiré par la surface électrisée; devenu électrique pour la seconde fois, il retourne à sa première situation pour être encore attiré, etc., mouvement qui doit nécessairement continuer jusqu'à ce que les états électriques des deux surfaces soient devenus semblables et égaux. Les corps légers, mis en mouvement par l'électricité, peuvent donc être considérés comme des véhicules qui servent à transporter le fluide électrique d'un système de corps à un autre, et qui deviennent ainsi la cause de sa distribution naturelle.

EXP. 16. Placez sur la paume de la main une feuille mince, d'or, d'argent ou de tout autre métal; présentez-la à quelques pouces d'un conducteur électrisé; elle sera attirée et continuera à se mouvoir alternativement de la main au conducteur, tant que ce dernier conservera son état électrique.

EXP. 17. Suspendez au conducteur d'une machine électrique un plateau de cuivre, et au dessous, à la distance de trois à quatre pouces, vous en placerez un second communiquant avec le sol, et sur lequel vous poserez des petites figures en papier; vous électriserez ensuite le plateau qui communique avec la machine, les petites figures seront alors attirées, et par leurs mouvements alternatifs simuleront une sorte de danse.

EXP. 18. Mettez sur le conducteur de la machine, une pointe de métal, qui vous servira pour électriser l'intérieur d'un verre à boire bien sec, dont vous présenterez successivement les différens points au fil de fer, pendant que la machine est en mouvement. Placez sur une table plusieurs balles de moelle de sureau, que vous couvrirez ensuite avec le verre électrisé. Vous verrez ces balles se porter alternativement de la table au verre, et leur mouvement continuera pendant quelque temps.

EXP. 19. Prenez une petite boule de métal que vous fixerez à l'extrémité d'un fil de soie, au moyen duquel vous la suspendrez à égale distance de deux timbres soutenus par des tubes de verre, et écartés l'un de l'autre d'à peu près un pouce. Etablissez une communication entre le conducteur de la machine et l'un des timbres, faites communiquer le second avec le sol et aussi long-temps que durera le mouvement du cylindre ; la boule de métal ira de l'un à l'autre timbre, et produira un carillon électrique.

EXP. 20. Isolez un anneau de cuivre de manière qu'il soit éloigné d'à peu près un pouce et demi, de la surface d'une table, sur laquelle il doit être placé et mis en communication avec le conducteur de la machine électrique; posez ensuite sur la table et dans l'anneau une boule de verre soufflée, légère et bien sphérique, de deux pouces de diamètre environ. La balle sera attirée par le cercle métallique, le touchera et deviendra électrique dans le point de contact seulement, lequel étant alors soumis à l'attraction que la table exerce sur lui, prendra du mouvement et sera remplacé par une autre portion de la boule, qui bientôt après sera également repoussée. Cette action se répétant à chaque instant, la balle prend un mouvement

de rotation et décrit la circonference intérieure de l'anneau. Cet effet qu'éprouve la boule de verre dépend de sa faculté non conductrice, qui limite l'influence du contact à la portion touchée de sa surface, dont les différens points sont alors diversement électrisés en même temps.

Ces divers mouvements électriques, qui sont tous rapportés à la même cause, mettent en évidence la matérialité du fluide électrique, dont l'attraction indique ici une des plus essentielles propriétés de la matière, et peut même contre-balancer les effets de la pesanteur. L'écartement des différentes parties des corps lorsqu'elles sont semblablement électrisées, confirme la supposition précédente, ce que l'on peut voir par les expériences suivantes.

EXP. 21. Isolez l'un et l'autre conducteur de l'appareil électrique et mettez en communication avec chacun d'eux un électromètre à balles de sureau; la machine étant mise en mouvement, chaque électromètre divergera, car l'un et l'autre différent de l'état électrique de l'air environnant (l'un contenant plus de fluide et l'autre moins). Réunissez les conducteurs opposés, au moyen d'un fil métallique; la divergence cessera, la différence électrique entre ces conducteurs et l'air ambiant étant alors anéantie.

EXP. 22. Prenez une douzaine de fils, dont vous réunirez ensemble les extrémités supérieures ; faites la même chose à l'égard des bouts inférieurs ; attachez ensuite au noeud du haut une espèce d'anneau au moyen duquel vous suspendrez ces fils à un des conducteurs de la machine : dès qu'ils seront électrisés, ils s'écartieront les uns des autres, et le noeud inférieur se rapprochera du supérieur, ils prendront une figure sphérique, qu'ils garderont aussi long-temps qu'ils conserveront leur électricité.

EXP. 23. Isolez une fontaine de compression, électrisez-la ; aussitôt son jet se subdivisera, occupera un espace très-considérable, mais reviendra à sa dimension primitive à l'instant où l'on discontinuera l'électrisation.

EXP. 24. Fixez un morceau de cire à cacherer à un fil de fer, que vous ferez entrer dans l'un des trous pratiqués au conducteur de la machine électrique ; amollissez la cire au moyen de la chaleur, tournez alors le cylindre, et des fils très-déliés de cette substance se formeront aux dépens de sa masse. Si on les reçoit sur une feuille de papier, ils présenteront des filaments tenus, que l'on peut comparer à de la laine rouge très-fine.

EXP. 25. On verra, par la suite, que les corps terminés en pointe transmettent l'électricité.

avec beaucoup plus de facilité que ceux dont les extrémités sont mousses ou arrondies : de là, si un conducteur quelconque électrisé a des pointes à sa surface, l'air qui leur correspond s'électrise de la même manière, s'en écarte et est ensuite remplacé par de nouvelles particules, qui à leur tour s'électrisent aussi, et sont ensuite repoussées ; en telle sorte qu'il s'établit un courant d'air non interrompu, déterminé par la pointe, et qui paraît en sortir, qu'elle soit électrisée positivement ou négativement. On a construit sur ce principe divers appareils à mouvement circulaire. La figure 8 représente des fils de métal placés en croix, et dont les extrémités pointues sont recourbées dans le même sens. Si l'on soutient leur centre sur un pivot et qu'on les électrise, ils tournent avec beaucoup de rapidité dans une direction opposée à celle de leurs pointes; la réaction que l'air exerce contre elles est la cause de ce mouvement.

Une pointe électrisée est capable de déterminer un courant d'air, qui suffit pour faire tourner avec rapidité un volant ayant quelque ressemblance avec la disposition des aubes d'un moulin à eau ; et, si l'on présente une chandelle allumée à un tel courant, sa flamme peut être soufflée.

Tels sont les principaux phénomènes du mouvement produit par l'action électrique ; ils sont susceptibles d'une infinité de nuances , mais sont toujours conformes aux principes précédemment établis , c'est-à-dire à l'attraction du fluide électrique pour la matière , et à sa tendance à se répandre uniformément ; propriétés qui peuvent être quelquefois suspendues par la faculté non conductrice de certains corps et les modifications dont est susceptible la force d'attraction.

CHAPITRE IV.

Des phénomènes que présente la lumière électrique.

Les apparences lumineuses , produites par l'électricité , se montrent sous une infinité d'aspects différens : aussi est-il nécessaire de les examiner avec attention , et de comparer les circonstances de leur production , avec les principes généraux , que l'on peut considérer comme servant de base à cette branche de la physique.

La lumière n'est point un phénomène qui accompagne constamment toute production d'électricité ; elle ne se manifeste que lorsqu'on fait usage de puissans appareils , et brille en

proportion de l'intensité électrique développée.

Supposez que dix particules d'électricité soient ajoutées ou retranchées à un corps, dont l'attraction naturelle est représentée par 25. La différence électrique entre ce corps et ceux qui l'environnent (supposés être dans leur état naturel) sera 10. L'intensité de son état positif ou négatif, pourra aussi être représentée par le même nombre.* Si maintenant vous admettez que l'altération qu'a subie la quantité naturelle de l'électricité du corps soit 20, sa différence électrique sera double, et il en faudra dire autant de son intensité : expression qui est ici employée pour indiquer la quantité, soit en plus soit en moins, dont un corps quelconque électrisé est écarté du point qui lui sert de limite (*).

(*) L'élasticité que l'on suppose au fluide électrique permet à un nombre plus ou moins considérable de particules, de se loger dans un même espace; et son intensité ou sa tendance à se mettre en équilibre, sera proportionnée à la quantité accumulée sur une surface donnée, ou, en d'autres termes, à sa *densité*. Ceci correspond aux actions que développent les fluides élastiques; l'air, par exemple: en admettant qu'à raison de sa densité, il puisse faire équilibre à un pouce de mercure, en supportera deux lorsqu'il sera comprimé de manière à occuper la moitié de l'espace qu'il remplissait précédemment; il n'en supporterait au contraire

La lumière émise dans les cas ordinaires d'excitation n'offre que des apparences peu prononcées ; les étincelles ne peuvent avoir lieu , que quand l'électricité est concentrée , ainsi qu'il arrive pour les conducteurs de la machine électrique. Lorsque l'étincelle éclate entre deux corps , leur forme , l'étendue de leur surface , la nature et la densité du milieu qu'elle traverse , exercent sur elle une influence , qui nous met dans la nécessité de considérer séparément chacune de ces conditions.

La distribution de l'électricité sur les conducteurs a évidemment fort peu de relation avec leur solidité , mais dépend surtout de l'étendue de leur surface ; car on obtient les mêmes résultats , soit en employant des cylindres ou des sphères de métal d'une très-petite épaisseur , soit des corps solides ayant la même forme et les mêmes dimensions ; il est probable aussi que l'action des conducteurs isolés consiste dans la rapidité avec laquelle ils communiquent leur état électrique à la couche d'air contiguë à leur surface , et à la

qu'un demi si son volume venait à être doublé , et s'unirait à l'eau ou autre liquide en quantité proportionnée à sa densité (7) : il y a quelque analogie entre les électricités positive et négative , et l'air condensé et raréfié .

facilité qu'ils offrent pour décharger cette couche électrisée, quand un corps non isolé, ou dans un état électrique opposé, est placé dans leur voisinage. Car tout conducteur positivement électrisé, et celui qui l'est négativement, sont entourés l'un d'une atmosphère positive, l'autre d'une atmosphère négative, dont les densités, toutes choses égales d'ailleurs, décroissent comme le carré de leur distance à la surface augmente. Ainsi un corps quelconque isolé et électrisé, conservera son état électrique jusqu'à ce qu'il ait une intensité suffisante pour vaincre la résistance de l'air (qui est le milieu servant à le séparer des corps non isolés ou différemment électrisés). L'espace plus ou moins considérable que franchit l'étincelle est nommé *distance explosive* (8).

Quand la surface d'un conducteur est uniforme, la résistance de l'air environnant l'est aussi : mais dans le cas où cette même surface présente des irrégularités, la tendance du fluide électrique, pour entrer ou pour s'échapper, sera plus forte aux endroits les plus élevés, et d'autant plus forte qu'ils présenteront des angles ou des pointes. Pour comprendre ceci, il suffit de se rappeler que chaque conducteur électrisé est enveloppé d'une atmosphère qui a la même figure que lui, et dont la surface qui

lui est contiguë est électrisée de la même manière : électricité qui ne peut être transmise à travers l'air, sinon par le mouvement de ses particules. Cette translation des particules est arrêtée par la réaction que leur oppose l'air qui les environne; et les différens points de cette seconde surface étant également susceptibles de recevoir l'électricité, elle ne peut par conséquent en favoriser le mouvement dans une direction plutôt que dans l'autre : c'est pourquoi l'atmosphère électrique et immédiate du conducteur ne pourra s'en éloigner, étant arrêtée par une couche d'air qui lui résiste également dans tous les sens. Mais, s'il y a une pointe proéminente placée sur le conducteur, et qui pénètre cette atmosphère, elle facilitera l'éloignement des particules d'air électrisé qui lui correspondent : en les plaçant à une plus grande distance de la surface électrique d'une part, et en les exposant de l'autre à l'action d'un plus grand nombre de particules non électrisées.

L'action des corps pointus ou anguleux consiste donc à favoriser la rétrogradation des particules d'air électrisé, en plaçant une portion de l'atmosphère du conducteur dans une situation plus exposée à l'influence du milieu

ambiant, ce qui produit un courant d'air qui va de la pointe électrisée vers le corps non isolé le plus voisin : d'où il résulte que les corps les plus proéminens et les plus pointus transmettent le fluide électrique avec plus de facilité, puisqu'ils sont ceux qui remplissent le mieux les conditions exigées.

Une surface sphérique est celle qui, considérée relativement à l'atmosphère qui l'environne, a le plus d'uniformité ; c'est pourquoi des globes ou des cylindres, terminés par des portions de sphère, sont communément employés comme conducteurs isolés ; et les dimensions qu'il faut leur donner dépendent de l'intensité électrique qu'on veut obtenir. Une pointe peut être regardée comme une boule d'un diamètre infiniment petit, et agira en effet ainsi, eu égard à de petites quantités d'électricité; et une balle d'un diamètre modéré pourra aussi faire fonction de pointe si elle est fortement électrisée.

Si deux sphères d'égal diamètre, mises en contact l'une avec l'autre au moyen d'un fil de fer, sont électrisées, leurs atmosphères s'étendront à la même distance, et auront par conséquent la même intensité. Si les sphères sont de diamètres très-inégaux, l'atmosphère de la plus petite sera plus étendue, et elle aura nécessai-

rement une plus forte intensité électrique (*), de manière que l'on peut retirer d'une petite boule adaptée à un conducteur, une étincelle

(*) M. Deluc a démontré ce fait d'une manière satisfaisante, et qui n'exige qu'un appareil fort simple : deux plateaux circulaires de métal, dont les rebords sont arrondis et polis. L'un d'eux, que j'appellerai A, peut avoir de dix à douze pouces de diamètre et être maintenu dans une position horizontale par un support isolant. Le second, que je nomme B, ne doit point avoir plus d'un pouce de diamètre, et un douzième de pouce d'épaisseur; du reste, il doit, ainsi que le précédent, avoir un manche isolant. Le disque A étant électrisé positivement ou négativement, B, que l'on tient par son manche isolant, est appliqué par sa surface à une portion quelconque de A; étant ensuite retiré de la même manière, et présenté à la partie supérieure de l'électromètre, la divergence qu'il produira fera connaître l'intensité électrique du point avec lequel il a été mis en contact. On touche une autre portion de la surface de A, et portant de nouveau le petit plan à l'électromètre, la divergence, plus ou moins considérable, fera connaître la différente intensité des deux portions du même conducteur. On peut répéter cet essai, et en général on trouvera que l'intensité est moindre au centre de la surface de A, et qu'elle augmente graduellement en allant vers la circonférence, et que c'est au bord lui-même où elle est la plus grande. On a fait de semblables expériences avec des boules de diamètres régulièrement décroissant, mises en contact les unes avec les autres au moyen d'un fil de métal : la plus petite balle est celle qui a offert la plus grande intensité électrique (9).

plus longue que celle qu'on obtiendrait du conducteur lui-même ; et en général à mesure que la boule sera davantage éloignée de sa surface (*), cette étincelle aura plus de longueur ; ce qui mène à cette conséquence que la pointe la plus aiguë, et qui en même temps s'éloigne le plus d'une portion quelconque du conducteur, est celle qui agira avec le plus de rapidité, soit pour recevoir, soit pour transmettre l'électricité. M. Achard a montré qu'une simple pointe métallique fixée au centre d'un disque de cuivre, d'un pouce et demi de diamètre, produit, soit pour laisser entrer ou sortir l'électricité, un plus grand effet, que neuf pointes pareilles adaptées

(*) MM. Cavendish *, Coulomb **, Laplace et Poisson *** ont cherché à déterminer quelle relation existe entre la surface des différents conducteurs et l'intensité électrique correspondante ; chaque analyse suppose une hypothèse, et celle de M. Cavendish paraît la plus rationnelle, quoiqu'il y ait d'ailleurs plusieurs circonstances qui excluent une démonstration expérimentale rigoureuse. Il est en effet probable que les intensités électriques sont en raison inverse des surfaces, en commençant par la surface plane où elle est la moindre jusqu'à la pointe où elle peut être regardée comme infinie (10).

* Philos. trans., vol. LXI, pag. 624, etc.

** Acad. des Sciences, 1786, 1787, 1788, 1789.

*** Mémoires de l'Institut, 1812.

à la même base ; la proximité de ces neuf pointes les faisant agir à peu près comme le ferait une surface conductrice qui aurait la même étendue.

Si l'on insère dans l'axe d'une sphère de cuivre d'un grand diamètre, une pointe aiguë, que l'on pourra, au moyen d'une petite vis, faire plus ou moins saillir au-dessus de sa surface, on obtiendra avec cet appareil un effet semblable à celui que pourrait produire une sphère d'un diamètre quelconque. Lorsque la pointe est au-dessous de la surface de la sphère, elle n'exerce aucune action ; mais sa faculté pour transmettre l'électricité, augmente à mesure qu'elle devient plus saillante ; et il est un terme où elle détruit complètement l'influence de la sphère.

D'après la loi probable de la distribution électrique, indiquée dans la note précédente, il suit, que plus les dimensions d'un conducteur isolé seront grandes, plus considérable aussi devra être la charge électrique nécessaire pour que l'étincelle franchisse une distance quelconque donnée : aussi peut-on, avec une même machine électrique, produire des effets différens en employant des conducteurs de dimensions variées. De là encore résulte, que des étincelles de même longueur, retirées de

conducteurs ayant des proportions différentes, varieront en force comme elles diffèrent relativement à la quantité de fluide électrique. Les conducteurs dont les dimensions en longueur sont très-étendues, donnent des étincelles plus courtes que ceux dont la surface est plus ramassée; mais quelquefois elles sont plus puissantes (*).

Les expériences suivantes montrent quelle est l'influence de la forme et de l'étendue du conducteur, relativement aux apparences de la transmission électrique.

EXP. 26. Présentez une sphère de cuivre de trois pouces de diamètre, au conducteur positif d'une forte machine électrique; de brillantes étincelles éclateront entre eux, et seront accompagnées d'une explosion plus ou moins forte. Lorsqu'on veut que les étincelles se succèdent rapidement, il faut placer la boule à une moindre distance du conducteur; alors

(*) M. Brook de Norwich a formé un très-grand conducteur avec des verges métalliques, suspendues par des tiges de verre et assemblées entre elles de façon à imiter un gril. Avec cet appareil, les étincelles, quoique plus courtes, étaient beaucoup plus douloureuses que celles d'un conducteur de cinq pieds de long et de cinq pouces de diamètre, chargé avec le même cylindre.

elles se dirigeront en ligne droite et seront plus nombreuses.

EXP. 27. Adaptez au conducteur une boule d'un pouce et demi ou deux pouces de diamètre, et, afin qu'elle s'écarte davantage de la surface électrisée, elle doit être fixée sur une tige de trois à quatre pouces de long; approchez-en la grosse boule de l'expérience précédente; vous obtiendrez des étincelles plus longues que celles fournies par le conducteur lui-même; mais elles seront moins brillantes et se dirigeront en zigzag.

EXP. 28. Substituez une petite boule à celle qui, dans la dernière expérience, était fixée au conducteur; le fluide électrique franchira une plus grande distance: mais il sera divisé en un grand nombre de rayons à peine lumineux, et fera entendre un bruit très-faible; effet qui aurait encore lieu si, la machine électrique étant très-forte, on se servait d'une plus grosse boule. Pour obtenir ce résultat d'une manière plus certaine, il est préférable de présenter au conducteur de l'appareil un corps ayant une surface plane, et de la classe de ceux qui conduisent imparfairement le fluide électrique; tels sont le bois, le papier, la forme d'un chapeau, etc.

Si vous remplacez, par une pointe aiguë,

la sphère adaptée au conducteur, vous n'en pourrez retirer aucune étincelle ; mais vous apercevrez une aigrette formée de rayons divergents plus déliés que ceux observés dans l'expérience vingt-huitième , et l'électricité sera transmise à une plus grande distance.

Si l'on fait varier la surface du corps non isolé qui reçoit les étincelles, on aura des résultats diversifiés et analogues à ceux que l'on obtiendrait en changeant la surface du conducteur.

Exp. 29. Tandis que le courant d'étincelles qui éclate entre la grosse boule et le conducteur , franchit une distance d'un pouce et demi à peu près , présentez au conducteur une pointe aiguë , environ au double de cette distance; aussitôt les étincelles disparaîtront , et le fluide électrique sera silencieusement transmis au moyen de la pointe.

Exp. 30. Renfermez une pointe dans un tube de verre ; disposez-la de manière à ce qu'elle puisse rentrer dans son intérieur et s'éloigner d'une quantité quelconque de son ouverture. Dans cet état, l'influence de la pointe aura disparu , et elle transmettra l'électricité par étincelles, ainsi que le ferait une sphère. On détruit également le pouvoir d'une pointe , en la plaçant entre deux boules, ou en empêchant ,

d'une manière quelconque, qu'elle soit libre et saillante.

EXP. 31. Isolez une capsule de métal poli, et dont les rebords soient arrondis ; mettez dans cette capsule une chaîne de même matière, qui ne présente ni pointes, ni aspérités, ni angles saillants, et à l'un des bouts de laquelle vous attacherez un fil de soie, que vous ferez passer sur une poulie ; de manière que vous puissiez, à volonté, retirer en partie la chaîne de la capsule : mettez en contact avec elle un petit électromètre à balles de sureau ; électrisez cet appareil, soulevez la chaîne de dedans la capsule, aussitôt vous verrez la divergence de l'électromètre diminuer, et lorsque vous l'abaisserez, la divergence primitive reparaîtra. Les deux corps forment ensemble un conducteur dont la surface augmente lorsqu'on élève la chaîne, et cet accroissement amène une diminution d'intensité électrique, en présentant une surface plus étendue à l'air non électrisé.

Si l'on fait cette expérience avec une capsule et une chaîne de grandeur suffisante, et qu'elles soient bien isolées, les étincelles pourront servir à donner les indications que fournissait l'électromètre de l'expérience précédente, et

elles seront plus fortes quand la surface sera moins étendue (11).

Les étincelles sont, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus brillantes que les substances entre lesquelles elles éclatent sont meilleurs conducteurs : aussi les métaux sont-ils presque exclusivement employés à cet usage. Le bois et autres conducteurs imparfaits ne produisent qu'un courant faible et d'une couleur rouge ; cependant ces substances remplissent les fonctions de pointes avec quelque efficacité, et les poussières qui souvent s'amassent autour de l'appareil électrique agissent ainsi, et gênent beaucoup les physiciens.

L'électricité n'est pas moins influencée par la nature et la densité du milieu qu'elle traverse, que par l'étendue et la figure des conducteurs qui la transmettent : communément elle a un éclat et une force qui sont proportionnés à la densité et à la faculté isolante du milieu dans lequel elle se meut; et c'est ce qui a fait penser à Morgan (*) et à Biot (**) que la lumière électrique est exprimée de ces milieux par la compression mécanique qu'éprouvent leurs molécules lors du passage rapide du fluide

(*) Philos. transact., vol. LXXV, p. 198.

(**) Annales de Chimie, vol. IJII, p. 321.

électrique ; idée qui est assez d'accord avec la plupart des expériences faites à ce sujet.

Les différentes formes que présente l'étincelle , proviennent des diverses modifications qu'éprouve la cause qui les produit, c'est-à-dire , de la rapidité , et de la quantité du fluide électrique , ainsi que de la densité et de la propriété non conductrice du milieu qu'il traverse. Dans l'air libre les longues étincelles forment toujours des lignes flexueuses ; car le fluide électrique , se mouvant avec une extrême rapidité , condense l'air qui est en avant de lui , et le rend par conséquent , dans cette direction , plus résistant que celui qui est situé latéralement ; ce qui amène la déviation du fluide : bientôt l'air comprimé dans cette nouvelle direction , réagit avec plus de force , oblige l'étincelle à s'écartez de nouveau ; et ces inflexions successives produisent l'apparence du zigzag. Lorsque l'intervalle à franchir est petit , l'étincelle se meut ordinairement en ligne droite ou très - légèrement courbée ; mais son apparence est irrégulière , quelquefois comme brisée , interrompue en différentes parties , et le plus souvent plus rouge et moins brillante à sa partie moyenne que vers ses extrémités. Il est probable que ces irrégularités proviennent principalement de l'hétérogénéité de

l'atmosphère ; car dans le vide les courtes étincelles sont uniformes, et les longues rarement infléchies.

Pour déterminer, par expérience, quelle influence exercent sur l'électricité les différens milieux gazeux, il suffit d'un appareil fort simple; c'est un globe de verre d'à peu près quatre pouces de diamètre, terminé par deux appendices mastiqués dans des douilles de cuivre : à l'une d'elles est vissé un robinet portant un fil de métal et une boule, qui pénètrent dans l'intérieur du globe ; une seconde boule est attachée à un autre fil qui glisse dans une boîte à cuir, vissée à l'autre douille, en telle sorte que l'on peut placer les deux sphères que renferme le globe à une distance quelconque l'une de l'autre (voyez fig. 9). On fait le vide dans cet appareil, en l'adaptant à la machine pneumatique au moyen du robinet ; après quoi on peut le remplir de tel ou tel autre gaz, raréfier ou condenser l'air qu'il contient, puis examiner l'influence que peuvent exercer sur la forme de l'étincelle ces divers milieux. En condensant l'air, la lumière devient blanche et brillante : en le raréfiant elle se divise et s'affaiblit, et dans l'air très-raréfié, elle est diffuse et d'une couleur rougeâtre ou pourprée. L'influence des différens gaz paraît être proportionnée à leur densité :

dans le gaz acide carbonique l'étincelle est blanche et vive; dans le gaz hydrogène elle est rouge et faible (12).

A mesure que la rareté d'un milieu augmente, l'intensité électrique nécessaire pour le rendre lumineux est moindre, ce que l'on prouve fort bien de la manière suivante.

Exp. 32. A une des extrémités ouvertes d'un tube de verre, ayant plus de trente pouces de long, scellez un fil de fer ou de platine faisant une petite saillie dans son intérieur; vissez une boule à l'extrémité du fil qui est hors le tube, que vous remplirez ensuite de mercure, puis le renverserez dans une capsule contenant aussi de ce métal. Alors il se formera un vide à sa partie supérieure, lequel augmentera lorsque le tube sera vertical, et diminuera graduellement lorsqu'on l'inclinera. Une étincelle, qui dans l'air libre franchissait seulement un quart de pouce, traversera avec facilité un espace vide de plus de six pouces; et si vous établissez une communication entre le mercure de la capsule et le sol, toutes les fois que la boule qui termine le fil de métal sera approchée du conducteur électrisé, un courant d'une lumière faible traversera la partie supérieure du tube. Si, avant de le renverser pour plonger son extrémité ouverte dans la capsule, on

a mis à la surface de la colonne de mercure qu'il contient, une goutte d'eau ou d'éther, à l'instant où on le retourne le liquide se porte à sa partie supérieure, et lorsqu'on retire le doigt, le mercure s'abaissant, l'éther ou l'eau forme une vapeur qui se répand dans le vide, et un courant d'électricité en la traversant, deviendra lumineux et d'une couleur qui dépendra de son intensité. Quand l'étincelle est forte et passe à travers quelques pouces de vapeurs d'éther, elle a communément une belle couleur verte.

EXP. 33. Ajustez à un récipient, de douze à quatorze pouces de haut sur six à sept de diamètre, un fil de métal dont l'extrémité, qui pénètre dans le récipient, ait à peu près deux pouces et soit terminée en pointe; placez ce récipient sur la platine de la machine pneumatique, électrisez positivement le fil par sa partie supérieure, tant que l'air du récipient conservera sa densité, vous n'apercevrez qu'une aigrette lumineuse peu étendue; mais à mesure que l'air sera raréfié, en faisant agir la pompe, l'aigrette deviendra plus volumineuse et la lumière d'autant plus diffuse, que la raréfaction sera plus considérable, jusqu'à ce qu'enfin tout le récipient soit rempli d'une belle lumière rougeâtre dont la couleur est

nuancée à proportion que l'électricité transmise est plus intense ; et, lorsqu'on se sert d'une bonne machine pneumatique, cette expérience produit un spectacle qui flatte agréablement la vue.

Les bons conducteurs de l'électricité deviennent aussi lumineux, quand ils ont une ténuité suffisante, et livrent passage au fluide électrique.

EXP. 34. Isolez une grosse boule de métal, à laquelle vous attacherez un fil d'argent de deux ou trois aunes de long, et dont l'autre extrémité sera tenue dans la main. En dirigeant des étincelles sur la boule, le fil paraîtra faiblement éclairé dans toute sa longueur (13).

L'étincelle électrique, regardée à travers un prisme, offre toutes les couleurs prismatiques, et est analogue à la lumière solaire par la faculté de les laisser voir toutes séparément par l'interposition de différens milieux, ce que prouve l'expérience suivante.

EXP. 35. Prenez un morceau de bois de sapin peu résistant, d'environ trois pouces de long et d'un pouce et demi dans ses autres dimensions ; enfoncez obliquement à sa surface, et à une profondeur d'à peu près un huitième de pouce, deux fils métalliques pointus qui doivent être distans l'un de l'autre d'environ un



pouce et demi, inclinés dans des directions opposées, et placés suivant la longueur des fibres. Une étincelle qui éclatera à travers le bois pour se porter d'une pointe à l'autre, prendra des couleurs différentes suivant qu'elle traversera une partie plus ou moins profondément située; et si on enfonce une pointe davantage que l'autre, en sorte que l'étincelle passe obliquement et sous différentes épaisseurs de bois, on pourra apercevoir toutes les couleurs à la fois.

Des étincelles tirées à travers des balles de bois ou d'ivoire, prennent une couleur cramoisie; celles que l'on retire de la surface d'un cuir argenté, ont une teinte verte brillante (14); une longue étincelle qui passe sur le charbon en poudre est jaune, tandis que celles que fournissent les conducteurs imparfaits, ont une couleur pourprée; l'épaisseur de la couche d'air à travers laquelle on les aperçoit, contribue aussi à faire varier leur apparence; car l'étincelle verte dans la vapeur de l'éther paraît blanche quand l'œil est placé à une petite distance du tube, rougeâtre au contraire lorsqu'on la regarde à une distance considérable (*).

Les conducteurs métalliques, lorsqu'ils ont

(*) Morgan's Lectures, p. 234.

une dimension suffisante, transmettent l'électricité sans apparence lumineuse quelconque, pourvu cependant qu'ils soient absolument contigus; et, s'ils sont tant soit peu séparés, une étincelle brillera à chaque solution de contiguïté. C'est d'après ce principe que l'on a construit différens appareils. On colle, d'une manière convenable, sur une lame de verre une bande étroite d'étain, et on la coupe transversalement au moyen d'un canif, dans les endroits où l'on veut que l'étincelle éclate (le canif doit être passé deux fois sur la petite bande, dans des directions opposées et croisées en forme X, d'où résulteront de petits losanges très-peu écartés les uns des autres). Si un conducteur, ainsi interrompu, est collé en spirale autour d'un tube de verre dont l'une des extrémités sera tenue dans la main, et l'autre présentée au conducteur électrisé; une brillante ligne de lumière contournera le tube, que pour cette raison on a nommé tube spiral, ou collier de diamans (tube étincelant) (voyez fig. 10). On peut, en renfermant ce tube dans un autre plus large et convenablement coloré, imiter le saphir, la topaze, l'émeraude et autres pierres précieuses. On peut aussi obtenir, à peu près de la même manière, des mots, des fleurs, ou autres figures compliquées: à cet effet, on colle,

sur une lame de verre, de petites bandes de métal interrompues comme on peut le voir (fig. 11). La tendance du fluide électrique à émettre de la lumière, quand il passe d'un conducteur à un autre, est telle que leur contact apparent ne peut l'empêcher entièrement; aussi une chaîne devient-elle lumineuse à chaque contact de ses chainons, lorsqu'elle est traversée par une forte électricité. La lumière produite par l'action d'une forte machine électrique, est si considérable, que souvent de vives étincelles, qui éclatent entre deux grosses boules, suffisent pour éclairer entièrement une très-grande chambre, de façon à laisser apercevoir distinctement les objets qu'elle contient. Avec une machine dont le cylindre avait quatorze pouces de diamètre, j'ai pu quelquefois rendre lumineux un tube étincelant long de neuf pieds, et dans lequel le fluide électrique passait à travers huit cents intervalles distincts.

Tels sont les principaux phénomènes que présente la lumière électrique; ils sont indubitablement conformes à l'idée que donne l'action mécanique d'un fluide agissant sur des milieux résistans; mais, soit que l'on envisage la lumière émise comme une des parties constitutantes de ces milieux, ou comme une des propriétés du fluide électrique lui-même, les

faits ne fournissent aucune donnée pour prononcer à cet égard.

CHAPITRE V.

De la bouteille de Leyde et des influences électriques.

LES seuls moyens d'accumulation électrique que nous ayons encore fait connaître, sont le frottement de certains corps et l'emploi de conducteurs isolés. Dans le chapitre précédent, on a vu que la forme et la disposition de ces derniers exercent une influence bien remarquable sur les apparences que manifeste l'électricité qu'ils transmettent. Un conducteur électrisé, qui a une grande surface, possède, toutes choses égales d'ailleurs, une moindre intensité électrique, puisqu'à raison de ses dimensions, il est exposé à l'influence qu'exerce sur lui une surface plus étendue d'*air non électrisé*; on doit donc prévoir qu'un semblable effet aura lieu en approchant le conducteur du sol ou de tout autre corps de grandeur suffisante qui sera dans son état naturel; et c'est effectivement ce qui arrive.

EXP. 36. Isolez un plan de métal, dont les rebords soient polis et arrondis; mettez en

communication avec lui un électromètre à balles de sureau ; électrisez ensuite ce plan positivement ou négativement ; les balles de l'électromètre s'écartent : si vous approchez un semblable plateau non isolé de celui qui est électrisé , en sorte que leurs surfaces soient parallèles et opposées l'une à l'autre , les balles de l'électromètre s'abaisseront graduellement à mesure que les plans seront moins distans , et lorsqu'ils ne seront plus écartés que d'environ un demi-pouce , celui qui est isolé paraîtra non électrisé ; mais , à l'instant où l'on retirera l'autre plateau , la divergence primitive reparaîtra (voyez fig. 12).

Quand le conducteur isolé est électrisé , les balles de son électromètre divergent , parce qu'elles sont dans un état électrique différent de celui de l'air qui les environne , et dont elles attirent la matière ou l'électricité . Or , tous les corps qui sont dans leur état naturel ont la même relation que l'air ambiant avec les balles électrisées , et ceux qui sont conducteurs et en communication avec le sol , offrent à cet égard ; soit une source plus abondante de fluide électrique , soit une masse plus considérable . Conséquemment si de tels corps , quels qu'ils soient , sont approchés du conducteur électrisé , son attraction s'exercera sur eux , et l'influence de l'air

environnant sera proportionnellement diminuée ; si la proximité est suffisante , l'attraction de la surface électrisée sera si exclusivement exercée dans cette direction qu'elle deviendra imperceptible dans toute autre.

Dans cette expérience , les corps ne sont pas mis en contact , mais seulement placés dans le voisinage l'un de l'autre ; aussi il n'y a ni communication ni perte d'électricité , mais seulement une modification de la faculté attractive ; c'est pourquoi , quand on éloigne le plan non isolé , la divergence de l'électromètre est rétablie .

Ce fait , qui montre que l'intensité électrique d'un corps isolé diminue lorsqu'on lui oppose un conducteur non isolé , fournit une méthode (fréquemment employée) pour augmenter beaucoup l'énergie des états positif ou négatif ; car il est évident que l'état électrique d'un corps quelconque peut être altéré à un haut degré , lorsqu'on lui oppose un conducteur communiquant avec le sol , puisqu'alors son électricité peut être équilibrée par la proximité d'une force inépuisable , par conséquent il est dans l'impossibilité d'acquérir aussi promptement une intensité qui , sans cette cause , aurait lieu plus tôt . C'est ainsi que l'élasticité de l'air , diminuée ou augmentée par la raréfac-

tion ou la condensation ; borne l'action des machines pneumatique et de compression.

Puisque l'attraction électrique diminue comme le carré de la distance à laquelle elle agit augmente, l'influence dont nous venons de parler sera plus grande en proportion que la distance des surfaces opposées sera moindre, pourvu qu'il y ait entre elles un milieu résistant qui empêche le fluide électrique de se transmettre de l'une à l'autre. Quand l'air est le corps interposé, à raison de la mobilité de ses parties, qui le fait céder à une force assez faible, il ne peut arrêter que de petites quantités d'électricité. La glace et le talc de Moscow sont, parmi les non conducteurs solides, ceux qui résistent le mieux; aussi sont-ils très-convenables pour ces sortes d'expériences.

La faculté isolante des non conducteurs dépend de leur imperméabilité au fluide électrique, et parmi eux, les plus compacts, lorsqu'ils sont placés dans des circonstances favorables, ne livrent jamais passage à ce fluide; à moins qu'ils ne soient brisés. Cependant l'attraction électrique s'exerce avec quelque facilité à travers des lames minces de verre, ou autre matière non conductrice; ce que plusieurs physiciens ont regardé comme une anomalie, quoique, tout bien considéré, ce fait ne soit .

pas plus surprenant que de voir le soleil agir sans aucun moyen de communication apparente sur des corps dont il est cependant séparé par des millions de lieues ; et on ne doit point être plus surpris que l'électricité et la matière agissent l'une sur l'autre à travers des milieux qui résistent à leur passage, que de voir un aimant et un morceau de fer s'attirer mutuellement, quoique séparés par des corps à travers lesquels l'aimant et le fer ne peuvent passer.

Si une lame de verre est placée entre deux plans de métal, dont un communique avec le sol, et dont l'autre est isolé ; ce dernier aura une plus grande capacité pour le fluide électrique, que dans le cas où étant librement isolé, il ne serait pas soumis à une influence étrangère ; aussi pourra-t-il alors être électrisé, soit positivement ou négativement, à un plus haut degré. La condition essentielle de cette expérience est l'opposition du conducteur isolé à celui qui ne l'est pas ; aussi le succès dépend, non de la forme, mais de l'épaisseur du verre qui est le milieu servant à séparer les deux conducteurs métalliques, que l'on peut également appliquer soit aux faces opposées d'un plan de verre d'une sphère de même substance ou d'une jarre ; mais dans l'un ou

l'autre cas le verre doit avoir deux ou trois pouces de plus que le métal qui sert à le recouvrir, afin que le plan, qui est sur une de ses faces, soit séparé de celui qui occupe le côté opposé par un intervalle suffisant d'air; ainsi, dans une lame de verre, il ne doit y avoir que la partie moyenne qui soit recouverte; et autour il faut conserver un espace libre d'environ deux pouces (*voyez fig. 13*). Un plan ainsi préparé se nomme *plan armé*.

La forme la plus convenable qu'on puisse donner à cet appareil est celle d'une jarre cylindrique, recouverte intérieurement et extérieurement de feuilles d'étain jusqu'à deux ou trois pouces de son rebord; la partie non couverte doit être conservée propre et sèche: un fil de métal, terminé par une boule, s'élève à deux ou trois pouces au-dessus de la jarre; on le nomme *crochet de la bouteille*; et il communique avec le métal qui est à l'intérieur (*voyez fig. 14*). Telle est à peu près la disposition de l'expérience qui fut primitivement faite dans l'université de Leyde; c'est pourquoi on lui a donné le nom de *jarre ou bouteille de Leyde*, et quelquefois aussi celui de *jarre électrique*.

Le métal qui couvre la face intérieure de la bouteille, et qui communique avec le fil terminé par une boule, est appelé *armure interne*;

le métal appliqué à la face extérieure, *armure externe*; et la partie non recouverte, *portion non armée*.

EXP. 37. Présentez au conducteur d'une machine électrique, et à la distance d'environ un demi-pouce, le crochet d'une bouteille de Leyde que vous tiendrez à la main par son armure externe : une série d'étincelles se portera sur la boule du crochet; elles deviendront graduellement plus faibles et cesseront ensuite tout-à-fait : éloignez la bouteille du conducteur (son armure externe étant encore tenue d'une main); portez l'autre sur la boule qui termine le fil recourbé; une explosion assez forte se fera entendre, et une sensation vive et douloureuse sera ressentie, particulièrement aux poignets, aux coudes, et à travers la poitrine. Cette singulière sensation, dont on ne peut se former une idée sans l'avoir éprouvée, est appelée *choc* ou *commotion électrique*; elle est seulement douloureuse dans le moment et ne laisse d'autre impression que celle qui résulte de la surprise et de la crainte.

EXP. 38. Essuyez et desséchez, autant que possible, la portion non armée de la bouteille, que vous tiendrez comme précédemment par sa face externe; mettez son crochet en contact avec le conducteur : après quelques tours du cylindre de la machine, vous apercevrez des

traînées lumineuses qui glisseront sur la partie non armée, et elles seront bientôt suivies d'une forte explosion et d'une brillante étincelle qui passera d'une armure à l'autre : si alors vous touchez le crochet, vous n'éprouverez qu'une très-faible sensation, l'équilibre ayant été rétabli lors de l'explosion et de l'étincelle provoquées par la force de l'électricité accumulée ; c'est ce que l'on nomme *explosion* ou *décharge spontanée*.

L'application de la bouteille au conducteur de la machine pour produire ces sortes d'effets, est nommée *charge de la bouteille*; et tout procédé quelconque, au moyen duquel on détermine l'explosion et le rétablissement d'équilibre, est nommé *décharge*. Pour effectuer cette décharge, il faut établir une communication entre les armures interne et externe, au moyen d'un conducteur quelconque; en sorte que le pouvoir de cet appareil dépend de la diversité des états électriques de ses armures; et comme après la communication établie entre elles, tout signe d'électricité a disparu, il faut en conclure qu'elles doivent être respectivement *positive* et *négative* au même degré.

Pour éviter de ressentir la commotion, lorsqu'on fait ces sortes d'expériences, on opère communément la décharge en se servant de

deux fils métalliques recourbés, réunis par une espèce de charnière à la manière des compas et montés sur un manche de verre. Cet appareil est nommé *baguette déchargeante* (fig. 15) (exciteur).

Pour s'assurer à quel degré la bouteille est chargée, on emploie un instrument particulier nommé *électromètre de Henley* (du nom de son inventeur). Il consiste en une tige arrondie et polie, longue d'environ sept pouces, et surmontée d'une boule : au-dessous d'elle, et sur la partie latérale de la tige, est fixé un demi-cercle d'ivoire, dont le centre porte un axe autour duquel se meut librement une aiguille extrêmement légère, longue d'à peu près quatre pouces, et portant une petite balle de sureau à son extrémité inférieure. Cette aiguille parcourt la demi-circonférence à la manière d'un index : le rebord de la moitié inférieure du demi-cercle est divisé en quatre-vingt-dix degrés : lorsque l'instrument n'est pas électrisé, l'index est parallèle à la tige; dans le cas contraire, la balle s'en écarte, et l'index s'élève plus ou moins sur la partie graduée du cercle, à proportion de l'intensité électrique (*voyez figure 16*). L'aiguille est autant écartée que possible de la tige, lorsqu'elle forme avec elle un angle droit, ou, en

d'autres termes, lorsqu'elle est placée horizontalement; et comme son mouvement a lieu sur un quart de cercle, on dit qu'elle indique alors une électricité de quatre-vingt-dix degrés. Quand l'index est parallèle à la tige, il marque zéro ou le commencement de l'échelle; et comme il s'élève graduellement, pour arriver à la position horizontale 90, il faut qu'il passe par les divisions 10, 20, 30, etc., ce qui a fait nommer cet instrument *électromètre à cadran*.

Le pouvoir de la bouteille de Leyde est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionné au temps nécessaire pour la charger: durant cette opération, plusieurs centaines d'étincelles se portent du conducteur au crochet, et lorsqu'on provoque la décharge, elles se trouvent rassemblées en une seule; ce qui explique la force de l'explosion, l'éclat de l'étincelle, et la douloureuse sensation que l'on éprouve.

On diminue considérablement l'intensité électrique d'un conducteur chargé, lorsqu'on y applique le crochet d'une bouteille de Leyde; aussi dans cet état doit-il recevoir une bien plus grande quantité de fluide avant de pouvoir surmonter une résistance donnée, ou manifester sa faculté attractive; c'est ce dont on peut aisément s'assurer en plaçant l'électromètre à cadran sur le conducteur;

car, si on tourne alors la machine, l'électromètre arrive promptement à sa limite : mais quand, au contraire, le crochet de la bouteille touche le conducteur, le mouvement du cylindre doit durer assez long-temps avant que cet effet ait lieu ; et, dans ce cas, l'élévation de l'électromètre est graduelle.

EXP. 39. La grande quantité de fluide qui s'accumule dans la bouteille de Leyde, dépend des états opposés de ses deux surfaces ; ce qui ne peut avoir lieu à moins que l'une d'elles ne communique avec le sol. Suspendez au conducteur positif de la machine une bouteille armée, de forme sphérique (fig. 17), son armure externe étant environnée d'air sec, son électricité naturelle ne peut s'échapper : conséquemment l'action de la machine la plus puissante ne pourra l'électriser (ainsi que l'on peut s'en convaincre en se servant de l'excitateur, comme pour la décharger). Or les armures ne doivent être regardées que comme des conducteurs appliqués aux surfaces opposées du verre, qui n'a d'ailleurs d'attraction que pour une certaine quantité d'électricité, qui dans l'état ordinaire est uniformément répandue sur chacune de ses faces : le fluide, propre à l'une d'elles, ne peut être augmenté, à moins qu'il n'y ait une diminution correspondante de la quantité

que contient habituellement l'autre face : c'est pourquoi, si un doigt ou autre conducteur est mis en contact avec l'armure externe de la bouteille isolée, ou si on lui présente une pointe, son électricité naturelle pouvant s'échapper, la bouteille se chargera.

EXP. 40. Prenez deux bouteilles de Leyde, de même grandeur ; isolez l'une, en la placant sur un support de verre ; posez la seconde sur une table, en telle sorte que son crochet soit distant d'un demi-pouce à peu près de l'armure externe de la bouteille isolée, dont le crochet doit aussi être éloigné du conducteur de la machine d'une égale quantité à peu près. Chaque fois qu'une étincelle se portera du conducteur à l'intérieur de la première bouteille, une semblable s'élancera de son armure externe, pour pénétrer dans la seconde. En les déchargeant ensuite successivement, le bruit de l'explosion et la vivacité de l'étincelle indiqueront qu'elles étaient sensiblement chargées au même degré : or, comme la deuxième bouteille n'est électrisée qu'aux dépens des étincelles fournies par l'armure externe de la première, et leur charge étant d'ailleurs égale, il suit que pour chaque particule électrique qui a été ajoutée à l'une des faces, une quantité correspondante a abandonné la surface opposée (15).

On peut donc, d'après ce qui vient d'être dit, charger une bouteille en transportant l'électricité naturelle d'une de ses faces à l'autre. Ce qu'on obtient en l'isolant, et mettant son crochet en communication avec le conducteur positif, tandis que son armure externe répond au frottoir de la machine : le coussin, qui est alors dans un état négatif, s'empare de l'électricité de l'armure externe, et la transporte à la face interne par l'intermédiaire du conducteur positif; de sorte que la jarre, quoique parfaitement isolée, est chargée à raison de l'inégale distribution de son fluide naturel. Cette expérience prouve aussi d'une manière satisfaisante l'imperméabilité du verre au fluide électrique; en effet le conducteur positif et le coussin de la machine ne sont séparés l'un de l'autre que par l'épaisseur de la bouteille, et cependant une forte accumulation d'électricité n'en a pas moins lieu, tandis que le moindre contact établi avec une substance conductrice, ou la plus petite fissure dans la lame de verre, suffirait pour l'empêcher.

Quand le verre est électrisé, l'attraction qu'exerce la matière de sa surface négative, réagit nécessairement sur le fluide accumulé à sa face positive dont elle n'est éloignée que d'une quantité égale à l'épaisseur de la lame de verre :

si , au moyen d'un conducteur , on établit une communication entre les surfaces opposées , cette distance est annulée : l'électricité surabondante obéit à l'action que développe la surface attirante , et l'équilibre se rétablit ; tel est l'effet que produit l'excitateur . Si vous n'employez aucun moyen de communication , si d'ailleurs le verre est mince et ses armures séparées par un intervalle isolant d'étendue convenable , l'accumulation d'électricité peut être portée à un tel point , que la surface attirante déterminera le fluide à passer au travers de la lame isolante , et produira une fêlure qui la rend perméable à l'électricité , et dès-lors incapable de servir pour de nouvelles expériences . Le verre le plus mince , en le supposant suffisamment résistant , serait celui qui permettrait d'accumuler le fluide électrique en plus grande quantité ; mais une certaine épaisseur est toujours indispensable pour prévenir les chances de fractures : le talc de Moscouie , réduit en lames très-minces , résiste encore fort bien , et est par conséquent susceptible de recevoir une charge considérable .

On peut rendre sensible l'influence qu'exerce l'épaisseur de la substance interposée , relativement à la quantité d'électricité nécessaire pour produire une intensité donnée ; pour cela , on

arme des surfaces égales de glace épaisse , de verre mince et de lames de talc , et on les charge successivement en les présentant à un conducteur muni d'un électromètre ; on voit alors que son index arrive plus tôt à un nombre quelconque de degrés donnés , en employant le verre de préférence au talc ; et le moindre nombre de tours sera nécessaire lorsqu'on fera usage de la glace épaisse : d'où il faut conclure que les électromètres ordinaires indiquent , non point la quantité réelle d'électricité , mais simplement son intensité ou sa tendance à l'équilibre , soit par le mouvement , soit au moyen d'une explosion.

Comme l'accumulation du fluide électrique sur la face positive du verre , dépend de l'attraction qu'exerce la matière de la surface opposée , il suit que la décharge ne peut avoir lieu , à moins que les surfaces ne communiquent entre elles à l'aide d'un conducteur ; c'est pourquoi , on peut impunément toucher les deux côtés d'une bouteille chargée , pourvu toutefois qu'on ait d'abord pris la précaution de l'isoler ; par la même raison il n'y aura point d'explosion entre les crochets de deux bouteilles différemment électrisées et mises en contact , à moins qu'en même temps leurs armures externes ne communiquent ensemble .

EXP. 41. Deux bouteilles de même dimension, munies chacune d'un électromètre à cadran, sont mises en contact l'une avec le conducteur positif de la machine et l'autre avec le conducteur négatif (*): en tournant le cylindre, les deux bouteilles se chargeront au même degré, ce qu'indique l'écartement des deux électromètres. Retirez les bouteilles, placez-les sur deux isoloirs, et, au moyen d'un excitateur, faites communiquer leurs crochets; il n'y aura point d'explosion, bien qu'elles soient électrisées en sens inverse; car leurs électricités dépendent de l'attraction qu'exercent leurs surfaces externes, qui, dans l'état d'isolement où nous les supposons actuellement, n'ont aucun moyen de communication. Si, en répétant cette expérience, vous réunissez entre elles les surfaces externes au moyen d'un fil de fer ou autre conducteur, il y aura explosion, et les deux bouteilles seront déchargées.

EXP. 42. Mettez en contact, avec le conducteur positif de la machine, une bouteille por-

(*) Il faut se rappeler que quand on veut se servir d'un seul des conducteurs de la machine électrique, un fil de métal ou une chaîne attachés au second doit toucher le sol; mais, lorsqu'on veut simultanément employer les deux conducteurs, il faut retirer le fil de métal ou la chaîne.

tant un électromètre à son crochet; tournez le cylindre jusqu'à ce que l'index marque 60 degrés; retirez la bouteille et suspendez-la au conducteur négatif; mettez le cylindre en mouvement, l'index s'abaissera, et après un petit nombre de tours, l'appareil ne sera plus électrisé; si alors on continue à tourner, l'électromètre s'élèvera une seconde fois, et la bouteille sera chargée négativement; si on la transporte de nouveau au conducteur positif, elle pourra derechef perdre son électricité.

On peut partager la charge d'une bouteille de Leyde en un nombre quelconque de parties égales et déterminées. Pour cet effet on met en communication ses armures interne et externe avec les armures correspondantes d'une seconde bouteille non électrisée, ayant les mêmes dimensions et la même épaisseur : la charge se partage alors entre elles en proportions égales : en répétant une semblable opération entre la première bouteille et une troisième, on obtiendra un $\frac{1}{4}$ de la charge, puis un $\frac{1}{8}$, un $\frac{1}{16}$, ou enfin telle partie aliquote que l'on jugera convenable.

EXP. 43. Tenez par un de ses coins un carreau de verre propre et sec, faites-le passer devant une boule de métal en communication avec le conducteur positif de la machine, de manière

que cette sphère soit successivement mise en contact avec les différens points de la partie moyenne du plan de verre , en même temps que le doigt ou une substance quelconque non isolée touchera la partie correspondante de la face opposée ; vous réussirez ainsi à charger cette lame. Établissez , en vous servant de l'excitateur , une communication entre les faces opposées , vous aurez une explosion : déterminez , de la même manière , un nouveau contact entre de nouveaux points de l'une et l'autre surfaces , vous obtiendrez une seconde explosion , et pourriez en provoquer ainsi successivement un grand nombre. Chargez de nouveau la lame de verre , placez-la entre deux plans de métal , ayant à peu près la moitié de ses dimensions ; appliquant ensuite l'excitateur , vous aurez une explosion plus forte et plus brillante que celles fournies par le plan non armé ; d'où il paraît que l'emploi de l'armure métallique n'a d'autre but que de mettre en communication les différentes parties de la jarre , de façon qu'elle peut être chargée ou déchargée , en appliquant seulement un point quelconque de sa surface au conducteur de la machine ou de l'excitateur.

Exp. 44. Placez sous un des conducteurs de la machine électrique une jarre non armée , au centre de laquelle vous ferez tomber une

chaîne attachée au conducteur; tournant ensuite le cylindre de la machine, la chaîne se mouvera en rond et s'appliquera successivement d'elle-même aux différens points de la surface interne du vase, qui se trouvera ainsi électrisé. Servez-vous alors de l'excitateur, la chaîne repassera sur les différens points avec lesquels elle a été précédemment mise en contact, et quand elle aura fait ainsi un petit nombre de révolutions, la jarre sera déchargée.

EXP. 45. Prenez une bouteille de Leyde, armée à l'intérieur comme de coutume, mais dont l'armure externe ne doit avoir qu'un pouce de haut environ. Pendant la charge et la décharge de cet appareil, on verra sur sa face externe des ramifications de lumière électrique, dues au fluide naturel, qui passe d'une partie à l'autre de cette surface lorsqu'il s'en échappe ou qu'il y revient.

EXP. 46. Procurez-vous un double assortiment d'armures mobiles et en fer blanc, qui puisse l'un ou l'autre, à volonté, s'adapter à une jarre : les armures externes ressemblent à un bocal, et doivent pouvoir aisément recevoir la jarre ; les internes, ayant la même configuration, doivent facilement entrer dans son intérieur. Le fil de métal, qui communique avec l'armure interne et sert à la charger, doit être

en partie renfermé dans un tube de verre, recouvert avec de la cire à cacheter, et servir de manche isolant au moyen duquel l'armure interne peut être enlevée après la charge, sans que celui qui fait l'expérience reçoive de commotion. L'appareil étant disposé, si vous le chargez, il produira, sous tous les rapports, les mêmes effets qu'une bouteille armée à l'ordinaire. Électrisez-le de nouveau et sans établir de communication entre ses faces opposées; servez-vous de l'espèce de manche dont il a été question pour retirer l'armure interne : en l'examinant, vous ne la trouverez pas électrisée, ou au moins elle le sera fort peu ; enlevez soigneusement la jarre de dedans l'armure qui la contient, cette seconde enveloppe ne vous donnera également aucun signe d'électricité. Substituez l'autre paire d'armures qui n'a point été électrisée, à celles que vous avez retirées, employez l'exciteur, vous provoquerez une forte explosion : ce qui prouve que le fluide accumulé n'est retenu que par le pouvoir attractif du verre, et que les armures n'ont conséquemment d'autre usage que de conduire la charge.

La faible intensité que manifeste une quantité donnée de fluide électrique, accumulé dans une bouteille de Leyde, comparée à celle que produirait la même quantité déposée à la

surface d'un conducteur isolé , fait que , dans des circonstances favorables , la bouteille retient son électricité bien plus long-temps. Cette propriété fut observée aussitôt après la découverte de cet appareil ; et depuis on a remarqué que , si les surfaces sont bien isolées l'une de l'autre , la charge peut être conservée pendant plusieurs jours , et même plusieurs semaines. L'électricité de la bouteille est communément dissipée par le mouvement des particules de poussières ou autres substances conductrices répandues dans l'atmosphère , qui établissent la communication d'une des armures à l'autre ; quelquefois aussi l'intervalle non armé devient humide et perd ainsi sa faculté isolante : conséquemment une jarre conservera mieux sa charge pendant un temps sec que pendant celui qui est humide. Il y a une construction particulière , au moyen de laquelle on peut prévenir l'influence des causes externes. Armez l'intérieur et l'extérieur d'une bouteille ayant un col étroit , auquel vous mastiquerez un tube de verre , de longueur suffisante pour atteindre le fond et s'élever d'un pouce au-dessus de l'ouverture de la bouteille. L'intérieur de ce tube doit être inférieurement recouvert , plus que dans la moitié de sa longueur , de feuilles d'étain qui le font communiquer avec l'armure interne : un fil de cuivre , dont

les extrémités sont arrondies, et d'une longueur égale à la moitié du tube, est placé dans son intérieur et peut librement y glisser. Une pièce de métal, ressemblant assez à un dé à coudre, ferme la partie supérieure du tube. Par cette disposition, le contact de l'atmosphère avec une portion quelconque de l'armure interne est absolument impossible : en renversant la fiole, le fil glisse dans l'intérieur du cylindre de verre, vient toucher le métal qui en ferme l'entrée, et détermine ainsi momentanément une communication entre l'armure interne et ce dernier, ce qui permet de charger la bouteille. Lorsqu'elle est électrisée, on la redresse ; le fil métallique retombe dans la partie du tube qui est couverte d'étain, et détruit toute communication entre la pièce de métal et l'intérieur de l'appareil. Dans cet état, la fiole conserve sa charge, et peut être mise en réserve ou transportée dans la poche pour s'en servir au besoin : en la renversant, et établissant une communication entre son armure externe et le métal qui ferme le tube, la décharge aura lieu.

La seule attention de recouvrir la portion non armée de la bouteille avec de la cire à cacheter fondue ou avec un vernis, empêche l'humidité de s'y attacher, et contribue essen-

tiellement à prévenir la dissipation de son électricité (*).

Les expériences qui nous ont servi à développer les propriétés de la bouteille de Leyde, peuvent être remplacées par un grand nombre d'autres également propres à les mettre en évidence, et on les trouve décrites dans plusieurs traités pratiques publiés sur l'électricité. Il est possible que dans quelques circonstances les modifications que l'on a fait subir à ces expériences, n'aient eu d'autre but que d'établir des opinions particulières ou d'en combattre d'autres. Il se pourrait aussi qu'elles eussent été rendues nécessaires par les anomalies apparentes, qui d'abord semblaient s'opposer à ce que plusieurs phénomènes de l'électricité fussent rapportés à des principes généraux et simples. L'existence supposée d'une faculté répulsive, considérée comme propriété du fluide électri-

(*) On peut recouvrir de cire à cacheter la surface du verre, en le chauffant graduellement devant le feu, jusqu'à ce que sa température soit assez élevée pour fondre la cire dont alors on passe vivement un bâton sur sa surface. Si l'on emploie un vernis, on peut l'appliquer avec un pinceau, le verre ayant été préalablement chauffé; il est sans doute inutile de recommander de ne jamais faire servir à cet usage, ou à tout autre analogue, un vernis quelconque, à moins qu'il ne soit absolument privé d'humidité.

que , a aussi puissamment contribué à obscurcir nos idées sur cette matière ; ce qu'on peut également dire de la nécessité où l'on fut , pour expliquer la séparation des corps négativement électrisés , d'imaginer que les molécules de la matière agissent par répulsion les unes sur les autres , supposition qui ne s'accorde pas avec les expériences ; d'où il résulte que les beaux édifices élevés par MM. Cavendish (*) et Æpinus (**) perdent beaucoup de leur valeur à raison des bases hypothétiques sur lesquelles ils reposent.

L'attraction mutuelle du fluide électrique et de la matière , l'élasticité du premier , et sa tendance pour se porter à la surface des corps auxquels il s'unît , la faculté conductrice variable des différentes substances , ainsi que l'altération qu'éprouve leur faculté attractive naturelle , par le contact , le frottement , les variations de volume ou autre changement dans leurs dispositions habituelles , sont peu de chose au-delà de la simple expression des faits que nous observons : cependant ces principes peu compliqués ont fourni une explication satisfaisante des phénomènes déjà exposés , et sont également

(*) Phil. Transact. vol. LXI , p. 584.

(**) Teatamen Theoriae electricitatis et magnetismi.

applicables à toute autre modification apparente de l'action électrique.

On a vu que dans la bouteille de Leyde l'accumulation de l'électricité sur une des faces est toujours accompagnée de la perte d'une portion du fluide de la face opposée^(*), condition tellement essentielle à la charge de l'appareil, qu'elle ne saurait avoir lieu si on la néglige. Il y a une série de phénomènes analogues dont il est convenable de considérer ici quelques-uns.

D'abord, eu égard à la jarre elle-même, conformément au principe déjà posé, ses deux faces doivent, pendant la charge, être dans un même état électrique; car, en admettant que la

(1) Ce qui arrive quand la jarre n'étant point isolée, un réservoir, d'une étendue suffisante, peut recevoir le fluide électrique déplacé; car, dans le cas d'isolement, on ne peut ajouter qu'une très-petite quantité de fluide à l'une ou l'autre surface, et cette addition, en agissant sur le pouvoir attractif du verre, détermine une semblable portion à sortir de son état naturel de combinaison sur la face opposée, de façon que les deux côtés donnent alors des signes d'électricité positive. Il y a dans ce cas fluide communiqué: et l'on doit soigneusement remarquer qu'il ne faut pas confondre ceci avec la charge de la bouteille ou tout autre phénomène analogue dans lequel la quantité de fluide électrique n'est augmentée ni diminuée, mais seulement inégalement *distribuée*.

surface interne soit positive, elle aura de la tendance à céder de l'électricité aux corps non électrisés; et c'est précisément aussi ce que doit faire la face externe avant d'être rendue négative: or la surface interne paraît positive, parce que le conducteur électrisé en *plus* lui fournit du fluide plus promptement que l'attraction de la surface opposée ne peut réagir sur cette quantité surabondante, et la surface externe est dans le même état, parce que, son attraction étant diminuée, son électricité naturelle tend à s'en éloigner. En conséquence, aussitôt qu'on cesse de tourner la machine, l'armure externe, qui a perdu une portion de son électricité propre, doit être négative; au lieu que l'interne, dont la quantité primitive de fluide a été augmentée, doit paraître positive; bien que d'ailleurs, durant l'opération, elles paraissent l'une et l'autre électrisées de la même manière; le contraire a lieu lorsqu'on charge la jarre négativement.

Une couche d'air ou une lame de tout autre corps non conducteur, peut être substituée au plan de verre; mais l'air, à raison de la mobilité de ses molécules, est plus aisément déplacé par l'électricité: et il faut par conséquent employer une couche plus épaisse. On fait ordinairement cette expérience avec deux disques

de bois de deux à quatre pieds de diamètre ; recouverts de feuilles d'étain, et dont les rebords sont arrondis ; un de ces plans est horizontalement placé sur une table, et le second, suspendu au moyen d'un cordon de soie, doit avoir sa surface parallèle à celle du précédent, et en être éloigné d'un pouce ou d'un pouce et demi. Le disque supérieur étant alors mis en communication avec le conducteur de la machine électrique, la couche d'air interposée se charge et fera éprouver une commotion, si l'on touche en même temps le plan supérieur et l'inférieur avec l'une et l'autre mains. Le choc que l'on reçoit dans cette expérience est beaucoup moins fort que celui que ferait éprouver une égale surface de verre armé, car la distance des armures est ici nécessairement beaucoup plus grande, et le milieu intermédiaire bien moins isolant : cette dernière circonstance est tellement influente que, lorsque la charge est forte, on ne peut obtenir le maximum d'effets qu'en excitant la décharge pendant que la machine est encore en mouvement : si l'on n'en agit point ainsi, une explosion spontanée aura lieu d'un disque à l'autre, traversera la couche d'air interposée, et se renouvellera par intervalles aussi long-temps que l'on continuera à électriser le disque supérieur.

On remarque quelque chose d'analogique à ce

qui vient d'être exposé , lorsque , dans les circonstances ordinaires , on retire une étincelle électrique : si une substance conductrice quelconque , dans son état naturel , est approchée d'un conducteur positif , sa matière est attirée par l'électricité surabondante de ce corps , et le fluide électrique , qui auparavant était répandu sur sa surface , est refoulé dans les parties les plus éloignées . Quand la substance dont il s'agit est isolée , elle devient négative dans la portion de sa surface qui avoisine le conducteur positif , et positive au contraire dans celle qui en est la plus écartée ; en la choisissant assez légère , ou suspendue à la manière d'un pendule , elle se portera vers le conducteur jusqu'à ce qu'une étincelle éclate entre eux . Si , au lieu d'un corps isolé , on en présente un qui communique avec le sol , la surface approchée deviendra plus fortement négative , son électricité naturelle pouvant alors être refoulée d'une manière , pour ainsi dire , illimitée . Aussi les corps non isolés sont attirés à des distances plus grandes , et reçoivent des étincelles plus fortes que lorsqu'ils ne communiquent point avec le sol .

On voit par-là que toutes les fois que des étincelles éclatent ou que des attractions se manifestent entre des corps , ils sont nécessai-

rement dans des états électriques opposés, et ont dès lors quelque analogie avec les armures de la bouteille de Leyde. Ils remplissent effectivement cette fonction relativement à la lame d'air qui les sépare : c'est pourquoi la force de l'étincelle sera influencée par l'étendue du conducteur isolé, et par la libre communication avec le sol de celui qui lui est opposé. Lorsqu'un très-grand conducteur est adapté à une machine électrique, les étincelles qu'on en retire peuvent faire éprouver une sensation aussi forte que celle qui résulterait de l'emploi d'une jarre, à toute personne qui, tenant d'une main un fil de fer communiquant à un réservoir d'eau, recevrait, sur une grosse boule de cuivre tenue dans l'autre main, les étincelles fournies par le conducteur.

La tendance que les corps électrisés ont pour déterminer une inégale distribution du fluide naturel des substances conductrices qu'on en approche suffisamment, donne encore naissance à plusieurs phénomènes curieux, et les effets que produisent quelques instrumens importans dépendent entièrement de cette espèce d'action : tels sont l'électrophore et le condensateur, deux procédés bien remarquables d'accumulation électrique, et dont l'invention est due au professeur Volta.

L'électrophore consiste en deux plans circulaires de métal ou de bois, dont on arrondit les rebords, et que l'on recouvre ensuite de feuilles d'étain : on les nomme *conducteurs*. On place entre eux un plateau résineux formé, en fondant ensemble parties égales de gomme laque, de résine et de térébenthine de Venise, que l'on verse dans un cercle de fer blanc, posé sur une table de marbre, et ayant une dimension convenable. On obtient ainsi un plateau que l'on peut aisément enlever lorsqu'il est refroidi. Cette espèce de gâteau de résine doit avoir à peu près un pouce et demi d'épaisseur. Quelquefois on verse le mélange, encore liquide, sur l'un des conducteurs auquel, pour cet effet, on ajoute un rebord : celui qui porte le plan résineux est nommé *conducteur inférieur* ou *support*, et on appelle *conducteur supérieur* ou *chapeau* le disque qui est superposé à la résine : ce dernier est toujours muni d'un tube de verre ou autre manche isolant. Quand on veut étudier l'état électrique du conducteur inférieur, tout l'appareil est placé sur un support isolant (*voyez fig. 18*).

EXP. 47. Frottez la surface supérieure du plan résineux avec une fourrure sèche (ou mieux encore avec une peau de chat), il s'électrisera négativement; posez le chapeau de l'électro-

phore sur la résine, puis enlevez-le par son manche isolant : s'il donne alors des signes d'électricité, ils seront très-faibles. Replacez ce même conducteur, et tandis qu'il est en contact avec la surface du plan frotté, touchez-le avec un doigt ou autre corps non isolé, puis enlevez-le, ainsi que vous l'avez déjà fait, il sera positivement électrisé et fournira une étincelle : s'il est de nouveau replacé sur le plan, touché, puis retiré, ainsi qu'il vient d'être dit, il donnera une nouvelle étincelle : ce qui peut être répété pendant un temps considérable sans que l'effet paraisse sensiblement diminué.

L'uniformité du résultat que l'on obtient par ces contacts et ces séparations alternatifs du conducteur, sans cependant frotter de nouveau le plan résineux, montre que l'état électrique réel de ce dernier n'est point détruit par ces diverses opérations ; et la nécessité d'établir une communication entre le sol et le conducteur supérieur avant de l'enlever, prouve que l'électricité qu'il acquiert dépend de ce contact.

La faculté non conductrice de la surface résineuse et le contact imparfait qui, au moment de l'expérience, a lieu entre elle et le plan conducteur, empêchent que l'électricité qu'on y a développée, et dont l'intensité est faible, puisse

se transmettre de l'un à l'autre. On doit donc les regarder seulement comme des corps voisins. Or nous avons vu, que dans le cas où un conducteur isolé est proche d'un corps électrisé, la distribution naturelle de son fluide est altérée : ce conducteur devient, à sa partie antérieure , électrisé en sens inverse du corps dans le voisinage duquel il est placé; tandis que sa surface postérieure, qui est aussi la plus éloignée , s'électrise de la même manière. D'après cela, lorsque le chapeau de l'électrophore sera superposé au plan résineux qui est négatif, il aura son fluide attiré vers ce plan, et il devra aussi dès-lors paraître négatif : il recevra donc du fluide électrique de la part de tout conducteur qui en sera voisin : son augmentation de capacité , ne provenant d'ailleurs que de la grande proximité du plan résineux, disparaîtra lorsqu'on l'aura soustrait à son action en le soulevant au moyen de son manche isolant : dès-lors la quantité additionnelle de fluide qu'il a reçu s'élancera sous la forme d'étincelle sur le premier conducteur qu'on en approchera.

Cette explication n'est en aucune sorte celle qu'on semblerait devoir déduire au simple aperçu des phénomènes; car l'étincelle que l'on fournit au chapeau, quand il est placé sur le gâteau de résine , est en apparence moins con-

sidérable que celle qu'on en retire lorsqu'il en est séparé. Or nous venons d'établir ici que l'une et l'autre sont produites par une même quantité d'électricité : il est donc nécessaire de montrer que c'est là réellement ce qui arrive.

EXP. 48. Placez (en le saisissant par son manche isolant) le conducteur sur le plan de résine récemment frotté. Mettez en contact avec lui le crochet d'une bouteille de Leyde non électrisée, que vous présenterez ensuite à la partie supérieure d'un électromètre dont la divergence sera alors négative. Enlevez le conducteur, touchez-le de nouveau avec le crochet de la bouteille, une forte étincelle aura lieu; renouvez le contact entre le crochet et l'électromètre négativement électrisé, sa divergence sera complètement détruite : or cet effet ne peut être produit que par une quantité d'électricité positive égale à la quantité négative qu'il a précédemment reçue : s'il y en avait *plus*, l'électromètre divergerait en vertu de cet excès, et demeurerait électrisé positivement à un faible degré : si, au contraire, il y en avait *moins*, la divergence primitive n'étant point complètement détruite, l'électromètre conserverait alors une faible électricité négative. Quand on a l'attention d'isoler aussi le conducteur inférieur de l'électrophore, il donne des signes électri-

ques. Si l'on n'y a que le plan frotté qui lui soit superposé, cette électricité est négative : mais, lorsque le conducteur supérieur est placé sur le plan de résine, le conducteur inférieur devient positif, et en éllevant le chapeau, l'électricité paraît de nouveau négative : en sorte que les armures sont toujours dans des états opposés, ce que l'on devait prévoir, puisque leur disposition est absolument la même que celle des armures de la bouteille de Leyde, dont l'électrophore ne diffère d'ailleurs qu'en ce qu'il réunit les propriétés de cet appareil avec celles de la machine électrique. La surface frottée du plan résineux est, relativement aux conducteurs qui lui sont contigus, une source constante d'attraction variable, et l'application ou l'éloignement de l'un de ces conducteurs modifie encore l'influence que la surface excitée développe sur l'autre.

Un électrophore bien construit fournit assez d'électricité pour que l'on puisse, dans certains cas, le substituer à la machine électrique. On peut en effet charger fortement une bouteille de dimension modérée, en dirigeant sur son crochet à peu près une vingtaine d'étincelles retirées du conducteur de l'électrophore ; lorsqu'il est séparé du plan résineux ; et d'ailleurs la persévérande avec laquelle ce dernier con-

serve son électricité, permet de renouveler souvent de semblables expériences (16).

Pour découvrir les indices de l'électricité la plus faible, lors même qu'elle n'est pas appréciable aux électromètres les plus sensibles, le professeur Volta a heureusement appliqué à la construction du condensateur le principe établi relativement aux effets que produit le voisinage des surfaces. Les détails dans lesquels nous sommes précédemment entrés, ont fait voir qu'un conducteur quelconque isolé, opposé à celui qui ne l'est point, doit à ce rapprochement une modification de sa capacité électrique, et est susceptible de recevoir ou de perdre une quantité de fluide plus grande, que s'il était librement isolé, parce que, dans cet état d'approximation, il faut une proportion d'électricité très-différente pour amener une même intensité ou une égale tendance à l'équilibre : si les plans opposés restaient toujours contigus, on ne pourrait en retirer aucun avantage ; car la cause qui modifie la capacité électrique du plateau isolé empêcherait alors ce changement d'être rendu évident : aussi est-il indispensable que la construction adoptée soit telle que les plans puissent être alternativement rapprochés ou écartés.

Le plus simple condensateur est celui que l'on construit en faisant tomber, à égale dis-

tance les unes des autres, et sur la face inférieure du conducteur d'un électrophore, trois petites gouttes de cire à cacheter, qui lui servent de support isolant, et permettent de le placer à la surface d'une table bien polie, dont il est alors éloigné d'un douzième de pouce environ. Si l'on électrise une bouteille de Leyde, et qu'on la décharge ensuite de manière qu'elle n'agisse plus sur l'électromètre, mettant alors, pendant quelques secondes, son crochet en contact avec le condensateur posé sur la table, la plus petite quantité d'électricité restée dans son intérieur sera absorbée par le plan condensant, et lorsqu'il sera enlevé de dessus la table, il affectera l'électromètre ainsi que l'eût fait le fluide qui a servi à charger la bouteille.

Les condensateurs les plus parfaits ont leur plateau isolé, fixé sur un pilier de verre, et celui qui communique au sol est supporté par une tige de cuivre, susceptible de s'incliner au moyen d'une charnière : lorsqu'on veut électriser les plans, ils doivent être parallèles entre eux et distans d'à peu près l'épaisseur d'une carte à jouer, après quoi le plateau non isolé est renversé en arrière, et c'est alors seulement que se manifeste l'intensité du fluide accumulé sur le disque isolé (*voyez fig. 19*).

Un condensateur ainsi construit ne suffit pas

toujours pour rendre appréciables des effets extrêmement faibles. M. Cavallo a augmenté la sensibilité de cet instrument, en transportant l'électricité du premier condensateur sur le plateau isolé d'un second, dont le diamètre est beaucoup moindre, et qui est alors fixé à la partie supérieure d'un électromètre à feuilles d'or; le plan non isolé est supporté par une tige de métal susceptible de s'incliner, et qui communique avec le pied de l'instrument. (*Voyez fig. 20.*)

L'usage de ces condensateurs combinés donne la facilité d'apprecier les moindres changemens électriques, ce qui est d'une telle importance que beaucoup de physiciens célèbres ont fait de nombreuses tentatives pour rendre cet instrument plus parfait et plus sensible, afin de pouvoir plus avantageusement le faire servir à leurs recherches: c'est ce qui a donné naissance à plusieurs instrumens, tels que le *doubleur électrique* (17), inventé par MM. Bennet et Nicholson (*), le *multiplicateur de l'électricité*, trouvé par Cavallo (**), le rouet électrique de

(*) Phil. trans. vol. LXXVII, pag. 288, and vol. LXXVIII, pag. 1, 403.

(**) Cavallo's, complete Treatise on Electricity, vol. III, pag. 99.

Nicholson (*), et le double multiplicateur de M. Wilson (**), inventions fort ingénieuses, et dont la puissance est de beaucoup supérieure à celle du simple condensateur : mais malheureusement l'extrême sensibilité de ces instrumens est accompagnée d'une tendance à produire spontanément de l'électricité, et en conséquence les résultats équivoques qu'ils fournissent diminuent beaucoup leur utilité.

Les différens phénomènes dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent, comprennent les modifications les plus importantes de l'action électrique. On ne peut s'y arrêter sans apercevoir une différence marquée entre les causes qui déterminent les apparences que manifestent divers conducteurs isolés. Il existe en effet deux méthodes pour développer ces sortes d'effets : 1^o. en faisant subir une altération réelle à la quantité d'électricité que contiennent naturellement les conducteurs ; 2^o. en déterminant leur fluide propre à se distribuer inégalement entre les différentes parties de leur surface. La première méthode peut seule être employée pour transporter l'électricité sur un conducteur, ou pour l'en retirer; c'est pour-

(*) Nicholson's Journal, in-4. vol. I, p. 16.

(**) Nicholson's Journal, in-8. vol. IX, p. 19.

quoi on l'a nommée *électricité communiquée*, ou *électricité de contact*: elle est permanente aussi long-temps que dure l'isolement. Dans la seconde méthode, un conducteur isolé avoisine un corps électrisé; les surfaces tournées l'une vers l'autre sont dans des états électriques opposés, tandis que la portion la plus reculée du conducteur s'électrise de la même manière que le corps à l'influence duquel elle est soumise; et entre ces deux portions, inversement électrisées, de la même surface, il existe un certain espace qui est dans son état naturel. Cette diversité d'effets, qui est en quelque sorte la conséquence d'une espèce de perturbation électrique, ne subsiste qu'autant que le conducteur, dont l'isolement doit alors être bien exact, reste dans le voisinage du corps électrisé. Ces sortes de phénomènes sont, en général, nommés *influences électriques*; et les états positifs ou négatifs qui en résultent, *électricités de position* ou *d'approximation*, et, par quelques auteurs, *électricité refoulée*.

SECONDE PARTIE.

ACTIONS MÉCANIQUES ET CHIMIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ.

CHAPITRE PREMIER.

Instrumenta necessariae pour faire diverses expériences électriques.

Les appareils dont il a été question jusqu'ici sont seulement destinés à produire et accumuler l'électricité; mais, lorsqu'on veut se rendre un compte exact de l'influence qu'exerce ce fluide sur les corps qu'il traverse, il y a quelques instruments sans lesquels on ne peut le faire avec facilité et d'une manière convenable.

Il est un grand nombre d'expériences pour lesquelles on emploie communément l'électricité accumulée dans une bouteille de Leyde ou autre appareil équivalent: aussi le physicien doit-il avoir à sa disposition diverses jarres; car, bien que l'on obtienne une charge d'égale intensité pour toutes les bouteilles de même épaisseur, la quantité du fluide sera toujours proportionnée à l'étendue de la surface armée, et cette quantité est fort importante quand on

fait usage de bons conducteurs pour transmettre le fluide électrique.

On ne peut se procurer des jarres d'une étendue considérable : la plus grande que je connaisse et qui m'appartient, a dix-huit pouces de diamètre et deux pieds de haut : son armure externe offre une surface d'à peu près six pieds carrés, ce qui ne peut suffire dans les circonstances où l'on a besoin d'une électricité abondante : c'est pourquoi on est dans l'habitude de combiner plusieurs jarres ensemble, de façon à pouvoir les décharger toutes à la fois, comme on le ferait s'il n'y en avait qu'une : un tel assemblage s'appelle *batterie électrique*. Il est aisé de concevoir qu'en augmentant le nombre des jarres, on peut obtenir une surface armée aussi étendue qu'on le croira nécessaire.

La structure d'une batterie doit être simple ; car, lorsqu'on en fait usage, les diverses parties qui la composent peuvent être accidentellement endommagées : quelquefois une ou deux jarres sont percées par une explosion spontanée, et la batterie ne peut plus servir jusqu'à ce qu'on les ait retirées et remplacées par d'autres. Pour empêcher que les jarres ne s'entre-choquent, on a coutume de les mettre dans une caisse à compartiment, dont le fond est intérieurement garni d'un treillage en fil métal.

lique, ou recouvert de feuilles d'étain sur lesquelles porte le fond des jarres, ce qui établit une communication entre toutes les faces externes. Si la batterie est composée de douze bocaux, on les dispose sur trois rangs de quatre chaque : tous doivent avoir une tige de métal qui communique avec leur face interne, et serve à les charger. Ces tiges sont terminées par des anneaux polis qui remplacent les boules communément adaptées aux crochets des bouteilles de Leyde : une tringle en cuivre, dont les extrémités portent des boules de même métal, est passée à travers les anneaux de chaque rang de quatre jarres, dont elle réunit ainsi les armures internes ; on peut faire communiquer ces diverses rangées les unes avec les autres, au moyen de deux nouvelles tringles plus courtes que les précédentes et munies de boules à une extrémité seulement ; elles sont disposées de façon qu'on puisse les mouvoir, et par conséquent employer à volonté quatre, huit jarres, ou toute la batterie (fig. 21).

On charge et décharge une batterie absolument comme une simple jarre, c'est-à-dire, en établissant une communication entre son armure interne et le conducteur positif de la machine, l'armure externe n'étant d'ailleurs point isolée. Lorsque l'appareil a été ainsi élec-

brisé, on se sert d'un excitateur avec lequel on touche d'une part l'armure interne et de l'autre l'armure externe, ce qui détermine la décharge. La communication entre la machine et la batterie peut être établie, soit avec des verges de cuivre réunies au moyen de charnières, soit avec un gros fil de laiton, qui ne doit avoir ni pointes ni angles saillans, dont l'effet serait de dissiper, ou au moins d'affaiblir la charge (18).

On ne peut fortement électriser une bouteille de Leyde, dont la partie non armée est sèche et bien propre, sans qu'une explosion ne glisse à la surface du verre et ne rétablisse ainsi l'équilibre entre les deux armures. Cet accident, qui fait perdre la charge, est un inconvénient désagréable, surtout lorsqu'on se sert de grandes batteries, dans lesquelles on ne peut accumuler l'électricité sans employer beaucoup de temps. On diminue considérablement cette disposition qu'une bouteille a pour se décharger spontanément, en couvrant, avec un mauvais conducteur, son intervalle non armé; ce à quoi on réussit assez bien en soufflant doucement sur la surface du verre, ou en la touchant légèrement avec la main lorsqu'elle est en inspiration. On remplit encore la même indication en plaçant une éponge humide dans la jarre, ou en étendant, sur sa partie non armée, une

très-légère couche d'huile. Ces divers moyens ne produisent que des effets passagers, et on leur a récemment substitué un procédé fort simple; il consiste à coller intérieurement, autour de la jarre, une bande de papier d'un pouce de large, qui sert à recouvrir la partie non armée, jusqu'à un demi pouce environ au-dessus du bord supérieur de l'armure interne: le papier et les autres moyens employés à cet usage paraissent agir en prolongeant la surface chargée à l'aide d'un conducteur imparfait, et en diminuant ainsi graduellement l'intensité de la charge vers la partie dont elle a plus de tendance à s'échapper.

La hauteur qu'il faut laisser à la portion non armée d'une jarre, doit être en rapport avec l'intensité de la charge qu'on se propose de lui communiquer. Si elle a une petite dimension, deux pouces ou deux pouces et demi suffisent; les armures sont alors séparées par un intervalle de cinq pouces. Quand il s'agit d'une grande jarre, un rebord de trois pouces produira habituellement le même effet, surtout si on a eu la précaution de coller intérieurement une bande disposée, ainsi qu'il a été dit précédemment.

Quelquefois on recouvre d'un bon vernis les parties non armées des jarres d'une batterie,

ce qui empêche l'humidité de s'y attacher; mais, dans ce cas, il faut nécessairement employer la bande de papier; car la tendance à la décharge spontanée, est fortement augmentée par l'uniformité et la sécheresse que présentent les surfaces vernies. Quand les jarres ne sont point ainsi préparées, il faut soigneusement conserver leurs bords non armés secs et sans poussière.

Les jarres dont on se sert pour former une batterie ne doivent point être très-minces; car étant ainsi réunies, elles sont d'autant plus exposées à être brisées, que leur nombre est plus considérable. Si cependant on se proposait d'employer des vases de médiocre épaisseur, il y aurait quelque avantage à placer une feuille de papier entre l'armure et le verre, ce que l'on pourrait aisément faire en collant d'abord l'étain sur du papier, et appliquant ensuite cette espèce d'armure combinée sur le verre: de cette manière les enveloppes métalliques sont placées à une plus grande distance l'une de l'autre, et par conséquent l'appareil est moins exposé à être brisé (*).

(*) L'électricien, qui fait souvent des expériences, trouvera sans peine que les batteries sont pour lui une source de dépense considérable, à raison de la fréquente rupture

Après avoir exposé les moyens que l'on emploie pour accumuler l'électricité, il est nécessaire de faire connaître ceux qui servent à apprécier et à diriger cet agent : déjà nous avons indiqué l'usage qu'on peut faire de l'electromètre à cadran, pour évaluer les quantités très-différentes d'électricité qu'une même jarre est susceptible de recevoir. On le place sur le conducteur, et conséquemment il communique avec l'armure interne de la batterie ou de la jarre, et il marque, par l'élévation de son index, l'intensité de la charge.

des jarres, occasionnée par l'explosion spontanée. Il peut donc lui être utile de savoir qu'il n'est, en aucune sorte, absolument nécessaire d'employer des jarres ayant toutes la même dimension ; car, si leur épaisseur est à peu près égale, et que leurs parties non armées offrent sensiblement une même étendue, l'effet que produira la batterie approchera de la somme des surfaces armées, quoiqu'il puisse d'ailleurs exister une différence considérable entre les dimensions des jarres. Mon ami, M. Crosse, m'a dernièrement communiqué une nombreuse série d'expériences à ce sujet; dans quelques-unes la différence des dimensions des jarres combinées était considérable ; cependant la faculté de fondre un fil métallique approcha beaucoup de la proportion indiquée par l'étendue de la surface armée. De grandes bouteilles de verre vert conviennent pour former une batterie électrique, lorsque d'ailleurs on n'ajoute point d'importance au luxe de l'appareil.

L'électromètre excitateur de Lame est construit sur un principe différent : il consiste en deux boules d'égales dimensions ; l'une communique avec l'intérieur de la jarre, et la seconde est isolée et opposée à la première, avec laquelle elle peut être mise en contact, ou placée à une distance donnée : la boule isolée communique avec l'armure externe par un fil de métal, et peut conséquemment servir à conduire la décharge qui aura lieu plus tôt ou plus tard, à proportion que la distance entre les boules sera plus ou moins considérable. Le plus grand défaut qu'on puisse reprocher à cet électromètre, provient de la poussière et autres corps légers, qui conduisant l'électricité, se placent entre les deux sphères et rendent ainsi trompeuses les indications que fournit cet instrument. (La fig. 22 représente une jarre à laquelle il est adapté.)

L'électromètre inventé par M. Cuthbertson, est celui que l'on peut employer plus avantageusement pour mesurer la charge des jarres et des batteries : il consiste en une verge de métal d'à peu près treize pouces de long, terminée par des boules, et qui se maintient en équilibre sur un couteau disposé comme celui des fléaux de balance : un des bras de cette verge est gradué, et porte un curseur que l'on

place à des distances déterminées du centre de mouvement, de manière qu'il peut développer un effort qui varie depuis un jusqu'à soixante grains. L'extrémité graduée de cette espèce de fléau appuie sur une boule de cuivre supportée par une tige recourbée en métal, laquelle est fixée au support isolant de la balance. A quatre pouces au-dessous de l'extrémité opposée est une autre boule aussi isolée, et qui communique avec l'extérieur de la jarre ou batterie. Maintenant, si le support métallique de cette sorte de balance est mis en communication avec le conducteur ou avec l'armure interne de la batterie, cette dernière étant électrisée, il y aura attraction entre la boule qui est à l'extrémité non graduée du fléau et celle qui est au-dessous; ce qui est une conséquence de leurs communications respectives avec les surfaces opposées de l'appareil. Lorsque cette attraction sera supérieure au poids qui agit sur l'autre bras de la balance, l'extrémité attirée devra descendre et décharger son électricité sur la boule isolée la plus basse. La force d'attraction est toujours en rapport avec l'intensité de la charge; et comme dans cet appareil cette force doit surmonter une résistance proportionnée au poids dont l'un des bras du fléau est chargé, ce poids devient une mesure représentative de

l'intensité électrique de la batterie. La fig. 25 représente l'instrument surmonté d'un électromètre à cadran, qui sert à indiquer les progrès de la charge, ce que ne ferait pas voir la *balance électromètre*.

Ces divers instrumens indiquent seulement l'intensité du fluide électrique accumulé, ou son éloignement de l'état naturel. On ne peut évaluer la quantité d'électricité qu'en comparant l'étendue des surfaces chargées ou l'énergie des effets produits. Nous n'avons donc aucun moyen direct pour l'apprécier exactement.

On opère la décharge d'une jarre (ainsi qu'il a déjà été dit), en réunissant, au moyen d'un conducteur quelconque, les armures interne et externe : c'est ce que l'on nomme *former la chaîne*; et un corps placé entre deux portions de ce conducteur ou entre lui et une des armures de la surface chargée, est dit *mis dans la chaîne*, ou *faire partie de la chaîne*. La manière la plus simple de produire cet effet, est de mettre la substance, au travers de laquelle on veut faire passer la décharge, en contact avec l'armure externe : touchant alors le corps avec l'une des boules de l'excitateur, on porte vivement la seconde sur la tige de métal qui sert à charger la jarre ; le fluide électrique est ainsi forcé de traverser la substance interposée, ou

de glisser sur sa surface : il faut , pour utiliser la force entière de la décharge , approcher promptement l'excitateur ; autrement une partie du fluide passerait silencieusement sans produire aucun effet appréciable.

La formation de la chaîne a été définie (lorsque nous avons parlé de l'excitateur), l'anéantissement de toute distance sensible entre les deux armures métalliques : anéantissement que l'on produira plus promptement , en se servant des meilleurs conducteurs et en présentant au fluide la route la plus courte possible ; c'est pourquoi si une personne tient entre les mains un fil de métal , en même temps qu'avec l'une , elle touche l'armure d'une bouteille chargée et porte l'autre au crochet , elle n'éprouvera de sensation que dans les points de contact ; car le fluide , ayant à choisir entre deux routes , préfère le meilleur conducteur et traverse le fil de métal sans affecter les organes de la personne qui le tient : si cependant on substitue au fil un morceau de bois , celui qui fait l'expérience ressent une commotion ; car le bois sec est moins bon conducteur que les fluides animaux , et la charge prendra entre les deux voies qui lui sont présentées , celle qui lui offre un passage plus facile .

Ce résultat est constant , quelle que soit d'ail-

leurs la méthode employée pour communiquer le choc électrique, qui, dans tous les cas, ne se fait ressentir qu'aux parties directement comprises dans le circuit. Désignons par A, B, C, D, E, F, des personnes qui se donnent la main; A tiendra dans une des siennes l'armure externe d'une bouteille chargée, dont F touchera le crochet: au même instant toutes recevront une semblable commotion, qui passera d'une main à l'autre en traversant les bras: et si la charge est forte, le choc sera ressenti jusque dans la poitrine. Ce sont effectivement ces parties qui entrent directement dans le circuit. On peut faire cette expérience d'une foule de manières. Par exemple, si A tient toujours la bouteille comme précédemment, et touche avec son pied gauche le pied droit de B, qui à son tour aura son pied gauche en contact avec le pied droit de C, et ainsi de suite jusqu'à F, qui, pour compléter la chaîne, portera sa main gauche au crochet de la bouteille, A recevra alors une commotion qui traversera son bras droit et sa jambe gauche, B, C, D, E, seront frappés dans les deux jambes, et F dans le bras gauche et la jambe droite, en telle sorte que la charge passe, d'un point de contact à l'autre, par le plus court chemin.

On peut, à travers de bons conducteurs,

faire parcourir à la charge un espace considérable : aussi, dès les premiers temps de la découverte de la bouteille de Leyde, l'abbé Nollet fit avec cet appareil, dans la galerie de Versailles, éprouver la commotion à cent quatre-vingts gardes du roi, et, quelque temps après, à toute la communauté des Chartreux de Paris : toutes les personnes qui firent partie de la chaîne furent frappées au même instant.

On a tenté quelques expériences pour s'assurer de la rapidité avec laquelle la charge électrique se meut ; mais jusqu'à présent elles ont été sans succès : le docteur Watson, et quelques autres membres de la société royale, ont fait, avec des fils de fer, un circuit d'à peu près quatre milles, et la charge a parcouru ce long intervalle dans un temps inappréhensible (*).

(*) On peut concevoir quelque incertitude relativement au soin qu'on a mis dans des expériences faites à une époque déjà reculée, et qui, je crois, n'ont pas été répétées depuis que la science perfectionnée offre les moyens d'opérer avec plus de précision. Quoique les métaux soient les meilleurs conducteurs que nous ayons, ils résistent cependant au mouvement du fluide électrique, et une charge traverse volontiers une petite épaisseur d'air plutôt que de suivre la longueur d'un fil mince de vingt à trente pieds. Il est donc incertain que l'électricité accumulée dans une petite bouteille ait jamais pu franchir un intervalle de quatre milles.

La préférence que le fluide électrique accorde aux meilleurs conducteurs, offre le moyen de mesurer en quelque sorte la propriété conductrice des corps ; car si on place à la fois, dans le circuit, des substances ayant absolument les mêmes dimensions , celle qui livrera passage à l'électricité possédera , à un plus haut degré , la faculté conductrice ; et , dans le cas où on les essaierait successivement , celle qui transmettrait le fluide plus complètement devra être regardée comme conduisant mieux.

Pour diriger la charge avec plus de certitude et de précision , M. Henly a imaginé un appareil commode , qui consiste en une planche de bois d'acajou , de quatorze pouces de long sur quatre de large , portant à son centre un cylindre creux sur lequel on peut , suivant le besoin , ajuster une petite tablette , recouverte d'une lame d'ivoire , ou bien une presse également en bois d'acajou : deux fils de métal reçus à frottement dans des espèces de pinces à ressort , et montés de manière à pouvoir s'incliner dans tous les sens , sont fixés à la partie supérieure de deux piliers de verre , lesquels sont mastiqués aux extrémités de la tablette et à égale distance de son centre . On place sur le support le corps à travers lequel on veut faire passer la charge , ou bien on le comprime

dans la presse qui est alors ajustée sur la pièce du milieu. Les fils métalliques, retenus à frottement, pouvant prendre toutes les directions possibles, sont alors mis en contact avec les côtés opposés de ce corps. L'un répond à l'armure externe de la jarre ou batterie, et l'autre, à l'excitateur ordinaire ou à l'excitateur électromètre : de cette manière, la charge est dirigée à travers le corps avec une grande exactitude : cet instrument est représenté fig. 24; on le nomme *excitateur universel*.

Lorsqu'on se propose de faire passer des étincelles électriques à travers diverses substances, on peut rendre leur action uniforme, en les recevant sur une boule isolée que l'on met en contact avec la substance que l'on désire électriser, laquelle, d'une autre part, communique avec le sol. La boule isolée, étant à la hauteur du conducteur de la machine, et soutenue par un support particulier, peut être placée à une distance quelconque; en telle sorte que l'on pourra à volonté rendre les étincelles plus ou moins fortes.

Quand on veut faire passer l'étincelle à travers des liquides ou des milieux élastiques, on renferme ces substances dans des tubes de verre, dont les côtés ou les bouts opposés sont munis de fils de métal, qui ont leurs ex-

trémités à peu de distance du centre du tube, et entre lesquelles l'étincelle éclate. On peut continuer une expérience de ce genre, aussi long-temps qu'on le juge convenable, sans être obligé d'ouvrir l'appareil (*voyez fig. 25 et 26*).

Si on se propose d'opérer sur des fluides, quelquefois on les introduit dans un tube fermé à une de ses extrémités, à travers laquelle passe un fil de platine assez long pour, en suivant l'axe du tube, parvenir à une petite distance de son extrémité ouverte : le tube étant renversé dans une capsule de cuivre, les étincelles peuvent se porter de la pointe, qui termine le fil de métal, au fond de la cuvette (*voyez fig. 27*).

Il est évident que ces sortes d'appareils, dont la construction est d'ailleurs extrêmement simple, peuvent être modifiés à beaucoup d'égards. L'électricité, considérée comme agent propre, soit à changer la forme des corps, soit à altérer leurs propriétés, ne le fait qu'en passant d'un corps à un autre; en telle sorte qu'une interruption est indispensable dans le circuit de tout appareil électrique destiné à provoquer des effets soit mécaniques, soit chimiques.

Des tubes de verre, des fils de divers métaux, des bouchons de liège, et quelques autres matériaux sont nécessaires pour la construc-

tion d'une infinité d'appareils électriques, et constamment on retire d'utiles connaissances de l'emploi convenable de ces sortes de ressources. L'adresse est une des qualités indispensables à tout électricien, puisqu'il ne doit espérer de succès, qu'autant qu'il saura facilement employer à de nouvelles recherches les objets qui l'environnent : il ne peut d'ailleurs s'écartez de la route tracée par ses prédecesseurs, sans mettre en usage de nouveaux moyens ; et, lorsque sa propre industrie et son intelligence peuvent lui fournir ces sortes de secours, son activité ne court plus alors le risque d'être arrêtée par la lenteur ou les méprises des autres ; aussi, dès qu'il a conçu un plan de recherches, il peut sur-le-champ le mettre à exécution.

CHAPITRE II.

Effets mécaniques de l'électricité.

CHAQUE fois que le fluide électrique passe d'un corps à un autre, il produit toujours quelques effets mécaniques. Lorsque son mouvement est lent, il meut les corps légers, soit en agissant directement sur eux, soit au moyen du courant d'air qu'il détermine : quand, au contraire, cet agent est animé d'une grande

vitesse , il manifeste une lumière plus ou moins vive , souvent accompagnée d'un bruit plus ou moins éclatant , produit par le choc subit des particules d'air déplacées lors du passage du fluide. L'intensité de ce bruit doit donc être en proportion de la quantité et de l'énergie de la charge. Par conséquent , si des jarres de différentes dimensions sont électrisées au même degré et successivement déchargées ; l'explosion sera d'autant plus forte que la jarre sera plus grande ; et , dans les mêmes circonstances , une puissante batterie produira un effet encore plus énergique.

La conséquence immédiate du passage d'une charge électrique à travers une substance quelconque , paraît être l'expansion ou le déplacement des particules qui se trouvent directement placées sur la route du fluide , ce qui nécessairement détermine la compression de celles qui les environnent : en telle sorte que le résultat d'une explosion électrique a toujours quelques rapports avec les effets produits par une force expansive.

EXP. 49. Chargez une jarre dont la surface armée ait à peu près un pied carré ; appliquez contre son armure externe , une carte ou la couverture d'un livre , sur laquelle vous placerez une des boules de l'excitateur , en même temps

que vous dirigerez l'autre vers le conducteur interne de la jarre : la charge traversera la carte , et les bords de l'ouverture présenteront une petite bavure , du côté auquel répondait l'excitateur , et une autre plus large sur la face qui était en contact avec l'armure. Quand on se sert d'une batterie , on peut percer de la même manière une main de fort papier , et le fluide électrique se meut avec une telle rapidité , que , si ce papier est librement suspendu , il ne prendra aucun mouvement.

EXP. 50. Posez sur la tablette de l'excitateur universel un morceau de papier sec ; mettez en contact avec lui , et à la distance de deux pouces l'une de l'autre , les boules qui terminent les tiges mobiles de cet instrument. Faites ensuite passer une forte décharge d'une boule à l'autre ; alors le papier sera déchiré : si vous lui substituez une certaine quantité de pains à cacheter , ils seront dispersés , et ceux à travers lesquels la charge aura passé seront mis en pièces.

EXP. 51. Percez deux trous aux extrémités opposées d'un morceau de bois long d'un demi-pouce , et épais d'un quart de pouce : faites entrer dans les trous deux fils métalliques , de manière que leurs extrémités , dans l'intérieur du bois , soient séparées l'une de

l'autre d'un peu moins d'un quart de pouce. Faites passer une forte charge à travers les fils de métal , et le morceau de bois sera fendu avec violence : un morceau de sucre , des pierres, et beaucoup d'autres corps non conducteurs fragiles , peuvent être brisés de la même manière, si on emploie une charge suffisamment forte.

EXP. 52. Introduisez dans un morceau de terre glaise molle , deux fils métalliques , entre lesquels vous ferez éclater une forte charge électrique. La portion comprise entre les extrémités des fils, sera développée d'une manière assez curieuse : l'expérience ne pourrait d'ailleurs pas réussir, si la terre était trop molle ou trop sèche.

EXP. 53. Faites passer deux fils de métal , à travers des bouchons placés aux extrémités d'un petit tube de verre ; laissez un intervalle , d'un demi-pouce à peu près , entre ces fils ; emplissez d'eau le tube, à l'intérieur duquel vous dirigerez ensuite une charge modérée : il sera brisé et l'eau dispersée.

L'expansion que l'électricité détermine dans les fluides est en effet bien remarquable , et produit quelques résultats qui sont vraiment surprenans. Quand la charge est forte , il n'y a point de vaisseaux de verre qui puissent ré-

sister à cette soudaine impulsion. Beccaria introduisit une goutte d'eau au centre d'une boule solide de verre , et faisant ensuite passer, au moyen de deux fils de métal , un choc à travers cette goutte d'eau , la sphère fut brisée avec une grande violence. M. Morgan a réussi , par le même procédé , à casser des bouteilles de verre vert remplies d'eau , lors même que la distance , entre les parois du verre et les fils qui transmettaient l'électricité , excédait deux pouces. Moi-même , avec une charge modérée , j'ai réussi , par ce même moyen , à briser des tubes de cristal dont les parois avaient un demi-pouce d'épaisseur , et dont le calibre intérieur était de même dimension.

EXP. 54. Mettez dans la presse de l'excitateur universel , ou posez sur sa tablette une lame de glace d'environ un pouce carré et un demi-pouce d'épaisseur ; opposez l'une à l'autre les pointes des fils métalliques , en les plaçant à une petite distance du tranchant inférieur du morceau de verre , de façon que l'étincelle passe en dessous : la charge d'une forte jarre étant ainsi transmise , manquera rarement de briser la glace. Lorsqu'elle est seulement posée sur la tablette , on l'assujétit au moyen d'un poids.

EXP. 55. Procurez-vous un petit mortier

d'ivoire , ayant une cavité d'un demi-pouce de diamètre sur un pouce de profondeur. Faites passer , à travers ses côtés opposés , des fils de métal qui pénètrent vers le fond de la cavité , et soient séparés l'un de l'autre par un intervalle d'un quart de pouce à peu près. Une boule de liège , de dimension convenable , est reçue dans l'excavation qu'elle remplit exactement , sans cependant y éprouver de frottement. Lorsqu'on fait passer une forte décharge à travers les fils de métal , l'air , qui est dans le mortier , est soudainement dilaté , et la boule de liège chassée à quelque distance avec une certaine force.

EXP. 56. Creusez un morceau d'ivoire , de manière à former une cavité sphérique , susceptible de recevoir aisément la moitié d'une bille faite en bois léger ; au-dessous de la cavité , pratiquez une excavation conique , dans laquelle pénétreront deux fils de métal placés sur les côtés du mortier : si on met une goutte d'eau , d'huile , d'alcool ou d'éther entre les deux fils de métal , et qu'ensuite on place la boule au-dessus , dans la cavité destinée à la recevoir , une charge dirigée à travers la goutte de fluide , la convertira en vapeurs et chassera la balle avec une grande rapidité .

Si on fait éclater la décharge d'une batterie

sur de la glace , sa surface est quelquefois creusée , comme si on y avait posé une chaîne brûlante ; si elle passe sur de la neige , les parties à travers lesquelles elle se meut sont divisées , et , lorsqu'on la dirige sur de la pâte molle , une dépression permanente répond au trajet de l'étincelle ; si elle traverse une feuille verte , cette dernière sera déchirée en différens endroits . Il paraît donc qu'un effet expansif a lieu à chaque interruption du circuit métallique , ou à l'instant où le fluide électrique devient lumineux , lors de son passage . Ce pouvoir expansif produit un effet mécanique proportionné à la nature et à la résistance du milieu dans lequel il se développe . Les meilleurs conducteurs même , lorsqu'ils ont une ténuité suffisante , éprouvent , de la part de l'électricité , une dilatation considérable . Prenez un tube capillaire de verre ; emplissez-le de mercure , et faites passer au travers une décharge électrique ; le mercure augmentera suffisamment de volume pour faire éclater le tube .

La lumière électrique brille dans toutes les interruptions du circuit métallique , même dans les conducteurs liquides , lorsqu'ils livrent passage au fluide accumulé dans une jarre . On peut faire cette expérience avec de l'eau con-

tenue dans un tube de verre épais, à l'intérieur duquel pénètrent deux fils de métal, dont les extrémités doivent être à peu près en contact. Une charge modérée suffira pour produire une étincelle brillante, et il ne faut point, dans cette expérience, employer une électricité plus forte que celle qui est absolument nécessaire, parce qu'il y aurait quelque danger de briser le tube. On peut d'abord essayer une charge très-faible, et, si elle est insuffisante, on l'augmentera graduellement jusqu'à ce qu'on ait trouvé le degré convenable.

Dans l'huile, l'alcool et l'éther, l'étincelle se manifeste plus promptement, parce qu'ils sont moins bons conducteurs : mais l'expansibilité de ces fluides rend l'expérience plus dangereuse, lorsqu'on les emploie préférablement à l'eau. La difficulté de développer la lumière électrique dans un milieu quelconque, augmentant avec sa faculté conductrice, il faut une plus forte charge pour obtenir une étincelle dans l'eau chaude que dans l'eau froide : dans l'eau chargée de sel, la difficulté est plus grande encore ; et dans les acides concentrés, on ne peut apercevoir la lumière électrique que lorsque le volume d'acide est peu considérable, comparativement à l'électricité transmise.

Quelques-uns de ces fluides exercent une influence bien remarquable sur la distance explosive dans l'air : le docteur Priestley observa le premier que la décharge d'une forte batterie franchissait un plus grand intervalle à la surface de l'eau que dans l'air libre. Ce fait peut être convenablement démontré de la manière suivante.

EXP. 57. Tracez à la surface d'une lame de verre, avec une plume trempée dans de l'eau, une ligne dont vous mettrez une extrémité en contact avec l'armure externe d'une jarre, et à six pouces de distance, vous ferez toucher cette ligne par une des boules de l'excitateur. Lorsque la jarre sera complètement chargée, vous porterez la seconde boule de l'excitateur sur le conducteur qui a servi à lui transmettre le fluide ; et la charge traversera cet intervalle de six pouces d'eau sous la forme d'une étincelle.

EXP. 58. Avec une plume trempée dans de l'acide sulfurique, tracez sur une bande de verre une ligne, comme dans l'expérience précédente ; mettez une de ses extrémités en contact avec l'extérieur de la jarre ; la boule de l'excitateur pourra être placée sur le verre à douze pouces de distance, et le fluide traversera cet intervalle avec autant d'éclat qu'il

a franchi l'espace de six pouces lorsqu'on s'est servi d'eau.

Dans l'une et l'autre de ces expériences , si la ligne tracée avec le liquide est plus large dans une partie quelconque de sa longueur , l'éclat de la décharge sera moindre en franchissant cet espace ; ce qui probablement provient de la plus grande division qu'éprouve le fluide , en passant d'une portion moins étendue du conducteur , sur une autre qui lui offre une plus large surface .

Dans ces diverses expériences , le fluide électrique exerce , comme agent mécanique , une action qui est un puissant indice de son existence probable comme substance matérielle ; et l'imperméabilité des corps non conducteurs , quand ils le sont parfaitement , est démontrée par les altérations qu'ils éprouvent , lorsque , réduits en lames suffisamment minces , on force une puissante charge électrique à les traverser .

Les corps les plus durs et les plus compactes peuvent , de cette manière , être brisés ou perforés ; mais l'influence des surfaces ou d'autres causes , font que leur résistance n'est pas toujours proportionnée à leur faculté isolante . On peut opérer , avec une faible électricité , la perforation de corps solides non conducteurs , lorsque la charge est , pour ainsi dire , confinée en

un seul point, et qu'on empêche sa dispersion en l'environnant de toutes parts de matières non conductrices, ce que montre l'expérience suivante.

EXP. 59. Emplissez d'huile d'olive une petite bouteille; fermez-la avec un bouchon à travers lequel vous ferez passer un fil de métal terminé en pointe, et recourbé à angle droit; vous le disposerez de manière qu'il puisse glisser à travers le col de la bouteille, en sorte que sa pointe pourra être placée à une petite distance des parois de la fiole : suspendez-la par son fil de métal au conducteur d'une machine électrique : présentez le dos de la main ou une boule métallique à l'extérieur du vase, dans la partie qui correspond à la pointe du fil intérieur : une étincelle se portera vers la main et percera le verre ; en changeant la position de la pointe, on pourra multiplier ces trous.

La pointe pour une très-petite portion du verre, fait ici fonction d'une armure interne : la charge retenue par l'huile environnante ne peut se dissiper, et son pouvoir, pour ainsi dire, concentré en un seul point, surmonte bientôt la résistance que lui oppose le verre. De semblables effets auront toujours lieu, lorsqu'une grande quantité d'électricité sera subitement transportée sur une surface d'une

étendue comparativement peu considérable.

EXP. 60. Chargez une très-grande jarre, mettez son extérieur en communication avec celui d'une autre dix ou douze fois plus petite : établissez avec l'excitateur une communication entre les armures internes; la petite jarre sera brisée, la quantité d'électricité qui lui est transmise étant hors de proportion avec son étendue.

Pour déterminer l'énergie avec laquelle les diverses substances résistent à l'électricité, on peut employer un fil métallique terminé en pointe : on l'environnera d'un cylindre de cire ou de poix qui, étant amollie, peut être appliquée sur la lame que l'on veut essayer : ce qui limite l'action de la pointe à une très-petite portion de cette surface. On fera communiquer avec l'extérieur d'une jarre, le côté de la lame qui est opposé au fil de métal au travers duquel on opérera ensuite la décharge. M. Morgan assure que de cette manière, un plan de cire ou de soufre, épais de $\frac{3}{10}$ de pouce, fut percé par une forte charge ; tandis qu'une lame de verre de $\frac{3}{20}$ de pouce, est le plus grand intervalle que puisse franchir l'électricité au moyen de cet appareil ; et lorsqu'on employa de la gomme-laque, $\frac{2}{20}$ de pouce seulement furent traversés. Les résultats de ces expériences semblent indi-

quer que la gomme-laque est le meilleur non-conducteur que nous ayons.

Plusieurs substances, qui d'ailleurs conduisent assez bien l'électricité, peuvent aussi être perforées par une charge électrique, dont l'action est concentrée en un point de leur surface; c'est ce qui communément arrive à l'armure qui recouvre les grandes jarres: si, lorsqu'elles sont fortement électrisées, on opère la décharge en touchant seulement avec l'excitateur un des points de la lame d'étain, la petite étincelle qui éclate à l'endroit du contact fond le métal, et en conséquence, l'on observe presque toujours, après la décharge, une légère adhérence entre la boule de l'excitateur et l'armure: propriété que l'on peut ainsi mettre en évidence.

EXP. 61. Chargez une forte jarre et mettez une petite pièce de monnaie entre son armure et la boule de l'excitateur: après la décharge, la pièce sera légèrement soudée à l'étain, ce qui provient de la fusion que ce dernier a éprouvée au point de contact; aussi la pièce restera-t-elle adhérente à l'armure lorsque vous retirerez l'excitateur.

Les effets mécaniques que produit l'électricité, ont été employés comme pouvant indiquer la route que suit le fluide lors de la décharge, et

par conséquent, comme propres à confirmer la supposition qui admet que l'électricité positive résulte de l'accumulation du fluide, et que la négative provient de sa diminution; hypothèse contraire à celle d'abord proposée par du Fay, qui regardait les électricités positive et négative comme deux espèces distinctes.

Nous avons précédemment vu que les phénomènes déjà exposés paraissent annoncer l'action d'un seul fluide; et les effets suivans, relatifs à la transmission de la charge, conduiront à la même conséquence, quoique dans le nombre il y ait plusieurs résultats, qui ont été différemment interprétés par quelques électriques peu expérimentés. Il n'existe probablement aucune branche de physique dans laquelle, pour le succès des expériences, l'habitude et l'adresse soient plus essentielles qu'en électricité: les faits qui constituent cette science, sont nombreux et ont des apparences diversifiées; néanmoins, ils sont tellement dépendans les uns des autres, que, jusqu'à ce que leurs mutuelles relations soient connues, et toutes les obscurités de l'action électrique dissipées, on ne pourra raisonnablement compter sur les principes établis. Il n'est donc pas très-surprenant que des personnes peu habituées, quand elles cherchent à déduire des conséquences d'un

petit nombre d'observations; soient fréquemment conduites à des conclusions erronées, qui n'ont d'autre fondement que le peu de soin qu'elles ont mis à faire les expériences, et leur manque d'habileté pour disposer, classer et comparer les phénomènes.

EXP. 62. On peut rendre sensible la direction que suit l'électricité, lorsque dans une chambre obscure on met en contact avec le conducteur positif de la machine, le crochet d'une bouteille de Leyde, dont on a rendu l'extérieur un peu humide, en soufflant légèrement dessus. La bouteille étant complètement chargée, si on continue à tourner le cylindre, on verra le fluide électrique passer de l'armure interne à l'armure externe, sous la forme d'un courant lumineux qui ruissellera sur l'intervalle non armé, et produira un effet semblable à celui de l'eau qui déborde d'un vase entretenu constamment plein. Si on retire la bouteille, et que l'on mette son crochet en communication avec le conducteur négatif, lorsqu'elle sera surchargée, le courant aura lieu dans une direction contraire, c'est-à-dire, de l'armure externe vers l'armure interne. Dans ces expériences, un certain degré d'humidité, sur la surface non armée du verre, est nécessaire pour prévenir la décharge spontanée,

qui sans cela aurait lieu, et dans laquelle le fluide passe trop rapidement d'une surface à l'autre, pour que l'on puisse s'assurer de la direction qu'il suit. Si l'humidité n'est pas suffisante, au lieu du courant continu, précédemment décrit, on verra par intervalle des rayons divergents de lumière s'élanter de la face positive.

EXP. 63. Chargez positivement à son intérieur une petite bouteille de Leyde, mettez-la sous le récipient de la machine pneumatique, faites le vide, et alors des rayons de lumière se porteront du crochet sur l'armure externe; répétez l'expérience en chargeant la bouteille négativement, la direction des apparences lumineuses sera complètement changée.

EXP. 64. Placez une bougie allumée entre les conducteurs de l'excitateur universel, laissez entre eux un intervalle d'à peu près quatre pouces, et faites en sorte que la flamme soit à égale distance de l'un et de l'autre : mettez alors en communication un des conducteurs avec l'armure d'une petite bouteille chargée, dont vous ferez ensuite toucher le crochet à l'autre conducteur. Si la charge est juste ce qu'il faut pour franchir l'intervalle sans qu'il y ait explosion, la flamme de la bougie sera constamment dirigée du fil positif vers celui qui est négatif.

EXP. 65. Mettez sur la tablette de l'excitateur universel , deux bâtons de cire à cacheter très-droits , de manière à ce qu'il résulte de leur contact une espèce de gouttière formée par leurs surfaces arrondies : une grosse boule de moelle de sureau sera placée dans cette gouttière , et les conducteurs de l'excitateur universel seront disposés en telle sorte , que leurs pointes , éloignées l'une de l'autre d'à peu près quatre pouces , répondront à la ligne de jonction des bâtons de cire . La balle devra être également éloignée de chacune des pointes , et en faisant passer une petite décharge d'un des conducteurs à l'autre , elle sera chassée de celui qui est positif vers celui qui est négatif : effet qui est constant , si les fils métalliques sont terminés en pointes ; ce qui est nécessaire pour ces sortes d'expériences . Si l'on emploie des fils émoussés , la balle oscille fréquemment entre eux , ce qui , en apparence , rend le résultat équivoque : il faut se rappeler qu'en se servant de tels conducteurs , on s'oppose à la transmission de la charge , puisque , répondant aux armures opposées de la bouteille , ils doivent nécessairement attirer la balle alternativement ainsi que le feraient des corps électrisés en sens inverses : Quelquefois le mouvement de la balle ne répond pas à la direction supposée du fluide , lors

même qu'on emploie des fils terminés en pointes ; car, s'il arrive qu'elle soit mise en contact avec l'un ou l'autre, elle s'en écartera aussitôt que le circuit sera formé, soit que ce fil touche le côté positif ou négatif de la bouteille. Lorsqu'on examine attentivement ce résultat, il ne prouve rien relativement à la direction du fluide ; car la balle s'électrise en touchant le fil de métal, et conséquemment s'en écarte pour se porter vers la surface opposée, par laquelle elle est alors attirée : attraction qui est la cause de cette anomalie apparente ; ce que l'on peut prouver en prenant, pour faire l'expérience, une jarre modérément chargée, et dont la surface armée ait à peu près un pied carré. On l'électrise avec modération, d'abord positivement, puis négativement ; son extérieur est mis en communication avec le conducteur vers lequel la balle doit se diriger, et le circuit complété avec l'excitateur qui fait communiquer le fil opposé (contre lequel doit être placée la balle de sureau) avec le crochet de la jarre. Quand la charge est positive, la balle peut être forcée à s'éloigner du fil de métal trois ou quatre fois dans une même expérience ; si on a le soin de la replacer après chaque contact de l'excitateur : quand la charge est négative, la balle reculera une fois seule-

ment. La cause de son mouvement dans ces deux expériences est donc différente; dans la dernière c'est l'attraction , et dans la première c'est un courant continual d'électricité : mais dans l'une ou l'autre , si l'on emploie une forte charge , la balle sera complètement chassée de la gouttière (*).

(*) Cette expérience ne fournit point une indication satisfaisante de la route que suit le fluide lors de la décharge ; et , après l'avoir répétée un grand nombre de fois dans des circonstances très-variées , il me paraît que c'est toujours à l'attraction électrique qu'il faut attribuer le mouvement de la balle ; car je me suis assuré que , si on la met sur la rainure à égale distance de l'une et l'autre des pointes métalliques (ainsi qu'on l'a recommandé), elle se dirigera , de celle avec laquelle l'excitateur est mis en contact , vers l'autre , que la jarre soit d'ailleurs chargée positivement ou négativement *. Si l'excitateur est maintenu en contact avec le crochet de la jarre , la balle reste du côté du fil vers lequel elle a été poussée ; mais si , après que le contact a eu lieu , l'excitateur est promptement retiré , remis en contact et en-

* M. Howdy a avancé , dans le journal de Nicholson , vol. 34 , pag. 199 , qu'une balle de moelle de sureau , placée dans une rainure et à égale distance des pointes métalliques , ne se mouvait pas lorsque la décharge passait de l'une à l'autre ; mais la rainure dont il se servit était disposée de manière à répondre à la courbure de la balle de sureau , et assez profonde pour en recevoir une hémisphère ; conséquemment le mouvement était arrêté par le frottement que ne pouvait surmonter la faible charge qu'il employa.

On a pensé qu'il serait possible de reconnaître la direction que suit le fluide, en examinant attentivement les apparences que présente une carte ou une épaisseur plus ou moins considérable de papier, à travers laquelle on a fait passer une explosion électrique. Dans ces expériences l'expansion contrarie beaucoup les résultats que produirait le courant électrique s'il agissait seul ; il y a constamment deux bavures ; mais M. Gough a depuis peu fait voir que, quand on opère avec soin, la bavure du côté positif est toujours la plus petite, ce qui a aussi lieu lorsqu'on se sert d'un poinçon pour percer une carte : la petite saillie se trouve sur le côté où le poinçon a été appliqué, et la plus grande du côté opposé (*). On m'a dit que, lorsqu'un boulet traverse une feuille de cuivre, on remarque des apparences analogues ; et en faisant passer une charge électrique à travers plusieurs corps moins expansibles que la carte, les indices furent décidément en faveur d'un courant dirigé du côté positif au côté négatif : c'est particulièrement ce qui arrive lorsqu'on perce une feuille d'étain

suite retiré plusieurs fois, la balle se mouvra d'un fil à l'autre à différentes reprises, ainsi qu'il arriverait si elle était placée entre deux surfaces électrisées en sens inverse.

(*) Nicholson's Journal, vol. 32, pag. 176.

ou une lame de plomb très-mince, et ce que l'on remarque également sur des morceaux peu épais de cire ou de savon très-sec. Il est avantageux de se servir d'une loupe pour mieux examiner les résultats de l'explosion.

M. Symmer fit passer la décharge d'une batterie à travers un cahier de papier, au milieu duquel il avait mis une lame d'étain ; les feuilles de papier furent percées et l'étain dentelé, suivant des directions opposées ; ce qui fit admettre à ce physicien l'existence d'un double courant, un fluide venant du côté positif et l'autre du côté négatif (*). Si l'on examine attentivement cette expérience, on sentira que l'interposition d'une feuille d'étain produit dans le circuit métallique une double interruption : or on a fait voir précédemment qu'une étincelle éclate chaque fois que, dans un bon conducteur, il se présente une solution de contiguïté. Cette étincelle est d'ailleurs toujours accompagnée d'un effet expansif ; l'on doit conséquemment en retrouver les traces sur le papier en contact avec les faces de la feuille de métal : c'est effectivement aussi ce que prouve la disposition des bords de l'ouverture. L'expansion du papier réagit à son tour sur la

(*) Phil. trans. vol. II, pag. 371.

feuille d'étain, et détermine sur chacune de ses faces des dentelures qui sont dirigées du papier vers elle, ce qui doit dès-lors les faire paraître dans des directions opposées. D'après cela il est évident que M. Symmer (*) a pris les effets expansifs du fluide électrique

(*) Une modification de l'expérience de M. Symmer vient à l'appui des raisonnemens qui ont été faits pour réfuter son hypothèse : prenez six ou huit feuilles d'étain, placez-les entre les feuillets d'une main de papier, de manière que les lames de métal soient séparées l'une de l'autre par trois ou quatre épaisseurs de papier; faisant alors passer une charge suffisamment forte au travers de ce cahier, ses feuillets seront percés en différens endroits, et chaque feuille d'étain aura des dentelures opposées l'une à l'autre. En supposant que cet effet fut produit par des courans contraires d'électricité, il faudrait nécessairement admettre l'existence de deux fois autant de fluides électriques qu'il y a de lames d'étain ; car les dentelures dirigées dans l'un et l'autre sens ne sont point placées sur la même ligne. Pour preuve ultérieure que cela résulte simplement de l'effet expansif habituel de l'étincelle à chaque interruption du circuit métallique, l'impression sur les feuilles d'étain est plus ou moins grande proportionnellement au nombre des feuillets de papier qui les séparent les unes des autres : et quand il n'y a entre elles qu'un simple feuillet, elles n'offrent rien de particulier ; et, si toute l'épaisseur est peu considérable, le cahier et les feuilles d'étain sont quelquefois percés en une seule direction, allant évidemment de la face positive à la face négative.

pour un indice de sa direction ; erreur dont M. E. Walker a ingénieusement tiré tout le parti possible , dans un des derniers numéros du *Magasin philosophique* (*) (19).

M. Cavallo a découvert que quelques substances minérales sont altérées ; quand on fait passer une charge électrique à leur surface , on peut donc mettre à profit cette propriété, pour rendre évidente la trace du fluide passant d'un côté à l'autre d'une carte ou d'un papier épais ; dans ce cas , les fils métalliques qui transmettent le fluide doivent être placés à quelque distance l'un de l'autre.

EXP. 66. Colorez avec du vermillon les deux côtés d'une carte que vous placerez sur la tablette de l'excitateur universel , dont vous mettrez les conducteurs en contact , l'un avec la face supérieure , et l'autre avec la face inférieure de la carte , la distance entre les pointes doit être d'un pouce environ. Lorsque vous opérerez la décharge , le fluide , en se dirigeant du conducteur positif vers celui qui est négatif , percera le corps interposé. La route que suit l'électricité est ici indiquée d'une manière permanente , par une ligne noire qui s'étend de la pointe positive à l'ouverture faite par l'étin-

(*) Phil. Magaz., vol. XLII, p. 161.

celle dans le voisinage de la pointe négative , vers laquelle on aperçoit une marque noire diffuse : ces effets sont constans ; la ligne noire est toujours sur le côté de la carte qui est en contact avec le conducteur positif , et le trou toujours voisin de la pointe qui termine le conducteur négatif .

L'impulsion mécanique que développe l'électricité , m'a dernièrement fourni l'idée d'un appareil propre à rendre sensible la direction que suit le fluide électrique . Ce moyen confirme ce que semblent annoncer les faits précédens , et contribue par conséquent à éclaircir la cause de leur anomalie apparente . On sait depuis long-temps , que si l'on fixe plusieurs ailes de carton mince autour d'un bouchon traversé par un axe , il en résulte une sorte de volant , qui se meut circulairement aussitôt qu'on le présente à une pointe électrisée . Le mouvement a toujours lieu dans le sens de cette pointe , qu'elle soit positive ou négative : ce fait a quelquefois été cité comme un argument en faveur d'un double courant électrique . Il est cependant évident , d'après ce qui a été dit (pag. 90) , qu'une pointe électrisée positivement , ou négativement , doit produire un courant déterminé par la répulsion qu'éprouvent les molécules d'air qui étant en contact avec elle , s'électrisent de la même manière ; cause

qui est suffisante pour produire les effets dont il s'agit. Conjecturant donc que les courans d'air électrisé ne s'établiraient point ainsi, lorsque les pointes seraient opposées l'une à l'autre, je disposai l'appareil suivant.

EXP. 67. Un léger volant, construit ainsi qu'il vient d'être dit, est monté de manière à tourner librement autour d'un axe soutenu par une sorte de fourchette, qui est elle-même supportée par une tige isolante. Ce volant est placé entre les conducteurs de l'excitateur universel qui doivent être terminés en pointes opposées l'une à l'autre aussi exactement que possible, et éloignées d'un pouce au plus de chaque côté de l'aile supérieure (voyez fig. 28). Or il est évident, d'après la disposition de cet appareil, que, s'il existe deux fluides qui se meuvent dans des directions contraires, la roue, également sollicitée par l'un et par l'autre, n'obéira à aucun et restera par conséquent immobile : mais, s'il n'existe qu'un fluide, le volant prendra du mouvement dans la direction suivant laquelle se meut ce fluide. Mettez en contact une des pointes avec le conducteur positif d'une machine électrique, et l'autre avec le conducteur négatif : aussitôt que le cylindre sera en mouvement, le volant tournera dans la direction du conducteur positif au

conducteur négatif : changez les communications de manière que le fil qui était négatif devienne positif, et *vice versa*, le mouvement de la roue sera aussitôt renversé, et la rotation aura encore lieu dans le sens du conducteur positif au conducteur négatif, ce qui prouve que le fluide électrique suit réellement cette direction. On obtiendra le même résultat en déchargeant une jarre que préalablement il faudra avoir la précaution d'isoler ; ce qui est nécessaire pour assurer la transmission du fluide d'un des fils de métal à l'autre, car autrement il pourrait être dispersé, en suivant diverses routes pour se porter sur les corps conducteurs, qui sont en contact avec l'extérieur de la jarre.

EXP. 68. Placez verticalement une carte, en l'insérant dans un petit morceau de bouchon, qui forme une base d'à peu près un quart de pouce de large, et qui soit simplement suffisante pour maintenir la carte dans la situation verticale, en telle sorte qu'elle puisse être renversée par la plus faible impulsion. Les pointes métalliques de l'excitateur universel étant opposées l'une à l'autre, et distantes d'environ quatre pouces, on placera entre elles la carte qui doit être disposée de manière qu'une ligne, tirée d'une pointe à l'autre, réponde à peu près

à un quart de pouce au-dessous de son bord supérieur ; si les conducteurs de l'excitateur sont alors respectivement rendus positif et négatif, soit parce qu'on les fera communiquer avec les conducteurs opposés d'une machine, ou parce qu'on les mettra dans le circuit d'une jarre isolée, la carte sera toujours renversée et tombera constamment dans une direction qui va du côté positif au côté négatif; mais l'effet aura lieu en sens inverse, si les communications électriques sont changées.

Si, au lieu de placer la carte à égale distance de l'une et de l'autre pointes, on la fait immédiatement communiquer, soit avec celle qui est positive, soit avec celle qui est négative, elle sera encore renversée ; mais cela vient de ce que cette carte est un conducteur imparfait, qui par conséquent s'électrise dans le point de contact; ce que l'on prouve en la recouvrant avec une feuille d'argent qui en fait un bon conducteur sur lequel l'électricité peut librement se répandre : elle reste alors debout, quoique mise en contact avec l'une ou l'autre pointe, et tombe dans la direction du conducteur positif au conducteur négatif, lorsqu'elle est également éloignée de l'un et de l'autre (20).

Tels sont les renseignemens que nous fournissent les phénomènes mécaniques de l'élec-

tricité ; telles sont aussi les indications qu'ils donnent sur la matérialité de ce fluide , et sur ses modes de diffusion et de transmission. Lorsque l'on considère la subtilité de cet agent, on doit admettre , je pense , qu'en physique nous avons peu d'exemples , où l'action d'une puissance invisible soit aussi clairement indiquée par les effets qu'elle produit : effets qui conduisent à une seule conséquence , de manière à rendre les phénomènes intelligibles par la simple exposition de leur enchaînement et de leurs rapports mutuels.

CHAPITRE III.

Effets chimiques de l'électricité.

L'ACTION qu'exerce l'électricité , pour déterminer des phénomènes chimiques , est , en quelque sorte , plus remarquable et plus étendue que son pouvoir comme agent mécanique ; et elle dépend probablement de la même cause. Parmi les nombreux effets que produit le fluide électrique , ceux qui se présentent le plus communément sont accompagnés d'apparences lumineuses et d'une élévation de température ; on pourrait donc supposer qu'ils sont les résultats du mouvement rapide de l'élec-

tricité à travers les particules matérielles d'une autre substance; car l'expérience a fait voir que la compression mécanique et soudaine d'un corps élastique quelconque, donne lieu à un dégagement de lumière et de chaleur. On peut s'assurer, en placant la boule d'un thermomètre dans le courant lumineux établi entre deux balles de bois inversement électrisées, que le seul mouvement du fluide électrique, à travers l'air, détermine une élévation de température. L'étincelle ou l'explosion, et en général tous les phénomènes lumineux de l'électricité, sont accompagnés d'une odeur particulière, qui a fait soupçonner que ces apparences pourraient être les résultats d'une espèce de combustion: mais le passage long-temps prolongé de l'étincelle dans une portion donnée d'air où elle ne produit qu'un changement déterminé, ainsi que la faculté qu'elle a d'éclater sous l'eau et autres fluides, rendent cette opinion très-peu probable. Lorsque l'électricité est concentrée, elle peut enflammer la plupart des corps combustibles, quand, sous la forme d'étincelle, elle traverse une couche d'air en contact avec eux; et on ne peut attribuer ces effets à l'influence directe de la chaleur, puisque les communications électriques sont établies au moyen de substances susceptibles de l'absorber.

EXP. 69. Versez de l'éther ou de l'esprit-de-vin très-rectifié dans une capsule de métal, que vous isolerez et électriserez. Approchez ensuite le doigt, une boule de cuivre, ou même un morceau de glace, de la surface du liquide; vous en tirerez une étincelle qui l'enflammera, quelle que soit d'ailleurs la substance conductrice dont on se sera servi pour provoquer l'électricité. Si l'esprit-de-vin n'est pas très-rectifié, il faudra nécessairement le chauffer un peu avant l'expérience, précaution qui devient inutile lorsqu'on se sert d'éther.

EXP. 70. Desséchez l'extérieur d'un verre à pied, dont la tige pourra servir comme de support isolant; versez-y de l'eau froide à la surface de laquelle vous mettrez une couche d'éther. Au moyen d'un fil métallique, établissez une communication entre l'eau et le conducteur de la machine: lorsque le cylindre sera mis en mouvement, présentez la jointure du doigt à la surface du liquide, une étincelle s'élancera de l'eau vers la main, et l'éther prendra feu.

Le même effet aurait encore lieu si, pour transmettre à l'eau l'électricité de la machine, on employait une série de vases remplis d'un mélange frigorifique et mis en communication par des fils de métal; il est donc, d'après

cela, évident que le pouvoir absorbant des conducteurs interposés n'empêche point la puissance de l'étincelle (21).

EXP. 71. Procurez-vous une soucoupe de porcelaine; emplissez-la d'eau à la surface de laquelle vous mettrez de la résine en poudre; ajustez aux côtés opposés de cette soucoupe deux fils de métal, dont les bouts doivent être à peu près de niveau avec le liquide, et distants entre eux de quatre à cinq pouces; faites passer d'un fil à l'autre la charge d'une jarre, et la résine sera enflammée dans le trajet de l'étincelle. Le même effet a lieu lorsqu'on répand cette poussière sur un morceau de bois rugueux, ou lorsqu'on s'en est servi pour saupoudrer un flocon de coton.

Du phosphore mis dans une petite capsule d'étain qu'on laisse flotter sur l'eau, peut aussi être aisément enflammé, en dirigeant vers sa surface un courant d'étincelles électriques.

Parmi les combustions que produit l'électricité, la plus remarquable est, sans contredit, celle des métaux. Le docteur Franklin fut le premier qui en observa les effets; M. Kinnersly, ainsi que le célèbre Beccaria, ajoutèrent ensuite beaucoup aux expériences de ce savant; et depuis, MM. Brook, Van-Marum et Cuthbertson, se sont occupés

particulièrement de ce genre de recherches.

EXP. 72. Mettez sur du papier blanc une petite bande de feuille d'or ou d'argent, à travers laquelle vous ferez passer une forte décharge; le métal disparaîtra en produisant un brillant éclair, et laissera sur le papier une tache d'une couleur pourpre ou grise.

EXP. 73. Prenez trois morceaux de carreaux de vitre, ayant un pouce de large et trois de long; placez entre eux deux bandes étroites de feuilles d'or, de manière que la lame du milieu ait sur chacune de ses faces une bande métallique dont les extrémités doivent déborder: faites passer la charge d'une grande jarre à travers le métal; il sera fondu et imprimé sur les faces du verre. Communément les lames extérieures sont brisées; mais celle qui occupe la partie moyenne reste souvent intacte, et chacune de ses faces est marquée d'une empreinte métallique.

EXP. 74. On a employé les couleurs produites par l'oxidation des métaux, pour imprimer, sur la soie ou le papier, des lettres ou autres ornemens. On trace d'abord sur un papier épais l'esquisse de la figure que l'on veut représenter; on le découpe ensuite à la manière des planches à vignettes. La découpage est alors placée sur la soie ou le papier qu'on se propose

d'imprimer, puis recouverte d'une feuille d'or au-dessus de laquelle on met une carte : le tout est ensuite placé dans la presse ou comprimé de toute autre manière, et l'on dirige la charge d'une batterie à travers la feuille d'or. L'impression est limitée par l'interposition du papier sur lequel la figure est découpée, de manière à ne laisser recueillir que les traces du dessin ; et en usant de cet artifice, on peut nettement représenter un profil, une fleur ou toute autre figure.

Lorsqu'une puissante charge électrique traverse un fil de fer très-mince, il est brûlé et dispersé en petits globules rouges. On pensait autrefois que de très-fortes batteries étaient indispensables pour produire cet effet ; mais, si le fil est assez fin, une seule jarre, ayant environ cent quatre-vingt-dix pouces de surface armée, suffira pour faire cette expérience, dans laquelle on se sert avec avantage du fil d'acier plat le plus fin dont les horlogers font usage pour le régulateur des montres. Afin de pouvoir proportionner la charge, on doit toujours employer l'électromètre-balance de Cuthbertson, et il est essentiel de rendre aussi court que possible le circuit qui établit la communication entre la face interne et la face externe de la jarre. De plus il est nécessaire que le fil

que l'on veut fondre, soit placé en ligne droite et maintenu à ses extrémités par de petites pinces de métal.

EXP. 75. L'intérieur d'une jarre et le bras recourbé de l'électromètre, étant mis en contact avec le conducteur positif d'une machine électrique, on fixera, au moyen des petites pinces de métal, environ deux pouces de fil d'acier entre la boule la plus basse de l'électromètre et l'armure externe de la jarre; le curseur sera placé sur le bras gradué de l'instrument, à la division 15. La machine étant alors mise en mouvement, lorsque l'intensité de la charge excédera la résistance de quinze grains, le fléau de l'électromètre s'abaissera, la charge passera à travers les deux pouces de fil d'acier, qui seront rougis et fondus en globules.

EXP. 76. Si la jarre n'a point une bande de papier disposée ainsi qu'il a été recommandé (pag. 151), il faudra souffler dedans pour prévenir la décharge spontanée, placer huit pouces de fil d'acier dans le circuit, et porter le curseur à trente degrés : on mettra ensuite la machine en mouvement; quand la charge est assez intense, le fléau de l'électromètre s'abaisse, et le fluide traverse les huit pouces de fil d'acier, qui sont fondus avec les mêmes apparences que les deux pouces employés dans la dernière expérience.

EXP. 77. Mettez, comme ci-dessus ; huit pouces de fil d'acier dans le circuit : mais , au lieu d'une seule jarre chargée à trente grains, employez-en deux chargées à quinze grains : les résultats de cette expérience seront identiques avec ceux de la précédente , en telle sorte que l'effet est également augmenté , soit qu'on double l'étendue de la surface armée ou le degré de la charge.

MM. Brook et Cuthbertson , d'après les résultats que leur ont fournis un grand nombre d'expériences , ont conclu que l'action de l'électricité sur les fils de métal , est comme le carré de la quantité du fluide employé ; puisque deux jarres chargées au même degré , fondent quatre fois autant de fil que le ferait une seule : quantité qui serait d'ailleurs quadruplée , en doublant l'intensité de la charge.

J'ai trouvé cette loi exacte dans toutes les expériences faites avec soin , et pour lesquelles on emploie des fils métalliques de longueur modérée ; et il paraît , d'après les expériences de M. Cuthbertson , qu'elle ne se soutient que jusqu'à une certaine limite . Les batteries dont se sert ce physicien , contiennent ordinairement quinze jarres : une d'elles fondrait un demi-pouce de fil de fer , ayant $\frac{1}{50}$ de pouce de diamètre , et les quinze jarres fondent soixante pouces du

même fil (*). J'ai fait plus en grand quelques expériences avec du fil de fer très-fin, de $\frac{1}{250}$ de pouce de diamètre; mais la charge perd quelque chose, de son intensité en parcourant un fil mince d'une grande longueur; l'explosion de la batterie (très-forte dans d'autres circonstances) peut alors être à peine entendue. Avec une batterie de quarante pieds de surface armée, j'ai souvent fondu, par une seule explosion, dix-huit pieds du fil dont il vient d'être question; le phénomène était alors singulièrement remarquable, à raison du grand nombre de globules incandescens dispersés dans toutes les directions.

La loi qui vient d'être établie, relativement à l'influence qu'exerce sur *le pouvoir brûlant* du fluide électrique, l'étendue de la surface armée ou l'intensité de la charge, varie lorsqu'il y a une différence considérable dans l'épaisseur des jarres dont on fait usage; celles qui sont épaisses, indiquent une même intensité électrique, bien qu'elles contiennent une quantité de ce fluide qui est comparativement moindre: elles ont conséquemment une plus faible puissance pour opérer la fusion des fils de métal.

(*) Cuthbertson's, Practical Electricity, p. 181, etc.; ou Nicholson's, Journ. in-4., vol. II, p. 625, etc.

Je possède une très-grande jarre qui, lorsqu'elle est chargée à trente grains, devrait, eu égard à l'étendue de sa surface armée, fondre trois pieds de fil de fer; mais, à raison de sa grande épaisseur, sa capacité électrique est tellement diminuée qu'elle ne peut en fondre que dix-huit pouces; ce qui est conforme aux conclusions données par M. Cavendish, que la quantité d'électricité nécessaire pour charger différentes jarres dont les surfaces armées ont la même étendue, est en raison inverse de leur épaisseur (*).

La fusion d'un fil de métal peut donc, en quelque sorte, servir à indiquer la quantité de fluide électrique qui est accumulé sur une surface, puisque les expériences précédentes ont prouvé, qu'une charge donnée fondera la même longueur de fil, soit qu'elle se trouve répartie entre deux jarres, ou contenue seulement dans une; il paraît aussi naturel de conclure, que l'intensité plus ou moins forte de la charge n'influe pas essentiellement sur la faculté qu'elle a de fondre les métaux. On peut, dans la pratique, tirer quelque avantage de ce résultat remarquable; car les électromètres ne donnent que la mesure de l'intensité électri-

(*) Phil. Transact. vol. LXVI, p. 196.

que , et sont autant affectés par une seule jarre que par une batterie qui en contiendrait cent. Lorsque , pour mesurer le pouvoir électrique , on emploie la fusion d'un fil de métal , il faut avoir soin que la longueur du circuit soit toujours la même , et que les degrés de l'incandescence soient uniformes ; car un fil peut ne montrer que de légères variations dans les apparences qui accompagnent sa fusion , bien que d'ailleurs il livre passage à des quantités d'électricité très-différentes : aussi , dans toutes les expériences comparatives , on doit , pour avoir des phénomènes uniformes , s'arrêter au moindre degré de l'incandescence parfaite , c'est-à-dire qu'à l'instant même de la décharge , le fil de métal doit devenir rouge brûlant dans toute sa longueur et tomber en globules.

L'accroissement graduel de la charge produit , sur les fils métalliques de même longueur , des effets qui sont très-remarquables. Si on se sert d'un fil de fer ou d'acier , sa couleur devient d'abord jaune ; si on augmente la quantité de fluide , le métal prend une teinte bleue ; il passe au rouge vif et tombe en globules , quand la charge est plus considérable : si on la rend plus énergique encore , indépendamment des apparences précédentes , les globules seront projetés avec plus ou moins de force ; et , lors-

qu'enfin elle est portée à un très-haut degré, le métal disparaît avec une flamme brillante, et produit une fumée très-sensible qui, lorsqu'on la recueille, présente une poussière très-fine, qui pèse plus que le métal employé, et est formée de ce métal combiné avec une portion de l'atmosphère.

On sait depuis long-temps que divers métaux, lorsqu'ils sont exposés à l'action de la chaleur avec le libre accès de l'air, se convertissent en poudres qui ont une apparence terreuse et offrent diverses couleurs. Les chimistes modernes ont expliqué ces changemens, en prouvant qu'un gaz particulier, qui constitue environ la cinquième partie de notre atmosphère, et que l'on nomme *oxigène*, est constamment absorbé par les métaux, lorsqu'ils perdent leur apparence métallique : ils se sont encore assurés que de tels changemens ne peuvent avoir lieu par la simple action de la chaleur, sans le concours simultané de l'air ou de quelque autre substance contenant de l'oxigène : aussi a-t-on nommé *oxides*, les produits de la combustion des métaux : tel est le *minium* des boutiques (deutoxide de plomb) ; l'ocre, qui est un oxyde de fer ; et la poudre grise dont se servent les lapidaires (potée d'étain) (tritoxide d'étain). Tous les métaux ne brûlent pas avec

la même facilité : le platine, l'or et l'argent, quand ils sont exposés à la plus intense chaleur, ne subissent point d'altération : c'est pourquoi on les convertit habituellement en oxydes, au moyen des acides qui leur fournissent l'oxygène plus facilement. L'électricité brûle indistinctement tous les métaux connus, et les circonstances qui accompagnent cette action méritent d'être étudiées avec soin.

Nous devons à M. Cuthbertson (*) la série la plus complète d'expériences faites à ce sujet. L'appareil nécessaire pour les répéter, consiste en un tube de verre ayant deux ou trois pouces de diamètre et huit pouces de haut; il est fermé à chaque extrémité par une douille, en telle sorte qu'une certaine quantité d'air peut y être renfermée : un robinet est vissé à la douille inférieure, et dans l'intérieur du tube, au-dessus du robinet, est placée une petite bobine sur laquelle sont simultanément roulés un fil de métal et une ficelle, qui sont parallèles et attachés l'un à l'autre de quatre pouces en quatre pouces. Un cylindre de cuivre, d'environ trois pouces de long, est vissé au centre de la douille supérieure : au moyen

(*) Nicholson's Journal in-4. vol. V, pag. 136; ou Cuthbertson, Electricity, pag. 197.

d'une longue aiguille, on fait passer les bouts de la ficelle et du fil de métal, à travers ce cylindre que l'on remplit ensuite avec du sain-doux ; puis on le ferme avec un bouchon, de manière que le fil et la ficelle se meuvent à travers l'air renfermé dans le tube. Le fil métallique est tendu au centre du réservoir ; et, lorsqu'une longueur a été oxidée, une autre peut lui être substituée à l'aide de la ficelle. En opérant ainsi, on brûlera successivement, et sans ouvrir le réservoir, des quantités de fil plus ou moins considérables. Pour constater combien il y a eu d'air absorbé pendant l'expérience, on adapte à l'orifice inférieur du robinet un tube de verre étroit, ayant à peu près dix pouces de long, et ouvert à ses deux extrémités : celle qui est libre étant plongée dans un vase qui contient du mercure, et le robinet étant ouvert, l'élévation du fluide donne la mesure de l'absorption. Cet appareil est représenté fig. 29; A indique la jauge.

La combustion du fil de métal influe considérablement sur la température de l'air que contient le réservoir; aussi est-il nécessaire, avant et après l'expérience, de mettre pendant quelque temps l'instrument dans un vase rempli d'eau, afin de ne point déterminer l'absorption avec inexactitude; ce qui arriverait im-

manquablement si l'on n'usait point de cette précaution , l'élévation de la température produisant toujours la dilatation de l'air. Par la même raison , un réservoir étroit est préférable à un large ; car dans le premier , on peut plus aisément rétablir la température du milieu , et par conséquent éviter les anomalies qui se firent remarquer lors des premières expériences de M. Cuthbertson (22).

Si, après un certain nombre d'explosions, l'on examine l'air qui reste dans le réservoir , on trouvera qu'il contient une moindre proportion d'oxygène ; et si, au lieu d'air atmosphérique , on remplit le réservoir avec du gaz hydrogène ou azote , le métal ne sera point oxidé , mais sera fondu et très-divisé.

Lorsqu'on se propose d'oxidier les métaux , il faut se servir d'une grande batterie , et la charge doit être plus forte que si l'on avait seulement l'intention de les fondre ; elle doit encore varier suivant la nature du métal ; car, toutes choses égales d'ailleurs , ils exigent des quantités d'électricité qui sont différentes. J'ai indiqué dans le tableau suivant l'intensité des charges employées par M. Cuthbertson ; la longueur de chaque fil métallique était de dix pouces. La colonne A exprime leur diamètre en fractions de pouce ; la colonne B , le nombre

de grains dont l'électromètre était chargé; et la colonne C , la couleur de l'oxyde que l'on recueillit dans le récipient : dans toutes ces expériences , l'étendue de la surface armée fut constamment la même : c'était une batterie de quinze jarres dont les armures internes avaient à peu près dix-sept pieds carrés (*).

A	B	C
Fil de plomb. . $\frac{1}{90}$. . .	20. . .	gris peu foncé.
Fil d'étain. . $\frac{1}{90}$. . .	30. . .	presque blanc.
Fil de zinc. . $\frac{1}{90}$. . .	45. . .	presque blanc.
Fil de fer. . . $\frac{1}{150}$. . .	35. . .	brun rougeâtre.
Fil de cuivre. . $\frac{1}{150}$. . .	35. . .	brun tirant sur le pourpre.
Fil de platine. . $\frac{1}{150}$. . .	35. . .	noir.
Fil d'argent . . $\frac{1}{150}$. . .	40. . .	noir.
Fil d'or. $\frac{1}{150}$. . .	40. . .	pourpre brunâtre.

(*) Lorsque l'on veut oxider les métaux par l'électricité, on se sert ordinairement d'une batterie qui a une étendue modérée , et que l'on charge fortement. En opérant ainsi, il arrive souvent que plusieurs jarres sont brisées : je me suis assuré qu'en augmentant l'étendue de la batterie, on pouvait , avec une charge beaucoup moins forte , produire les mêmes effets ; et mon ami , M. Crosse, a remarqué la même chose lorsqu'il a employé son grand et puissant appareil.

La loi , d'abord remarquée par M. Brook , eu égard à la fusion des métaux , paraît aussi applicable à leur oxidation; car j'ai trouvé qu'une batterie , dont la surface armée est de quarante pieds carrés , et que l'on charge à dix grains ,

On peut faire de diverses manières les expériences relatives à la combustion des métaux. Si l'on place une feuille de papier parallèlement au fil de métal, et à un huitième de pouce environ au-dessous; immédiatement après la décharge, elle offrira une très-belle impression; résultat que l'on obtiendrait aussi en se servant d'une lame de verre; mais, dans ce cas, on remarquerait que l'oxyde entoure une portion de métal qui n'a point été brûlée. Les oxydes que l'on produit ainsi ont une couleur qui diffère de celles que présentent les poussières que l'on recueille dans le récipient; puisque, dans quelques circonstances, un même métal fournit plusieurs couleurs.

oxide la même quantité de fil d'or qu'une batterie de vingt pieds chargée à vingt grains; et, lorsque l'électricité est moins intense, les jarres sont moins exposées à être brisées.

C'est en employant de cette manière une sorte batterie, que furent produits les échantillons d'oxyde d'or et de cuivre, dont j'ai donné la figure dans un petit nombre d'exemplaires de cet ouvrage.

Les traces que laissent, sur le verre ou sur le papier, les oxydes faits par l'électricité, diffèrent essentiellement, même lorsqu'en apparence ils sont produits dans des circonstances semblables; et parmi le nombre considérable d'expériences que j'ai faites, je n'ai jamais pu obtenir deux échantillons qui fussent exactement pareils.

Les charges employées par M. Cuthbertson sont assez généralement très-fortes, et par conséquent susceptibles de casser les jarres de la batterie. Je me suis servi, pour mes expériences, de fils métalliques plus fins et moins longs que ceux dont il fit usage. Aussi n'ai-je eu besoin que d'une charge modérée : la table suivante, pour laquelle j'ai conservé les mêmes indications que dans la précédente, fait connaître les résultats que j'ai obtenus.

La longueur du fil métallique brûlé dans chaque expérience était de cinq pouces.

A	B	Couleurs des figures sur le papier.
Fil d'or.	$\frac{1}{180}$. . . 18. . .	pourpre et brun.
Fil d'argent.	$\frac{1}{180}$. . . 18. . .	gris, brun et vert.
Fil de platine.	$\frac{1}{180}$. . . 13. . .	gris et brun peu foncé.
Fil de cuivre	$\frac{1}{180}$. . . 12. . .	vert, jaune et brun.
Fil de fer.	$\frac{1}{180}$. . . 12. . .	brun peu foncé.
Fil d'étain	$\frac{1}{180}$. . . 11. . .	jaune et gris.
Fil de zinc	$\frac{1}{180}$. . . 17. . .	brun foncé.
Fil de plomb	$\frac{1}{180}$. . . 10. . .	brun et gris bleu.
Fil de laiton	$\frac{1}{180}$. . . 12. . .	pourpre et brun.

Le fil de laiton est quelquefois décomposé par le passage de la charge électrique; le cuivre et le zinc, qui en sont les parties constitutantes, sont séparés l'un de l'autre, et quand on recueille ces oxydes sur une lame de verre, ils

présentent les couleurs métalliques qui leur sont propres. Les impressions que laissent tous les oxides métalliques, sont habituellement plus belles quand on les reçoit sur le verre, que quand on les recueille sur le papier ; mais leurs couleurs sont alors moins durables.

Les oxides produits par l'électricité paraissent formés de plusieurs parties distinctes, plus ou moins fines. Lorsqu'on fait l'expérience dans un récipient, une partie de l'oxide immédiatement formé tombe au fond, tandis qu'une autre portion reste suspendue dans l'air pendant un temps considérable, et est ensuite graduellement déposée : il est probable que c'est à cette circonstance que l'on doit, en quelque sorte, attribuer la différence de couleur que l'on remarque entre les oxides formés dans un récipient et ceux faits à l'air libre ; car, dans ce dernier procédé, il y en a toujours une portion qui est perdue.

L'action chimique qu'exerce l'électricité est d'autant plus remarquable, qu'elle tend également à favoriser les combinaisons et les décompositions. Les oxides déjà formés peuvent, par son moyen, être ramenés à l'état métallique, et il ne faut pour cela qu'un appareil très-simple.

Exp. 78. Placez horizontalement un tube de

verre dans lequel vous mettrez de l'oxide d'étain , en quantité suffisante, pour recouvrir à peu près un demi-pouce de la partie la plus basse de sa surface interne. Vous fixerez ensuite ce tube sur la tablette de l'excitateur universel , et dans chacune de ses extrémités , vous introduirez un des conducteurs , en telle sorte que l'oxide métallique soit placé à égale distance de l'un et de l'autre. L'appareil étant ainsi disposé , faites successivement passer au travers plusieurs décharges , ayant soin de rassembler l'oxide chaque fois qu'il est dispersé. Si les charges sont assez fortes , une portion du tube sera bientôt tachée d'étain métallique , revivifié par l'action de l'électricité transmise.

On peut , en suivant le même procédé , reviser d'autres oxides métalliques ; et , si on se sert de vermillon (sulfure de mercure) , ses parties composantes , le mercure et le soufre se sépareront avec une telle facilité que , pour réussir , il suffira d'employer une jarre de dimension modérée.

Lorsque l'étincelle électrique éclate dans différens fluides , elle les décompose ; par exemple , l'eau est convertie en deux gaz , *oxigène* et *hydrogène* : leur proportion est une mesure du premier , et deux du second : quand on a ainsi obtenu une suffisante quantité de ces gaz ,

si on fait passer au travers une étincelle électrique, ils s'enflamment, se combinent, et l'eau est alors reproduite.

Cette expérience fut d'abord faite par une société de chimistes hollandais qui s'associèrent M. Cuthbertson; elle est fatigante et ennuyeuse (*), à raison du temps qu'elle exige; cependant on peut la rendre plus facile, en suivant le procédé imaginé par le docteur Wollaston (**). On termine en pointes, aussi aiguës que possible, les extrémités de deux fils très-fins d'or ou de platine; on les insère dans des tubes capillaires, dont les extrémités doivent être ramollies à la lampe, pour faire adhérer entre eux le métal et le verre. On fond ensuite graduellement ce dernier, jusqu'à ce que les pointes des fils d'or soient perceptibles à la loupe. Tout étant ainsi disposé, on place deux de ces tubes dans un vase contenant de l'eau, et on les maintient dans une position telle, que leurs pointes soient proches l'une de l'autre, et forment un circuit métallique interrompu: on met un de ces fils en commu-

(*) Voyez un Mémoire du doct. Pearson, dans le Journal de Nicholson, in-4. vol. I, page 241; ou Transact. philos. vol. XXXVII, p. 142.

(**) Trans. philos. vol. XCI, p. 427.

nication avec le sol ou avec le conducteur négatif de la machine; l'autre répond à une boule isolée, placée à une petite distance du conducteur positif. En dirigeant ainsi un courant d'étincelles électriques, on verra s'élever, des pointes de métal, une série de très-petites bulles de gaz que l'on pourra recueillir, en plaçant un petit récipient renversé, au-dessus des extrémités des fils métalliques. Il sera ensuite facile d'enflammer ces fluides, en leur présentant une bougie allumée, ou en faisant passer au travers une étincelle électrique: mais on doit observer, qu'il faut beaucoup de temps pour obtenir une quantité de gaz suffisante pour en agir ainsi. Le docteur Wollaston a remarqué, que la rapidité de l'opération était en rapport avec la ténuité des pointes employées. Ainsi deux pointes, qui avaient l'une $\frac{1}{700}$ et l'autre $\frac{1}{1500}$ de pouce de diamètre, décomposaient l'eau; la première lorsque la distance du conducteur à la boule isolée était $\frac{1}{2}$ de pouce, et la seconde quand cet intervalle était de $\frac{1}{20}$ seulement. Des fils ainsi préparés sont nécessaires pour décomposer tous les fluides conducteurs, parce qu'ils confinent l'action de l'électricité en un seul point, et préviennent ainsi la diminution d'intensité qui autrement aurait lieu.

Avec des corps moins bons conducteurs,

comme les huiles, l'alcool et l'éther, cette précaution est inutile : ces liquides peuvent être décomposés avec l'appareil (fig. 27); les étincelles se portent du fil de platine au fond de la capsule de métal, sans aucun risque de briser le tube, dans l'intérieur duquel s'élèvent les produits aéiformes dégagés. Les fluides élastiques qu'on retire des substances inflammables, sont principalement ceux que l'on a nommés *gaz hydrogène-carbonés*; ils sont formés d'hydrogène tenant en dissolution différentes proportions de carbone. Lorsqu'on décompose les acides concentrés, le produit gazeux est ordinairement de l'oxigène.

Le docteur Wollaston, au moyen de deux pointes d'or très-fines, transmit un courant d'électricité le long d'une carte humectée avec la teinture de tournesol : après un petit nombre de tours de la machine, il se manifesta, vers la pointe positive, une teinte rougeâtre qui reprit sa couleur bleue primitive lorsqu'elle fut mise en contact avec la pointe négative. Il paraît donc que vers le fil positif, il se développe une puissance qui agit à la manière des acides; effet que l'on détruit en substituant l'électricité négative.

Le même physicien mit, dans une dissolution de cuivre, deux fils d'argent (envelop-

pés de cire à cacheter, de manière à n'en laisser apercevoir que les extrémités) : faisant alors passer un courant électrique à travers les fils, celui qui répondait au conducteur négatif fut recouvert de cuivre ; et, en renversant les communications, la couche métallique disparut.

L'emploi de l'étincelle électrique, comme agent chimique, présente de très-grands avantages, à raison de la facilité avec laquelle on peut la faire pénétrer dans les vases qui contiennent de l'air ; et son influence est rarement plus énergique, que lorsqu'on l'emploie pour opérer la combinaison ou décomposition de différens gaz. On démontre la formation de l'eau, en remplissant de mercure un tube de verre (fig. 25) que l'on renverse ensuite dans un vase contenant du même métal ; puis on introduit dans ce tube du gaz hydrogène et oxygène, mélangés en proportion convenable, et occupant un espace d'à peu près un pouce en hauteur. Si l'on fait passer une étincelle entre les fils, les gaz s'enflamme, et le mercure remonte à la partie supérieure du tube, qui est alors recouvert d'une très-légère couche d'eau, provenant de la combustion du mélange. Dans ces sortes d'expériences, on doit donner au moins un demi-pouce d'épaisseur au verre, afin qu'il puisse résister à l'expansion produite

au moment de la combinaison des fluides élastiques.

On peut, en opérant ainsi, former une quantité appréciable d'eau ; pour cela on se sert d'un globe de verre épais : il doit être muni d'un robinet, avoir un fil de métal qui pénètre dans son intérieur, et vienne aboutir à peu de distance de la douille à laquelle le robinet est vissé : au moyen de la machine pneumatique, on fait le vide dans ce globe, que l'on adapte ensuite sur un récipient également garni d'un robinet, et rempli d'un mélange de gaz oxygène et hydrogène (voyez fig. 30). Les robinets étant ouverts, le ballon se remplira de gaz ; après les avoir fermés, on dirigera à l'intérieur du globe et à l'aide du fil de métal, une étincelle qui se portera sur la douille ; à l'instant on apercevra un éclair brillant, et l'intérieur du ballon sera recouvert d'humidité. Ouvrant derechef les robinets, une nouvelle quantité de gaz se substituera à celle qui a été brûlée : interceptant de nouveau la communication, une seconde explosion pourra avoir lieu, et augmentera la rosée déjà recueillie (*). En répétant cette expérience, toujours de la

(*) Cette expérience fut d'abord faite par M. Cavendish, dans l'année 1781.

même manière, on finira par obtenir des gouttes d'eau (23).

EXP. 79. Prenez un tube de verre épais, fermé à un bout et traversé perpendiculairement à son axe, par deux fils de métal disposés de manière que l'on puisse faire éclater une étincelle dans son intérieur : fermez avec un bouchon l'extrémité ouverte du tube, après y avoir fait entrer un mélange de gaz hydrogène et oxygène ou d'hydrogène et d'air atmosphérique : faites alors passer une étincelle; aussitôt une forte explosion aura lieu, et le bouchon sera chassé avec violence. Un appareil particulier est quelquefois disposé, pour faire de cette expérience une sorte de récréation ; on le nomme *pistolet à air inflammable* (*pistolet de Volta*).

La facilité avec laquelle le gaz hydrogène s'enflamme, même par une étincelle électrique modérée, a conduit le professeur Volta à imaginer sa lampe à air inflammable (il y a quelque temps qu'une patente a été accordée, pour une modification que l'on a fait subir à cet appareil, ce qui le rend propre à fournir instantanément de la lumière). La lampe consiste en un réservoir rempli de gaz hydrogène soumis à la pression constante d'une colonne d'eau ; le réservoir est fermé par un robinet qui, lors-

qu'on l'ouvre , laisse un filet de gaz s'échapper par un petit ajutage. Dans une boîte située au-dessous du réservoir, est placé un électrophore ; un fil de métal passe à travers un tube de verre , et s'étend de la partie supérieure de la boîte au robinet , à la clef duquel le conducteur de l'électrophore est attaché par un cordon de soie. Il résulte de cette disposition que le même mouvement qui ouvre le robinet , élève le conducteur ; et l'étincelle que fournit ce dernier est transmise, par le fil de métal isolé , au courant de gaz qu'elle enflamme : cet effet a lieu chaque fois qu'on tourne le robinet , car l'électrophore produit des étincelles pendant un temps considérable , sans qu'il soit nécessaire de l'exciter de nouveau ; et la quantité de gaz consommé chaque fois que l'on répète cette expérience est très-peu considérable : en sorte que l'on peut se procurer de la lumière plus de cent fois avant d'avoir épuisé le réservoir , qu'il est alors facile de remplir (24).

Le docteur Priestley remarqua , que toutes les fois que l'on faisait , pendant long-temps , passer des étincelles électriques à travers une quantité donnée d'air atmosphérique renfermé dans un vase , son volume diminuait , et qu'en introduisant une teinture bleue végétale dans cet appareil , la liqueur devenait rouge , ce

qui indiquait la présence d'un acide. M. Cavendish a fait cette expérience avec beaucoup d'exactitude; et il a prouvé que les élémens de l'air atmosphérique (oxigène et azote), se combinent par ce moyen en proportion différente, et forment de l'acide nitrique (*). L'air dont il se servit pour constater ce fait, fut renfermé entre deux colonnes de mercure, dans la partie angulaire d'un tube recourbé, d'abord rempli de ce métal, puis renversé, et ayant ses deux extrémités plongées dans des vases séparés, contenant eux-mêmes du mercure (*voyez* fig. 31). L'air introduit dans ce tube occupait la partie supérieure de la courbure, dans l'étendue d'un pouce ou d'un pouce et demi : le mercure de l'un des vases fut alors mis en communication avec le conducteur négatif ou avec le sol, et celui de l'autre vase, avec une boule isolée placée dans le voisinage du conducteur positif, de sorte qu'un courant d'étincelles traversait la portion d'air emprisonné : comme son volume diminuait, de nouvelles quantités furent introduites dans le tube, de manière que la longueur de la colonne fût conservée à peu près la même :

(*) Phil. trans. vol. LXXV, pag. 372, et vol. LXXVIII, pag. 261.

il fallut rarement moins de quinze jours ou de trois semaines pour compléter l'expérience , la machine étant mise en mouvement pendant une demi-heure environ chaque jour. Le diamètre intérieur du tube doit être de $\frac{1}{10}$ de pouce à peu près , et au lieu d'avoir la forme qui vient d'être décrite , il peut être droit ayant un fil de platine mastiqué à l'un de ses bouts , et son extrémité ouverte plongée dans un vase contenant du mercure (fig. 32).

M. Cavendish a reconnu que l'expérience réussissait mieux , quand on substituait à l'air atmosphérique cinq parties d'oxygène et trois d'air commun : le mélange disparaît alors presque entièrement , et , si on introduit dans le tube une petite quantité de dissolution de potasse , l'opération est accélérée , et la dissolution devient du nitrate de potasse ou salpêtre.

Cette opération fut répétée deux fois en grand par M. Gilpin , sous la direction de M. Cavendish et autres membres de la société royale : il y eut de légères différences dans la proportion des gaz absorbés ; mais , d'après le résultat moyen de ces expériences , il paraît que l'acide nitrique est formé de sept mesures d'oxygène et environ trois d'azote.

On peut faire un grand nombre d'expériences

relatives aux combinaisons et décompositions des divers gaz ; les décrire avec détail serait inutile pour ceux qui ne sont point familiarisés avec les phénomènes de la chimie , et le but de celui qui étudie cette science sera complètement rempli , en indiquant d'une manière sommaire les gaz qui sont affectés par l'électricité , et les résultats auxquels donne lieu l'influence de cet agent. Les fluides élastiques , que l'on veut soumettre à l'action de l'électricité , sont habituellement contenus dans un tube fermé à une de ses extrémités , près de laquelle sont deux fils de métal qui pénètrent dans son intérieur. On remplit ce tube de mercure , et on le renverse ensuite dans un vase contenant de ce liquide : le gaz est alors introduit en quantité suffisante pour déprimer le mercure jusqu'au-dessous des fils de métal , entre lesquels on fait éclater des étincelles , jusqu'à ce que l'effet indiqué soit produit : une seule suffit ordinairement pour déterminer la combinaison , lorsqu'on opère sur un mélange de gaz hydrogène et oxygène : mais on est quelquefois obligé d'entretenir le courant électrique pendant plusieurs heures , lorsqu'on agit sur d'autres mélanges.

Les nombres placés devant le nom de chaque gaz ou devant celui des résultats qu'ils four-

nissent (ainsi qu'on le voit dans la table suivante), indiquent les quantités employées ou celles des produits obtenus ; on a usé de cette précaution, principalement dans les cas où l'emploi de proportions différentes donnerait lieu à d'autres résultats.

GAZ MÉLANGÉS.

RÉSULTATS.

Air atmosphérique et hydrogène	eau et azote.
Oxigène et hydrogène.	eau.
Chlore et hydrogène.	acide muriatique (hydrochlorique).
Acide muriatique et oxigène.	chlore.
Oxide de carbone et oxigène.	acide carbonique.
Azote et oxigène.	acide nitrique.
Acide sulfureux et oxigène.	acide sulfurique.
Hydrogène phosphoré et oxigène. . . .	eau et acide phosphorique.
Hydrogène sulfuré et oxigène.	eau et acide sulfureux.
Oxigène et ammoniaque.	eau et azote (*).
100 gaz oléfiant et 284 oxigène. . . .	acide carbonique et eau.
100 gaz oléfiant et 100 oxigène. . . .	oxyde de carbone et hydrogène.
100 hydrogène carburé et 100 oxigène. .	oxyde de carbone et hydrogène.
100 hydrogène carburé et 200 oxigène. .	acide carbonique.

GAZ COMPOSÉS.

RÉSULTATS.

Acide muriatique.	hydrogène (**).
Acide fluorique.	hydrogène (**).
Gaz nitreux (dentoxyde d'azote). . . .	acide nitrique et azote.
Acide carbonique.	oxyde de carbone et oxigène.
Hydrogène sulfuré.	soufre et hydrogène.
Hydrogène phosphoré.	phosphore et hydrogène.

(*) S'il y a excès d'oxigène, on obtiendra aussi de l'acide nitrique.

(**) D'après le docteur Henry et M. Dalton.

GAZ COMPOSÉS.

RÉSULTATS.

Ammoniaque	hydrogène et azote.
Gaz oléfiant.	carbone et hydrogène.
Hydrogène carburé.	carbone et hydrogène.

Et par analogie, il est probable que tous les composés d'hydrogène unis à une substance inflammable, sont également susceptibles d'être décomposés par l'électricité. Ces divers effets, résultats d'une même cause, ne paraissent point susceptibles de recevoir d'autre explication, que celle qui regarde l'électricité comme développant une action mécanique; et encore dans cette hypothèse ne sont-ils pas très-intelligibles : l'agitation momentanée que l'étincelle imprime aux différens milieux, doit être considérée comme propre à faciliter un nouvel arrangement des particules; mais, dans cette supposition, pourquoi le changement est-il instantané dans quelques circonstances, et graduel dans d'autres? Par quel renversement de principes, la même cause qui unit les molécules des corps est-elle ensuite capable de les séparer? Ces questions seraient intéressantes à résoudre; mais ici on ne voit point comment on pourrait parvenir à trouver la solution d'un problème qui, pour le moment, paraît si difficile : le chimiste doit être satisfait des avan-

tages que peut en retirer son art , et attendre que les progrès de la science amènent le développement des rapports théoriques.

Les phénomènes lumineux que produit le fluide électrique , prouvent suffisamment qu'il exerce sur la lumière une influence , qui est d'ailleurs confirmée d'une manière remarquable par les effets qu'il détermine , en passant visiblement sur la surface de différens corps qu'il rend phosphorescens. Les premières expériences de ce genre ont été faites par MM. Lane et Canton (*); et elles ont été depuis continuées avec avantage par MM. Wilson , Morgan et Skrimshire (**).

Exp. 80. Placez sur la tablette de l'exciteur universel un morceau de craie sèche , dont vous mettrez la surface en contact avec les conducteurs , de manière que leurs extrémités soient distantes de deux pouces : faites passer de l'un à l'autre une forte décharge , et après l'explosion on apercevra , dans le trajet parcouru par l'électricité , une trainée de lumière qui présentera les couleurs prismatiques , et durera pendant quelques secondes.

(*) Histoire de l'électricité , par Priestley , p. 312.

(**) Journal de Nicholson , vol. XV , pag. 281; vol. XVI , pag. 101; vol. XIX , p. 153.

Lorsqu'on fait passer une décharge à la surface de divers autres corps, on remarque de semblables effets ; mais la couleur et la durée de la lumière varient considérablement : et quand le fluide électrique passe au travers de quelques-uns, ils sont divisés en parcelles lumineuses qui conservent leur éclat pendant un temps considérable. La table suivante contient l'énumération de plusieurs substances qui peuvent ainsi être rendues phosphorescentes ; et elle indique également quelles sont les apparences qu'elles manifestent.

Sulfate natif de baryte	une brillante lumière verte.
Carbonate de baryte natif	<i>idem</i> , moins brillante (*).
Acétate de potasse sec.	lumière verte brillante.
Acide succinique.	<i>idem</i> , mais plus durable.
Sucre en pain.	<i>idem</i> .
Gypse ou sélénite.	<i>idem</i> , mais passagère.
Coquilles d'huîtres calcinées.	couleurs prismatiques.
Coquilles calcinées avec le soufre. . . .	lumière durable et brillante.
Cristal de roche.	lumière d'abord rouge et ensuite blanche.
Quartz.	lumière d'un blanc pâle.
Borax (sous-borate de sonde). . . .	lumière verte faible.
Acide boracique (acide borique). . .	lumière verte brillante.

Nous n'avons énuméré ici qu'une très-faible portion des corps qui deviennent phosphorescents par l'action de l'électricité ; mais ils

(*) Ces résultats ont été obtenus dans des expériences faites avec des échantillons qui m'appartiennent

ont été choisis parmi ceux qui possèdent cette propriété au plus haut degré. Le lecteur qui désirerait avoir des renseignemens plus détaillés sur la nombreuse série de ces substances, pourra consulter les Mémoires de M. Skrimshire, insérés dans le journal de Nicholson.

L'effet que produit l'explosion électrique sur différens corps opaques, est aussi remarquable que la propriété qu'elle a d'exciter des phénomènes phosphorescens. Le docteur Priestley en fit le premier la remarque; et, pour en acquérir la preuve, on peut répéter les expériences suivantes.

EXP. 81. Placez, dans une rainure pratiquée à la surface d'un morceau de bois d'acajou, deux fils de métal disposés de manière qu'en les faisant glisser en avant ou en arrière, leurs extrémités puissent être placées à une distance donnée. Quand elles seront éloignées d'environ un demi-pouce, posez un doigt sur cet intervalle, et faites passer une décharge d'un fil à l'autre; le doigt paraîtra transparent durant le trajet de l'étincelle au-dessous de lui, mais on n'éprouvera aucune sensation désagréable.

EXP. 82. Substituez au doigt une jarre remplie d'eau ou d'un fluide coloré; au moment de la décharge, le fluide paraîtra distinctement éclairé.

EXP. 83. Eloignez de trois quarts de pouce les extrémités des fils de métal , et sur l'intervalle qui les sépare , placez un morceau épais de terre de pipe ou de pierre ponce : lors de l'explosion , ces substances opaques paraîtront parfaitement transparentes.

EXP. 84. Placez cinq ou six œufs sur une même ligne : mettez-les en contact les uns avec les autres ; faites-les traverser par un petit choc , et ils paraîtront lumineux.

EXP. 85. Faites entrer dans un petit melon , une orange ou une pomme , deux fils de métal , de façon qu'ils soient à une petite distance l'un de l'autre ; dirigez une commotion à travers ces fils , et le fruit paraîtra transparent.

Ces expériences peuvent être variées d'une foule de manières , puisque toute substance , qui n'est pas un bon conducteur , devient plus ou moins lumineuse , lorsqu'elle livre passage à la charge électrique ; mais on n'a pas encore observé de relations entre l'existence de cette propriété et les caractères chimiques des substances dans lesquelles on la remarque .

Il est peut-être convenable de rappeler ici , que les expériences sur la lumière électrique , et celles sur la phosphorescence , doivent être faites dans une chambre obscure ; car la moin-

dre lumière étrangère empêcherait que l'on pût observer ces phénomènes.

Indépendamment des actions chimiques et mécaniques de l'électricité, qui déjà ont été décrites, on s'est encore assuré que cet agent exerce quelque influence sur les phénomènes magnétiques. On a souvent remarqué que l'aiguille d'une boussole variait durant un orage, et dans quelques circonstances même, ses pôles ont été renversés. Le docteur Franklin fit passer la charge d'une forte jarre à travers de fines aiguilles d'acier : leurs extrémités furent légèrement bronzées, et elles contractèrent le magnétisme polaire. L'effet produit, dépend principalement de la situation des aiguilles, au moment où elles sont frappées; et fort peu de la manière suivant laquelle la charge les traverse. Le magnétisme communiqué est le plus fort, quand l'aiguille qui reçoit le choc, est dirigée du nord au sud; et il est moindre, quand elle est tournée de l'est à l'ouest.

Ces sortes d'expériences réussissent mieux avec des aiguilles de fil d'acier, ayant $\frac{1}{40}$ ou $\frac{1}{50}$ de pouce de diamètre et trois ou quatre pouces de long. On pratique à leur partie moyenne une petite excavation qui sert à les placer sur un pivot, lorsqu'on fait passer suivant leur longueur la charge d'une batterie.

EXP. 86. Placez un fil d'acier, tel que nous venons de le décrire, dans le plan du méridien magnétique : faites passer au travers la charge d'une batterie modérément forte; il sera aimanté, et l'extrémité dirigée vers le sud sera le pôle sud de cette aiguille.

EXP. 87. Aimantez légèrement un fil d'acier, auquel vous donnerez la même direction qu'à celui de l'expérience précédente, ayant d'ailleurs l'attention de tourner son pôle sud vers le nord : la charge d'une forte batterie détruira son magnétisme ou renversera ses pôles; si son magnétisme est simplement détruit, une seconde charge l'aimantera de nouveau, mais les pôles seront alors inversement placés.

EXP. 88. Donnez à un fil d'acier une position verticale, et faites-le traverser par une forte charge : il sera aimanté, et son extrémité supérieure deviendra pôle nord; si vous le placez ensuite en sens opposé, la transmission d'un nouveau choc détruira son magnétisme ou renversera ses pôles.

Une forte commotion détruit les propriétés de l'aimant naturel à travers lequel on la fait passer.

Ces phénomènes ne fournissent aucun renseignement relatif à la nature du fluide électrique ; et on ne peut pas non plus les regarder

comme propres à établir une analogie entre lui et la cause du magnétisme. Cette dernière faculté pouvant aussi être développée ou modifiée par une action mécanique, et par l'influence de la chaleur, il est d'ailleurs probable que, dans cet exemple particulier, ces trois causes agissent à peu près de la même manière : mais, jusqu'à ce que la nature du magnétisme soit mieux connue, il est inutile de dissenter sur l'influence que peuvent avoir les autres puissances pour développer ou modifier les phénomènes qui le caractérisent.

TROISIÈME PARTIE.

PHÉNOMÈNES DE L'ÉLECTRICITÉ NATURELLE.

CHAPITRE PREMIER.

Identité de la foudre avec l'électricité.

AUSSI long-temps qu'on s'est arrêté à considérer la nature et les détails de l'action électrique, on a dû être porté à ce genre de recherches, par la nouveauté et la singularité des aspects sous lesquels se manifeste ce fluide : néanmoins on peut se lasser de fixer continuellement son attention sur une série de faits n'ayant en apparence aucune relation avec les choses qui ont plus particulièrement droit de nous intéresser : mais il faut ne pas oublier que, dans toute science expérimentale, ces sortes de préliminaires sont indispensables, et peuvent être comparés à la nécessité où l'on est de commencer d'abord à recueillir, puis à dégrossir les matériaux bruts, qui doivent ensuite fournir aux arts des produits aussi utiles que précieux.

L'utilité de la science électrique devient plus

évidente, et son application aux phénomènes de la nature plus remarquable, lorsque nous comparons nos idées actuelles aux conjectures et aux hypothèses vagues qui furent provisoirement établies, pour se rendre compte de faits, qui, depuis, ont été convenablement expliqués.

La physique des anciens paraît surtout avoir été en défaut, relativement aux applications qu'ils en ont faites aux phénomènes atmosphériques. Plusieurs des faits que l'on peut à juste titre regarder comme les plus importans, ne furent point observés; et les philosophes qui, à des époques différentes, étudièrent le mieux la nature, ont rangé les météores lumineux parmi les mystères les plus propres à inspirer de la crainte; et les poëtes, usant de leur privilége, les mirent entre les mains des dieux, comme des instrumens de châtiment et de vengeance.

Dans les temps modernes, avant les découvertes faites en électricité, ces phénomènes furent attribués à l'inflammation d'effluves subtiles, à des exhalaisons sulfureuses élevées dans les hautes régions de l'atmosphère, et quelquefois aussi à la collision de nuages poussés les uns contre les autres: ici du moins on voit une cause réelle, substituée à des rêves et des

fables , qui furent respectés pendant des siècles : tant l'esprit humain est porté à créer des causes imaginaires , lorsqu'il ne peut s'élever jusqu'à la source d'où émanent les véritables.

A une époque où l'électricité était encore dans son enfance , un physicien (qui donna les moyens d'augmenter l'intensité des phénomènes électriques , en appliquant au perfectionnement du principal appareil les découvertes qu'il avait faites sur les corps conducteurs et non conducteurs), M. Grey , en examinant les apparences que présente le fluide électrique , lorsqu'il passe d'un corps à un autre , remarqua une légère ressemblance entre le bruit et la lumière de l'étincelle , comparés aux phénomènes du tonnerre et de l'éclair. Il ne paraît point que cette observation ait fixé l'attention des physiciens jusqu'en 1748 , époque où l'abbé Nollet publia , dans le quatrième volume de ses *Leçons de physique* , des conjectures plus développées ; il s'explique de la manière suivante : « Si quelqu'un , par exemple , entre » prenait de prouver , par une comparaison » bien suivie des phénomènes , que le tonnerre » est entre les mains de la nature ce que l'électricité est entre les nôtres , que ces mer- » veilles dont nous disposons maintenant à

» notre gré , sont de petites imitations de ces
» grands effets qui nous effraient , et que tout
» dépend du même mécanisme ; si l'on faisait
» voir qu'une nuée préparée par l'action des
» vents , par la chaleur , par le mélange des
» exhalaisons , est vis-à-vis d'un objet terrestre ,
» ce qu'est le corps électrique en présence et
» à une certaine proximité de celui qui ne
» l'est pas ; j'avoue que cette idée , si elle était
» bien soutenue , me plairait beaucoup : et ,
» pour la soutenir , combien de raisons spé-
» cieuses ne se présentent point à un homme
» qui est au fait de l'électricité ? L'universalité
» de la matière électrique , la promptitude de
» son action , son inflammabilité , et son acti-
» vité à enflammer d'autres matières , la pro-
» priété qu'elle a de frapper les corps extérieur-
» uement et intérieurement jusque dans leurs
» moindres parties , l'exemple singulier que
» nous avons de cet effet dans l'expérience de
» Leyde , l'idée qu'on peut légitimement s'en
» faire , en supposant un plus grand degré de
» vertu électrique , tous ces points d'analogie ,
» que je médite depuis quelque temps , com-
» mencent à me faire croire qu'on pourrait , en
» prenant l'électricité pour modèle , se former ,
» touchant le tonnerre et les éclairs , des idées
» plus saines et plus vraisemblables que tout

» ce qu'on a imaginé jusqu'à présent (*). »

Ce passage remarquable prouve beaucoup de sagacité et de pénétration de la part de M. l'abbé Nollet; mais il ne peut être comparé à l'idée ingénieuse, aux raisonnemens philosophiques et judicieux, et surtout aux expériences satisfaisantes, qui ont mis le docteur Franklin à même de démontrer l'identité de l'électricité avec la cause du tonnerre. Cet habile physicien s'est beaucoup occupé des phénomènes électriques; et il a consigné ses observations, dans une série de lettres adressées à un membre de la société royale depuis 1747 jusqu'en 1753. On y trouve, au milieu d'une nombreuse variété de découvertes électriques, la première hypothèse détaillée propre à expliquer les phénomènes des orages par les propriétés connues de l'électricité; et la vérité de cette supposition fut ensuite démontrée, au moyen de l'expérience la plus extraordinaire qu'on ait encore faite. Le docteur Franklin a observé, avec une égale attention, toutes les particularités qui accompagnent ce météore, ainsi que la cause à laquelle on peut en attribuer la production: il indique les caractères suivans comme établissant les principaux traits

(*) Leçons de physique expérimentale, tom. IV, p. 315.

de ressemblance entre la matière de la foudre et l'électricité.

1°. La direction en zigzag que suit la foudre, répond exactement à l'apparence sous laquelle se présente une puissante étincelle, qui traverse une lame d'air très-épaisse.

2°. Le tonnerre frappe plus fréquemment les corps élevés et proéminens, comme le sommet des montagnes, les mâts des vaisseaux, les grands arbres, les tours, les clochers, etc. Le fluide électrique, lorsqu'il passe d'un corps à un autre, se porte de préférence sur les parties les plus saillantes.

3°. La foudre épargne les corps non conducteurs, et elle attaque plus volontiers ceux qui transmettent le mieux l'électricité; tels sont les métaux, l'eau, les substances humides, etc., etc.

4°. Le tonnerre enflamme les corps combustibles, ce que fait aussi l'électricité.

5°. Les métaux sont fondus par une forte décharge électrique : ce phénomène est aussi un des effets que produit le plus communément un coup de tonnerre.

6°. On peut en dire autant de la rupture des corps fragiles, et autres effets *déchirans* communs aux deux causes.

7°. On sait que la foudre peut rendre aveugle,

et le docteur Franklin a montré qu'une forte décharge électrique peut produire le même effet sur les animaux que l'on y soumet.

8°. Le tonnerre tue les animaux, et Franklin fit périr des dindons, du poids d'environ dix livres, en leur faisant éprouver une violente décharge électrique.

9°. La foudre et l'électricité agissent de la même manière sur l'aiguille aimantée, et toutes les deux communiquent également au fer la vertu magnétique.

Tous ces phénomènes sont évidemment identiques, et ils ne diffèrent que relativement au degré d'intensité. Or, si un canon de fusil électrisé, qui peut donner une étincelle à deux pouces de distance, fait entendre une forte explosion; que ne doit-on pas attendre d'un nuage rendu électrique, et dont l'étendue est peut-être de dix mille acres? La diversité des effets que ces conducteurs peuvent produire, ne devra-t-elle point être égale à la différence de leur étendue?

Pour donner plus de consistance à ces idées, ayons recours à l'expérience; les pointes reçoivent et transmettent l'électricité avec facilité; élevons donc dans l'atmosphère une barre de métal qui soit isolée et terminée en pointe. Si la foudre est produite par le fluide électrique

accumulé sur les nuages, cette barre sera électrisée chaque fois qu'une nuée orageuse passera au-dessus d'elle, et son électricité pourra être comparée avec celle que nous obtenons de nos appareils ordinaires.

Telles furent les idées de cet illustre physicien : il les fit connaître ; et bientôt elles excitèrent l'attention des savans de l'Europe. Le roi de France en ayant eu connaissance , l'approbation qu'il leur donna, engagea plusieurs académiciens (*) à faire l'expérience proposée par Franklin. On dressa à cet effet plusieurs barres de métal isolées et terminées en pointes : le 10 mai 1752, une d'elles , de quarante pieds de haut et placée dans un jardin à Marly-la-Ville , fut électrisée , lorsqu'un nuage orageux vint à passer au - dessus : durant à peu près un quart d'heure , elle fournit des étincelles qui servirent à charger des bouteilles et à produire tous les autres effets électriques ; lors du passage de la nuée on entendit un bruyant éclat de tonnerre , en sorte que l'identité de la foudre et de l'électricité fut complètement prouvée. Quelque temps après , de semblables expériences furent répétées en France par MM. Delor , Buffon et le Monnier ; et en Angleterre par

(*) MM. Dalibard , Delor, Mazéas , Buffon et le Monnier.

MM. Canton, le docteur Watson, Wilson, et le docteur Bevis.

Le docteur Franklin, ignorant qu'on eût fait ces expériences, attendait qu'un clocher, que l'on élevait à Philadelphie, fût terminé, afin d'avoir une occasion favorable pour placer, à une hauteur suffisante, la barre isolée qu'il se proposait d'employer; il lui vint dans l'esprit qu'un cerf-volant, susceptible de dépasser les édifices les plus élevés, se rapprocherait davantage des hautes régions où se développe la foudre. En conséquence, il attacha les quatre coins d'un grand mouchoir de soie aux extrémités de deux minces attelles de sapin placées en croix; ayant ainsi construit un cerf-volant, auquel il adapta une queue et une attache : à l'approche du premier orage, il se rendit dans un champ accompagné de son fils.

Franklin ajusta une pointe de métal à son cerf-volant, le lança, et attendit qu'il fût parvenu à une hauteur convenable. Attachant alors une clef à l'extrémité de la ficelle, puis un cordon de soie; il fixa ce dernier à un poteau, et réussit ainsi à isoler tout l'appareil: le premier signe électrique qu'il remarqua, fut la divergence des filaments de chanvre qui avaient échappé à la torsion: un nuage épais passa au-dessus du cerf-volant; il tomba un

peu de pluie, la ficelle devint humide et ramassa l'électricité plus abondamment : présentant alors le dos de la main à la clef, il en tira un courant d'étincelles brillantes et aiguës, au moyen desquelles il enflamma de l'esprit-de-vin, chargea des bouteilles de Leyde, et fit toutes les expériences électriques ordinaires. C'est ainsi qu'une découverte importante, que son auteur appelait modestement une hypothèse, fut mise au nombre des vérités scientifiques.

L'invention d'un nouvel appareil permit bientôt à ce physicien de faire des observations, pour ainsi dire, continues ; il assujétit à la partie la plus élevée de sa maison, une barre isolée qu'il fit communiquer avec deux timbres et un pendule, disposés de manière à sonner dès que l'appareil serait électrisé, ce qui devait faire reconnaître l'approche d'un nuage chargé.

Ces expériences furent répétées dans presque tous les pays civilisés et avec des succès différents. En France, M. Romas obtint des résultats vraiment effrayans ; il avait construit un cerf-volant de sept pieds de haut sur trois de large, qui fut élevé à la hauteur de cinq cent cinquante pieds, au moyen d'une corde, dans toute la longueur de laquelle on avait

entrelacé un fil de métal, afin de la rendre très-bon conducteur : le 26 août 1756, on tira de la corde de ce cerf-volant des étincelles, ou plutôt il s'établit un courant de matière électrique dirigé vers la terre ; ayant un pouce de diamètre et dix pieds de long ; tous les autres phénomènes produits par cet appareil furent également imposans (*).

Il serait surprenant que de telles expériences eussent été constamment faites avec sécurité, puisque souvent il arrive qu'en se servant des appareils électriques ordinaires, l'oubli de certaines précautions expose au danger d'être atteint par l'électricité. Ceux qui les premiers se livrèrent à ces recherches dangereuses, furent quelquefois frappés ; et l'on doit regarder comme très-heureux que, malgré le grand nombre d'expériences faites depuis la première découverte, il n'y ait eu qu'une seule catastrophe ; encore eut-elle lieu à une époque tellement rapprochée des premiers essais en ce genre, qu'on n'avait point alors pris toutes les précautions convenables. Le professeur Richman, de Pétersbourg, fut la première victime de la science électrique ; il avait établi, sur sa

(*) Mémoires des savans étrangers, tom. II, p. 393; et tom. IV, pag. 514, etc.

maison, un appareil complètement isolé, et avec lequel il se proposait de faire des observations sur l'électricité atmosphérique; il n'avait d'ailleurs fait aucune disposition pour transmettre l'électricité de la barre, lorsqu'elle deviendrait trop abondante. Le 6 août 1753, accompagné d'un ami, il examinait l'état de son appareil, et observait avec attention les résultats d'une expérience, lorsqu'accidentellement il approcha sa tête du conducteur isolé : aussitôt il en sortit un globe de feu qui s'élança sur le physicien, et le renversa privé de vie. On remarqua sur son front une tache rouge ; son soulier était déchiré, et une portion de son gilet roussie. Son compagnon fut aussi terrassé et perdit, pendant quelque temps, l'usage de ses sens. Le chambranle de la porte de la chambre fut fendu, et la porte sortit de ses gonds (*).

Cet accident fit sentir que , pour faire ces sortes d'expériences, il était nécessaire d'user des plus grandes précautions ; on peut les répéter aujourd'hui avec beaucoup de sécurité : on place , à une petite distance de la barre isolée , une tringle de métal , qui communique

(*) Phil. Trans., vol. XLVIII, p. 765 ; ou Histoire de Priestley, p. 358.

avec le sol ou avec l'eau la plus voisine. D'après cette disposition, lorsque l'électricité devient trop forte, elle éclate dans l'intervalle des deux tiges, et est ainsi transmise au sol, sans qu'il puisse en résulter aucun inconvenient.

Ces expériences prouvent, à n'en point douter, que le fluide électrique joue un rôle important dans les phénomènes que présentent les orages. Le docteur Franklin, par anticipation, et en supposant que ses conjectures fussent vérifiées, avait pensé que l'on pourrait, pour se mettre à l'abri des dangers de la foudre, employer les propriétés connues de l'électricité. En effet, si les désastres qui souvent accompagnent ce météore, proviennent de l'accumulation du fluide électrique, on pourra les prévenir, en lui tracant la route qu'il doit suivre. Les métaux conduisent l'électricité mieux que ne le font toutes les autres substances connues, et, quand les maisons ou les vaisseaux sont frappés du tonnerre, le plus ordinairement, le dommage répond aux parties situées entre des morceaux de métal, parce que le fluide électrique, en franchissant ces intervalles, donne alors naissance aux effets inséparables de la faculté expansive, qui se développe, chaque fois que la communication métallique est interrompue :

en conséquence, le docteur Franklin proposa d'élever des barres de métal d'une continuité parfaite, terminées en pointe aux deux bouts, et placées sur le côté des maisons; en telle sorte qu'une de leurs extrémités dépassât les parties les plus élevées de l'édifice, tandis que l'autre descendrait au-dessous des fondations, et communiquerait avec l'eau la plus voisine, ou autre matière conductrice. De cette manière, une conduite métallique non interrompue serait établie, et la décharge électrique pourrait la parcourir, avec plus de facilité qu'elle n'en trouverait pour traverser la série interrompue de corps bons et mauvais conducteurs, dont l'assemblage compose nos maisons. L'expérience a suffisamment démontré les avantages qu'on peut retirer de cette méthode. Elle est généralement adoptée dans les circonstances où, à raison des localités, on doit redouter les ravages de la foudre. Plusieurs expériences servent habituellement à démontrer l'utilité de ces sortes d'applications; et voici celles qui me paraissent le plus naturellement devoir ici trouver leur place.

EXP. 89. Formez une pyramide composée de plusieurs morceaux de bois placés les uns sur les autres: donnez à celui qui est inférieur la forme d'une base carrée: la partie conique qui

lui est superposée, doit être soutenue par trois petites balles de cuivre : à l'un des côtés de la base est pratiquée une entaille carrée, dans laquelle on place un morceau de bois qui peut y entrer ou en sortir, sans éprouver de résistance ; sur cette pièce de bois est posée une des boules de cuivre, de façon que la pyramide ne pourra conserver son équilibre, qu'autant que la planchette restera dans sa position : des fils de métal sont tellement incrustés dans les différentes parties de l'appareil que, quand elles sont toutes convenablement réunies, les bouts de ces fils sont en contact, et forment une communication continue de la base au sommet ; la portion du conducteur qui traverse la pièce de bois dont il a été question, peut, lorsqu'on change la position de cette dernière, cesser d'être en contiguïté avec les autres, et interrompre ainsi le circuit métallique. Si donc une charge traverse le conducteur, pendant que cette interruption a lieu, la planchette sera chassée, et la pyramide renversée ; mais si, au contraire, la communication était disposée de manière à ce que la contiguïté existât, la charge serait transmise sans produire aucun effet appréciable.

On peut, de la même manière, faire sauter un modèle de moulin à poudre, ou simuler

l'incendie d'un édifice. On place dans leur intérieur un conducteur interrompu, et, dans l'intervalle que laissent entre elles les deux extrémités, on met de la poudre à canon ou autres matières combustibles : ces modèles sont habituellement pourvus d'un conducteur mobile, qui, lorsqu'il est convenablement adapté, rend nul l'effet d'une grande jarre ou d'une batterie ; mais, lorsqu'au contraire ce conducteur est retiré, la charge, à l'instant où elle éclate dans l'intervalle libre qui en résulte, enflamme les matières combustibles, et des désordres plus ou moins groves en sont la suite nécessaire. Les appareils disposés pour ces sortes de démonstrations, se vendent chez tous les fabricans d'instrumens de physique.

EXP. 90. Afin de donner un exemple de la méthode qu'il convient d'employer pour garantir les vaisseaux, on dispose un petit modèle ayant, au lieu de mât, un tube de verre, auquel toute la manœuvre est attachée : deux fils de métal qui doivent rester distants l'un de l'autre d'environ un demi-pouce, sont introduits par les extrémités opposées du tube qui est ensuite rempli d'eau et fermé à ses deux bouts. Le fil inférieur communique à un autre fil de métal répondant à la poupe, et le supérieur est surmonté d'une petite

boule qui termine le mât : un conducteur mobile, formé d'un fil mince de cuivre, et placé parallèlement au tube, s'élève jusqu'au haut, et inférieurement communique au fil de métal attaché à la poupe. Les choses étant ainsi disposées, si une forte charge est dirigée sur la boule, il n'y aura aucun effet produit; mais, si le conducteur a été préalablement retiré, la charge passe dans l'intérieur du mât, et le met en pièces à l'instant où elle éclate entre les extrémités des fils.

Si les conducteurs employés dans ces expériences sont terminés en pointes, on éprouvera de la difficulté pour faire passer la charge avec explosion, et en général elle sera alors transmise silencieusement, ou au moins elle perdra beaucoup de son énergie. C'est d'après cette considération, que le docteur Franklin recommande de terminer en pointe très-aiguë, les extrémités des conducteurs que l'on dresse pour garantir les édifices des ravages de la foudre. Une pointe diminue toujours l'intensité électrique de la surface, à laquelle on la présente, et agit sur elle à une grande distance : dès lors une barre ainsi disposée, tend à affaiblir l'électricité du nuage qui s'en approche, avant qu'il soit assez près pour que l'explosion ait lieu ; et même si ce nuage ne s'avance

que graduellement, la charge pourra être complètement dissipée sans explosion. On peut, au moyen d'expériences, mettre ces faits hors de doute.

EXP. 91. Suspendez au conducteur d'une machine électrique, quelques duvets, ou mieux encore, du coton, formant de légers flocons ; ce qui peut, jusqu'à un certain point, représenter un nuage ; quand la machine est mise en mouvement, les filaments du coton s'écartent les uns des autres, et si on leur présente une grosse boule ou une surface plane, ils s'y portent aussitôt ; mais, si on substitue une pointe approchée à la même distance, les filaments cessent de se repousser, ils se pelotonnent même et s'éloignent de la pointe.

EXP. 92. Chargez une très-grande jarre : d'une main vous toucherez son armure externe, et de l'autre vous tiendrez une aiguille ayant une pointe fort aiguë, que vous approcherez graduellement de la tige de métal dont on se sert pour charger l'intérieur de la jarre, qui alors sera complètement déchargée sans explosion. Si on répète cette expérience, et qu'on approche l'aiguille plus rapidement, on ressentira une faible commotion.

Si la pointe dont on se sert dans ces expériences n'a point une communication conti-

nue et parfaite avec le sol ou l'extérieur de la jarre , elle n'opérera pas une décharge silencieuse , mais recevra une explosion , ainsi qu'il arriverait à une boule ; ce qui fait sentir combien il est nécessaire que les barres , destinées à conduire la matière de la foudre , soient continues et communiquent exactement avec des substances conductrices d'une grande étendue , telles que l'eau , ou une couche de terre humide .

A une certaine époque , il s'éleva entre les électriens une discussion assez ridicule , relative à la propriété des conducteurs aigus : quelques-uns proposèrent de les terminer par des boules d'un diamètre modéré , afin d'empêcher l'action qu'ils exercent comme pointes . Indépendamment de la faiblesse des argumens qui furent employés pour montrer que , dans quelques circonstances , un conducteur , arrondi à son extrémité , doit être préféré à ceux dont on fait habituellement usage , la dimension que l'on avait proposé de donner aux boules *terminales* , était telle , qu'opposées à un nuage orageux , ou même à une puissante machine électrique , elles auraient encore agi à la manière des pointes .

On cite deux exemples authentiques de maisons , qui dans ce pays ont été frappées de

la foudre , et en ont éprouvé quelque dommage ; bien qu'elles fussent d'ailleurs pourvues de paratonnerres, auxquels on n'avait point, à la vérité, donné la disposition la plus avantageuse ; mais , dans la supposition même où toutes les conditions eussent été rigoureusement remplies, deux manques de succès en un grand nombre d'années , ne peuvent fournir matière à des objections plausibles , surtout si l'on fait attention aux milliers de conducteurs qui ont été élevés depuis la découverte de Franklin.

Il n'y a point de probabilité qu'un tel appareil manque de remplir son but , si on a eu l'attention de ne point négliger les conditions suivantes : la barre , ou les barres du paratonnerre (car il faut en mettre plusieurs si l'édifice est grand), doivent être faites de cuivre ou de fer , ayant $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre : elles seront supérieurement terminées en pointe très-aiguë , et dépasseront de trois à quatre pieds à peu près , les parties les plus élevées du bâtiment. Il faut joindre , autant exactement que possible , les diverses portions qui forment cette barre , ce à quoi on réussit fort bien , en les vissant les unes avec les autres. Tous les métaux qui font partie de la toiture , doivent être mis en communication avec la conduite , qui descendra aussi directement que possible ,

et pénétrera de plusieurs pieds au-dessous des fondations, dont elle doit cependant un peu s'écartier. Afin d'éviter la détérioration de la portion des conducteurs qui doit être enfouie, il serait mieux de la faire en cuivre ; et il faut, autant que possible, qu'elle communique avec la terre humide, ou avec une grande masse d'eau, avantage que procure, presque toujours, l'enfoncement du conducteur à quelque profondeur au-dessous du niveau des fondations.

Un conducteur, placé à demeure et qui serait entièrement de cuivre, n'aurait pas besoin d'avoir une aussi grande épaisseur que s'il était en fer. Je suis très-porté à croire qu'une tige d'un demi-pouce d'écarrissage remplirait fort bien toutes les conditions exigées, et il n'y a pas le moindre doute, qu'une quantité de métal moins considérable encore, dont on formerait un cylindre creux, ce qui augmenterait sa surface, produirait autant et même plus d'effet.

A bord des vaisseaux, les paratonnerres sont faits avec des chaînes (très-peu propres à cet usage) et des fils de cuivre que l'on peut aisément placer, mais qui, par la même raison, se déplacent avec la même facilité. Aussi ai-je appris de plusieurs capitaines, que des vaisseaux munis de tels conducteurs, ont achevé de longs et périlleux voyages, sans qu'on ait

seulement pensé à disposer l'appareil, toujours resté à fond de cale ; c'est pourquoi il serait peut-être mieux de faire usage de conducteurs inamovibles, qu'on pourrait, je pense, fixer au mât; et dans les endroits où le mouvement est inévitable, le conducteur inflexible serait remplacé par une longue spirale de cuivre, qui, à l'avantage d'établir une continuité parfaite, joindrait assez de flexibilité pour se prêter à tous les mouvements indispensables nécessaires.

Quoique les différens métaux, lorsqu'ils donnent passage à une même quantité d'électricité, en soient différemment affectés; tous peuvent cependant servir pour former la conduite des paratonnerres, mais il faut qu'ils aient une épaisseur suffisante pour résister au plus violent coup de foudre. Aussi peut-on employer à cet usage les gouttières, les faîtages, les tuyaux et autres métaux non recouverts qui servent habituellement à la construction des maisons; ce serait une dépense ridicule, que d'appliquer un conducteur de trente à quarante pieds de long, sur un tuyau de plomb épais et de même étendue : cependant, dans ces sortes de dispositions, on ne doit point perdre de vue, que le conducteur destiné à transmettre l'électricité au sol, doit,

autant que possible, se rendre directement du haut au bas de la maison.

Communément les paratonnerres employés pour les magasins à poudre, sont placés à une petite distance du bâtiment; lorsqu'il en est ainsi, la tige doit s'élever de huit à dix pieds au-dessus des parties les plus hautes du magasin, et pénétrer autant au-dessous de ses fondations.

« M. Morgan a proposé, pour se mettre complètement à l'abri de toute espèce de dangers possibles, d'attacher aux parties les plus basses des murs mitoyens, une bande de plomb communiquant avec d'autres bandes, entourant toutes les fondations de la maison. » A chaque angle de l'édifice, une lame perpendiculaire s'élevant de cette espèce de ceinture métallique, communiquerait avec les tuyaux qui servent à conduire les eaux, et serait ainsi continuée jusqu'au toit, pour lequel on emploierait les moyens déjà mis en usage pour la fondation. La bande de métal qui entoure la partie supérieure de l'édifice, doit s'étendre sur les angles saillans et autres proéminences, puis être continuée jusqu'à la partie supérieure de chaque assemblage de cheminée. »

(*) Morgan's, Lectures, vol. II, p. 297.

La précaution qui vient d'être recommandée pour les cheminées, est d'autant plus importante, que la foudre se dirige de préférence sur elles. On a prétendu que c'était une conséquence de la faculté conductrice de l'air chaud; mais cela ne peut être, car une cheminée dans laquelle on ne fait pas de feu, ne donne point issue à de l'air chaud, et cependant elle est aussi fréquemment atteinte que les autres. La vraie cause de cet effet paraît être, la plus grande faculté conductrice du charbon ou de la suie, qui nécessairement salit les cheminées dont on a long-temps fait usage: aussi, une décharge électrique opérée sur une telle surface, franchirait un espace considérable.

On peut objecter que la méthode proposée par M. Morgan doit être très-dispendieuse, car la bande de plomb doit avoir deux pouces de large et un quart de pouce d'épais; mais il a judicieusement fait observer que, si l'on emploie convenablement les tuyaux et faîtages de plomb dont sont pourvues la plupart des maisons, un plombier ou un serrurier ordinaire pourra être employé pour placer ces bandes conductrices, qui n'exigent d'ailleurs d'autres soins que d'être bien assurées et bien en communication les unes avec les autres; ce qui fera

éviter une grande partie de la dépense : aussi, tout bien considéré, cette méthode paraît être à l'abri de toute objection, sauf certaines particularités relatives à la situation de la maison.

Les tiges de métal qui servent de conduite aux paratonnerres, peuvent être scellées dans la muraille, au moyen de crampons en fer ou en cuivre, laissant un intervalle suffisant pour que la barre métallique qui les traverse, puisse être recouverte de deux ou trois épaisseurs de drap trempé dans de la poix fondue, ce qui sert à l'isoler plus complètement de l'édifice.

Indépendamment des précautions recommandées pour le mât d'un vaisseau, il serait convenable d'entourer le tillac avec une bande de métal que l'on ferait communiquer avec la doublure en cuivre ; mais dans le cas où le vaisseau ne serait pas ainsi doublé, la bande devra avoir des prolongemens, qui s'étendront jusqu'à la quille, où ils viendront se réunir. Les conducteurs des mâts doivent communiquer avec ces bandes métalliques, et il paraît alors impossible qu'aucun accident puisse arriver à un vaisseau ainsi protégé.

Les voitures sont ordinairement ornées de filets de métal ; si on les fait tous communiquer les uns avec les autres, une voiture couverte offre alors un abri assez sûr.

Pendant un orage , il y a quelques précautions qui peuvent contribuer à notre sûreté personnelle. Si l'on est en plein air , il ne faut point chercher à se mettre à couvert , immédiatement sous un arbre ou sous un édifice ; car , s'il arrivait qu'ils fussent frappés de la foudre , cette position serait particulièrement dangereuse ; c'est donc à la distance de vingt ou trente pieds qu'il est plus convenable de se placer ; puisque , si alors la décharge avait lieu , les corps proéminens seraient probablement ceux que la foudre atteindrait de préférence , tandis que d'autres moins élevés , et placés dans leur voisinage , seraient garantis.

Il est pour le moins aussi important , dans les mêmes circonstances , d'éviter les grands amas d'eau , et même les courans qui résultent d'une ondée récente : ce sont en effet d'excellens conducteurs , et la hauteur d'un homme qui communiquerait avec eux , présenterait l'ensemble des conditions les plus propres à déterminer la route que doit suivre la décharge électrique.

Lorsque la foudre frappe une maison , elle attaque ordinairement , de préférence , les conducteurs partiels qui communiquent avec les murailles ou cloisons : aussi la position la moins dangereuse est-elle le milieu d'une chambre , et là , pour plus de sécurité , on pour-

rait monter sur un tabouret ayant des pieds de verre, ou se placer sur un matelas de crin, ou encore sur une épaisse couverture de laine. L'étage également éloigné du haut et du bas d'une maison, en est probablement la partie la moins exposée ; car la foudre n'est pas toujours dirigée des nuages vers la terre ; elle se porte quelquefois de la terre vers les nuages : aussi est-il absurde de se réfugier dans une cave ou à l'étage le plus bas, et on cite plusieurs exemples authentiques qui prouvent que, dans quelques circonstances, les parties basses d'un bâtiment ont seules été maltraitées, la charge électrique se divisant et s'affaiblissant à mesure qu'elle s'élevait. Quelle que soit la situation qu'on ait d'ailleurs choisie, on doit toujours éviter le voisinage du foyer ; car (ainsi que nous l'avons dit) il y a beaucoup de probabilité que la foudre suivra plus volontiers les cheminées ; on doit user de la même précaution, relativement aux communications des sonnettes, aux meubles dorés, et en général à toutes les surfaces métalliques quelconques d'une certaine étendue. Lorsqu'on est dans une voiture, il est avantageux de ne point s'appuyer, et d'avoir la précaution de laisser un intervalle de quelques pouces entre son corps et les parois de la voiture.

Je me suis peut-être trop appesanti sur ces sortes de particularités; mais le désir de diminuer l'état d'angoise dans lequel se trouvent quelques personnes, à l'aspect de ces phénomènes magnifiques et imposans, m'a fait entrer dans tous les détails que comporte l'état actuel de nos connaissances en électricité. Les actions qui proviennent de causes inconnues, exercent toujours une grande influence sur l'esprit humain : elles inspirent une multitude de craintes peu fondées, et propres à suspendre toute espèce d'énergie ; mais lorsqu'au contraire nous savons quelque chose de certain sur la nature et les propriétés des puissances qui nous environnent, nous sommes disposés à voir leurs effets, avec un esprit également éloigné d'une vaine confiance et d'une crainte inutile, et nous pouvons alors avec succès et sans trouble éviter les dangers dont elles nous menacent.

CHAPITRE II.

Phénomènes des orages et causes probables de l'électricité atmosphérique.

LES expériences dont on vient de donner les détails, prouvent incontestablement l'identité

de la matière de la foudre avec l'électricité ; mais nous ne savons rien d'exact relativement à la manière dont agit ce fluide dans la production de ces phénomènes. Les effets dont on peut le plus aisément se rendre compte, sont ceux qui se manifestent lors du développement de l'électricité naturelle ; ils ne diffèrent point essentiellement des résultats que fournissent nos appareils, et les nuances les plus remarquables qu'on puisse observer, proviennent particulièrement de l'énergie des actions développées, ainsi que des circonstances sous lesquelles elles se montrent.

L'étincelle et le bruit qui accompagnent la décharge d'une jarre ou d'une batterie, sont des effets parfaitement analogues à l'éclair et au coup de tonnerre : l'espèce de roulement qui caractérise ce dernier, se fait également remarquer dans toute explosion, qui ne parvient à l'oreille qu'après avoir parcouru un certain espace. Une pièce d'artillerie, déchargée dans un endroit quelconque, où les objets environnans présentent au son des obstacles qui le réfléchissent irrégulièrement, peut, jusqu'à un certain point, imiter le bruit du tonnerre, ce que j'ai observé dans plusieurs circonstances, où le terrain offrait de grandes irrégularités, particulièrement à Hampstead-Heath ; ce que

l'on peut aussi remarquer lorsqu'on tire le canon au parc de Saint-James, surtout si l'observateur est placé entre les pièces et les bâtiments du côté de White-Hall.

Plusieurs phénomènes viennent à l'appui de cette idée. En mer, où les causes susceptibles de réfléchir le son présentent la plus grande uniformité, le bruit est régulier, perd de son intensité à chaque réflexion, et finit par s'évanouir graduellement; mais, dans d'autres lieux où se trouvent des obstacles nombreux et irrégulièrement disposés, on entend une succession de sons qui, sans conserver aucune relation avec l'intervalle de temps écoulé, varient en force et en durée, à raison de la position, de la distance, et de la nature des corps réfléchissans. Quand l'étincelle est immédiatement suivie d'un coup de tonnerre, on entend une seule explosion accompagnée d'un éclat particulier; la foudre est alors tombée près de l'observateur, et c'est dans son voisinage que l'on rencontre communément les traces qu'elle laisse sur son passage. Lorsqu'au contraire le bruit ne suit point immédiatement l'éclair, les roulements du tonnerre se font entendre; car la distance est alors suffisante pour que la réflexion soit (à raison de sa fréquence), le trait le plus remarquable du phénomène (25).

Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on aperçoit l'éclair et celui où l'on entend le bruit, offre un moyen pour calculer la distance de la foudre ; car la lumière se meut avec une telle vitesse , que l'on peut regarder comme nul le temps qu'il lui faut pour traverser un espace peu considérable. L'éclair et le bruit sont simultanément produits ; mais l'un est aperçu à l'instant même , tandis que l'autre emploie une seconde pour franchir un intervalle de onze cent quarante-deux pieds ; conséquemment , en multipliant ce nombre par celui des secondes écoulées depuis le moment où l'on a vu l'éclair , jusqu'à celui où l'on entend le bruit , on aura , d'une manière approximative , la distance à laquelle l'explosion a eu lieu. Ainsi , supposez que l'éclair paraisse cinq secondes avant que l'on entende le bruit , $5 \times 1142 = 5710$, ou un mille , 430 pieds : tel est l'intervalle qui sépare l'observateur du lieu de l'explosion. On doit cependant remarquer , que cette indication ne fournit aucune donnée , relativement aux dangers que l'on peut courir. Elle fait bien , à la vérité , connaître à quelle distance l'explosion éclate ; mais les suivantes peuvent arriver dans des endroits très-éloignés , puisque des nuages orageux recouvrent quelquefois une grande étendue de pays , et que

deux, ou même un plus grand nombre d'éclairs, sont fréquemment aperçus, à peu près au même moment, dans des points différens de l'atmosphère.

Quand on observe l'étincelle qui produit l'éclair, on remarque qu'elle se meut toujours en zigzag, caractère qui appartient aussi à toute forte étincelle électrique, traversant une grande épaisseur d'air. Quelquefois, lorsqu'une portion d'un long zigzag est cachée par un nuage interposé, on voit comme deux courans distincts peu éloignés l'un de l'autre, et il est probable que cet éclair subit, et, pour ainsi dire, universel, qui s'étend en forme de rideau, résulte de la réflexion d'une explosion plus complètement cachée. Ces brillans éclairs, qu'on aperçoit dans les soirées d'été, et qui ne sont point accompagnés de tonnerre, paraissent aussi appartenir à cette dernière espèce; il serait en effet difficile de donner une autre explication de ce phénomène, à moins qu'on ne le supposât provenir d'une cause, dont l'action se développerait à une distance très-éloignée de la surface de la terre.

La plupart du temps, la foudre se porte d'un nuage sur l'autre, sans produire aucun accident, et les circonstances dans lesquelles la terre est frappée, sont beaucoup moins fréquentes; ce

qui semble indiquer que les nuages, ou diverses parties de l'atmosphère, sont électrisés en sens inverse. M. Morgan pense, avec raison, que quand la foudre se dirige vers la terre, cette dernière agit simplement comme excitateur; pour diminuer la distance explosive entre deux nuages chargés. M. Morgan admet en outre que la terre, à cause de sa faculté conductrice, ne peut avoir sa quantité de fluide électrique augmentée ou diminuée; mais, étant environnée d'air, elle est conséquemment un conducteur isolé; et les expériences nous apprennent qu'un tel corps peut être électrisé soit positivement ou négativement: on peut donc conclure la même chose relativement au globe terrestre.

D'autres physiciens ont supposé que, lorsque de telles explosions se manifestent, elles proviennent d'un nuage chargé qui, à raison de sa proximité, détermine la surface de la terre à s'électriser en sens contraire; mais, quand on compare les dimensions de notre globe à celles du plus grand nuage orageux, il paraît évident que l'influence exercée par ce dernier ne serait point susceptible de produire plus d'effet, que ne le ferait un bâton de cire à cacheter frotté, et approché d'une montagne isolée: d'ailleurs nous savons par expérience que, durant ces

sortes de phénomènes, diverses portions de l'atmosphère sont, au même instant, dans des états électriques opposés; et comme, à raison de cette diversité d'état, elles agissent l'une sur l'autre, la décharge ne peut avoir lieu qu'en passant du corps électrisé positivement à celui qui l'est négativement, soit d'une manière directe, soit au moyen de la portion de terre placée entre ces corps.

C'est particulièrement dans les masses de vapeurs ou nuages, qui flottent au sein de l'atmosphère, que l'on remarque ces états électriques opposés; et l'origine de cette électricité, aussi bien que la cause des modifications qu'elle éprouve, provient probablement de la mobilité de ces masses; car nous avons fait voir que les sources de l'électricité artificielle sont le changement de forme, l'élévation et l'abaissement de température, le frottement et le contact des corps dissemblables; or les nuages éprouvent successivement l'influence de toutes ces causes. Les changemens électriques sont en rapport avec l'état de la vapeur dans l'atmosphère; c'est au moins ce que semblent indiquer tous les phénomènes, et ce dont on peut se convaincre par les faits suivans.

1°. Les phénomènes électriques de l'atmosphère ont généralement lieu dans tous les cli-

mats, durant ou à peu près à l'époque de la plus grande chaleur, c'est-à-dire, lorsque les rayons du soleil déterminent une accumulation considérable de vapeurs.

2°. Dans les lieux où cette cause est plus énergique, comme sous les tropiques, les phénomènes de l'électricité naturelle acquièrent alors une intensité, dont les résultats sont vraiment effrayans.

3°. Lorsque les causes naturelles de l'évaporation sont aidées par quelques conditions accessoires, les vicissitudes électriques ont alors une activité surprenante : l'éruption d'un volcan est presque toujours accompagnée de vifs éclairs, et la violence des orages et des tempêtes se fait remarquer, surtout dans les pays environnés par les sables immenses de l'Afrique, où l'action des rayons du soleil est augmentée par la réflexion qu'ils éprouvent sur un sol aride ; l'air, rendu brûlant en traversant les sables, produit une rapide évaporation de la première humidité qu'il rencontre, et devient par-là tellement chargé de vapeurs, qu'il fournit d'abondantes averses, lorsque sa température éprouve un abaissement subit.

4°. L'action des vents détermine souvent le mélange de courants d'air, ayant des températures différentes ; l'air qui était chaud et chargé

d'humidité, étant soudainement refroidi, laisse précipiter l'eau à laquelle il était uni, et presque toujours un mouvement électrique en est la conséquence. Telle est la cause des ouragans et des tonnerres épouvantables que l'Harmattan produit sur les côtes de Guinée, lorsqu'il vient en contact avec l'air froid, qui est à la surface de l'Océan. Telle est aussi l'origine des phénomènes électriques qu'on observe sur les hautes chaînes de montagnes; les vents chauds et humides, en passant sur leurs sommets glacés, y éprouvent une rapide condensation : de là les magnifiques orages des Cordillères, et les coruscations qu'on remarque sur les Alpes.

5°. Dans tous les cas possibles, les vicissitudes électriques sont beaucoup plus fréquentes, lorsque les causes qui produisent la condensation et l'évaporation se succèdent tout à coup. Ceux qui ont fait des observations exactes sur l'électricité atmosphérique, ont toujours remarqué des différences plus notables, lorsque la pluie et un brillant soleil se succèdent rapidement; et le plus communément aussi, ce temps variable est suivi d'orages. Les alternatives journalières du chaud et du froid agissent d'une manière sensible sur l'électricité atmosphérique; car, d'après les observations de M. Read, elle est plus forte le matin et le soir, au moment

de la rosée, qu'à toute autre époque du jour.

D'après tout ce qui précède, la relation qui existe entre la circulation de l'eau dans l'atmosphère et la production des phénomènes électriques, paraît assez nettement indiquée; cependant il n'est point facile de se rendre compte de la nature intime et immédiate de ces rapports. Volta a découvert que l'eau, qui est rapidement convertie en vapeur, laisse dans un état négatif le vase dans lequel l'opération a eu lieu; et, si l'on reçoit la vapeur qui se forme sur un morceau de métal isolé, il sera électrisé positivement (*); ce qui a fait conclure à ce physicien, que la capacité de l'eau pour l'électricité est augmentée, lorsqu'elle se change en fluide élastique, et que, par conséquent, elle doit recevoir du fluide électrique de tous les corps qui l'environnent. Cela étant admis, la condensation de la vapeur doit nécessairement être accompagnée des

(*) On peut aisément faire cette expérience, en plaçant quelques morceaux de charbons allumés dans un creuset, que l'on pose sur la partie supérieure d'un électromètre à feuilles d'or. On jette ensuite sur ce creuset quelques gouttes d'eau, tandis qu'un entonnoir de fer blanc isolé est placé à peu près à un pied ou dix-huit pouces au-dessus. L'électromètre sera électrisé négativement, et l'entonnoir isolé, positivement.

signes de l'électricité positive. Conformément à cette hypothèse , la circulation de ce fluide subtil dans l'atmosphère serait analogue à celle de l'eau qui lui sert de véhicule. Mais M. de Saussure et autres ont observé que les effets électriques de l'évaporation ne sont point toujours les mêmes , puisque , lorsqu'on emploie pour ce genre de recherches des vases de matières différentes , on obtient des résultats qui sont quelquefois directement opposés. Les mêmes physiciens ont également prouvé que , si l'évaporation se fait lentement , comme cela a lieu dans la nature , les signes électriques sont à peine perceptibles : néanmoins on peut répondre à cette objection , que l'emploi des différens matériaux qui constituent les vases dont on se sert pour évaporer , introduit des causes qui agissent en sens contraire , ce que l'on doit aisément concevoir , surtout si on admet l'intervention des actions chimiques ou l'influence du contact de corps dissemblables ; et d'ailleurs ces sortes d'anomalies n'ont point été remarquées , pendant l'évaporation de l'eau contenue dans les diverses substances analogues à celles qui sont habituellement à la surface de la terre. Les modifications qu'éprouve l'intensité des signes électriques , suivant que l'évaporation devient plus ou moins rapide , sont

plutôt favorables que contraires à l'opinion émise, puisque, ainsi que nous l'avons fait remarquer, elles sont conformes à ce qui arrive dans la nature : car, si l'évaporation spontanée produisait, pour chaque goutte d'eau volatilisée, un effet aussi puissant que celui qu'on obtient dans nos expériences ordinaires, la cause assignée comme source de l'électricité atmosphérique serait beaucoup trop énergique, et des orages continuels en seraient la conséquence presque inévitable. En effet, on a calculé qu'environ cinq mille deux cent quatre-vingt millions de tonnes d'eau sont probablement évaporées de la surface de la Méditerranée en un seul jour d'été (*). Par un calcul plus récent, le terme moyen de l'évaporation pendant une année, pour toute la surface du globe, a été évalué à trente-cinq pouces pour chaque pouce carré de la surface de la terre ; ce qui donne quatre-vingt-quatorze mille quatre cent cinquante milles cubes, pour la quantité d'eau qui annuellement circule dans l'atmosphère (**).

L'évaporation, considérée comme cause

(*) Cavallo's, *Natural phylosophy*, vol. II, p. 409.

(**) Chimie de Thomson, vol. IV, p. 78; et Mémoires de Manchester, vol. V, p. 360.

productrice de l'électricité , est donc en rapport avec tous les phénomènes électriques que nous présente l'atmosphère , et cette origine est d'autant plus plausible , que constamment il y a proportion entre les effets et la cause assignée ; cependant , on ne peut se dissimuler que les objections de M. Deluc (*) ne soient formellement contraires à cette doctrine , bien que d'ailleurs elles ne détruisent pas tout ce qui a été avancé jusqu'ici , puisque ce n'est qu'une simple énumération de faits ; mais elles attaquent particulièrement la principale hypothèse établie , pour expliquer la production de l'électricité atmosphérique . L'attention avec laquelle cet excellent physicien a traité tout ce qui a quelque rapport avec la météorologie , la finesse de ses vues , le nombre de ses expériences , le soin avec lequel il les a faites , et la persévérance non interrompue qu'il a mise dans ses recherches , donnent à ses observations une valeur qu'on ne saurait trop apprécier ; et , lorsque je reconnaissais avec un véritable plaisir l'exactitude des objections qu'il a faites , et l'insuffisance des dogmes contre lesquels elles sont dirigées , ce n'est pas sans me

(*) Idées sur la Météorologie , tom. II , p. 158; ou Journal de Nicholson , vol. XXVII , p. 241 , etc.

défier un peu de moi-même, que je refuse mon assentiment à quelques-unes des explications par lesquelles il a proposé de les remplacer. Les limites de ce traité ne comportent point une discussion théorique étendue ; aussi me paraît-il convenable de renvoyer le lecteur à l'ouvrage de M. Deluc, intitulé *Idées sur la Météorologie*, ainsi qu'à plusieurs Mémoires insérés dans les Transactions philosophiques et dans le Journal de Nicholson : c'est là où l'on pourra prendre connaissance des idées lumineuses de ce physicien ; elles embrassent les phénomènes les plus importans de la météorologie, et s'étendent à toutes les sciences qui ont quelque rapport avec elle.

M. Deluc, par ses derniers travaux en ce genre, a suffisamment prouvé que, jusqu'à présent, nous ne connaissons pas les procédés au moyen desquels l'eau circule dans l'atmosphère. L'évaporation continue pendant des mois, cependant l'air paraît sec, et même plus sec dans les couches supérieures, où est supposée se rendre la vapeur ascendante ; et souvent dans ces couches, où il n'existe aucun indice de la présence de l'eau, des nuages se forment tout à coup, produisent des pluies abondantes accompagnées de tonnerre et d'éclairs, qui ont fréquemment une longue durée. Ces

nuages ne sont évidemment point produits par une soudaine condensation , puisque leur température est quelquefois plus élevée que celle de l'air qui les environne (*). D'ailleurs ; des nuages qui ont été ainsi formés pendant le jour , disparaissent la nuit , lorsqu'à raison de l'abaissement de température , la condensation aurait dû augmenter , et les nuages , par conséquent , non-seulement continuer , mais encore devenir plus abondans.

Aucune des hypothèses jusqu'ici proposées ne suffit donc pour expliquer la formation des nuages et de la pluie : en effet , rien ne prouve qu'ils se forment lorsque l'atmosphère est saturée d'humidité , puisque souvent on les voit se développer dans un air sec en apparence : nous ne pouvons point davantage admettre qu'ils soient produits par le froid , puisque souvent les variations de température les plus remarquables ne sont point accompagnées de ces phénomènes. Enfin il ne nous est point possible de penser , avec le docteur

(*) Deluc , sur la Météorologie , vol. II , pag. 100. Cette conséquence ne paraît point exacte ; car tous les corps , lorsqu'on les condense , acquièrent une élévation de température ; dès-lors , si les nuages résultent de la condensation de la vapeur , leur température devra être plus élevée que celle de l'air qui les environne.

Hutton, que ces nuages proviennent du mélange de courans d'air ayant des températures différentes, car fréquemment ils paraissent dans une portion de l'atmosphère qui n'est agitée par aucun vent, soit supérieurement soit inférieurement; il serait d'ailleurs difficile de concevoir comment un tel mélange pourrait rendre compte de la quantité de pluie qui souvent tombe tout à coup d'une atmosphère calme.

Dans quel état donc existe la vapeur dans l'atmosphère, lorsqu'elle échappe ainsi à nos observations? et comment peut-elle subitement quitter son état latent et recouvrer toute son énergie, pour accompagner des phénomènes effrayans?

Nous ne pouvons répondre à ces questions que par des suppositions, qui probablement sont autant éloignées de la vérité, que l'étaient les hypothèses auxquelles la connaissance des faits nous a forcé de renoncer.

M. Deluc pense qu'on ne saurait s'empêcher de conclure que l'eau peut être convertie en air atmosphérique, et que la production des nuages et des vapeurs résulte de la décomposition de cet air; il se représente aussi le fluide électrique comme un corps formé de lumière, de chaleur, et d'une matière particulière, qui se combinent ensemble, lorsque dans l'atmos-

phère , il survient certains changemens chimiques : telle est , suivant ce physicien , l'origine des phénomènes électriques.

Il me paraît absolument inutile d'admettre qu'une puissance ou une substance quelconque , qui devient insensible , ait changé de nature ; cette supposition n'a , d'ailleurs , point encore été admise dans diverses circonstances analogues , bien propres à ne laisser aucune incertitude . Ainsi , lorsque la chaleur passe de l'état sensible à l'état latent , on ne suppose pas qu'elle ait éprouvé un changement de nature , mais on admet seulement qu'elle a passé à un état de combinaison ou de distribution naturelle , ce que l'on peut également dire de l'électricité qui , ainsi que nous l'avons déjà vu , est toujours insensible quand son attraction naturelle est contre-balancée . On pourrait peut-être en dire autant de la gravitation elle-même : son action est évidente , lorsqu'une pierre tombe ; elle est latente , au contraire , lorsque la pierre est tombée ; mais elle existe encore , et n'a point changé de nature , quoique , d'ailleurs , elle soit alors imperceptible .

La densité de l'air décroît à mesure que sa distance à la terre augmente : conséquemment , dans la couche la plus élevée , ses particules sont plus écartées les unes des autres ,

etc c'est peut-être là une des causes qui contribuent à la production de ces phénomènes si difficiles à expliquer. Les rayons du soleil atteignent d'abord la partie supérieure de l'atmosphère : cependant ce n'est point là qu'ils exercent l'influence la plus remarquable. Le globe est plus probablement la source primitive de l'électricité naturelle, dont les effets néanmoins ne deviennent très-appréciables que dans les hautes régions de l'atmosphère. La plus ou moins grande distance qui existe entre les particules d'air, n'aurait-elle donc aucune influence sur l'action de l'électricité, de la chaleur et de la vapeur, disséminées entre elles ? et serait-il moins plausible d'admettre que les phénomènes en question puissent résulter du rapprochement ou de l'écartement des particules d'air, que de les concevoir produits par des combinaisons et décompositions inconnues ?

Ces sortes de spéculations ne peuvent être utiles que pour exciter à faire des recherches ; aussi ne doit-on s'y abandonner qu'avec précaution ; et il faut toujours les présenter avec défiance ; elles sont effectivement plus favorables aux progrès de la science, quand on les propose comme des questions que l'expérience seule peut résoudre, que lorsqu'on les donne comme des hypothèses propres à confirmer

l'expérience ; il serait en effet peu sage , lorsqu'on veut éléver un édifice durable , de se fier à une base dont la stabilité est douteuse .

Quoique nous soyons encore loin de concevoir les causes immédiates d'où dérivent les différens phénomènes de l'atmosphère , cependant , les rapports qui existent entre eux démontrent qu'ils ne sont point purement mécaniques , mais subordonnés à la direction d'une puissance et d'une intelligence suprêmes . Aussi , l'action la plus simple devient-elle la cause des plus grands phénomènes . Les effets de l'évaporation modifient l'influence des rayons du soleil , et transportent , dans toutes les parties de la terre , les germes de la fécondité , en même temps que par des tableaux aussi nombreux que variés , ils diversifient les apparences de l'atmosphère , animent l'horizon de teintes brillantes et embrasées , et déterminent probablement ces mouvements électriques , qui sont les avant-coureurs des phénomènes les plus majestueux de la nature .

CHAPITRE III.

De quelques phénomènes lumineux de l'atmosphère ; observations sur l'électricité atmosphérique , et description d'une nouvelle méthode d'isolation.

APRÈS avoir acquis les preuves évidentes de l'influence que l'électricité exerce relativement à la production du tonnerre et des éclairs , on a cherché à expliquer, de la même manière, plusieurs autres phénomènes , et, dans quelques cas particuliers , cette tentative a donné des solutions plus plausibles que toutes celles proposées jusqu'alors : c'est ce qui a particulièrement eu lieu pour certains météores lumineux , qui quelquefois embellissent notre atmosphère , effets qui ont toujours été et continuent encore à être rangés parmi les phénomènes les plus impénétrables.

L'*aurore boréale* , ou *la lumière du nord* , est de ce nombre. Les apparences qui la caractérisent, ont une telle ressemblance, avec quelques-uns des effets de l'électricité artificielle , que ceux qui ont eu occasion de les comparer, n'ont pu former aucun doute sur l'identité de leurs causes,

Lorsque l'électricité traverse une masse d'air

raréfié, elle laisse apercevoir un courant de lumière diffuse, ayant toutes les apparences qui distinguent les lumières du nord : même variété de couleurs et d'intensité ; même mouvement d'ondulation, mêmes coruscations accidentelles. Les courans montrent la même diversité de caractères ; quelquefois ils se divisent en nombreuses ramifications, d'autres fois ils se réunissent et ne présentent plus qu'une masse de lumière, ou se partagent en jets larges et distincts. Enfin, lorsque la raréfaction est considérable, diverses portions des courans prennent cette teinte embrasée, qui paraît quelquefois dans l'atmosphère, et que l'observateur peu instruit regarde avec étonnement et crainte.

Il paraît donc probable que l'aurore boréale résulte du passage de l'électricité à travers les régions supérieures de l'atmosphère. M. Cavendish est, de tous ceux qui ont cherché à estimer à quelle distance de la terre ce phénomène a lieu, celui dont l'évaluation est la moindre ; il pense qu'on peut la supposer de soixante-onze milles : or, à soixante-dix milles, l'air est un million quarante-huit mille cinq cent soixante-seize fois plus rare qu'à la surface de la terre, et c'est un degré de raréfaction supérieur à tout ce que peuvent produire les meilleures machines pneumatiques.

Ces circonstances portent à croire que la lumière de l'aurore boréale provient de la même cause que celle qui produit la lumière électrique ; mais il y a quelques autres particularités de ce phénomène remarquable, qui ne sont point encore expliquées.

Le docteur Halley a très-longuement décrit les apparences d'une aurore boréale fort remarquable, et il a rassemblé une série d'observations variées qu'on peut, en quelque sorte, regarder comme l'historique de ces météores(*). Il attribuait leur production à la même cause que celle qui développe le magnétisme, et les observations de M. Dalton prouvent que la direction des colonnes lumineuses de l'aurore ne diffère réellement pas de celle de l'aiguille aimantée (**). Beccaria pensait que les phénomènes magnétiques dépendent de la circulation naturelle et constante du fluide électrique, qu'il croyait provenir de plusieurs sources placées dans l'hémisphère boréal, et se diriger du nord au sud. Il supposait aussi que le centre commun de ces courans, en s'écartant du pôle nord, peut causer la

(*) Trans. phil. vol. XXX, pag. 1099; ou Abrégé de Motte, vol. II, pag. 116.

(**) Essais météorologiques de Dalton, p. 157.

déclinaison de l'aiguille : et la période de cette déclinaison serait alors la même que celle du centre ; tandis que l'obliquité des courans déterminerait l'inclinaison de l'aiguille aimantée.

Il est à présent très-rare de voir des aurores boréales dans ce pays ; cependant je les ai observées plusieurs fois, il y a quelques années. Une d'elles, entre autres, me parut très-brillante et tout-à-fait semblable à celle que M. Dalton a décrite , et qui eut lieu le 13 octobre 1792. Un extrait de la description que ce physicien en a faite , donnera une idée générale d'un phénomène que nous avons rarement occasion d'observer.

« L'attention fut d'abord provoquée par une
 » apparence rougeâtre et remarquable que
 » présentaient les nuages situés vers le sud ; ils
 » fournissaient assez de lumière pour lire à
 » huit heures du soir, quoiqu'il n'y eût ni lune,
 » ni aurore boréale ; ces indices faisant presu-
 » mer l'apparition de quelques phénomènes
 » extraordinaires on plaça un théodolite , pour
 » en observer la hauteur et les autres circons-
 » tances , etc.

» De neuf heures et demie à dix heures du
 » soir, on remarqua vers le sud un arc hori-
 » zontal , grand et lumineux , ressemblant
 » presque exactement à ceux que nous voyons

» vers le nord, où il en parut un ou plusieurs concentriques et faibles. On observa particulièrement, que tous ces arcs étaient exactement divisés en deux parties par le plan du méridien magnétique. A dix heures et demie, des courans parurent au sud-est, très-près de l'horizon, se dirigeant ça et là de l'ouest à l'est. Ils augmentèrent en nombre et commençaient à s'approcher du zénith, en apparence, avec une vitesse accélérée, quand tout à coup l'hémisphère entier fut couvert et présenta un spectacle qu'il est impossible de décrire. L'intensité de la lumière, le nombre prodigieux et la légèreté des colonnes, le mélange abondant de toutes les couleurs prismatiques dans leur plus grand éclat, donnèrent à l'atmosphère embrasée l'aspect le plus enchanteur et le plus délicieux : ce spectacle imposant offrait en même temps une des scènes les plus belles et les plus sublimes de la nature. Chacun se regardait avec étonnement, mais l'intensité peu commune du phénomène ne dura qu'une minute : la variété des couleurs disparut, les colonnes perdirent leur mouvement latéral, et furent, comme cela arrive ordinairement, converties en irradiations lumineuses ; pendant elles surpassaient encore toutes les

» autres apparences de l'aurore boréale , en ce
» qu'elles couvraient tout l'hémisphère.

» Malgré la rapidité avec laquelle cette au-
» rore acquit tout son éclat , il y eut cependant
» une régularité remarquable dans la succes-
» sion des effets. Un globe de feu semblait
» aller de l'est à l'ouest et *vice versâ* , avec une
» telle vitesse , que tout ce qu'on pouvait faire,
» était de le distinguer d'un courant continu ,
» qui allumait successivement les divers rangs
» de colonnes. Ils étaient placés les uns de-
» vant les autres dans un ordre très-régulier ,
» de façon que les bases de chaque rang for-
» maient une circonférence coupant le méri-
» dien magnétique à angle droit. Ces divers
» cercles s'élevaient les uns au-dessus des au-
» tres , en telle sorte que ceux voisins du
» zénith paraissaient plus écartés entre eux ,
» que ceux qui approchaient davantage de l'ho-
» rizon ; indication qui porte à croire , que leur
» distance réelle était sensiblement la même.
» Une circonstance d'ailleurs remarquable , fut
» que les colonnes avaient un mouvement
» latéral , rapide et dirigé de manière que
» deux rangs voisins se mouvaient en sens
» inverse , en telle sorte que , si l'un allait de
» l'est à l'ouest , le suivant se portait de l'ouest
» à l'est.

» Le point vers lequel semblaient se diriger
 » uniformément les colonnes et jets lumineux,
 » était situé dans le méridien magnétique , et,
 » autant qu'il fut possible de le déterminer,
 » éloigné du zénith d'environ quinze à vingt
 » degrés. Cette aurore continua plusieurs
 » heures ; mais son éclat fut toujours en s'affai-
 » blissant, et pendant sa durée on observa plu-
 » sieurs étoiles tombantes , qui parurent situées
 » au-dessous , et n'avoient aucune relation avec
 » elle (*). »

Quand les aurores boréales sont visibles dans ce pays , elles paraissent principalement au printemps et en automne , et communément à la suite d'un temps sec ; elles ne réfractent pas la lumière des étoiles , que souvent on aperçoit distinctement à travers les colonnes ou les arcs lumineux.

Ce phénomène a plus rarement lieu encore dans les contrées équatoriales; mais on le remarque presque continuellement , pendant les longs hivers des régions polaires , et il acquiert alors une magnificence dont nous ne pouvons que difficilement nous former une idée.

Dans les îles Shetland , on désigne ces aurores sous le nom de *merry-dancers*; elles accompa-

(*) Essais météorologiques de Dalton , pag. 65.

gnent ordinairement les belles soirées, et contribuent beaucoup à embellir et à rendre moins tristes les longues nuits d'hiver. Elles commencent à se manifester à l'entrée de la nuit, précisément au-dessus de l'horizon. Elles n'ont d'abord ni éclat, ni mouvement particulier; mais elles ne tardent pas à donner naissance à des courans d'une lumière brillante, dont les colonnes changeantes prennent graduellement toutes sortes de formes et toutes les nuances possibles de couleurs; elles couvrent fréquemment tout l'hémisphère visible, qui présente alors le spectacle le plus brillant que l'imagination puisse concevoir.

Dans la baie d'Hudson, l'éclat de l'aurore est, dit-on, fréquemment égal à celui de la pleine lune: sous les latitudes nord de la Laponie et de la Suède, leur clarté est si remarquable et si constante, qu'elle suffit pour éclairer le voyageur durant toute la nuit. Les aurores qui ont été observées dans les parties nord-est de la Sibérie, sont décrites comme se mouvant avec une rapidité incroyable, et couvrant le ciel d'une apparence lumineuse brillante, que l'on a comparée à une tente étincelante d'or, de rubis et de saphir. On dit que ce météore est accompagné d'un fort sifflement ou d'un bruit particulier si effrayant

que, lorsqu'il surprend les chasseurs, qui sur les confins de la mer Glaciale poursuivent les renards, leurs chiens se couchent par terre et refusent de se mouvoir jusqu'à ce que le bruit ait cessé.

Plusieurs observateurs, et entre autres MM. Nairne et Cavallo, ont assuré qu'un bruit analogue a quelquefois accompagné les aurores boréales. Le dernier de ces physiciens affirme l'avoir distinctement entendu dans plusieurs occasions. Cet effet est le plus extraordinaire de tous ceux qui accompagnent ce météore; et s'il était vrai, il faudrait convenir qu'il est tout-à-fait inexplicable; car, d'après l'étendue des pays d'où l'on aperçoit fréquemment une aurore boréale, il est évident que le lieu de la scène doit être à une très-grande hauteur au-dessus de la surface de la terre; et, quoique les calculs faits à cet égard diffèrent essentiellement (*),

(*) La hauteur d'une aurore fut évaluée, par Boscovich, à huit cent vingt-cinq milles; par Bergman, d'après trente observations faites en différens lieux, à quatre cent soixante-huit milles. Euler l'a estimée égale à plusieurs milliers de milles. Mairan pense que cette distance peut équivaloir à deux cents lieues. M. Cavendish, en comparant des observations, suppose qu'elle peut être de cinquante à soixante-onze milles, et MM. Dalton et Crosthwaite la portent à cent cinquante milles.

cependant l'évaluation la plus faible donne une distance à laquelle , suivant les principes connus de physique , il n'existe aucun milieu capable de transmettre le son.

On a quelquefois observé une aurore près le pôle sud , ce qui semble favorable à l'idée de Beccaria , qui supposait que ce phénomène dépend de la circulation d'un fluide. L'aspect sous lequel s'est présentée cette aurore était d'ailleurs semblable à ce qu'on a remarqué vers le nord ; mais elle n'offrait pas la même diversité de couleurs.

Les colonnes de l'aurore paraissent converger vers le zénith , et leurs sommets semblent être plus étroits que leurs bases ; mais , ainsi que l'ont fait observer le docteur Halley et M. Cavendish , c'est une pure illusion d'optique ; M. Dalton a fait voir que ces colonnes sont réellement cylindriques et parallèles les unes aux autres ; il montre que la distance de leurs bases à la terre est égale , ou probablement plus grande que la longueur des colonnes elles-mêmes qui , d'après les calculs de ce physicien , peuvent avoir soixantequinze milles de long et sept milles et demi de diamètre (*).

(*) *Essais météorologiques* , p. 177.

Les autres apparences lumineuses de l'atmosphère , que l'on a aussi attribuées à l'électricité , sont celles que communément on appelle , *météores ou globes de feu* ; il y en a deux classes très-distinctes : les uns , d'une dimension en apparence très-grande , se meuvent progressivement , parcourent un espace très-considérable , et quelquefois se dispersent en une multitude d'étincelles (*). Ces météores ne se montrent que rarement , et leur dispersion est quelquefois accompagnée d'une chute de pierres ; circonstance qui rend l'application des principes électriques absolument insuffisante pour les expliquer. Jusque dans ces derniers temps , on ajouta peu de foi aux relations concernant la chute des pierres météoriques ; mais tout récemment , une attention sérieuse ayant été dirigée vers ce genre de recherches , on fit l'examen des pierres que l'on prétendait être ainsi tombées , et le fait fut constaté , avec cette circonspection , extrêmement remarquable , que toutes les pierres de cette espèce , jusqu'ici exa-

(*) Un semblable météore fut observé en août 1783 , par M. Cavallo , qui était placé sur la terrasse du château de Windsor : il l'a décrit dans les Transactions philosophiques , année 1784 , art. 9 ; ainsi que dans le quatrième volume de son Traité de physique , p. 359.

minées, sont de nature presque semblable.

Dans l'état actuel de nos connaissances, on ne peut donner une explication satisfaisante de ces météores, et tout ce qu'on a proposé à cet égard est purement hypothétique. Les détails de ces suppositions hasardées ne pourraient être que fatigants et inutiles ; l'électricité ne saurait expliquer convenablement ces sortes d'effets, et quelques-uns des phénomènes concomitans portent presque à croire qu'une combustion a lieu, à l'instant où ces apparences se manifestent.

On voit beaucoup plus fréquemment la seconde espèce de météores, généralement connue sous le nom d'*étoiles tombantes* ou d'*étoiles filantes*. Elles diffèrent quelquefois relativement à leurs dimensions et à leurs couleurs ; mais elles ont à peu près la même vitesse de translation ; elles se meuvent avec rapidité dans toutes les directions, et sont principalement inclinées vers la terre. On les observe dans différens états de l'atmosphère, plus souvent, quand les causes propres à amener des changemens électriques ont été plus actives : aussi les remarque-t-on plus fréquemment pendant les nuits claires et froides, et quelquefois lorsqu'un vent sec souffle de l'est, et que le ciel est serein. Elles abondent également, pendant

un temps pluvieux, dans les intervalles que les nuages laissent entre eux, et à travers lesquels on peut apercevoir le ciel. On les voit encore pendant les soirées d'été, où des nuages bien prononcés flottent dans une atmosphère transparente. Je les ai souvent observées à des époques où dominait une forte lumière étrangère, provenant soit de l'éclat brillant des étoiles et des planètes, soit de la présence de la lune; enfin je les ai encore remarquées pendant des nuits partiellement nuageuses et obscures.

Plusieurs observations prouvent qu'elles ont aussi lieu, pendant le magnifique spectacle que présente l'aurore boréale; mais un fait remarquable est qu'elles paraissent toujours plus basses; ce qui semble indiquer, suivant toutes les probabilités, qu'elles sont produites par la même matière, se mouvant dans un milieu plus résistant.

Lorsque les conditions atmosphériques sont favorables, ces apparences se succèdent avec une telle rapidité, que j'en ai fréquemment compté trente dans l'espace d'une heure, et dans quelques circonstances presque le double. La fréquence de ces apparitions indique qu'elles dépendent de quelques modifications habituelles de l'atmosphère; et, comme elles ne donnent point lieu à la chute de pierres météo-

riques, il paraît presque certain que leur nature est essentiellement différente de celle de ces grands météores.

Indépendamment des autres sources d'analogie, les suivantes sont de puissans arguments en faveur de leur origine électrique.

1°. La lumière des étoiles tombantes ressemble à la lumière électrique.

2°. Ces météores se montrent fréquemment, avec autant d'irrégularité que les autres modifications électriques qui se manifestent dans l'atmosphère.

3°. Leur mouvement, comme celui de l'électricité, est d'une inconcevable rapidité, et le plus long intervalle qu'ils parcourent, est toujours trop petit pour être apprécié.

4°. Ces phénomènes arrivent le plus souvent, pendant ou vers l'époque des changemens de temps qui sont généralement reconnus, pour exercer une influence sur l'état électrique de l'atmosphère.

5°. Leur direction n'est jamais constante ; ils paraissent dans toutes les parties de l'atmosphère, et se meuvent à peu près dans toutes les inclinaisons, ce qui arrive également aux éclairs.

6°. On peut assez bien, au moyen de l'électricité, imiter l'apparence des étoiles filantes ;

et la réussite de ces expériences dépend de conditions qui ont quelque similitude avec celles qui contribuent le plus à la production du phénomène naturel.

Si l'on fait passer de l'électricité à travers un récipient, dans lequel on fait graduellement le vide, ce fluide affecte les apparences de l'aurore boréale ; mais, si l'on en transmet subitement une quantité considérable, il traverse cet espace avec tous les caractères propres à une étoile tombante , soit relativement à sa direction en ligne droite, soit relativement à son éclat. Si le récipient a six pouces de diamètre sur quatorze ou seize de haut, il faut , pour produire cet effet, employer une jarre de grandeur modérée qui soit complètement chargée : on réussit plus sûrement , lorsque le récipient n'est que modérément épuisé d'air, en sorte que ce qui en reste puisse encore opposer quelque résistance.

Il faut donc, pour imiter artificiellement ces deux phénomènes, réunir les conditions qui, dans l'ordre naturel, paraissent essentielles à leur production. L'aurore boréale ne se manifeste que dans les hautes régions de l'atmosphère où l'air est plus raréfié , et son imitation la plus parfaite s'obtient dans un récipient vidé d'air, autant exactement que

possible : les étoiles tombantes se montrent dans les parties plus rapprochées de la surface de la terre, où la densité de l'air est plus considérable ; et pour simuler ces météores, il faut employer un milieu qui soit encore susceptible de résister.

Toutes les modifications que l'on fait subir à cette expérience, viennent à l'appui des faits précédens ; et, dans quelques cas particuliers, on imite, d'une manière très-remarquable, les apparences du phénomène naturel ; car on peut faire traverser au fluide électrique un très-grand intervalle, en se servant d'un appareil convenable.

J'emploie à cet effet un tube de verre ayant cinq pieds de long et $\frac{5}{8}$ de pouce de diamètre ; il est muni de viroles de cuivre à chaque extrémité. Lorsqu'on a fait le vide dans son intérieur, aucune étincelle ordinaire ne peut le traverser, sinon dans un état de diffusion ; mais, en faisant usage de la charge d'une très-grande jarre, on obtient, dans toute sa longueur, une brillante étincelle. M. Morgan a trouvé qu'avec un tube plus court que celui dont je viens de parler, on simulait l'apparence d'une étoile tombante, en le faisant traverser par une étincelle qui, dans l'air libre, franchirait un espace de dix pouces ; il faut néanmoins que la lon-

gueur de ce tube n'excède point quarante-huit pouces, et qu'il contienne une quantité d'air dont la densité soit un vingt-quatrième de ce qu'elle est dans l'état ordinaire : mais si ce fluide était davantage dilaté par l'action d'une machine pneumatique, la plus puissante étincelle passerait sous la forme d'un courant divisé. En employant un tube très-étroit de même longueur, la colonne d'air râréfié qu'il renferme, résiste suffisamment à la charge pour produire, dans toute son étendue, l'apparence d'une étincelle brillante, toutes les fois que la puissance de l'électricité accumulée est suffisante pour le traverser.

Ces expériences et les analogies sur lesquelles elles reposent, rendent très-probable la supposition que l'électricité a des rapports avec ces sortes de météores ; mais il n'a point encore été possible d'expliquer, d'une façon plausible, ni la manière précise dont ils sont produits, ni le but auquel ils répondent.

Lorsque l'état électrique de l'atmosphère est très-intense, on remarque quelquefois une apparence lumineuse, au sommet des clochers ou à l'extrémité des mâts des vaisseaux ; et, dans quelques circonstances, on a observé la même chose à la pointe des lances. Ce fait est analogue à la lumière qui se manifeste sur tout

conducteur proéminent et délié , lorsqu'il est environné d'air électrisé , ou approché d'un corps dans le même état.

Les tremblemens de terre , les trombes , et même les éruptions volcaniques , ont été attribués à l'action de l'électricité. Cependant cette opinion n'est étayée que par l'occurrence accidentelle de quelques effets électriques , qui se manifestent durant ces phénomènes ; mais , suivant toutes les probabilités , on doit plutôt les regarder comme les résultats , que comme les indices de la cause qui leur donne naissance.

Les phénomènes électriques de l'atmosphère ne sont point limités aux seules apparences lumineuses : car on s'est assuré que l'air est presque constamment électrisé ; et , sous ce rapport , pour étudier ses propriétés ainsi que les modifications qu'il éprouve , on se sert du cerf-volant électrique , de barres métalliques isolées , ou de fils de métal tendus. Il paraîtra sans doute intéressant de donner ici quelques renseignemens sur la structure et la disposition des appareils propres à ce genre de recherches.

Un cerf-volant électrique , étant très-susceptible d'être déchiré ou perdu , il faut le construire de la manière la plus simple ; il doit avoir des dimensions modérées , car souvent il ne fait pas assez de vent pour en lancer un

très-grand, lequel est en outre, sous plusieurs autres rapports, très-difficile à manier. On peut se servir, pour ces sortes d'expériences, d'un cerf-volant de papier, ayant à peu près quatre pieds de haut sur deux de large; et, afin de le défendre de la pluie, on l'imbibera d'une huile siccative. La corde doit être formée d'un très-petit fil de cuivre ou d'argent (semblable à ceux dont on se sert pour broder), que l'on entrelace dans toute sa longueur avec un autre fil. Quand le cerf-volant est enlevé, on isole la ficelle en l'attachant à un cordon de soie, dont l'autre extrémité peut être fixée à une balustrade ou à tout autre corps immobile ou pesant. Le bout de la corde métallique répond à un conducteur isolé, à deux pouces duquel est placée une boule de cuivre en communication avec le sol ou avec l'eau la plus voisine; elle doit être disposée de façon que l'électricité, quand elle a une intensité suffisante pour franchir cet intervalle de deux pouces, puisse être transmise sans danger pour l'expérimentateur. Le physicien doit alors prendre garde de ne point trop approcher du conducteur; et, s'il a besoin de toucher quelqu'une des parties de l'appareil, il ne doit le faire qu'en se servant de longs manches ou de pinces isolés. En ne négligeant aucune de ces

précautions, M. de Romas parvint à recueillir, au moyen de son appareil, une énorme quantité d'électricité qu'il put ensuite, ainsi que nous l'avons déjà dit, soumettre, sans danger, à l'expérience. Mais, comme il est très-probable que de tels essais ne peuvent conduire à aucun résultat utile, je conseillerais plutôt au physicien, en pareilles circonstances, de s'éloigner immédiatement de l'appareil et de se tenir à une distance raisonnable.

Lorsqu'on élève ou abaisse le cerf-volant, on est exposé à recevoir par inadvertance des commotions que l'on peut prévenir, en laissant en contact avec la boule de cuivre qui communique au sol, une portion de la corde qui est entre le physicien et le cerf-volant : cette précaution est fort essentielle, lorsque des nuages orageux sont au-dessus de l'appareil ; mais il est alors absolument inutile d'avoir recours à ce procédé dangereux, puisque l'on peut observer l'électricité atmosphérique par des moyens beaucoup plus simples.

Les effets qu'on obtient en se servant du cerf-volant électrique, étant communément en rapport avec la longueur de sa corde, on a pensé qu'il pourrait être avantageux d'en disposer deux ou trois placés les uns au-dessus des autres, afin de pouvoir, lorsque l'électricité

atmosphérique est très-faible, exposer à l'air une corde suffisamment longue. Les cerf-volans, ainsi superposés, ont une longue fente dans la baguette du milieu, et quand le premier a pris tout ce qu'il peut porter de corde, on passe le bout à travers la fente du deuxième, et on l'attache à sa corde. Lorsque le second est aussi parvenu à sa plus grande hauteur, on peut, de la même manière, lui en ajouter un troisième ; mais il est bon d'observer que l'on rencontre à différentes hauteurs dans l'atmosphère, des courants opposés, qui peuvent contrarier ces sortes d'expériences.

Il est évident que le cerf-volant électrique n'a d'autre usage que de servir à étendre, dans l'atmosphère, un fil conducteur d'une longueur plus ou moins considérable; et, comme il ne convient point pour faire des expériences permanentes, on a proposé de lui substituer un autre moyen : Beccaria plaça à demeure un long fil de métal, qui d'un cerisier s'étendait à un bâton fixé à un rang de cheminées; pour isoler les extrémités de ce fil, il se servit de verre enduit de cire à cacheter, qu'il garantit ensuite de la pluie avec de petits entonnoirs de fer blanc; une tige conductrice, partant du fil de métal, pénétrait dans sa chambre à travers un carreau de vitre, et c'est là qu'il fit ses observa-

tions sur l'électricité recueillie par cet appareil ; il compara les résultats qu'il obtint à diverses époques, avec les indications hygrométriques, et autres phénomènes concomitans.

Le fil dont se servit habituellement ce physicien, avait cent trente-deux pieds français de long ; il fut placé au haut de la montagne de Garzegna, dans le voisinage de Mondovi, situation élevée et de laquelle on découvre les Alpes et la plaine du Piémont. A une autre époque, il étendit, au-dessus du fleuve du Pô, une corde isolée, longue de quinze cents pieds, mesure de Paris, et il remarqua que chaque fois qu'il tombait une ondée, elle donnait des signes intenses d'électricité.

Ce physicien zélé continua ses observations pendant quinze ans ; elles prouvèrent que l'atmosphère est presque toujours électrisée, que son électricité est positive et a une relation manifeste avec l'état de la vapeur qu'elle contient : les indications que fournit cet appareil sont fréquemment influencées, soit par les nuages qui passent au-dessus de lui, soit par l'action d'un courant d'air provenant des endroits où des nuages se forment, ou bien de la vapeur se précipite. Si nous mettons à part ces sortes de circonstances, on observe rarement que l'atmosphère soit dans un état électrique

négatif. On peut donc supposer, lorsque cela arrive, que c'est un résultat dû à l'influence qu'une portion de l'atmosphère, positivement électrisée à un haut degré, exerce sur l'électricité naturelle d'une autre portion qui en est voisine, ou, en d'autres termes, que les signes qui se manifestent alors, sont une conséquence de l'action que développe l'électricité atmosphérique permanente, et non pas les résultats d'une communication réelle.

Mon ami, André Crosse, écuyer de Broomfield, près Taunton, physicien aussi actif qu'intelligent, a dernièrement fait un très-grand nombre d'observations, au moyen d'un conducteur atmosphérique d'une étendue considérable. Cet appareil consiste en un fil de cuivre, de $\frac{1}{16}$ de pouce de diamètre, attaché et isolé entre deux mâts de cent à cent dix pieds de haut. On s'est donné beaucoup de peine pour rendre cet appareil plus parfait et plus étendu que tous ceux qui avaient été construits jusqu'alors. Le fil isolé avait une longueur d'un mille et un quart, et, pour conserver son isolement, on a eu recours à diverses inventions plus ou moins ingénieuses; mais sa longueur le rendait tellement susceptible d'être avarié ou volé, qu'il parut convenable de la réduire à dix huit cents pieds, et jusqu'à présent on n'a pas

encore pu trouver de moyens qui puissent maintenir l'isolement pendant un brouillard épais ou un temps de neige.

Il y a quelques petits inconvénients inséparables de l'usage de cet appareil, auxquels on remédié néanmoins en le fixant d'une manière très-solide, et surtout en se ménageant, lors de sa construction, la facilité de le hausser et le baisser à volonté, pour nettoyer les isoloirs qui souvent deviennent conducteurs par les toiles d'araignées qui s'y attachent. Les points auxquels le fil de fer est fixé, doivent être assez solides pour résister au poids d'un grand nombre d'hirondelles qui quelquefois viennent s'y percher, et au choc qu'il reçoit lorsque des pigeons, des hiboux, etc., en volant, se heurtent violemment contre lui.

Un fil ainsi disposé a été conservé tendu pendant dix-huit mois, sans éprouver d'accidents : d'après les indications qu'il a données et celles fournies par d'autres expériences d'une moindre durée, on a conclu que :

1^o. Dans l'état habituel de l'atmosphère, son électricité est invariablement positive.

2^o. Les brouillards, la pluie, la neige, la grêle et la neige fondue, changent l'état électrique du fil de métal. Il est habituellement négatif à l'instant où se développent ces météores;

mais souvent il devient positif, augmente graduellement en intensité, puis décroît de la même manière, et varie ainsi toutes les trois ou quatre minutes. Ces phénomènes sont tellement constants que, toutes les fois que l'on trouve l'appareil négativement électrisé, c'est un indice certain qu'il y aura dans son voisinage immédiat de la pluie, de la neige, de la grêle ou du brouillard, ou bien qu'un nuage orageux n'est pas éloigné.

3°. A l'approche d'un nuage chargé, l'appareil donne quelquefois des signes d'électricité positive; d'autres fois il manifeste d'abord des signes d'électricité négative; mais, quel que soit son état, l'effet augmente graduellement jusqu'à un certain terme, puis décroît, disparaît, et est suivi par une indication opposée qui croît successivement au-delà du premier maximum, décroît de nouveau, devient nulle, et est ensuite suivie par des indices de l'électricité primitive. Ces alternatives sont quelquefois nombreuses, et suivant les circonstances plus ou moins rapides: elles augmentent habituellement en intensité à chaque récidive, et enfin, un courant dense et continu d'étincelles se porte du conducteur atmosphérique sur la boule qui en est voisine, s'arrête par intervalles, puis reparait avec plus de force. Dans

cet état de choses, un fort courant d'air paraît sortir du fil de métal et de tout l'appareil qui lui communique : il n'y a que celui qui en est témoin, qui puisse se former une idée de l'effet imposant et majestueux d'un tel phénomène : à chaque éclair, un courant, accompagné d'un bruit particulier, se manifeste entre les balles de l'appareil, et éclaire, de la manière la plus brillante, tous les corps environnans ; ces apparences sont encore rendues plus effrayantes par les roulements successifs du tonnerre, et le sentiment intime que l'on a du voisinage de la cause qui produit ces effets.

Tandis que l'agent électrique présente un spectacle si imposant pour tout autre observateur, le physicien demeure sans inquiétude auprès de son appareil, conduit la foudre dans des directions déterminées, l'emploie pour fondre des fils métalliques, s'en sert pour décomposer des fluides et lui fait enflammer des substances combustibles : lorsqu'enfin les effets sont trop énergiques pour qu'il puisse sans danger continuer de telles expériences, il fait communiquer le fil isolé avec la terre, et transmet ainsi en silence et sans péril, l'électricité accumulée.

4°. Un brouillard qui tombe, ou une forte pluie, électrise fréquemment l'appareil, à peu

près autant que le ferait un nuage orageux et avec les mêmes modifications.

5°. Dans un temps nébuleux, communément on remarque une électricité positive faible : s'il tombe de la pluie, souvent cette électricité devient négative ; mais son état positif reparaît quand la pluie cesse.

6°. Durant un beau froid, l'électricité positive est plus forte que pendant un beau jour d'été. Dans le tableau suivant on a inscrit les intensités variables des signes électriques, à raison des différens changemens qu'éprouve l'atmosphère. On a d'abord indiqué ceux dont les effets sont plus intenses, en continuant ainsi dans un ordre décroissant :

1°. Lors de la présence d'un nuage orageux uniforme;

2°. Pendant un brouillard épais, accompagné d'une petite pluie;

3°. Une chute de neige ou une grêle abondante;

4°. Une forte ondée, particulièrement pendant un jour chaud;

5°. Un temps chaud succédant à des jours humides;

6°. Un temps humide à la suite de jours secs ;

7°. Une belle gelée, soit de jour, soit de nuit;

- 8°. Un temps d'été chaud et clair;
- 9°. Un ciel couvert de nuages;
- 10°. Un ciel pommelé;
- 11°. Un temps très-chaud, avec un ciel couvert de nuages légèrement gris;
- 12°. Une nuit froide et humide.

On peut ajouter à ce tableau , comme étant le moins électrique de tous , cet état particulier que nous offre l'atmosphère , lorsque les vents du nord-est dominent. En général , on regarde cette condition comme malsaine , et elle est remarquable en ce qu'elle produit une sensation de sécheresse et de froid extrême , qui n'est pas accompagnée d'un abaissement correspondant du thermomètre.

L'électricité positive habituelle de l'atmosphère est très-faible durant la nuit; elle augmente au lever et au coucher du soleil, et est moindre vers le milieu du jour. Ce fait est un des résultats les plus instructifs que nous ayons retirés de ces observations ; il est conforme à toutes les expériences exactes que l'on a faites sur l'électricité naturelle , et il prouve clairement , que l'état électrique de l'air est soumis à l'influence des causes qui déterminent l'humidité à se distribuer uniformément.

On doit aussi à M. Read , de Knightsbridge , une série d'observations exactes sur l'électricité

de l'atmosphère. L'appareil de ce physicien consistait en une perche de sapin, longue de vingt pieds, solidement fixée à sa partie inférieure par des supports en verre enduits de cire à cacheter. Cet appareil fut placé dans une des chambres de l'étage le plus élevé de sa maison, en telle sorte que l'isolation était plus exacte que dans le cas où il aurait été librement exposé à l'air : l'extrémité supérieure de la perche traversait le centre d'un cylindre creux de bois fixé à travers le plafond et le toit. Un grand entonnoir de fer-blanc, attaché sur la perche et à une petite distance au-dessus de la partie supérieure du cylindre creux, mettait son intérieur à l'abri de la pluie (*). Les observations qui furent faites pendant deux années avec cet appareil, sont sensiblement d'accord avec les résultats ci-dessus indiqués.

Pour des observations qui ne doivent être que momentanées ou accidentnelles, on peut se servir d'un appareil extrêmement simple.

(*) Une description de cet appareil, et le journal des observations auxquelles il a servi, sont consignés dans le quatre-vingt-unième volume des *Transactions philosophiques*, pag. 185, etc.; et dans un ouvrage de M. Read, intitulé : *Vues sommaires sur l'Électricité spontanée*, pag. 103.

On substitue une tige de verre recouverte de cire à cacheter, à la plus petite des pièces dont l'assemblage compose le manche d'une ligne à pêcher. Cette espèce de baguette peut, dans quelques circonstances, être placée en dehors de la croisée la plus élevée d'une maison. Deux petites balles de moelle de sureau sont suspendues à un bouchon assujetti à l'extrémité de la tige de verre : cette portion de l'appareil doit être disposée de manière que l'on puisse à volonté la mettre en communication avec le sol, ce qu'on obtient aisément en fixant dans le bouchon une épingle attachée à un fil mince de métal que l'on tient dans la main. Lorsqu'on veut faire usage de cet instrument, on expose, hors de la croisée, le manche de la ligne, ainsi que son électromètre, qui alors ne doit point être isolé. Au bout de quelques secondes, on retire l'épingle au moyen du fil de métal dont il a été question. L'électromètre étant ainsi isolé, on le rentre dans la chambre, et on examine son électricité qui sera toujours contraire à celle de l'atmosphère.

On pourrait encore remplir les mêmes indications en se servant, ainsi que le conseille M. Bennet, d'un long bâton à l'extrémité duquel on isolerait un entonnoir de fer-blanc, muni d'un petit fil de métal assez long pour

communiquer avec un électromètre sensible, placé dans l'intérieur de la chambre où l'on se propose de faire les observations. Lorsque l'électricité atmosphérique est faible, on adapte à l'entonnoir une petite bougie allumée, dont la flamme facilite la réunion des molécules électriques disséminées dans l'air.

La plus grande difficulté que présentent ces sortes de constructions, est de préserver les isoloirs, et c'est surtout quand les intensités électriques sont faibles, que cet inconvénient devient plus sensible. L'isolement peut, ainsi que nous l'avons déjà dit, être partiellement conservé, en recouvrant avec de la cire à cacheter, la surface de tous les isoloirs en verre; mais ce moyen ne procure qu'un succès momentané, l'humidité s'y dépose quelquefois, et, en les essuyant, il est très-difficile de ne point électriser la surface recouverte de cire, ce qui introduit une nouvelle source d'électricité, et rend équivoques les résultats que fournit toute expérience délicate. J'ai été assez heureux pour remédier, au moins en grande partie, à cet inconvénient, en donnant une nouvelle disposition aux différentes pièces d'où dépend l'isolement durable de la plupart des appareils électriques.

En réfléchissant que la perfection des iso-

loirs est constamment diminuée par l'humidité qui se dépose à leur surface, et sachant que la vapeur est répandue dans l'air, à peu près comme le serait un gaz mêlé avec un autre, j'ai pensé que, si le contact de l'atmosphère avec les isoloirs était rendu moins facile, leur isolement serait plus long-temps conservé, l'air ne pouvant alors abandonner son humidité que plus lentement. Il est donc évident que, pour atteindre ce but, il suffit de renfermer l'isoloir dans un canal étroit; car alors l'air en contact avec lui est en plus petite quantité, et moins disposé à se mouvoir, puisque tous les gaz communiquent lentement les uns avec les autres, quand ils sont séparés par des tubes étroits, et plus lentement, en proportion que ces tubes ont un moindre diamètre et une longueur plus considérable.

Le premier essai que je fis de la bonté de ce moyen, fut de l'employer à perfectionner l'électromètre à feuilles d'or, et les résultats que j'obtins me convainquirent bientôt de son utilité.

L'instrument doit être construit, comme de coutume, avec un cylindre de verre surmonté d'un chapiteau de bois ou de métal: l'isoloir consiste en un tube de verre de quatre pouces de long, et dont le diamètre intérieur a un

quart de pouce ; il est en dedans et en dehors recouvert avec de la cire à cacheter. Un fil de métal, long de cinq pouces, et ayant un douzième ou un seizième de pouce d'épaisseur, est placé dans l'axe du tube de manière à n'en toucher aucune partie ; on le maintient dans cette position par un bouchon ou tampon de soie, qui répond à sa partie moyenne (*voyez figure 33*). Une virole en cuivre A est adaptée à la partie supérieure du fil de métal ; elle sert à empêcher l'air ambiant d'être librement en contact avec l'extérieur du tube, et elle le garantit intégralement de la poussière. A la partie inférieure de ce même fil sont attachées deux feuilles d'or. Le tube de verre est mastiqué à peu près vers le milieu de sa longueur, au centre du chapiteau de l'électromètre qu'il traverse, ainsi qu'on peut le voir par la ligne ponctuée qui représente ce chapiteau. Si l'on examine cette construction, il est évident que l'isolement du fil, et conséquemment celui des feuilles d'or, sera préservé jusqu'à ce que l'intérieur, aussi bien que l'extérieur du tube de verre, soient recouverts d'humidité. Cette disposition est d'ailleurs tellement avantageuse, que quelques-uns de ces électromètres, construits en 1810, et qui n'ont point été chauffés ou nettoyés, paraissent encore aussi bien isolés qu'ils l'étaient au mo-

ment de leur construction. L'instrument est représenté en entier figure 1.

Dans le cas où cette disposition aurait été insuffisante, je m'étais proposé d'allonger le canal étroit et de rendre ainsi l'isolement plus parfait; ce que l'on peut faire aisément, d'une manière pour ainsi dire illimitée, en renfermant les uns dans les autres, une série de tubes ouverts, que l'on maintiendrait dans cette position au moyen d'un tampon de soie, qui ne devrait toucher qu'une très-petite partie de la surface du tube voisin. En répétant cette disposition, un nombre de fois plus ou moins grand, on obtiendra un isolement aussi parfait que possible.

Pour isoler un appareil atmosphérique vertical, on peut employer une tige de verre, ayant dix pouces de long et un de diamètre; on la recouvre avec de la cire à cacherter, et à chacune de ses extrémités on adapte une virole portant une vis destinée à recevoir la base d'un tuyau cylindrique en fer-blanc. Ces deux tuyaux doivent avoir environ huit pouces de long, et l'un d'eux doit être plus petit que l'autre, en telle proportion que la circonférence de la tige de verre et celle des deux cylindres de fer-blanc, puissent former une série de cercles concentriques, distans l'un

de l'autre d'à peu près un quart de pouce : l'appareil est représenté (fig. 34) ; et les cylindres sont indiqués par des lignes ponctuées. D'après cette description , il est évident que, dans cet appareil , l'isolation ne pourra être détruit , à moins que la vapeur ne traverse d'abord l'espace compris entre les deux cylindres , puis l'intervalle qui se trouve entre le cylindre intérieur et la tige de verre. Il est d'ailleurs possible d'augmenter cet espace autant qu'on le jugera convenable , en multipliant de la même manière les tuyaux concentriques. Cette disposition est aussi simple que durable , et , quoique sa faculté isolante soit , pour ainsi dire , limitée par la distance des cylindres , c'est-à-dire , un quart de pouce , on la trouvera cependant suffisante pour la plupart des observations qu'il importe de faire sur l'état électrique de l'atmosphère. Il serait d'ailleurs facile , si on le jugeait convenable , d'obtenir plus d'exactitude encore , en prolongeant l'isoloir au-dessous de la douille du cylindre le plus bas (ainsi qu'on le voit dans la figure), ou en substituant à ce cylindre intérieur , un tube de verre enduit de cire à cacheter.

Lorsqu'un appareil ainsi construit sert à isoler un fil horizontal , on place , à une petite distance de l'extrémité ouverte du cylindre le

plus large, un plan circulaire en fer-blanc, dont le diamètre est à peu près double de celui du cylindre; son usage est d'empêcher l'entrée de la neige ou de la pluie (*voyez fig. 35*). Il serait peut-être plus avantageux encore de placer l'appareil dans une sorte de colombier, ayant un trou pratiqué à l'un de ses côtés, et à travers lequel on ferait passer le fil métallique. On peut faire servir cette méthode d'isolation à presque toutes les modifications dont est susceptible un appareil électrique; mais, à raison des limites que je me suis prescrites, je ne puis entrer dans tous les détails relatifs à ces sortes d'applications; cependant j'en ai dit assez, pour qu'un physicien ingénieur n'éprouve pas plus de difficulté à les concevoir qu'à les employer, et, lorsqu'il en aura fait usage, il ne pourra manquer de reconnaître et d'apprécier leur valeur.

Un physicien, rempli de zèle et donnant les plus hautes espérances, M. F. Ronalds, écuyer de Hammersmith, a isolé, à peu près d'une manière conforme aux principes qui viennent d'être établis, un fil de métal destiné à recueillir l'électricité atmosphérique. L'appareil fut dressé dans un champ près High-Bury-Terrace, Islington; et maintenu pendant plusieurs mois dans une activité continue. L'isolation,

quoique assez bien conservé, ne le fut cependant pas d'une manière très-uniforme, ce que M. Ronalds attribue à la construction trop précipitée, et probablement imparfaite, de son appareil, et peut-être aussi à l'insuffisance des meilleurs isoloirs, quand la couche d'air, placée entre le fil et le sol, est tellement humide qu'elle devient conductrice du fluide électrique. J'ai fait connaître à cet intelligent ami un projet du chevalier Landriani, qui se proposait de tenir compte des changemens journaliers qu'éprouve l'électricité atmosphérique, en se servant d'un fil de métal isolé, qui devait communiquer avec le conducteur, et se mouvoir circulairement sur une surface résineuse, au moyen de l'aiguille d'un cadran : des poudres étant ensuite projetées sur ce plan, devaient, par la disposition qu'elles prendraient, indiquer l'intensité et la nature de l'électricité qui aurait régné aux différentes heures du jour. M. Ronalds propose de substituer au plan résineux, une série d'électromètres construits d'après mon principe d'isolement : un fil métallique flexible, communiquant avec le conducteur atmosphérique, et fixé à l'aiguille d'un cadran isolé, devrait être disposé de manière à toucher successivement le chapeau de chaque électromètre : ces derniers, étant

parfaitemeht isolés, retiendraient l'électricité qui leur serait communiquée; et, comme ils répondraient aux différentes heures, ou autres divisions du temps, on pourrait déterminer, par une seule observation, l'espèce d'électricité relative à chaque période d'un jour ou d'un intervalle plus long. Cette méthode pourrait être aisément mise en pratique; elle serait fort utile pour tenir compte des changemens électriques qui surviendraient pendant la nuit, et elle promet une exactitude suffisante pour indiquer, pendant un temps donné et en l'absence de l'observateur, l'état électrique de l'atmosphère.

CHAPITRE IV.

Rapport de l'électricité avec la médecine et l'histoire naturelle.

LES propriétés nombreuses et extraordinaires qui caractérisent cet agent singulier, engagèrent, à une époque déjà éloignée, à faire des tentatives pour l'appliquer à divers corps organisés, et les résultats qui furent obtenus ou supposés, donnèrent naissance à une foule d'opinions plus ou moins bizarres, qui ne sont plus citées

que comme des monumens de crédulité et d'imposture.

On s'accorde à dire que l'abbé Nollet fit, le premier, des expériences sur cet important sujet ; et il ne paraît pas que, depuis, on les ait multipliées ou répétées avec plus de soin. Les divers résultats obtenus par ce savant, permettent de conclure que, 1^o. on accélère l'évaporation des fluides qui en sont susceptibles, lorsqu'on les électrise ; 2^o. l'électricité augmente la rapidité de l'écoulement qui a lieu par un tube capillaire, accélération qui, toutes choses égales d'ailleurs, est d'autant plus grande que le tube est plus étroit ; 3^o. lorsqu'un fluide se meut à travers un tube d'un diamètre modéré, l'électricité n'a sur lui aucune action ; et elle n'influe pas davantage sur le mouvement du sang dont elle n'accélère ni ne retarde la circulation (*); 4^o. la transpiration insensible

(*) C'est ce que confirment les expériences de M. Cavallo, et plus récemment encore les essais nombreux que le docteur Van-Marum et M. Cuthbertson ont faits avec la grande machine de Harlem. Mais M. Partington, recommandable par sa grande expérience relativement aux applications médicales de l'électricité, a certifié à M. Cavallo que, dans l'état de maladie, il avait souvent vu l'emploi de l'électricité déterminer une accélération du pouls. M. Carpuet

des animaux augmente pendant qu'on les électrise , ce que l'on a également observé pour les végétaux.

Ces faits remarquables (et ils le sont réellement) rendent très-probable cette idée qui, dans la production de plusieurs phénomènes de la nature , fait jouer au fluide électrique un rôle très-actif , dans lequel il ne laisse cependant apercevoir aucune trace de ses effets habituels : c'est sans doute aussi à l'évidence de ces résultats qu'il faut attribuer les rapports que l'on a supposés exister entre l'électricité et la vie , soit végétale soit animale : tout porte même à croire que l'emploi de cet agent , comme moyen médical , ne reconnaît pas d'autre cause , si toutefois on ne s'est déterminé à en faire usage que d'après des principes rationnels.

Peu de temps après les expériences de l'abbé Nollet , on rapporta qu'à Venise et à Bologne on avait obtenu , de l'électricité appliquée à la médecine , des effets que l'on prétendait être miraculeux. On affirmait que , par son moyen , les odeurs et l'action médicamenteuse de différentes substances pouvaient être transmises à

avance qu'ayant ouvert une veine dont le sang ne coulait point aisément , il électrisa le malade ; et aussitôt le sang jaillit très-librement (26).

travers des vases de verre ou des chaînes de fer, et que, pour produire les cures les plus étonnantes, il suffisait de mettre quelques médicaments simples entre les mains du malade, pendant qu'on l'électrisait ; ou bien de renfermer ces substances dans un cylindre ou dans une fiole pour que leur efficacité puisse ensuite être transmise, à une distance quelconque, conjointement avec le fluide électrique. Ces assertions furent avancées avec le ton décisif de l'expérience, et elles furent probablement étayées par des autorités respectables : Nollet s'en occupa avec le plus grand soin, et, pour acquérir à cet égard des notions positives, il fit un voyage en Italie. Plusieurs membres de la société royale, et le docteur Bianchini, de Venise, s'occupèrent aussi de cet objet. Le résultat de leurs recherches fut que ces préten-dus miracles étaient de pures imaginations, incapables de soutenir l'épreuve de l'expérience, et inventées pour tromper la crédulité et rendre la science ridicule.

Depuis cette époque, nous n'avons eu que trop d'exemples de prétentions absurdes, fondées sur l'influence de certaines puissances imaginaires, auxquelles on a voulu attribuer la faculté de guérir les maladies : on a proposé, comme un véhicule de force et de vigueur, une

atmosphère chargée d'électricité; et le mouvement d'un morceau de métal terminé en pointe a été indiqué comme une panacée. Insister davantage sur de telles folies, serait donner à ce genre de charlatanisme une attention qu'il ne mérite point; il faut l'oublier et le mépriser.

L'application raisonnée de l'électricité à la médecine, a réellement fait moins de progrès que l'on ne semblait être autorisé à l'espérer. D'après les nombreux essais faits jusqu'à présent, il paraît qu'un sage emploi de ce moyen ne peut jamais être dangereux, et qu'au contraire, dans un grand nombre de maladies graves, on peut en retirer quelques avantages. Ce sont sans doute là de puissantes recommandations; et, si on ajoute que c'est un remède externe, qu'il n'est point douloureux, et qu'on peut l'appliquer immédiatement à la partie malade sans en intéresser aucune autre, on ne pourra s'empêcher de reconnaître qu'il peut être de quelque utilité.

Ma propre expérience, quelque limitée qu'elle soit d'ailleurs, vient aussi à l'appui de cette opinion; car, dans les cas mêmes que j'ai considérés comme n'ayant pas été suivis de succès, les malades ont d'abord obtenu quelques soulagemens; et il est probable qu'avec une attention plus suivie que celle que j'ai

pu donner à ce genre de recherches, j'aurais obtenu des résultats plus satisfaisans.

La machine dont on se sert pour appliquer l'électricité, doit être assez puissante pour fournir un courant continu de fortes étincelles; car il est quelques circonstances dans lesquelles il est essentiel d'avoir recours à ce mode d'électrisation. Si l'on emploie une machine à plateau, la glace ne doit point avoir moins de dix-huit pouces ou deux pieds; si, au contraire, on fait usage d'un cylindre, son diamètre doit être de huit à quatorze pouces.

Les appareils accessoires sont fort simples : 1°. une jarre à laquelle on a adapté un électromètre de Lane (fig. 22), et dont on se sert pour donner à la commotion un degré de force convenable ; 2°. une couple d'excitateurs, formés d'un manche de verre auquel est mastiqué un fil de métal de quelques pouces de long; à son extrémité est adaptée une boule que l'on peut dévisser pour lui substituer une pointe en bois. Lorsqu'on se sert de ces conducteurs pour transmettre la commotion, ils doivent être appliqués aux extrémités opposées de la partie à travers laquelle on veut faire passer la décharge; l'un d'eux communique à un fil de métal qui se rend à l'extérieur de la jarre : l'autre, au moyen d'un second fil, commu-

nique avec l'électromètre de Lane , dont la boule a été préalablement placée à une distance convenable , et sur laquelle se porte l'étincelle ; l'intérieur de la jarre doit être en communication avec le conducteur de la machine , dont le cylindre sera mis en mouvement jusqu'à ce qu'on ait donné le nombre de commotions que l'on juge nécessaire.

L'excitateur isolé sert aussi à soutirer des étincelles , des diverses parties que l'on veut électriser : à cet effet , on le tient par son manche de verre , après avoir eu toutefois la précaution de mettre , au moyen d'un fil flexible de métal , sa tige de cuivre en communication avec le conducteur de la machine ; et , lorsque cette dernière est en mouvement , on approche la boule de l'excitateur à une petite distance de la partie malade , ou bien on la passe légèrement sur un morceau de drap ou de flanelle qui recouvre la portion du corps qu'on se propose d'électriser. Lorsqu'on veut agir sur l'œil ou sur quelque organe délicat , on retire la boule de l'excitateur , et on lui substitue une pointe de bois , que l'on présente à un demi-pouce environ de l'organe affecté : le courant d'air électrisé , qui semble alors s'échapper de la pointe , produit une sensation qui a quelque chose d'agréable.

Les meilleurs conducteurs flexibles que l'on puisse employer pour ces divers usages, sont formés d'un fil de cuivre mince, tourné en spirale (semblable aux ressorts de bretelles), et cousu dans un ruban de soie épais.

3°. On se sert quelquefois d'un tabouret isolé (c'est-à-dire un tabouret avec des pieds de verre); il doit être assez grand pour que l'on puisse mettre une chaise dessus, sans gêner les pieds du malade, qui doivent aussi y être placés. La personne que l'on veut électriser, étant assise sur la chaise isolée, et mise en contact avec le conducteur de la machine, en fait, pour ainsi dire, partie; et si quelqu'un, en communication avec le sol, présente à une portion quelconque de son corps une boule de métal, il en retirera des étincelles; si la boule est fixée à un manche de bois, la sensation est moins douloureuse que quand elle est tenue par le métal lui-même.

M. Morgan doute que l'électricité puisse produire quelques effets quand on l'applique très-légèrement; il suppose qu'alors le fluide ne fait que passer à la surface de la peau, et non à travers le corps. Mais cette objection est purement hypothétique; car nous ne savons point de quelle manière des conducteurs tels que le corps humain transmettent de petites

quantités de fluide électrique ; et nous n'avons d'ailleurs encore aucune idée exacte du principe sur lequel repose le pouvoir médical de l'électricité. Mais l'expérience a décidément prononcé que le moyen le plus doux, c'est-à-dire, le courant d'air électrisé à l'aide d'une pointe, était aussi celui qui le plus fréquemment produisait les cures les plus remarquables.

L'ouvrage publié par M. Carpue, sous le titre d'*Introduction à l'Électricité et au Galvanisme*, est là collection qui, à ma connaissance, contient le plus grand nombre d'observations instructives sur l'emploi médical de l'électricité. Les circonstances dans lesquelles ce physicien a obtenu des succès, et celles où il a échoué, y sont également rapportées ; et ce que je sais du savoir, de l'habileté et de l'impartialité de M. Carpue, me fait croire que l'on ne peut citer une autorité plus respectable.

Il me paraît convenable de placer ici une courte notice de quelques-unes des maladies dans lesquelles l'emploi de l'électricité a été utile.

1^e. *Contractions.* Celles qui dépendent seulement de l'affection d'un nerf. Parmi elles, il en est beaucoup pour lesquelles l'électricité a été employée sans fruit ; tandis qu'il en est

d'autres déjà anciennes qui en ont obtenu un soulagement immédiat.

2°. *Rigidité* (ou roideur des membres) très-fréquemment soulagée, mais exigeant habituellement, pour compléter la cure, quelque persévérance dans l'application du remède.

3°. *Entorses, relâchemens, foulures, etc.* L'électricité, dans ces sortes de cas, peut être utilement employée; mais on en doit différer l'application jusqu'à ce que l'inflammation soit passée.

4°. *Tumeurs indolentes.* De fortes étincelles, de légères commotions sont souvent utiles; les cas les plus nombreux dans lesquels on a réussi, sont les squirrhes du testicule: il y a même quelques exemples d'une heureuse guérison de l'induration squirrheuse des mamelles; et, en faisant un fréquent usage de l'étincelle, on est parvenu à faire disparaître des ganglions du poignet ou du pied.

5°. M. Carpue prétend également que l'électricité est un bon préservatif contre les engelures, et il cite deux exemples où elles ont été guéries par l'usage d'étincelles électriques.

6°. *Epilepsie.* Parmi plusieurs exemples d'une application long-temps continuée, on ne trouve point un seul résultat satisfaisant.

7°. *Surdité.* Communément on procure du

soulagement, au moyen d'étincelles dirigées sur l'apophyse mastoïde et autour du méat auditif externe; quelquefois aussi on en retire des mêmes parties, mais du côté opposé à la maladie: assez généralement sur cinq malades on en guérit un.

8°. *Opacité de la cornée.* On a quelquefois guéri cette maladie en faisant un long usage de l'électricité, que l'on dirigeait sur l'œil malade, à peu près pendant dix minutes chaque jour, au moyen d'une pointe de bois. Lorsque cette opacité provient de la petite vérole, on prétend qu'elle cède plus promptement. J'ai par-devers moi une observation, dans laquelle l'emploi de ce procédé a procuré une amélioration bien sensible; mais on ne put ensuite en suspendre l'usage pendant plus d'une semaine sans que la maladie ne revint.

9°. *Goutte sereine.* Le mode d'électrisation, suivi dans le traitement de l'opacité de la cornée, a été employé avec succès pour plusieurs cas de goutte sereine; mais les circonstances dans lesquelles on n'a pas réussi furent très-nombreuses.

10°. *Aménorrhée.* Des étincelles et de légères commotions procurent en général quelque soulagement dans la suppression des menstrues; mais, dans le cas de rétention, on a employé l'électricité sans succès.

11°. *Maladies du genou.* Dans les douleurs et tuméfactions du genou, l'application des étincelles a été efficace environ une fois sur dix.

12°. *Rhumatisme chronique.* On a un très-grand nombre d'observations dans lesquelles on a obtenu du succès en appliquant l'électricité par étincelles, pendant dix ou quinze minutes chaque jour. Si la maladie est récente, il suffit quelquefois d'un petit nombre d'applications; mais, lorsqu'elle est ancienne, on a souvent besoin d'une longue persévérance.

13°. *Rhumatisme aigu.* Sur six cas dans lesquels l'électricité a été employée, une seule guérison a eu lieu dans l'intervalle d'à peu près un mois : on dirigeait, sur la partie malade, au moyen d'une pointe, un courant d'air électrisé.

14°. *Paralysie.* Des chocs modérés, et quelquefois des étincelles, ont été utiles à peu près dans le rapport d'un sur quatorze malades.

15°. *Danse de Saint-Guy.* L'électricité a quelquefois soulagé les personnes attaquées de cette maladie.

Il y a certainement peu d'affections dans lesquelles on ne cite quelques heureux résultats obtenus par l'application de l'électricité; mais les divers essais qui ont été faits à cet égard, ont encore besoin d'être soumis à un sévère examen (27).

Le fluide électrique paraît agir très-puissamment sur les nerfs, et, quand une commotion traverse une partie quelconque du corps, en suivant leur trajet, elle donne généralement lieu à de graves accidens. Lorsque la décharge d'une batterie passe à travers la tête d'un oiseau, les nerfs optiques sont toujours lésés ou détruits, et, en répétant cette expérience sur un plus gros animal, on prétend qu'il en résulte une prostration générale de forces, accompagnée de tremblement. Une fois, par accident, j'ai reçu, au travers de la tête, la charge d'une forte batterie : la sensation que j'éprouvai fut une commotion violente et universelle, suivie d'une perte momentanée de mémoire et de trouble dans la vue ; mais ces accidens ne furent que passagers.

Suivant M. Morgan, si le diaphragme est placé sur la route que doit suivre le fluide fortement accumulé sur une surface armée de deux pieds carrés; les poumons font un violent effort, suivi d'un cri perçant; mais, lorsque la charge est petite, elle ne manque jamais de produire une grande envie de rire. Les personnes même dont le flegme et la gravité ne sont point altérés par les circonstances les plus plaisantes, peuvent rarement résister au pouvoir *comique* de l'électricité. Une forte dé-

charge produit sur le diaphragme un effet qui est fréquemment suivi de soupirs, de larmes involontaires, et quelquefois même d'un évanouissement.

Si la commotion traverse la colonne vertébrale, elle détermine une grande faiblesse des membres inférieurs ; tellement que, si une personne est alors debout, elle tombe quelquefois sur les genoux, et souvent même est renversée.

La commotion électrique pouvant donner lieu à des accidens plus ou moins graves, surtout si on en fait un usage inconsidéré, il faut mettre beaucoup de précaution dans ces sortes d'expériences, lors même que c'est par amusement qu'on se propose de les répéter. Il paraît néanmoins qu'aucun résultat fâcheux n'est à redouter quand c'est à travers les bras que le choc est dirigé.

On a fait quelques expériences pour constater jusqu'à quel point peut être fondée l'influence que l'on a supposé être exercée par le fluide électrique, relativement au développement de la vie végétale et animale ; mais plusieurs de ceux qui se sont occupés de ces recherches, ont annoncé des résultats qui sont réellement contradictoires. Il paraît donc qu'à cet égard on n'a point encore obtenu de succès :

aussi est-ce un vaste champ que pourraient cultiver avec avantage ceux qui s'occupent d'électricité.

Une découverte bien intéressante pour l'histoire naturelle, fut sans doute celle du pouvoir électrique de certains poissons, connus depuis long-temps pour posséder la faculté de communiquer à volonté un tremblement ou une sensation engourdissante. Deux de ces animaux, *la torpille* et *la gymnote*, sont assez bien connus; un troisième, le *silurus electricus*, ne l'est qu'imparfaitement; il a été décrit par Broussonnet sous le nom de *trembleur* (*Hist. de l'Acad. roy. des Sciences*, année 1782.)

Les écrits des anciens naturalistes prouvent que la torpille ne leur fut point inconnue. Vers la fin du dix-septième siècle, on remarqua les propriétés analogues de la gymnote; mais ce fut en 1772 seulement que M. Walsh, pour la première fois, prouva l'identité du fluide électrique avec la cause, d'où dépend le pouvoir singulier qui rend ces animaux si remarquables (*). Les commotions qu'ils font éprouver se transmettent

(*) Voyez le soixante-troisième volume des *Transactions phil.*, pag. 461 et suivantes.

aisément à travers les corps bons conducteurs de l'électricité , et sont au contraire arrêtées par ceux qui ne jouissent point de cette propriété : on peut même obtenir une étincelle , en forçant le choc que peut donner une très-grosse gymnote , à franchir une petite interruption ménagée dans un circuit métallique.

Lorsqu'on dissèque ces poissons , on aperçoit un organe particulier composé d'une nombreuse série de tubes irréguliers , divisés par des cloisons horizontales , formant une multitude de cellules dont la surface est très-étendue , et à l'intérieur desquelles se trouve un fluide qui , suivant toutes les apparences , sert à établir un contact subit entre deux corps dissemblables , d'où résulte très-probablement le pouvoir électrique qui caractérise ces animaux.

La torpille appartient au genre des raies ; elle habite la Méditerranée et les mers du Nord ; son poids , lorsqu'elle a pris son accroissement , excède rarement dix-huit ou vingt livres. Les commotions que fait éprouver ce poisson se succèdent avec une rapidité extrême , puisqu'on en a compté jusqu'à cinquante en une minute et demie : elles paraissent d'ailleurs soumises à sa volonté , sont constamment accompagnées d'une dépression

de ses yeux, et acquièrent une intensité à peu près quatre fois plus forte, lorsque l'animal est isolé et environné d'air.

Si nous en croyons Spallanzani, lorsque la torpille est mourante, elle donne des commotions qui sont plus fréquentes, mais moins énergiques que de coutume; et, suivant le même auteur, une jeune torpille, immédiatement après sa naissance, jouit de la faculté électrique.

Le *gymnotus electricus*, ou anguille de Surinam, se trouve en abondance dans les rivières de Surinam et du Sénégal: il ressemble à une forte anguille, mais est plus gros eu égard à sa longueur. L'aspect de ce poisson est désagréable. Il a communément trois pieds de long, et, au rapport des voyageurs, il parvient quelquefois jusqu'à dix ou vingt pieds; il est alors assez fortement électrique pour tuer un homme. L'appareil qui lui sert pour donner la commotion, est en quelque sorte plus simple que celui de la torpille; mais il a une étendue très-considerable (*).

Les nerfs qui se distribuent aux organes électriques de ces animaux sont beaucoup

(*) Voyez la Description de la Gymnote par Hunter, *Transact. philos.*, vol. LXV, et de la Torpille, vol. LXIII.

plus gros que ceux qui se rendent aux autres parties de leur corps (28).

Les physiciens se sont donné beaucoup de peine pour mettre en évidence l'origine électrique de la puissance dont jouissent ces poissons. M. Cavendish , dans un beau mémoire inséré dans le 64^e. volume des Transactions philosophiques , a établi les relations qui existent entre ces phénomènes et ceux de l'électricité ordinaire : aussi connaissons-nous à présent un grand nombre de faits qui sont parfaitement analogues. On peut , en déposant une quantité donnée d'électricité , sur des conducteurs différens , modifier à l'infini sa tendance à l'équilibre , ainsi que les apparences sous lesquelles elle se manifeste. Une lame de talc de Moscow paraîtra à peine électrisée , lors même qu'elle aura reçu une charge considérable ; et , dans une batterie , le nombre des jarres peut être assez multiplié pour que l'étincelle qu'on en retire , peu forte en apparence , puisse cependant fondre une longueur considérable de fil métallique. La torpille et la gymnote sont pourvues d'une électricité si peu intense qu'elle ne saurait franchir un intervalle appréciable d'air ; mais l'organe électrique de ces poissons a une telle étendue , que la quantité de fluide qui s'y accumule

devient pour eux une arme dont ils se servent pour détruire leur proie.

Les raisons qu'on avait déjà pour considérer le fluide électrique comme un agent universel, devinrent plus probables encore, après que ces découvertes eurent prouvé qu'il exerce une influence active sur le système animal. On avança beaucoup d'hypothèses, on hasarda de nombreuses conjectures; mais elles furent long-temps avant de provoquer une attention spéciale. En 1790, L. Galvani, professeur d'anatomie à Bologne, découvrit par hasard que le passage d'une petite quantité d'électricité, à travers les nerfs d'une grenouille récemment tuée, avait la propriété d'exciter des contractions musculaires bien distinctes: il obtint le même résultat en se servant de l'électricité atmosphérique, et ensuite par le simple contact de deux métaux hétérogènes; il publia ses recherches en 1791, et soupçonna que ces phénomènes étaient électriques. Il dit : « Si » vous mettez à nu le nerf sciatique d'une grenouille, dont vous aurez enlevé les tégumens, » et qu'ensuite vous placiez ce nerf sur un » morceau de zinc et le muscle sur une plaque » d'or, à l'instant où au moyen d'une substance » conductrice vous mettrez ces métaux en » communication, il y aura des contractions;

» mais, si le contact était établi avec des corps non conducteurs, les mouvements n'auraient pas lieu. » Les découvertes de Galvani fixèrent l'attention générale; et parmi les physiciens qui s'occupèrent de ce nouveau phénomène, on doit distinguer le professeur Volta, le docteur Valli, MM. Humboldt, Fowler, Monro et Robison. Ils mirent autant de persévérance que d'habileté, soit à répéter ou à modifier les expériences déjà connues, soit à en faire de nouvelles. Un grand nombre de faits curieux furent le fruit de leurs travaux, beaucoup trop étendus, pour que nous puissions en donner ici les détails. On se procurera à cet égard tous les renseignemens convenables dans le supplément de l'*Encyclopédie britannique*, article *galvanisme* (*).

On peut, au moyen de quelques expériences très-faciles à faire, rendre évidens les principaux résultats qu'obtinrent ces savans physiciens; nous les énoncerons de la manière suivante :

1°. Le passage d'une petite quantité d'électricité.

(*) Voyez également les *Essais de Fowler sur l'Électricité animale*; les expériences de Valli sur l'Électricité animale; et le *Traité complet d'Électricité*, par Cavallo, vol. III, quatrième édition.

cité à travers le nerf ou les nerfs d'un animal, détermine l'oscillation ou la contraction des muscles auxquels ils se distribuent, et quelquefois aussi l'extension des membres. Ces effets se remarquent également sur les animaux vivans ou récemment tués, et même sur des membres séparés de leurs corps. Ils ont lieu lorsque l'électricité transmise, est encore trop faible pour agir sur l'électromètre le plus sensible : on peut les observer chez tous les animaux quelque temps après leur mort, et leur susceptibilité, d'abord très-grande, diminue ensuite graduellement à mesure que les membres se roidissent. Les animaux à sang froid, comme les grenouilles et les poissons, conservent après leur mort cette faculté plus long-temps que les autres, et quelquefois aussi ils la gardent plusieurs heures, et même plusieurs jours.

2°. Quand les muscles et les nerfs d'un animal sont mis en contact avec des métaux différents, il en résulte des effets semblables à ceux que produit le passage de l'électricité ; mais dans le cas où, pour établir la communication, on ne se servirait que d'une seule substance métallique, communément on n'obtiendrait pas de contractions ; ou, s'il arrivait qu'on en remarquât, elles seraient très-faibles. En employant,

au contraire , deux métaux mis en contact l'un avec l'autre , on déterminera constamment des convulsions , effets qui sont d'autant plus considérables , que les métaux diffèrent plus essentiellement : ainsi le zinc et l'or , ou le zinc et l'argent , fournissent une combinaison qui est très-énergique .

3°. Les mêmes moyens qui jusqu'ici ont été employés pour provoquer le mouvement musculaire , affectent aussi certains sens d'une manière bien remarquable ; et on peut , pour s'en convaincre , soumettre à l'expérience des animaux vivans .

Il est d'autant plus facile d'obtenir ces résultats , que l'on peut employer avec avantage le mouvement musculaire provoqué chez de petits animaux : les poissons , et plus particulièrement encore les grenouilles , sont très-convenables pour cet objet . Si l'on met une petite feuille d'étain sur le dos d'un de ces animaux , que l'on placera ensuite sur une lame de zinc , des mouvements spasmodiques auront lieu chaque fois qu'avec un fil de métal , on établira une communication entre le zinc et la feuille d'étain . Cette expérience réussit également à l'air libre et sous l'eau .

De petites limandes , lorsqu'on peut se les procurer vivantes , conviennent aussi pour ces

sortes d'expériences : le poisson doit être mis dans un plat, sur une lame de zinc. On lui pose sur le dos une pièce d'argent, et chaque fois que le zinc et l'argent sont mis en communication au moyen d'un fil métallique, il se manifeste de violentes convulsions.

On fera contracter les muscles d'une grenouille récemment tuée, en dirigeant à travers son corps, l'électricité d'une bouteille de Leyde si faiblement chargée, qu'elle ne pourrait fournir d'étincelles.

La manière la plus convenable de préparer une grenouille, est de séparer, du reste du corps, la tête et les extrémités antérieures : on retire la peau et tout ce qui est contenu dans l'abdomen, ce qui laisse distinctement apercevoir les nerfs lombaires ; on coupe ensuite la colonne vertébrale au-dessous de leur insertion ; alors les nerfs sont les seuls moyens de communication qu'il y ait entre les cuisses et l'épine ; toutes les portions superflues de cette dernière doivent être retranchées, après quoi on entourera d'une petite feuille d'étain les parties qui resteront attachées aux nerfs. La grenouille étant ainsi préparée, peut servir pour un grand nombre d'expériences, parmi lesquelles les suivantes sont les plus démonstratives.

Placez, à peu de distance l'un de l'autre, deux petits verres remplis d'eau ; mettez dans l'un les cuisses de la grenouille et dans l'autre l'épine entourée d'une feuille d'étain. Au moyen d'un fil d'argent, établissez une communication entre l'eau des deux vases ; les jambes de la grenouille se mouvront, et quelquefois avec tant de force qu'elles sortiront du verre.

Tenez la grenouille ainsi préparée par une de ses jambes, l'autre jambe sera pendante et en contact avec la partie armée de l'épine ; placez une pièce d'argent quelconque, de manière que l'une de ses faces touche les nerfs armés, et l'autre la cuisse pendante : cette dernière entrera aussitôt en mouvement, et oscillera avec vitesse.

On a répété ces sortes d'expériences sur presque tous les animaux, depuis la sauterelle jusqu'au bœuf, et dans tous on a remarqué des contractions et des mouvements, même chez ceux que l'on a regardés comme étant dépourvus de nerfs. Placez une pièce d'argent sur un large disque de zinc ; mettez une sangsue sur le premier de ces métaux : aussi long-temps qu'elle sera en contact avec l'argent seulement, elle n'éprouvera aucune inquiétude ; mais, si en se mouvant elle vient à toucher le

zinc , elle reculera vivement comme si elle éprouvait une angoisse subite (29).

Si une personne met une pièce d'argent sur sa langue , et une pièce de zinc au-dessous , aussi long-temps que ces métaux resteront séparés , elle n'éprouvera aucune sensation ; mais à l'instant où ils seront mis en contact , une légère commotion se fera ressentir , et en même temps le goût sera affecté d'une manière particulière . Quelquefois aussi , lorsqu'on emploie des métaux ayant une grande surface , un éclair brillant semble passer devant les yeux . Ce dernier effet peut être également obtenu , en plaçant une des pièces de métal entre la gencive et la lèvre supérieure , l'autre pièce étant posée sur la langue ; après quoi on les met en contact . On éprouverait encore la même sensation , si l'on couvrait le globe de l'œil avec une feuille d'étain que l'on ferait ensuite communiquer avec une cuillère d'argent , que préalablement on aurait placée dans sa bouche .

Les résultats auxquels donne lieu le contact des métaux dissemblables , prouvent que ce procédé exerce une certaine influence ; ce qui , par conséquent , détruit l'hypothèse imaginée par Galvani pour expliquer les contractions musculaires qu'il avait obtenues .

Ce physicien supposait qu'à raison de certaines causes naturelles, les différentes parties d'un animal sont habituellement dans des états opposés d'électricité, et que c'était en établissant une communication métallique entre elles, que l'on déterminait les contractions. Le professeur Volta combattit cette idée, et fit voir que l'effet produit résulte du contact de corps dissemblables, et non point de la communication établie entre les diverses parties de l'animal; il démontre que les contractions peuvent avoir lieu dans chaque partie isolément, en leur appliquant d'une manière convenable des métaux différens, ou autres substances très-dissemblables; et il expliqua ce phénomène en admettant un principe électromoteur (ou pouvoir de déterminer une circulation d'électricité) propre à tout circuit formé de trois substances de faculté conductrice différente. Ainsi le zinc, l'argent et l'humidité de l'animal, conduisent diversement le fluide électrique, et produisent dans ces expériences le même effet que déterminerait l'électricité artificielle. Volta découvrit aussi, qu'un seul métal et deux fluides hétérogènes agissent de la même manière qu'un seul fluide et deux métaux divers : il parvint ainsi à expliquer les effets obtenus par un seul métal, mis en communication avec des parties opposées d'un animal.

Volta s'est assuré que les sulfures alcalins (foie de soufre) et l'argent produisent autant d'effet que le zinc et l'argent. Il a démontré que l'une ou l'autre de ces combinaisons doit former un circuit avec les organes de l'animal, avant de pouvoir agir sur eux. On peut aisément prouver ce fait. Placez une capsule d'argent pleine d'eau sur un disque de zinc posé sur une table; touchez l'eau avec le bout de la langue, vous n'éprouverez aucune sensation particulière, car votre corps ne forme point alors un circuit avec le métal : mouillez vos mains et portez-les sur le plan de zinc, la langue étant toujours en contact avec l'eau, aussitôt vous ressentirez une saveur saline; le corps étant, dans ce dernier cas, en communication avec la surface des métaux combinés; ce qui, d'après les expériences de ce physicien, est une condition indispensable.

L'action spéciale qu'exercent ces sortes de combinaisons, paraît être la source de quelques effets souvent observés, mais qui sont restés inexplicables jusqu'à l'époque dont nous venons de parler.

Ceux qui boivent du *porter*, ont souvent remarqué que cette boisson avait une saveur essentiellement différente, suivant qu'on la buvait dans un vase d'étain, de verre ou de faïence; dans ce cas l'humidité des lèvres et le

porter, sont deux fluides différens entre lesquels l'étain du vase établit une communication métallique, ce que l'on a regardé comme un véritable circuit voltaïque. Le professeur Robison a même avancé que l'odeur du tabac est modifiée, lorsqu'on le garde dans une boîte de fer dont une portion de l'étamage a été altérée par un long usage.

On ne peut avec sûreté employer des clous de fer pour fixer le doublage des vaisseaux; car il est ordinairement en cuivre, et formé avec ces clous et l'eau de la mer une combinaison voltaïque; aussi a-t-on remarqué que ces métaux sont plus tôt rongés dans le lieu où ils se joignent: c'est pourquoi les clous de cuivre sont aujourd'hui généralement employés.

Les vases qui sont soudés se ternissent plus promptement dans les parties qui correspondent aux jointures: dans ce cas, les deux métaux forment, avec l'eau de l'atmosphère, un circuit voltaïque.

On explique encore, d'après le même principe, pourquoi les inscriptions étrusques, gravées sur le plomb pur, se sont conservées jusqu'à nos jours; tandis que des médailles, formées de métaux alliés, sont davantage corrodées, quoiqu'elles soient d'ailleurs d'une date plus récente. Il y a plusieurs autres phénomènes

analogues dont on pourra aisément se rendre compte , en les considérant attentivement , et en les comparant avec les divers exemples que nous venons de citer.

Volta suppose que la propriété de former des combinaisons efficaces tient à la différence de la faculté conductrice des corps associés ; et d'après leurs propriétés , considérées relativement à la production de ces effets , il les partage en diverses classes. Il y a en deux principales : 1°. les conducteurs parfaits et secs , comme les métaux et le charbon ; 2°. les imparfaits conducteurs comme les fluides , et les substances solides fibreuses qui doivent leur faculté conductrice aux fluides qu'elles contiennent.

Une combinaison voltaïque convenable , est formée de trois corps pris dans ces deux classes , et leur énergie est d'autant plus grande qu'ils diffèrent davantage l'un de l'autre.

Quand deux conducteurs parfaits sont combinés avec un conducteur imparfait (comme argent et zinc avec l'eau) , la combinaison est dite être du premier ordre. Quand deux conducteurs imparfaits sont associés avec un parfait conducteur (comme argent avec sulfure alcalin et eau ou acide) , la combinaison est dite du second ordre.

Le chevalier Humphrey Davy a donné le

tableau suivant, dans lequel il indique ces sortes de combinaisons les plus simples.

PREMIER ORDRE.

SUBSTANCES très-oxidables.	SUBSTANCES moins oxidables.	FLUIDES OXIDANS.
Zinc.	Avec or, charbon, argent, cuivre, étain, fer, mercure.	Solutions aqueuses d' <i>acides</i> nitrique, muratique ou sulfurique, etc.
Fer.	Avec or, charbon, argent, cuivre, étain.	Eau tenant en dissolution de l'oxygène, de l'air atmosphérique, etc.
Étain.	Or, argent, charbon.	
Plomb.	Or, argent.	
Cuivre.	Or, argent.	Solution de nitrate, d'argent et de mercure, acide nitrique, acide acéteux.
Argent.	Or.	Acide nitrique.

SECOND ORDRE.

CONDUCTEURS parfaits.	CONDUCTEURS imparfaits.	CONDUCTEURS imparfaits.
Charbon.		
Cuivre.		
Argent.		
Plomb.		
Étain.		
Fer.		
Zinc.	Solutions des hydro-sulfures alcalins, capables d'agir sur les trois premiers métaux, mais non sur les derniers.	Solutions d' <i>acides</i> nitrique, chlorique, muratique, capables d'agir sur tous les métaux.

Ces combinaisons jouissent d'une énergie plus ou moins grande, et on les a inscrites à peu près dans l'ordre de leur activité respective.

On ne peut, sans quelques difficultés, rendre sensibles les effets électrométriques qui, conformément à la théorie de Volta, résultent de ces sortes de combinaisons. Ce célèbre physicien est parvenu à les mettre en évidence, en se servant du condensateur que nous avons précédemment décrit comme une de ses inventions. L'usage qu'il fit de cet instrument lui donna le moyen de prouver que, quand on emploie deux métaux, le corps humide, ou imparfait conducteur, qui leur est associé, n'a qu'une part très-peu active dans la production des effets galvaniques : les substances métalliques elles-mêmes, sont alors la cause première du mouvement électrique. Quand la combinaison est formée d'un métal et de deux fluides, l'un de ces derniers seulement agit comme électromoteur, l'autre ne sert qu'à faciliter l'action, soit à raison de sa faculté conductrice, soit en transportant de l'un à l'autre moteur un courant d'électricité.

Volta, dans l'intention d'établir convenablement les principes que nous venons d'indiquer, fit de nombreux essais qui le conduisî-

rent à rechercher d'abord les combinaisons les plus avantageuses, et à tâcher de concentrer ensuite leurs effets. En l'année 1800, dans une lettre adressée au chevalier Joseph Banks, il donna la description d'un appareil qui remplissait toutes ces conditions, et donnait des signes non équivoques d'une activité électrique très-puissante.

Cette communication doit être regardée comme le commencement d'une époque remarquable en électricité; et c'est à son influence qu'il faut attribuer la rapidité avec laquelle un jour brillant et sans nuages succéda à cette première clarté: aussi les savans l'accueillirent-ils avec un empressement proportionné à son importance; et ils mirent à poursuivre ce genre de travail une habileté, un soin et une persévérance, qui ne peuvent être comparés qu'aux succès heureux dont leurs recherches furent couronnées.

Parmi les physiciens qui ont mis le plus d'activité à poursuivre ce genre de recherches, on doit citer MM. Nicholson et Carlisle; M. Cruicks-hanks, le docteur Henry, le ch. H. Davy, le docteur Wollaston; MM. Pepys, Sylvester, Children, Ritter, Deluc, Pfaff, Thénard, Van-Marum, Biot, Désormes, Priestley, Bostock, Simon, Wilkinson, Hisinger, Cuthbertson et

Berzelius. Les détails de leurs travaux rempliraient des volumes , et le soin de leur gloire sera la dette et l'orgueil des siècles à venir.

Les combinaisons proposées par Volta ont été nommées *appareils voltaïques* , en honneur de leur inventeur , et l'on a donné aux effets qu'elles produisent le nom d'électricité voltaïque. Cet objet sera traité d'une manière systématique dans la section suivante.

QUATRIÈME PARTIE.

ÉLECTRICITÉ VOLTAIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Construction de l'appareil voltaïque, phénomènes électriques qu'il produit.

LORSQUE nous avons énuméré les combinaisons voltaïques simples, nous avons dit que celles du premier ordre étaient formées de deux métaux et d'un fluide; nous avons ajouté que Volta regardait l'association de ces deux métaux comme la cause première des phénomènes que produisent ces sortes d'appareils.

Il y a deux méthodes, au moyen desquelles on peut mettre en évidence les états électriques opposés qui résultent du contact des métaux dissemblables. Dans la première, ce n'est qu'en se servant du condensateur que l'on peut faire diverger l'électromètre; dans la seconde, au contraire, on agit immédiatement sur cet instrument.

Nous avons précédemment décrit (*) un condensateur qui nous a paru être le plus con-

(*) Voy. p. 143. L'instrument est représenté par la fig. 19.

vnable : lorsqu'on en fait usage pour ces sortes d'expériences , il faut mettre son plateau isolé en communication avec un électromètre à feuilles d'or , qui ait une grande sensibilité .

EXP. 1^e. Procurez-vous deux disques métalliques d'environ quatre pouces de diamètre , l'un de cuivre et l'autre de zinc ; conservez-les parfaitement propres et brillans ; et au centre de chacun d'eux vissez un manche isolant , à l'aide duquel vous pourrez appliquer leur surface l'une contre l'autre . Après un contact d'environ une seconde , séparez les disques , et portez celui qui est en cuivre sur le plateau isolé du condensateur : remettez ensuite en contact les deux métaux , séparez-les , et faites de nouveau communiquer le disque de cuivre avec le condensateur : lorsque vous aurez répété cette opération dix à douze fois , vous éloignerez du plateau collecteur le plan non isolé , et aussitôt la divergence de l'électromètre donnera des signes d'une électricité que l'on reconnaîtra être négative .

EXP. 2. Détruisez la divergence de l'électromètre ; disposez le condensateur comme précédemment ; répétez les contacts des disques isolés , zinc et cuivre , et chaque fois que vous les aurez séparés , portez le disque de zinc sur le condensateur , dont vous retirerez ensuite

le plateau non isolé; alors l'électromètre divergera, et vous trouverez son électricité positive.

EXP. 3. Mettez sur une table un disque de cuivre, auquel vous superposerez un disque de zinc, que vous recouvrirez ensuite avec une rondelle mouillée de cuir, de carton ou de drap. Au moyen d'un fil métallique, faites communiquer, pendant une demi-minute environ, le conducteur humide avec le plateau isolé du condensateur : retirez alors le fil de métal, et mettez en contact, avec la partie supérieure de l'électromètre (fig. 20), le plateau collecteur du condensateur dont ensuite vous renverserez en arrière le plan non isolé. Cette opération transportera la charge recueillie sur le premier instrument, à la partie supérieure de l'électromètre ; et ses feuilles d'or manifesteront une faible électricité positive, aussitôt qu'après avoir retiré le plateau collecteur du premier condensateur, vous renverserez en arrière le plan mobile de l'électromètre. Si l'assemblage cuivre, zinc, et drap mouillé, est retourné, et que l'on mette le cuivre en contact avec le condensateur dont on transportera ensuite l'électricité sur l'électromètre, la divergence sera négative (*).

(*) Ces expériences exigent beaucoup de soin; l'électro-

EXP. 4. Prenez une capsule de cuivre , à laquelle vous adapterez un manche isolant , et en la percant d'une multitude de petits trous , vous en formerez une sorte de crible que vous remplirez ensuite de limaille de zinc ; placez un grand disque d'étain ou de cuivre à la partie supérieure de l'électromètre à feuilles d'or : tenant alors , au moyen de son manche isolant , la capsule de cuivre , vous ferez passer , à travers les ouvertures dont elle est percée , la limaille de zinc ; elle se déposera sur l'électromètre , qui bientôt donnera des signes d'une électricité positive : si l'on examine l'état du cuivre , on le trouvera négatif .

EXP. 5. Répétez l'expérience précédente , en substituant un crible de zinc à celui de cuivre , et de la limaille de cuivre à celle de zinc : le crible sera alors électrisé positivement , et la limaille négativement .

On peut faire ces sortes d'expériences avec d'autres métaux , et presque toutes les fois que vous mettrez en contact l'une avec l'autre deux

mètre et le plateau collecteur du condensateur doivent être parfaitement isolés : le physicien doit apporter l'attention la plus minutieuse pour ne négliger aucun détail ; et encore , lorsqu'il a égard à toutes ces conditions , l'électromètre n'indique souvent qu'une divergence très-faible .

substances métalliques dissemblables, et qu'en-suite vous les séparerez, elles seront électrisées en sens inverse. Si on les dispose dans l'ordre suivant : zinc, fer, étain, plomb, cuivre, ar-gent, or, platine, on trouvera que chacune d'elles devient positive, lorsqu'elle est mise en contact avec celle qui la suit; et négative au contraire, lorsqu'on l'oppose à celle qui la précède.

Ces faits semblent indiquer que, lorsqu'on associe deux métaux différens, l'attraction que chacun d'eux exerce sur le fluide électrique est modifiée, et que par conséquent une portion de l'électricité d'un passe à l'autre. Cette supposition étant admise, les états opposés dans lesquels se trouvent les métaux à l'instant de leur séparation, sont conformes aux effets que l'on observe dans les autres modes de produc-tion électrique (*).

(*) La nouvelle méthode d'isolement que j'ai décrite à la fin du troisième chapitre de l'avant-dernière partie de cet ouvrage, m'a permis de faire sur l'électricité qui se manifeste, à l'instant du contact des corps dissemblables, des expériences plus exactes que celles qui avaient été tentées jusqu'à ce jour.

Il était à désirer que les substances destinées à produire l'électricité que l'on se proposait d'examiner, fussent cons-tamment mises en contact avec le même corps; à cet effet,

Les métaux dont on se sert le plus communément, pour la construction de l'appareil

j'employai deux méthodes différentes. Dans la première, je me servis d'une sorte de crible, que j'eus le soin de bien nettoyer chaque fois, et à travers lequel je fis passer la substance que je me proposais d'examiner : elle était alors reçue à la partie supérieure d'un électromètre extrêmement sensible. Le second procédé consistait à étendre, sur une feuille de papier bien sec, la substance réduite en une poussière très-fine avec laquelle on mettait en contact un disque de cuivre isolé, que l'on portait ensuite sur un condensateur ; on répétait cette opération jusqu'à ce que l'instrument eût acquis une charge suffisante. Quel que fut le procédé mis en usage, les effets produits eurent une grande intensité, chaque fois que les substances furent extrêmement divisées. C'est en opérant ainsi que je parvins à obtenir de l'électricité en mettant des alcalis en contact avec un disque de cuivre ou d'argent, expérience que le chevalier H. Davy avait infructueusement essayée, quoiqu'il y eût d'ailleurs apporté beaucoup de soin. Je cassai en petits morceaux les alcalis purs, je les mis ensuite dans une petite fiole ouverte, qui fut exposée, pendant un quart d'heure à peu près, à une chaleur modérée trop faible pour les fondre ; ils furent réduits en poudre dans un mortier chaud et sec, et immédiatement après étendus sur une feuille de carton très-mince et bien séchée qui, pendant quelque temps, attirait l'humidité de l'alcali aussi vivement que ce dernier attirait celle de l'air : en général, l'opération devait être terminée aussi promptement que possible.

Comme, dans toutes les expériences qui furent ainsi faites, les plus grands effets eurent lieu quand on se servit de subs-

voltaïque , sont le cuivre et le zinc; ils produisent des effets qui , relativement à leur prix ,

tances réduites en poussière très-fine , il paraît fort probable que ce mode de production électrique n'est qu'une variété des procédés dont on fait habituellement usage.

En projetant sur l'électromètre les poussières suivantes , on obtint de l'électricité négative.

Cuivre , fer , zinc , étain , bismuth , antimoine , nickel , plomb noir , chaux , magnésie , baryte , strontiane , alumine , silice , oxyde brun de cuivre , oxyde blanc d'arsénic , oxyde rouge de plomb , litharge , blanc de plomb , oxyde rouge de fer , acétate de cuivre , sulfate de cuivre , sulfate de soude , phosphate de soude , carbonates de soude , d'ammoniaque , de potasse , de chaux , muriate d'ammoniaque , semences de perles communes , acides boracique , benzoïque , oxalique , citrique , tartarique , crème de tartre , oximuriate de potasse , potasse et soude pures , résine , soufre , sulfure de chaux , amidon , orpiment , etc.

Les substances suivantes , lorsqu'on les emploie de la même manière , fournissent de l'électricité positive.

Farine de froment , gruau d'avoine , lycopode , quassia , cardamomum en poudre , charbon de bois , sulfate et nitrate de potasse , acétate de plomb , oxyde d'étain .

Il paraît , d'après ces faits , qu'un très-petit nombre de substances seulement contractent l'électricité positive lorsqu'on les fait passer à travers le crin , la flanelle et la mouseline ; car , en essayant chacune de ces étoffes isolément , j'ai trouvé qu'elles fournissaient les mêmes résultats .

Un plan de cuivre , successivement mis en contact avec différentes substances , leur a communiqué un état électrique

sont plus grands que ceux que l'on obtiendrait de toute autre combinaison. L'argent et le zinc, ou l'or et le zinc, seraient plus énergiques ; mais la différence n'est point assez grande pour compenser l'augmentation des frais que l'on serait obligé de faire.

Une simple couple de disques métalliques, quelle que soit d'ailleurs leur dimension, ne produirait que des effets excessivement faibles. On a essayé de combiner ensemble l'action de plusieurs groupes. Le professeur Robison disposa

indiqué, dans le tableau suivant, par le titre de la colonne où on les a inscrites.

POSITIF.

Chaux, baryte, strontiane,
magnésie, soude pure, potasse
pure, semences de perles com-
munes, carbonates de potasse,
de soude, acide tartarique.

NÉGATIF.

Acides benzoïque, boraci-
que, oxalique, citrique, si-
licé, alumine, carbonate
d'ammoniaque, soufre, ré-
sine.

On a plusieurs fois répété ces expériences, et constamment elles ont donné les mêmes résultats. Tout bien considéré, elles ne paraissent point être favorables à l'idée qui suppose l'existence d'une énergie électrique naturelle ; et comme les effets obtenus en se servant du soufre et de la résine ressemblent à ceux qu'on aurait produits en les frottant, ils rendent très-probable l'opinion qui attribue au contact de corps dissemblables la source primitive de toute production électrique.

une série de disques zinc et argent, d'un diamètre à peu près égal à celui d'un *shilling*, et il en forma une espèce de rouleau : appliquant ensuite la langue à un des bouts, il ressentit une sensation plus forte que celle qu'on éprouve avec un seul assemblage : mais, à d'autres égards, l'énergie de cet appareil ne paraissait point être plus considérable. D'après la disposition indiquée, chaque disque de zinc était nécessairement placé entre deux disques d'argent, et réciproquement chaque disque d'argent entre deux disques de zinc ; il faut en excepter le premier et le dernier. Or, nous avons dit que le contact du zinc avec l'argent ou le cuivre, détermine une portion du fluide électrique à passer de l'un ou de l'autre métal à celui qui lui est opposé; et conséquemment, lorsqu'il n'y a qu'une seule couple, zinc et argent, par exemple, la surface extérieure du premier paraît positive et celle du second négative ; mais si de part et d'autre le disque de zinc est en contact avec cuivre ou argent, le fluide tendant à se mouvoir dans des directions contraires, aucune des deux surfaces ne pourra donner des signes d'électricité ; la même chose aura lieu en sens inverse, lorsque les deux côtés d'un disque d'argent ou de cuivre seront en contact avec du zinc. De là il suit que tout arrangement de

cette espèce, quelque nombreux que soient d'ailleurs les groupes employés, ne manifesterà ses extrémités opposées, qu'une intensité égale à celle que produirait une seule couple de disques métalliques.

Volta reconnut ce qu'avait de défectueux l'appareil imaginé par le professeur Robison; et il trouva moyen de le modifier convenablement. Les expériences qu'il avait faites relativement à la combinaison de deux métaux avec un conducteur imparfait (comme l'eau ou les dissolutions salines), lui avaient appris que la faculté électromotrice de ces liquides était très-faible, eu égard à l'énergie beaucoup plus puissante que développent les métaux combinés, en telle sorte que l'on pouvait ne les considérer que comme des conducteurs. Il sépara donc, par un intermédiaire humide, chaque série de couples métalliques, et parvint ainsi à réunir leur puissance sans développer des actions contraires; car les disques zinc et argent, ou zinc et cuivre, étaient alors en contact par une surface seulement; bien que d'ailleurs la communication fût établie entre tous les étages de la série (30).

Pour construire un tel appareil, procurez-vous un certain nombre de plans zinc et cuivre, ou zinc et argent, ronds ou carrés, et d'une

dimension quelconque : ayez un nombre égal de morceaux de drap , de cuir ou de carton de la même forme , mais un peu moins grands ; faites tremper ces derniers dans de l'eau salée , jusqu'à ce qu'ils soient bien imbibés. Mettez sur une table une pièce d'argent (ou de cuivre) ; placez au-dessus une pièce de zinc , et sur ce dernier un des intermédiaires humides ; sur celui-ci une seconde série argent , zinc et drap mouillé (ou carton) ; vous continuerez , dans le même ordre , jusqu'à ce que vous ayez une colonne de cinquante ou soixante étages , superposés les uns aux autres (*). On ne saurait apporter trop d'attention à placer régulièrement les disques. Si , dans le premier groupe , l'argent est placé en dessous , le zinc ensuite , puis le drap mouillé , on doit observer la même disposition pour tous les autres assemblages.

EXP. 6. La pile de Volta étant disposée ainsi qu'il vient d'être dit , si une personne mouillé ses mains avec de l'eau salée , et prend dans

(*) Lorsque la pile est composée d'un grand nombre de pièces , pour les empêcher de tomber , communément on les maintient entre trois piliers de verre enduits de vernis ; on les fixe à égale distance l'un de l'autre en les mastiquant dans un morceau de bois épais qui sert de base à la pile. (Voyez fig. 36.)

chacune d'elles une cuillère d'argent, dont elle se servira pour toucher simultanément le haut et le bas de la pile ; chaque fois qu'elle renouvelera le contact, elle ressentira une commotion distincte, mais légère, qui ressemble à peu près à la sensation que fait éprouver une batterie faiblement chargée : cette secousse est d'ailleurs d'autant plus forte que le nombre des étages de la pile est lui-même plus considérable. Si la communication est établie avec l'une quelconque des parties voisine des yeux, ou avec une cuillère d'argent mise dans la bouche, au moment du contact on apercevra un éclair brillant, que les yeux soient d'ailleurs ouverts ou fermés.

Cet appareil conserve son énergie pendant quelque temps; puis il la perd graduellement; car les plaques de zinc sont bientôt oxidées, à raison de l'influence qu'exerce l'humidité : aussi est-on obligé de démonter la pile et d'en nettoyer les disques, opération qui est vraiment fatigante, lorsque le nombre des étages est considérable. On remédié en partie à cet inconvénient, en soudant ensemble chaque couple zinc et cuivre, au lieu de les mettre simplement en contact. M. Cruickshanks a imaginé un procédé plus commode encore. Il consiste à cimenter chaque assemblage métallique, zinc et cuivre, dans des

rainures pratiquées aux parois d'une auge en bois d'acajou. On dispose la série des plans dans un ordre régulier, et on a soin de méanger entre chaque couple un intervalle étroit que l'on remplit avec de l'eau, ou autre fluide conducteur destiné à remplacer les intermédiaires humides dont on se sert pour la pile ordinaire : le liquide pouvant être aisément retiré et replacé, il faut beaucoup moins de temps pour disposer convenablement cet appareil, auquel on a donné le nom de *cuve* ou *batterie voltaïque* : on s'en est beaucoup servi dans ce pays, et c'est peut-être jusqu'à présent ce qu'on a inventé de mieux ; sa construction étant d'ailleurs fort simple.

On coule les plans de zinc dans un moule de fer ou de cuivre ; on peut leur donner un huitième de pouce d'épaisseur : les plans de cuivre ne doivent point peser au delà de douze à quatorze onces par pied carré, et ils peuvent n'être soudés au zinc que par un côté seulement, les trois autres étant garantis par le ciment (*) qui les fixe dans les rainures

(*) Les différens cimens dont on se sert pour la construction d'un appareil électrique, sont formés principalement avec de la résine, à laquelle on ajoute quelque substance pour la rendre plus adhérente et moins friable. Cinq livres

de la cuve, dont le nombre doit être égal à celui des plans qu'on se propose d'y mastiquer; et en général, il doit y en avoir d'autant moins, qu'ils ont des dimensions plus considérables; autrement l'appareil aurait l'inconvénient d'être trop pesant. Quand les plaques n'ont pas plus de trois pouces carrés, une cuve peut en contenir cinquante, et la distance des rainures doit être de trois à quatre huitièmes de pouce. Pour construire cet appareil, il faut employer du bois très-sec, que l'on joint avec du mastic ou ciment; la cuve étant ensuite fortement chauffée, on la place sur une table unie; on verse dedans du ciment très-chaud jusqu'à la hauteur d'un quart de pouce: pendant cette opération,

de résine, une livre de cire, une livre d'ocre rouge, et deux cuillerées de plâtre, fondues et bien mélées ensemble, forment un très-bon ciment pour la plupart des usages. Celui qui paraît le plus convenable pour cimenter de grandes batteries voltaïques, et qui, en même temps, est moins coûteux, est formé de six livres de résine, une livre d'ocre rouge, une livre de plâtre et un quart de pinte d'huile de lin: on peut en former beaucoup d'autres plus ou moins fusibles, en combinant en différentes proportions les substances qui viennent d'être indiquées; l'ocre et le plâtre doivent être bien desséchés, et on ne doit les ajouter aux autres ingrédients que quand ces derniers sont bien fondus.

les plans ont dû être fortement chauffés; il faut alors les glisser promptement dans les rainures, et les y appuyer avec force, de manière à ce qu'ils soient exactement enfoncés dans le ciment; on parvint ainsi à les bien fixer au fond de la cuve. Quand le ciment est suffisamment froid, on cloue, sur un des rebords de l'auge, une petite bande de sapin, de manière qu'elle déborde vers la surface interne d'environ un quart de pouce. La profondeur de la cuve étant à peu près trois quarts de pouce plus grande que la hauteur des plans, il y a un intervalle entre leur bord supérieur et la bande de sapin. En mettant à plat, sur une table, le côté de la cuve auquel est attaché le petit morceau de bois, cet intervalle forme un canal dans lequel on peut verser du ciment très-chaud qui coulera entre chaque paire de disques, de manière à mastiquer exactement un côté de toutes les cellules. Aussitôt que le canal est tout-à-fait rempli, on retire la petite attelle, et on incline la cuve de manière à faire sortir le ciment superflu; ceci étant fait, on cloue sur le côté opposé une nouvelle bande de sapin, et on répète la même opération : quand l'instrument est parfaitement cimenté, il peut être nettoyé et verni.

Si je suis entré dans des détails aussi minutieux, c'est que je ne sache point qu'on ait

encore donné de cet instrument une description assez détaillée pour que chacun puisse le construire avec facilité. (*Voyez figure 37.*)

L'appareil que Volta a désigné sous le nom de *couronne de tasses*, n'est réellement qu'une modification du précédent. Il consiste en une série de verres ou godets remplis d'eau, tenant en dissolution une substance saline quelconque. Dans chaque vase est plongée une des extrémités d'un arc métallique, formé d'une lame de zinc qui, au moyen d'un fil de métal, communique avec une autre lame de cuivre. Ces arcs sont tellement disposés que le côté cuivre du premier est dans le même verre que le côté zinc du second : le cuivre de celui-ci est avec le zinc du troisième, et ainsi de suite pour toute la série : le premier et le dernier vases représentent les extrémités opposées de la pile. Cet appareil occupe un grand espace; aussi dernièrement lui a-t-on substitué une cuve de bois d'acajou, divisée en cellules par des cloisons de glace, ou bien une cuve en porcelaine de Wedgewood, ayant des cloisons de même matière. Les plans de cuivre et de zinc sont soudés l'un à l'autre par des prolongemens en forme d'arc, et chaque assemblage doit être placé de façon que les plans associés soient séparés par une des cloisons de la cuve : consé-

quemment il y a dans chaque cellule un plan de cuivre qui communique au moyen du liquide interposé avec le zinc de l'assemblage suivant , ordre que l'on ne doit jamais intervertir. Ces sortes de cuves contiennent habituellement dix ou douze paires de plans qui sont réunis par un prisme de bois séché au four , de manière à ce que l'on puisse simultanément les introduire dans les cellules , ou les en retirer. (Voyez figure 58).

Cette construction donne la facilité de conserver le fluide dans la cuve , lorsque , pour suspendre l'action de l'appareil , on retire les plaques de dedans les cellules ; et quand les métaux sont altérés , on peut aussi aisément les remplacer ; mais les deux faces de chaque plan étant exposées à l'action du liquide , elles s'usent beaucoup plus vite , et il ne paraît point qu'à cet égard on obtienne jamais des effets proportionnés à l'accroissement des surfaces.

On a singulièrement fait varier les dimensions des disques de l'appareil de Volta : quelquefois on ne leur a donné qu'un demi-pouce de diamètre , et dans d'autres circonstances ils ont eu jusqu'à deux pieds huit pouces de large sur six pieds de long. Les plans dont la surface est la plus étendue , ne servent que pour quelques expériences particulières dont nous parlerons

par la suite. Ceux dont on fait le plus souvent usage , ont de deux à six pouces carrés.

Dans tous les appareils que nous avons décrits jusqu'ici , les métaux se succèdent d'une manière régulière , en telle sorte que , si le premier disque d'une batterie est de zinc , le dernier sera de cuivre ; et , dans tous les cas , il y aura à une des extrémités une pièce de zinc , et à l'autre une pièce de cuivre , dont une des faces sera libre. Le bout de la batterie , vers lequel sont tournées toutes les surfaces cuivre , est nommé *pôle cuivre* , et on appelle *pôle zinc* celui auquel répondent les surfaces zinc.

Quand on a besoin d'un puissant appareil , on peut combiner ensemble plusieurs batteries que l'on fait communiquer d'une manière convenable , au moyen de bandes de cuivre : ordinairement on associe l'extrémité zinc de l'une d'elles à l'extrémité cuivre de la suivante ; et , en continuant de cette manière , tous les plans sont placés dans la même direction. S'il arrivait qu'une batterie , ou même que quelques-uns des plans d'une nombreuse série , fussent mis en sens inverse , ils diminueraient considérablement le pouvoir de l'appareil.

Le fluide placé entre les différentes paires de plans sert à combiner les actions que développe isolément chaque assemblage , et de plus

paraît avoir une influence manifeste sur les effets produits. Une seule couple, zinc et cuivre, n'agira point volontiers sur l'électromètre condensateur ordinaire, si les deux métaux sont simplement mis en contact, tandis que l'un d'eux communique avec l'électromètre ; mais la plupart du temps cet instrument divergera rapidement, si un morceau de drap mouillé est placé sur le zinc. En outre, si une pile ou une batterie de cinquante étages est construite avec de l'eau pure, elle fera éprouver une commotion très-faible ; mais, si ce liquide tient un sel en dissolution, le choc sera beaucoup plus fort : aussi a-t-on, à juste titre, appelé le fluide interposé, *excitant* de la batterie voltaïque.

Si on examine avec attention l'état électrique des extrémités opposées d'une batterie voltaïque qui est en activité, on les trouvera inversement électrisées. Pour s'en assurer, lorsqu'il n'y a qu'un petit nombre d'étages, on est obligé d'avoir recours au condensateur : mais, avec une série de cinquante groupes, un électromètre à feuilles d'or peut être immédiatement influencé ; avec une centaine de couples, la divergence est très-évidente, et, en employant une série de mille étages, l'écartement ne sera point douteux, lors même qu'au lieu de feuilles

d'or, l'électromètre aurait des balles de sureau. Dans ces expériences, on fait communiquer, au moyen d'un fil de métal, une extrémité de la batterie avec la partie inférieure de l'électromètre, tandis qu'un second fil, partant de l'autre extrémité, est mis en contact avec le chapiteau. L'électricité accumulée vers le pôle zinc est toujours positive ; celle qui répond au cuivre, toujours négative.

Un fait qui, sans doute, paraîtra singulier, est qu'en se servant de la batterie de Volta, la commotion augmente lorsqu'on met l'appareil en activité avec de l'eau salée, ou autre fluide ayant quelque action chimique sur le zinc ; cependant les indications électrométriques n'éprouvent aucun accroissement. C'est ce que Volta a montré le premier, en tenant compte de la divergence que produit sur un électromètre l'appareil à couronne de tasses, mis en action avec de l'eau pure : il ajoutait ensuite, dans chaque vase, une pincée de sel, qui augmentait l'énergie de la commotion sans rien ajouter à l'effet produit sur l'électromètre. J'ai fait plusieurs expériences de ce genre, pour lesquelles j'ai employé un appareil qui a varié, depuis cent jusqu'à mille étages, et j'ai trouvé que les effets électriques étaient plus forts quand l'action chimique était moindre. Cent

disques furent mis en expérience au moyen de l'eau : on tint compte de leur action sur l'électromètre , et le choc fut à peine appréciable ; à l'eau on substitua de l'acide muriatique fortement délayé : la commotion devint beaucoup plus forte , mais l'action de la batterie sur l'électromètre diminua sensiblement. J'ai mis beaucoup de soin pour répéter et varier ces expériences , et j'ai constamment observé qu'avec l'eau commune , on obtient les effets électriques les plus forts ; et , ce qu'il y a de plus remarquable , c'est qu'on produit une augmentation réelle de ces sortes d'effets , en combinant une batterie électrique avec un appareil ainsi préparé. Si , au moyen d'un fil de métal , on établit une communication entre les deux extrémités d'une batterie voltaïque , qui ne contient que de l'eau pure , à l'instant où l'on fermera le circuit , on apercevra une très-faible étincelle , lors même que la série serait composée de huit cents ou mille paires de plaques ; et , si elle n'en renferme qu'un cent , l'effet sera rarement appréciable : mais , si deux fils métalliques partant de chaque extrémité de l'appareil communiquent l'un avec la surface interne , et l'autre avec la surface externe d'une batterie électrique n'ayant pas moins de douze pieds carrés de surface armée , cette batterie se chargera si promptement

que l'on pourra en retirer des étincelles, qui se succéderont rapidement, lorsqu'on fera communiquer avec sa face externe un fil de fer délié dont on se servira pour toucher successivement les tiges de métal qui établissent les communications entre l'intérieur des jarres. Lorsque, pour charger cette batterie, on emploie une série de trois ou quatre cents groupes, les étincelles qu'on retire sont si fortes que, à l'instant où elles éclatent, le bout du fil de fer devient scintillant ; et, avec une série de mille étages, les étincelles sont accompagnées d'un bruit distinct, et ont assez d'intensité pour brûler des feuilles minces de métal ; ce que ne pourrait faire l'appareil de Volta disposé avec l'eau commune.

J'ai eu occasion d'employer de cette manière un appareil composé de quatre cents paires de plans, dont la surface était d'environ quatre pouces; il affectait sensiblement l'électromètre, mais n'exerçait aucune action sur les corps combustibles. Je mis alors les extrémités opposées en communication avec une batterie électrique ; en un instant elle fut chargée assez fortement pour produire des étincelles brillantes qui se succédaient rapidement ; et la charge fut conservée avec tant de persévérance, qu'on en retirait des décharges presque continuuelles,

au moyen desquelles on put enflammer le phosphore et faire détonner le mercure fulminant.

La machine électrique la plus puissante ne produirait point de tels effets, quoique d'ailleurs, en continuant long-temps son action, on puisse charger la batterie à un beaucoup plus haut degré. La quantité d'électricité que met en mouvement l'appareil voltaïque doit donc être très-considérable ; mais, d'après les conditions auxquelles est soumise la production de ce fluide, il ne peut, en pareil cas, atteindre qu'une intensité très-limitée.

On a quelque raison pour croire qu'une portion considérable de l'effet produit par une combinaison voltaïque, est perdue à raison du pouvoir conducteur des corps avec lesquels elle est en communication. Lorsqu'une batterie électrique est placée entre ses pôles, c'est une espèce de réservoir qui reçoit le fluide développé : il s'y accumulera donc proportionnellement à l'étendue de ce réservoir, et dès-lors il est probable que des effets plus énergiques auront lieu, en se servant d'une grande batterie, qu'en employant une simple jarre : ces effets seront plus intenses si on préfère une grande jarre à une petite, et avec cette dernière plus forts que

si l'on avait recours à l'appareil tout seul.

Quelque courte que soit la durée du contact établi entre un appareil voltaïque préparé avec de l'eau et une simple jarre , cette dernière sera toujours chargée , et acquerra une intensité électrique supérieure à celle de l'appareil lui-même.

L'action que la batterie voltaïque exerce sur l'électromètre , augmente avec le nombre des plans; et Volta pense que cet accroissement lui est exactement proportionnel. Selon Ritter , lorsqu'on se sert d'eau , l'énergie de la commotion croît avec le nombre des plans , tant qu'ils ne sont point au-delà de cinq à six cents; mais elle décroît ensuite si l'on en réunit une plus grande quantité. Quand on emploie de l'eau salée , l'effet augmente à mesure qu'on ajoute de nouveaux plans , et continue toujours à croître de la même manière ; c'est au moins ce qu'indiquent les expériences faites avec la série la plus nombreuse qu'on ait encore employée. J'ai observé la même chose avec des acides très - étendus d'eau : la commotion que fait éprouver un appareil composé de mille plaques , est très-vive et très-douloureuse.

Une très-faible batterie de Volta a beaucoup de puissance pour provoquer le mouvement

musculaire. Si on introduit dans les oreilles d'un bœuf (*), d'un mouton, ou d'un autre animal, récemment tué, deux fils métalliques, dont un communiquera avec l'extrémité d'une batterie de cent couples, tandis que l'autre sera, à diverses reprises, mis en contact avec l'extrémité opposée; chaque fois que l'on complétera le circuit, de forts mouvemens musculaires auront lieu: et on pourra faire mouvoir les yeux de l'animal et imiter les mouvemens qu'il ferait pour flairer ou mâcher. Avec un appareil beaucoup moindre, on peut violemment agiter les jambes d'une grenouille, et même la faire sauter à une distance considérable une heure après sa mort (**).

(*) L'énergie de l'électricité voltaïque n'étant pas suffisante pour surmonter la résistance que lui oppose l'épiderme, on doit préalablement humecter, avec de l'eau salée, les parties avec lesquelles on se propose de mettre en contact les fils de métal: cette condition est également essentielle à observer lorsqu'on se propose d'employer cet appareil à la cure des maladies.

(**) La langue d'un bœuf fut, au moyen d'une brochette en fer, fixée sur une table; lorsqu'on lui appliqua l'électricité d'une batterie voltaïque, elle se contracta avec une telle force que la brochette qui l'attachait à la table fut déplacée: un mouton entier fit des mouvemens qui ressemblaient aux convulsions d'un animal qui éprouve une attaque

Une batterie qui est restée quelque temps sans qu'on en fasse usage, quelque étendue qu'elle soit d'ailleurs, ne produira que de très-faibles commotions lorsqu'elle sera mise en activité au moyen de l'eau, et elle ne fournira que des étincelles à peine sensibles; mais son action sur l'électromètre ainsi que sa faculté pour charger une batterie seront très-énergiques.

d'épilepsie; seulement elles étaient plus fortes (*Élémens de Wilkinson*, vol. II, pag. 464). On a supposé que l'application de l'électricité voltaïque pourrait être utile dans les circonstances où la vie animale est suspendue, et des essais ont été réellement faits sur des criminels peu de temps après leur exécution: mais on obtint seulement de violens mouvements musculaires sans aucune apparence de retour à la vie (voyez *Aldini*, sur le *Galvanisme*, vol. II, p. 38). Ce moyen a été également appliqué, avec quelque succès, à la cure des maladies; mais les observations jusqu'ici publiées ne sont point assez importantes pour justifier les conséquences qu'on pourrait en tirer.

On prétend avoir quelquefois utilement employé, dans quelques cas de paralysie, de rhumatisme, de douleurs de tête rhumatismales, de surdité et d'opacité de la cornée, le courant d'électricité produit par un appareil voltaïque. Dans ces sortes d'applications, on doit toujours mouiller avec de l'eau les parties à travers lesquelles on se propose de transmettre le fluide, et quelquefois même il faut y appliquer une pièce d'or, ou une feuille d'argent. Cette précaution est indispensable; car, ainsi que nous l'avons dit précédent-

Si on substitue à l'eau pure , de l'eau légèrement acidulée , la commotion deviendra plus douloreuse ; on pourra même retirer de vives éincelles ; mais l'électromètre indiquera une divergence moindre qu'il ne le faisait d'abord ; et il faut en dire autant relativement à la faculté de charger une batterie. Si actuellement on retire l'acide , qu'on nettoie les cuves , et qu'on y remette de l'eau , la force de la commotion

ment , l'électricité d'une pile de dimension modérée n'est point assez intense pour vaincre la résistance que lui oppose l'épiderme sec. Quand on veut diriger vers l'œil le courant électrique , un morceau d'éponge mouillé , attaché au bout d'un fil de métal , est un procédé fort convenable ; mais , en général , il faut user très-modérément de ce moyen ; car je suis assuré que , dans quelques circonstances , on a provoqué l'aveuglement en appliquant , sans précaution , à cet organe délicat , l'électricité développée par une puissante batterie. La nature du fluide dont on se sert pour mettre l'appareil en activité , importe beaucoup plus que les dimensions des plaques ; et à cet égard je pense que l'on ne doit jamais employer un acide peu étendu d'eau ; il est d'ailleurs très-probable que l'action de la batterie sera plus uniforme et plus durable , quand l'acide sera très-délayé. Pour la plupart des usages médicaux , la proportion qui paraît la plus convenable est environ $\frac{1}{500}$ d'acide muriatique. Le mémoire de M. Brande , inséré dans les Transactions philosophiques , année 1809 , p. 385 , pourra fournir au praticien des renseignemens utiles , relativement aux effets que déterminent sur les fluides animaux , les diverses intensités d'un appareil voltaïque .

restera la même ou éprouvera un léger accroissement : l'étincelle sera plus faible, et les effets électriques un peu plus forts que quand on se servait de l'acide ; mais l'effet habituel que produit l'eau, ne pourra être exactement obtenu qu'autant que l'appareil aura été fréquemment lavé et rempli.

Il paraît évident, d'après les faits dont on vient de donner le détail, que, pour rendre sensibles les effets électriques de l'appareil de Volta, il n'y a aucune disposition qui soit préférable à une nombreuse série de plaques, mise en activité avec de l'eau seulement. Un tel appareil a l'avantage bien important de conserver son énergie pendant un mois, et probablement pendant des années, sans qu'on soit obligé de s'en occuper. Sa puissance augmente lorsqu'on le fait communiquer avec une batterie électrique ; et, comme la charge qu'il détermine croît avec le nombre des plans, ce que semblent indiquer tous les résultats obtenus jusqu'à ce jour, il n'y a point le moindre doute qu'en se servant de cinquante ou cent mille plaques, on ne puisse constamment garder, dans une batterie électrique, une charge considérable sans aucune autre dépense que celle qui serait nécessaire pour faire l'acquisition de l'appareil ; les plans n'auraient d'ail-

leurs point besoin d'avoir au-delà de quatre pouces carrés.

CHAPITRE II.

Effets chimiques de l'appareil voltaïque.

L'ÉLECTRICITÉ voltaïque produit des phénomènes chimiques beaucoup plus remarquables et plus multipliés que ceux qui résultent de l'emploi d'un appareil électrique ordinaire. Dans le nombre il en est plusieurs qu'on obtient, en se servant des combinaisons les plus simples; et souvent ils se développent aussi paisiblement, que les opérations spontanées de la nature.

On remarque en général, pendant les opérations de l'électricité ordinaire, une action mécanique qui se manifeste rarement dans les phénomènes que produit l'appareil de Volta. On ne pourrait citer qu'un très-petit nombre d'exemples, dans lesquels l'action de la machine électrique n'est point accompagnée d'apparences lumineuses; et cependant il est rare qu'elle laisse apercevoir des effets non équivoques de chaleur; et encore, lorsqu'ils ont lieu, on pourrait les considérer comme une conséquence de son action mécanique.

L'appareil voltaïque présente communément une élévation de température , sans qu'il y ait émission de lumière ; mais quand , à raison de l'énergie des actions développées , les phénomènes lumineux deviennent intenses , la chaleur se manifeste alors à un degré supérieur à tout ce qui résulte des autres procédés de l'art.

Lors des premières expériences que l'on fit dans ce pays (*) avec l'appareil voltaïque , MM. Carlisle et Nicholson découvrirent les actions chimiques qu'il est susceptible d'exercer , et , en moins d'une année , on dut à l'activité des physiciens anglais , la connaissance des particularités les plus remarquables , relatives à ces sortes d'actions .

L'appareil de Volta donne lieu à des décompositions , qui s'exécutent avec une précision admirable . Les principes constituans des corps soumis à son action , sont séparés les uns des autres , à des distances appréciables , sans qu'on puisse observer aucun changement dans l'espace intermédiaire . Si deux fils d'or ou de platine , par exemple , sont respectivement mis en communication avec les extrémités opposées d'une pile voltaïque , et sont ensuite plon-

(*) Journal de Nicholson , in-4. , vol. IV , p. 179.

gés à quelque distance l'un de l'autre dans un vase contenant de l'eau, bientôt des bulles se manifesteront sur chaque fil, mais en plus grande abondance sur celui qui communique avec le côté cuivre (ou extrémité négative) de la batterie. Si l'on recueille ces gaz dans deux petits tubes remplis d'eau, et placés au-dessus des fils respectifs, on trouvera, en les analysant, que l'un est du gaz hydrogène, et l'autre du gaz oxygène : le premier est en plus grande quantité, leur volume étant à peu près dans le rapport de deux à un ; et c'est effectivement dans cette proportion qu'ils doivent être combinés pour former de l'eau..

Si, au lieu de fil d'or ou de platine, on emploie des fils métalliques plus susceptibles d'oxydation, celui qui communiquera avec le zinc (ou extrémité positive) de la batterie, sera oxidé et ne fournira aucun gaz; mais le fil en communication avec le cuivre (ou côté négatif) continuera à donner de l'hydrogène.

On peut conclure de cette expérience que, toutes les fois que l'eau est le moyen de communication entre deux fils qui proviennent des extrémités opposées d'une batterie voltaïque, l'oxygène est séparé par le fil positif, et l'hydrogène par le fil négatif.

Pour mettre ces faits en évidence, on rem-

plit d'eau un tube dont on ferme les extrémités avec des bouchons à travers lesquels on fait passer deux fils de platine, que l'on met ensuite en communication avec les extrémités d'une pile, de cinquante à cent étages, ayant deux pouces de côtés à peu près : chaque fil fournit alors un courant abondant de gaz ; résultat qu'on obtiendrait encore, quoiqu'avec une moindre énergie, si les fils métalliques étaient placés même à trois pieds de distance l'un de l'autre.

Les deux gaz étant ainsi recueillis dans un tube, on peut récomposer l'eau, en faisant passer une étincelle électrique à travers le mélange. La figure 29 indique un appareil fort commode pour répéter cette expérience. Il consiste en une coupe de cuivre supportée par une tige de métal, qui pénètre dans son intérieur, s'y élève d'environ un pouce, et sert d'appui à un petit récipient dont la partie supérieure donne passage à un fil mince de platine, formant intérieurement une saillie d'un demi-pouce à peu près : l'extrémité de la tige de cuivre présente une cavité destinée à recevoir un second fil de platine, assez long pour s'élever à peu près à un vingtième de pouce de l'extrémité du fil qui provient de la partie supérieure du petit réservoir. L'appareil étant

rempli d'eau , on fait communiquer la coupe de cuivre et le fil de platine cimenté à la partie supérieure du récipient , avec les extrémités opposées d'une pile de Volta. Les gaz se dégagent alors des deux fils , s'élèvent dans le récipient , et dépriment l'eau jusqu'à ce qu'elle s'abaisse au-dessous du bout du fil supérieur : l'opération alors s'arrête , et on peut diriger une étincelle à travers les gaz recueillis , en faisant passer la charge d'une petite bouteille de Leyde à l'intérieur du récipient , que préalablement on a dû avoir la précaution de bien assujétir. Les gaz s'enflamment , et l'eau remonte à la partie supérieure du réservoir. Quand la pile voltaïque est elle-même suffisante pour fournir une étincelle , il n'est point nécessaire , pour provoquer la combustion , d'avoir recours à une bouteille de Leyde.

On a représenté , figure 40 , l'appareil le plus simple que l'on puisse employer , pour recueillir séparément les gaz. A et B sont des tubes de verre de trois à quatre pouces de long , munis chacun d'un fil de platine mastiqué à leur partie supérieure , et assez long pour descendre jusqu'à leur extrémité inférieure. Ces récipients doivent être remplis d'eau , et renversés dans un petit verre à moitié plein du même fluide. On les met alors en communication

avec les pôles opposés d'une batterie voltaïque ; le tube qui répond à l'extrémité cuivre, est bientôt rempli d'hydrogène , tandis que , pendant le même temps , celui qui communique avec le côté zinc, reçoit une fois moins d'oxygène. Cet effet aurait également lieu , quand bien même chaque tube serait placé dans des verres séparés , pourvu que l'eau de ces vases fût mise en communication au moyen d'une substance fibreuse quelconque mouillée , comme un fil ou une mèche d'amiante bien imbibeé. Ce fait curieux , qui fut d'abord remarqué par le chevalier H. Davy , et qu'il a ensuite reproduit sous différentes formes dans un grand nombre d'expériences intéressantes , rend l'explication de ces phénomènes très-difficile. L'oxygène et l'hydrogène qu'on obtient sont censés provenir de la décomposition de la même particule d'eau ; cependant ils se manifestent à des distances très-considerables , comme aux extrémités opposées d'un long tube , ou même dans des vases séparés que l'on a fait communiquer au moyen d'une substance fibreuse humectée : il paraît donc certain , quelle que soit d'ailleurs la partie du circuit dans laquelle la décomposition a lieu , qu'un des gaz , après sa séparation d'avec l'autre , devra traverser une portion considérable du fluide sous une forme invisible ;

qu'il perdra ensuite au moment où il atteindra le fil qui lui correspond.

M. Cruickshank a découvert que la même action qui dégageait l'hydrogène de l'eau, pouvait revivifier les métaux de leur dissolution dans les acides, et produire la séparation de l'alcali et de l'acide, dont la combinaison forme un sel neutre dissous dans l'eau. On peut, au moyen d'expériences très-faciles, mettre ces phénomènes en évidence.

EXP. 7. Adaptez deux bouchons aux extrémités d'un tube de verre, d'un demi-pouce de diamètre et de quatre pouces de long : deux fils de métal, que vous ferez passer à travers ces bouchons, pénétreront dans son intérieur, et seront éloignés l'un de l'autre d'un pouce : emplissez le tube avec une dissolution d'acétate de plomb étendue d'eau; placez-le dans le circuit de la batterie voltaïque : des lamelles et des sortes de filaments paraîtront presque immédiatement adhérer au fil négatif, qui bientôt sera recouvert d'une belle végétation de plomb à l'état métallique. On peut répéter cette expérience avec le muriate d'étain ou le nitrate d'argent : ils offriront à peu près le même résultat : avec l'étain cette apparence est très-belle. Plusieurs autres métaux sont, dans le même cas, également revivifiés;

mais aucun de ceux que j'ai essayés ne présente le même éclat métallique.

EXP. 8. Recourbez un petit tube de verre, en telle sorte qu'il ressemble à la lettre V, et représente par conséquent un siphon renversé : introduisez dans chaque branche un fil de platine, et emplissez le siphon avec une infusion neutre de chou rouge (*); mettez un des fils en communication avec le côté positif, et l'autre avec le côté négatif de la pile de Volta ; les gaz se dégageront, et, en peu de temps, la liqueur que contient la branche positive du siphon deviendra rouge, et celle de la branche négative prendra une teinte verte. Établissez

(*) Pour préparer cette liqueur, lorsqu'on veut s'en servir comme d'un réactif pour les acides ou les alcalis, on fait infuser, pendant peu de temps, des feuilles de chou rouge. Après les avoir coupées, on les met dans de l'eau distillée chaude dont la quantité doit être suffisante pour les recouvrir. Ce liquide étant ensuite décanté, a une belle couleur bleue qui devient verte par son contact avec les alcalis, et rouge lorsqu'on l'unit aux acides, mais on ne peut la conserver longtemps. On se procure une infusion plus utile pour ces sortes d'expériences, en ajoutant à chaque pinte d'eau versée sur les feuilles coupées en morceaux, quelques gouttes d'acide sulfurique ; ce qui donne une infusion rouge que l'on peut facilement garder, et dont on neutralise à volonté une portion, en versant avec précaution quelques gouttes d'ammoniaque jusqu'à ce que la couleur bleue reparsisse.

en sens inverse la communication , en telle sorte que le fil qui était positif devienne négatif , et que celui qui était négatif soit rendu positif : la liqueur rouge reprendra d'abord sa couleur bleue primitive , et ensuite deviendra verte ; de son côté , la liqueur verte , après avoir repris sa teinte bleue , passera au rouge .

On pourra reproduire ces changemens alternatifs aussi souvent qu'on le jugera à propos ; en effet , il ne faut que changer les communications établies , et il n'est même point nécessaire d'employer pour ces sortes d'expériences un puissant appareil ; il suffit de trente paires de plaques de deux pouces .

On crut d'abord trouver , dans le transport de l'alcali au fil négatif , et de l'acide au fil positif , la preuve que l'appareil de Volta produisait ces corps . Le chevalier H. Davy s'est livré à ces sortes de recherches avec une activité infatigable et une habileté peu commune ; il a démontré , par une série de belles expériences , que ces mouvemens sont les conséquences d'une faculté propre à l'appareil , qui détermine toujours l'hydrogène , les corps combustibles , les alcalis et les métaux , à se porter vers l'extrême négative ; tandis que l'oxigène , ainsi que les acides , se dirigent vers l'extrême positive . Il fit voir que ces actions ont lieu

avec une force suffisante pour dégager ces substances de leurs combinaisons les plus intimes, et pour manifester leur présence, lors même qu'elles n'y existent qu'en très-petite quantité. Ainsi de l'eau distillée, que l'on a soumise à l'action de la pile, en la renfermant dans des vases de verre séparés que l'on réunissait ensuite par des substances fibreuses mouillées, a d'abord donné quelques signes de la présence de matières alcalines ou acides : de nouvelles expériences ont prouvé que l'alcali provenait de la décomposition partielle du verre, et l'acide de la combinaison d'une portion de l'oxygène qui était fourni par l'eau, et se combinait avec l'azote de l'atmosphère (*). L'acide et l'alcali furent néanmoins encore sensibles, quoique à un faible degré, quand on employa des vases d'or pur avec de l'eau distillée ordinaire : mais on s'assura bientôt que ce fluide contenait toujours une petite portion de matière saline ; et l'on fit voir que, quand il était lentement distillé dans un alambic d'argent, et décomposé dans un vase d'or à l'abri du contact de l'air, on n'apercevait aucune trace soit d'acide, soit d'alcali.

Ces expériences doivent faire sentir quelle

(*) Transact. philos. 1807, pag. 1 à 56.

est l'importance de la batterie de Volta , surtout si on la considère comme un instrument d'analyse , puisque les élémens de presque tous les corps soumis à son action ont été séparés et rassemblés vers les fils mis en communication avec ses pôles opposés.

Cette faculté de l'appareil voltaïque a donné lieu à un bien grand nombre d'expériences, pour lesquelles on a communément fait usage de deux capsules , quelquefois en verre , mais plus fréquemment en agate ou en or , surtout quand on voulait y mettre une grande exactitude : quelques filaments d'amiante mouillée (*) servaient à réunir ces capsules , que l'on faisait ensuite communiquer avec les pôles opposés d'une batterie voltaïque. En mettant dans chaque vase une petite quantité d'un sel composé , et en maintenant l'activité de l'appareil pendant un temps suffisant , l'alcali et l'acide se portaient l'un dans la capsule qui communique avec le fil négatif , et l'autre dans celle qui répond au fil positif. Ainsi , en plaçant dans les vases une dissolution de sel de Glauber , qui est composé d'acide sulfurique et de soude , au bout de quelques heures , on trouvera que

(*) Pour les expériences ordinaires , du coton mouillé peut être substitué à l'amiante.

l'eau de la capsule positive contient de l'acide sulfurique en dissolution , et celle de la capsule négative de la soude ; l'acide et l'alcali doivent conséquemment avoir été transmis dans des directions opposées , à travers les filaments mouillés , ou , mieux , à travers l'eau qu'ils contiennent : tout autre sel neutre pourrait servir à faire des expériences analogues.

Une dissolution d'un sel composé quelconque peut être mise dans une des capsules , et de l'eau distillée dans l'autre. Si on rend positive la capsule qui contient la dissolution , l'acide y restera , et l'autre élément du composé sera transporté dans la capsule négative : si , au contraire , la première avait été rendue négative , l'acide aurait été transporté , et l'autre élément serait resté ; les terres insolubles , et même les métaux , peuvent être transvasés de la même manière.

Parmi les nombreuses modifications que l'on peut faire subir à cette expérience , il en est une extrêmement curieuse. On place trois coupes sur une même ligne , et on les fait communiquer au moyen de coton mouillé. On verse du sulfate de potasse dans la capsule du milieu , et de l'infusion bleue dans les deux autres. Quand cet appareil est placé dans le circuit voltaïque , le premier et le troisième vases

étant respectivement mis en communication avec les extrémités opposées d'une batterie, l'acide sulfurique se rassemblera dans la capsule positive, rougira l'infusion bleue qu'elle contient; et la potasse étant transportée dans la capsule opposée, la liqueur dont elle est remplie passera du bleu au vert.

Les vases eux-mêmes peuvent être faits avec des substances salines compactes, comme du sulfate de chaux, de baryte, etc. Si on les remplit d'eau distillée, et qu'on les mette en communication au moyen de substances fibreuses humides, aussitôt qu'on aura complété du circuit, leurs élémens seront graduellement séparés et réunis vers les fils opposés; mais il faudra un temps considérable pour obtenir ces résultats.

Ces moyens de décomposition et de transport ont une telle énergie, qu'ils peuvent déterminer les élémens des corps composés, à passer même à travers des agens chimiques pour lesquels ils ont une grande affinité. Ainsi, quand on se sert de trois vases, en mettant du sulfate de potasse dans celui qui communique avec le côté négatif de la batterie, une solution d'ammoniaque (qui a beaucoup d'affinité pour l'acide sulfurique) dans le vase du milieu, et de l'eau dans celui qui communique avec le

côté positif, l'acide sulfurique quitte la capsule négative, traverse l'ammoniaque, et se rassemble dans la capsule positive. On peut modifier cette expérience, en substituant un acide à l'ammoniaque : le sulfate de potasse étant alors rendu positif, la potasse traversera l'acide pour se rendre au fil qui communique avec la surface négative. D'autres sels ont fourni des résultats analogues ; seulement on ne put réussir, lorsque le fluide intermédiaire formait avec la substance transmise un composé insoluble ; ce qui eut lieu quand on essaya de faire passer la baryte à travers l'acide sulfurique, ou bien l'acide sulfurique à travers une solution de baryte.

Il est probable que c'est à l'anéantissement momentané de quelques-unes des propriétés du corps transmis, qu'il faut attribuer l'absence de toute action chimique entre lui et les liquides interposés ; et c'est peut-être aussi la cause d'où dépend la transmission invisible des gaz. Les acides et les alcalis peuvent en effet traverser des couleurs végétales très-sensibles sans les altérer. Pour mettre ce fait hors de doute, prenez trois capsules de verre disposées comme il a été dit précédemment. Vous remplirez la capsule du milieu et celle qui doit communiquer au fil positif, avec l'infusion de chou rouge ;

dans la dernière, à laquelle répondra le fil négatif, vous mettrez une dissolution de sulfate de soude ; vous les ferez ensuite toutes communiquer ensemble au moyen de coton mouillé ; après quoi elles seront placées dans le circuit voltaïque : la teinture de la capsule positive deviendra bientôt rouge, et prendra une saveur fortement acide. Une analyse plus exacte a prouvé que ces deux effets étaient dus à l'acide sulfurique, qui, pour se porter vers le fil positif, a nécessairement passé à travers le vase du milieu, sans faire éprouver aucun changement à la couleur du liquide qu'il contient. En renversant les communications établies entre la batterie et les capsules extrêmes, la soude peut être transportée de la même manière, se rassembler dans l'eau colorée de la capsule négative, et la verdir sans qu'aucun effet apparent se manifeste dans l'infusion intermédiaire, à travers laquelle cet alcali a néanmoins passé.

La singularité de ces phénomènes, et l'uniformité constante de leurs résultats, montrent, de la manière la plus évidente, que l'électricité voltaïque est douée de quelques facultés analogues à celles d'où dépendent les actions habituelles de l'attraction chimique. Les extrémités opposées de la batterie paraissent avoir une affinité particulière pour différens corps

simples ; ainsi les substances inflammables, les alcalis, les terres et les oxides, sont constamment appelés vers le côté négatif : l'oxygène, le chlore et les acides, vers le côté positif. Maintenant, si l'on conçoit que ces phénomènes dépendent de l'attraction électrique, on ne pourra s'en rendre compte, à moins que de supposer les substances attirées, douées d'une électricité naturelle contraire à celle de la surface dont elles se rapprochent : or, on ne peut aisément admettre une telle hypothèse, sans reconnaître qu'il y a identité entre les attractions chimiques et électriques, ou, en d'autres termes, qu'elles dépendent d'une même cause qui, dans un cas, agit sur les masses, et dans l'autre sur les particules. Le célèbre physicien à l'habileté et à la persévérance duquel nous sommes redevables de la connaissance de ces faits, cite plusieurs phénomènes qui viennent à l'appui de cette opinion ; et, pour établir une hypothèse, il a fait preuve d'autant de talent, qu'il en avait déjà montré pour découvrir des vérités importantes.

Si les fils qui communiquent avec les extrémités de la pile de Volta sont plongés dans l'eau, et maintenus à une certaine distance l'un de l'autre, le liquide sera décomposé : l'oxygène se rendra au côté positif, et l'hydrogène au côté négatif. Il faut donc supposer qu'ils sont

naturellement électrisés , l'un négativement et l'autre positivement : en conséquence , ils s'attirent , et , en se réunissant , forment de l'eau dont l'électricité est nulle ; ce qui doit être , puisque ses élémens étaient dans des états électriques opposés . Or , la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène est déterminée par un pouvoir attractif qui a toujours la même énergie . Si donc on oppose à ces gaz une puissance qui agisse plus fortement sur eux , ils devront se séparer . On peut , en augmentant le nombre des disques de la batterie de Volta , rendre ses extrémités respectivement positive et négative , à tous les degrés possibles . Lorsqu'on plonge dans l'eau les bouts de deux fils en communication avec les pôles d'une batterie , si on les suppose plus fortement électrisés que ne le sont les élémens du fluide , ce dernier sera nécessairement décomposé , et chacune de ses parties constitutantes se dirigera vers celui des fils dont l'électricité est opposée à la sienne . Les gaz , ainsi attirés dans des directions contraires , se dégageront ou se combineront avec les fils , s'ils ont de l'affinité pour eux . Ainsi , quand le métal qui communique au côté zinc de la pile peut aisément se combiner avec l'oxygène , il ne se dégage aucune portion de ce gaz ; mais il se forme graduellement une cer-

taine quantité d'oxyde. On a également remarqué qu'en se servant de *tellurium* pour établir la communication entre l'eau et le pôle négatif de la pile, on obtenait un composé solide formé d'hydrogène et d'une portion du métal employé comme conducteur.

Les décompositions auxquelles donne lieu l'appareil voltaïque paraissent très-faciles à concevoir, quand on les considère sous ce point de vue; et le raisonnement que l'on a fait relativement à l'eau peut s'appliquer à beaucoup d'autres substances. Les corps qui ordinairement se portent vers le fil positif contiennent la plupart de l'oxygène, ou ont des propriétés analogues : on peut donc les regarder comme étant naturellement dans le même état électrique (négatif); et les substances qui se dirigent vers le pôle négatif, sont principalement analogues à l'hydrogène, soit parce qu'elles sont réellement combustibles, ou qu'elles contiennent une portion considérable de matière inflammable : dès-lors on peut admettre qu'elles ont la même électricité naturelle (positive).

Il est possible, dans quelques circonstances, de rendre évidentes ces facultés électriques naturelles. Touchez quelques cristaux d'acide benzoïque, oxalique, ou autre acide solide, avec un disque de métal isolé, que vous porte-

rez ensuite sur le plateau collecteur de l'électromètre condensateur. Après le contact, renversez son plan mobile, et alors les feuilles s'écarteront à raison d'une électricité positive. Il paraît donc raisonnable de conclure que l'acide est négatif, ce qui s'accorde avec l'hypothèse qui a été avancée. Répétez cette expérience en substituant aux acides, de la chaux, de la strontiane ou de la baryte sèches; vous trouverez que ces substances sont positivement électrisées; et on obtiendrait probablement le même effet avec les alcalis, si ce n'est que l'attraction qu'ils ont pour l'humidité nuit aux résultats (31).

On peut encore remarquer que les corps capables de former une combinaison voltaïque active, sont la plupart susceptibles de se combiner chimiquement, quand leurs parties peuvent librement se mouvoir; ce qui est surtout remarquable relativement aux combinaisons des différens métaux. Ceux qui ont la plus forte tendance pour s'unir à l'oxygène deviennent positifs, ou égard à ceux qui agissent moins énergiquement sur cette substance: la même chose arrive avec le soufre et les métaux, les acides et les alcalis. Ainsi dans une combinaison fer, cuivre et acide, étendue d'eau,

le fer est le métal le plus influencé par l'action chimique, et il est positif en égard au cuivre; mais dans une combinaison fer, cuivre et sulfure alcalin, le cuivre, éprouvant l'influence la plus grande, est alors positif en égard au fer.

Les substances qui s'électrisent par leur mutuel contact, perdent cette faculté aussitôt qu'on les combine entre elles; ainsi, le cuivre et le zinc, quand on les associe, donnent des signes d'électricité qu'ils ne manifestent plus lorsqu'ils sont alliés : il faut en dire autant du soufre et du cuivre, du zinc et du mercure.

On peut, en quelque sorte, rendre sensibles les énergies électriques naturelles, au moyen d'une expérience, d'abord imaginée par le professeur Lichtenberg, et ensuite perfectionnée par MM. Cavallo et Bennett, qui en ont donné une explication satisfaisante.

Exp. 9. Procurez-vous un plan résineux de dix-huit pouces de diamètre et d'un demi-pouce d'épaisseur (*); promenez d'abord, sur une portion de sa surface, le crochet d'une petite bouteille chargée négativement, puis sur une

(*) On peut le construire en mêlant ensemble cinq livres de résine, une demi-livre de cire et deux onces de noir de fumée. On verse le mélange sur une planche ayant un bord qui environne et retient la composition tant qu'elle

autre portion le crochet d'une seconde bouteille positivement électrisée. Mettez le plan dans une situation verticale, et projetez sur sa surface, au moyen d'un soufflet à poudrer, un mélange de minium (deutoxide de plomb) et de fleurs de soufre : les poudres mélangées seront séparées par les différentes électricités déposées à la superficie du plan résineux. Le minium s'attachera aux parties touchées par la bouteille négative, et la fleur de soufre à celles qui ont été mises en contact avec le crochet de la bouteille positive : les figures que représentent ces poussières sont très-curieuses, et elles ont toujours un caractère différent. On peut les varier d'une multitude de manières plus ou moins agréables, en formant des lettres ou autres figures avec les crochets de bouteilles chargées, ou bien en communiquant l'électricité au plan résineux, au moyen de conducteurs de formes appropriées.

Les électricités contraires développent, pour opérer la séparation du mélange, une influence qui ne peut provenir que de la diversité des états électriques actuels des poussières. C'est

est fluide. Pour faire disparaître les espèces de vésicules qui se forment sur sa surface, on présente fréquemment le plan au feu, et on le laisse ensuite refroidir après chaque application de la chaleur.

ce que M. Cavallo a le premier découvert, et ce que l'on peut mettre ainsi en évidence.

EXP. 10. Mettez, sur la partie supérieure de l'électromètre à feuilles d'or, un large disque de métal, sur lequel vous projetterez de la fleur de soufre, soit en vous servant d'une bouteille de gomme élastique, d'un soufflet à poudrer, ou même en la faisant passer à travers un sac de toile claire. L'électromètre manifestera bientôt l'électricité négative. Détruisez la divergence des feuilles d'or, enlevez le soufre et répétez l'expérience avec du minium qui préalablement aura été desséché; l'électromètre indiquera alors des signes d'électricité positive.

Je ne cite ce dernier résultat que d'après l'autorité de M. Bennett (*); mais il est remarquable que les diverses espèces de minium que j'ai jusqu'ici essayées, produisent de l'électricité négative quand on les projette à la partie supérieure de l'électromètre, quoique d'ailleurs, dans l'expérience de Lichtenberg, elles soient attirées par la surface électrisée négativement. On ne peut autrement expliquer cette anomalie, qu'en supposant que l'électricité du

(*) Voyez ses nouvelles expériences sur l'électricité, p. 26, ou les Transactions philosophiques pour l'année 1787, vol. LXXVII, p. 28.

minium est différente lorsqu'il est projeté conjointement avec une autre poussière. J'insiste sur cette circonstance, parce que la séparation du mélange de minium et de soufre, ou de minium et de résine, a constamment eu lieu quand je l'ai reçu sur une surface chargée avec les deux espèces d'électricité; mais le minium, le soufre ou la résine sans exception, lorsque je les ai employés isolément, ont toujours communiqué de l'électricité négative à l'électromètre.

Le soin que M. Bennett a mis dans ses expériences, la conformité qui se trouve entre le plus grand nombre des résultats qu'il a obtenus et ceux qui me sont propres, me portent à croire que le minium dont il a fait usage produisit réellement l'effet indiqué, et que la différence que j'ai observée à cet égard résultait de la diversité des procédés suivis dans les manufactures. Dans le Derbyshire, où réside M. Bennett, on fait le minium en oxidant directement le plomb; tandis qu'une portion considérable de celui que l'on vend à Londres est fait, dit-on, avec de la litharge, et est regardé comme moins pur. Cette différence peut, jusqu'à un certain point, servir à expliquer la variété des résultats obtenus par M. Bennett et par moi: mais elle ne peut, en aucune sorte, éclaircir ce phénomène

singulier d'une poussière électrisée négativement , qui se porte sur une surface négative , lorsqu'à une égale distance d'elle il y en a une qui est positive.

Il est encore d'autres analogies qui peuvent servir à étayer l'hypothèse d'une énergie électrique propre aux diverses substances. Ainsi une émission plus ou moins abondante de lumière et de chaleur accompagne quelquefois les actions chimiques et électriques , et leur développement est d'ailleurs également favorisé par l'élévation de température. Mais un fait bien remarquable , est la faculté que possède l'électricité d'activer ou de suspendre l'influence habituelle de l'affinité chimique : l'acide nitrique , par exemple , agit fortement sur le cuivre ; or , conformément à l'hypothèse ci-dessus énoncée , c'est une conséquence de l'état positif du cuivre , eu égard aux acides (*), et l'expérience montre qu'en affaiblissant cette énergie positive , l'action est réellement diminuée ou suspendue.

EXP. 11. Faites communiquer , avec le côté

(*) On a vu que les métaux sont positifs ou négatifs , relativement les uns aux autres , à peu près dans l'ordre de leur affinité pour l'oxygène ; mais ils sont tous positifs eu égard aux acides , et négatifs par rapport aux alcalis.

positif d'une pile de Volta, un fil de platine dont vous plongerez l'autre extrémité dans un verre rempli d'acide nitrique étendu d'eau ; un fil de cuivre sera mis en contact avec le côté négatif de l'appareil , et , pour compléter le circuit, se rendra dans le même vase : l'acide ne développera alors sur le cuivre qu'une action extrêmement faible; car ce métal , à raison de sa communication avec la pile, est dans un état électrique négatif, ce dont on peut en quelque sorte acquérir la preuve, puisque, si l'on interrompt le circuit , le fil de cuivre sera promptement dissous.

On peut, à l'aide d'un procédé semblable , opérer la combinaison de deux substances qui n'ont aucune affinité l'une pour l'autre. Parmi les nombreux exemples qui viennent à l'appui de cette assertion , je citerai le suivant comme l'un des plus simples.

EXP. 12. Mettez en communication , avec le pôle positif d'une pile voltaïque , un vase que vous remplirez avec une dissolution de sulfate de cuivre ; vous plongerez dans ce liquide une lame d'argent; et après qu'elle y aura séjourné pendant un certain temps , vous vous assurerez qu'elle n'a subi aucune altération : en la faisant alors communiquer avec le pôle négatif, au

bout de quelques minutes , elle sera recouverte de cuivre.

Plusieurs substances métalliques qui , lorsqu'elles ne sont point en communication avec les extrémités de la pile de Volta , n'ont aucune affinité pour certains métaux , peuvent cependant , de la même manière , servir à les revivifier de leur dissolution dans les acides .

L'objection la mieux fondée que l'on puisse faire aux conséquences déduites de ces phénomènes , paraît être le très-léger changement électrique nécessaire à leur production : car ils ont lieu lors même qu'il n'y a qu'une seule couple métallique pour les déterminer , et , à cet égard , il suffit de deux minces fils de métal : cependant , dans ce cas , on ne saurait reconnaître la présence d'aucune électricité , même en se servant des instrumens les plus délicats .

EXP. 13. Si on plonge dans un verre contenant de l'acide muriatique étendu d'eau , deux fils , l'un d'argent et l'autre de zinc , en telle sorte qu'ils soient à une petite distance l'un de l'autre , le fil de zinc fournira un courant rapide de gaz hydrogène , et celui d'argent ne présentera rien de particulier : si l'on met en contact les extrémités qui sont hors l'acide , ce que l'on fait en les tortillant ensemble , la quantité d'hydrogène fournie par le zinc dimi-

nuerà , et des bulles se manifesteront à l'extrême-
mité du fil d'argent.

Si l'on répète cette expérience avec des fils de zinc , de fer ou de cuivre opposés à de l'or et plongés dans de l'acide nitrique affaibli , on observera le même phénomène ; mais alors il se dégagera du gaz nitreux.

EXP. 14. Si vous plongez dans une dissolution de cuivre un fil de fer et un autre d'argent , le premier sera bientôt recouvert d'un enduit cuivreux , tandis que le second n'éprouvera aucun changement ; mais lorsque l'on aura mis ces fils en contact , en les tortillant ensemble par leurs extrémités supérieures , l'argent se recouvrira promptement de cuivre revivifié.

On pourrait faire de semblables expériences , en se servant d'un fil de zinc et d'un fil d'argent plongés dans des dissolutions de plomb ou d'étain.

Le docteur Wollaston , auquel nous sommes redevables des deux expériences que nous venons de décrire , a proposé de les expliquer de la manière suivante : « Quand on emploie de l'eau conjointement avec des fils métalliques , pour former le circuit entre les deux extrémités d'une pile , aussitôt que l'énergie de l'appareil est suffisante pour oxider l'un des

fils , celui qui est en contact avec l'extrémité opposée fournit du gaz hydrogène.

» Puisque , dans cet exemple particulier, le dégagement du gaz hydrogène paraît dû à l'influence qu'exerce l'électricité , il est probable que , dans d'autres circonstances , la présence de cet agent peut aussi être nécessaire à la formation de ce gaz. Il paraîtrait donc que pendant la dissolution d'un métal , et lorsque l'acide agit sur lui, il y a de l'électricité développée , et que la production du gaz hydrogène , même dans ce cas , résulte d'un mouvement électrique qui a lieu entre le liquide et le métal.

» La treizième expérience nous a de plus fait voir que le zinc peut décomposer l'eau sans être en contact avec aucun autre métal ; nous n'avons d'ailleurs point de motifs pour supposer que la communication établie avec l'argent développe aucune nouvelle faculté ; mais tout nous porte à croire qu'elle agit simplement pour transmettre l'électricité , et qu'elle détermine ainsi la formation du gaz hydrogène.

» Le fil de fer , dont nous avons fait usage dans la quatorzième expérience , jouit par lui-même de la faculté de précipiter le cuivre ; ce qui , je le présume , provient de l'électricité développée pendant sa dissolution ; et , ainsi que

dans l'exemple précédent, c'est en conduisant l'électricité que l'argent acquiert la propriété de précipiter le cuivre à l'état métallique (*). »

Nous avons rapporté, page 212, les expériences au moyen desquelles le docteur Wollaston a prouvé que l'électricité négative, développée par une machine ordinaire, agissait par attraction sur l'alcali et déterminait la précipitation du cuivre à la surface de l'argent : cet habile physicien pense que ces faits sont également propres à favoriser l'opinion qu'il a émise, et à prouver que l'oxidation est la première cause des phénomènes électriques. J'avouerai qu'ils me paraissent plutôt contraires que favorables à une telle supposition; car, dans l'expérience où deux fils métalliques différens sont mis en contact, ils produisent l'un et l'autre le *même effet chimique*: cependant, s'il arrivait qu'ils manifestassent quelques signes d'électricité, l'un serait positif et l'autre négatif; c'est ce que prouvent toutes les expériences tentées jusqu'à présent avec des métaux hétérogènes combinés. Il est également bien connu que, si deux fils métalliques, qui n'ont aucune action sur le fluide dans lequel ils sont plongés, sont res-

(*) Transactions philosophiques de 1801, vol. XCI, pag. 427 et suivantes.

pectivement rendus positif et négatif, ils produiront *des effets chimiques différents*.

Dans la même hypothèse, l'effet chimique produit par le fil d'argent est attribué à l'électricité que lui communique le zinc, et de plus on prétend que nous n'avons aucune raison pour supposer qu'une nouvelle faculté quelconque puisse être développée par le contact des métaux hétérogènes. Or, si c'est réellement là ce qui arrive, toute communication quelconque établie entre les substances métalliques, devrait être la seule condition nécessaire pour développer le pouvoir chimique de l'argent; mais il en est tout autrement : la communication ne doit point être seulement *conductrice*, il faut encore qu'elle soit *métallique*; et même, dans ce cas, il ne se manifesterait aucun effet chimique, si les fils n'étaient pas plongés dans un même liquide, ou dans deux portions séparées de ce liquide, entre lesquelles on doit alors établir une *communication conductrice*.

EXP. 15. Unissez, en les tortillant ensemble, deux fils, l'un de zinc et l'autre d'argent; vous en formerez un arc composé qui vous servira à établir une communication entre deux verres remplis d'une dissolution de cuivre. Le zinc, placé dans l'un des vases, attirera immédiatement

ment le cuivre , mais ne communiquera point cette faculté à l'argent plongé dans l'autre vase ; et cependant ces métaux sont intimement unis. Sans changer la disposition de l'appareil , établissez entre les deux verres une seconde communication au moyen d'un métal quelconque , excepté l'or et le platine : l'argent sera immédiatement recouvert d'une couche de cuivre , et continuera à le précipiter de sa dissolution aussi long-temps que subsistera la disposition actuelle de l'appareil ; or , la seule condition qui paraisse avoir déterminé l'influence chimique de l'argent , est la nouvelle communication établie entre les verres , indépendamment de celle qui déjà avait lieu au moyen de l'arc composé . Il paraît donc que les métaux associés ne peuvent pas servir comme *conducteurs de l'agent qui détermine les effets produits* : en effet , s'ils le faisaient , il serait difficile que , dans une batterie voltaïque , l'accumulation des plaques produisit une augmentation de puissance .

Cette expérience ne fait connaître aucune des causes d'où dépend la puissance électrique de l'appareil de Volta ; mais elle prouve que l'association de *trois* substances différentes est essentielle pour qu'il puisse produire des actions chimiques ; et on pourra remarquer que , sous

ce rapport, nos résultats sont d'accord avec quelques expériences faites par M. Deluc relativement aux combinaisons efficaces de la pile voltaïque. Ce célèbre physicien a fait voir qu'on ne pouvait, avec cet appareil (quelle que fût d'ailleurs sa disposition), produire aucun effet chimique, à moins qu'on ne se servît de deux métaux et d'un liquide intermédiaire. Ainsi, dans la dernière expérience, le zinc, l'argent et une dissolution furent *inactifs*, quoique en contact les uns avec les autres, jusqu'à ce que le fluide devint le moyen de communication entre les extrémités libres des métaux combinés.

Les résultats que nous avons obtenus dans la quinzième expérience, auraient également lieu, si les deux verres, qui contiennent la dissolution métallique, communiquaient au moyen d'un conducteur humide quelconque; mais la faculté chimique du fil d'argent sera d'autant moindre, que ce conducteur aura une longueur plus considérable; et, en général, dans ces sortes d'expériences, l'arc composé exercera sur le fluide intermédiaire une influence d'autant plus énergique, que l'intervalle qui sépare ses extrémités sera moins étendu. Aussi, lorsque, pour opérer des décompositions chimiques, on fait usage de l'appareil de Volta, les bouts des fils conducteurs doivent être éloignés

l'un de l'autre à une distance plus ou moins considérable, suivant que l'on désire obtenir une action plus ou moins intense.

EXP. 16. M. Sylvester a rendu sensible l'effet dont il s'agit, au moyen d'une combinaison voltaïque très-simple, l'appareil est représenté figure 41. On remplit d'acide muriatique très-ffaibli un vase de verre cylindrique et étroit; à travers un bouchon qui sert à le fermer, passent deux fils de métal; l'un, de zinc, est droit et a peu de longueur; l'autre, plus long et recourbé, est de platine ou d'argent. Ce dernier tourne à frottement dans le bouchon, de manière que l'on peut à volonté le mettre en contact avec le zinc, ou bien l'en écarter. Lorsqu'ils sont éloignés, le zinc seul agit; mais, aussitôt qu'ils se touchent, le platine ou l'argent se recouvre de bulles qui paraissent plus promptement, et en plus grande quantité, vers le point S et le point C, dont le fil zinc est séparé par une couche moins épaisse de fluide.

Une simple combinaison voltaïque, malgré l'obstacle qui peut résulter de la distance, continue à produire son effet, lors même que l'épaisseur de la couche du fluide interposé est considérable. Si on remplit d'acide muriatique assaibli un tube de trois pieds de long, fermé à ses deux extrémités par des bouchons à travers

lesquels on fera passer, d'une part un fil de platine et de l'autre un fil de zinc : lorsqu'on les fera communiquer, des bulles se manifesteraient vers le fil de platine. Dans le cas où le tube serait recourbé, l'effet serait moins prompt ; mais il se manifesterait constamment. Pour m'en assurer, j'ai pris deux tubes semblables de dix-huit pouces de long; je les ai réunis par un tuyau court et flexible, de manière qu'ils formaient un tube de trois pieds, ayant un joint à sa partie moyenne : cette disposition me permettait d'employer cet appareil, soit comme un tube droit, ou comme un siphon, aux branches duquel on pouvait donner toutes les inclinaisons possibles. Je plaçai aux extrémités de ce tube, d'un côté un fil de zinc, et de l'autre un fil de platine, et je remarquai que toutes les fois que leurs bouts furent mis en communication au moyen d'un fil métallique, l'hydrogène parut bientôt à l'extrémité du fil de platine ; effet qui avait lieu plus promptement, lorsque le tube était droit, ce qui semblerait indiquer que la cause à laquelle cette combinaison donne naissance, agit plus rapidement à travers une colonne d'un fluide qui est en ligne droite ; que lorsqu'il a toute autre direction.

Nous avons précédemment vu qu'un métal,

tenu en dissolution dans un fluide interposé, est revivifié par le fil qui, dans d'autres circonstances, émet de l'hydrogène ; et nous avons également pu remarquer, d'après les effets produits par les fils d'argent et de platine, que des métaux qui, lorsqu'ils sont seuls, n'exercent aucune action chimique sur le fluide dans lequel ils sont plongés, peuvent cependant le décomposer quand ils sont associés à un autre métal. Bien que nous soyons encore loin de concevoir ces phénomènes, néanmoins ils peuvent servir à éclaircir quelques effets chimiques, qui auparavant étaient moins intelligibles encore. Si, par exemple, un fil de zinc est plongé dans une dissolution de plomb, ce dernier sera revivifié, et présentera une végétation métallique qui s'accroîtra graduellement, les particules métalliques nouvellement précipitées, se plaçant toujours aux extrémités de celles qui l'ont été d'abord. On peut aisément expliquer comment les premières quantités de plomb se précipitent; l'acide qui tient ce métal en dissolution ayant une plus forte attraction pour le zinc, en dissout une partie, et dépose sur sa surface une quantité correspondante de plomb; mais l'opération continue, de nouvelles quantités viennent se joindre à celles qui ont été primitivement

revivisées , et se déposent à leurs extrémités les plus éloignées du zinc , tandis qu'elles sembleraient devoir plutôt se précipiter immédiatement sur ce métal , et contribuer ainsi à l'accroissement de la végétation qui a été d'abord formée. On conçoit maintenant pourquoi on obtient un résultat contraire : les particules de plomb déjà revivisées forment , avec le zinc et le fluide environnant , une combinaison voltaïque , effet qui est analogue à ce qu'on obtient dans d'autres circonstances.

EXP. 17. Étendez quelques gouttes d'une dissolution d'argent sur un plan de glace , à la surface duquel vous mettrez , à peu de distance l'un de l'autre , un petit morceau de platine et un semblable morceau de cuivre : il se formera une végétation aux environs du cuivre ; et on ne remarquera rien de semblable vers le platine ; mais , si on les met en contact l'un avec l'autre , il en résultera une combinaison voltaïque qui déterminera une belle végétation d'argent métallique à se former autour du fil de platine.

On obtient de semblables résultats en employant des fils de zinc et de platine avec une dissolution d'étain ; mais , après que le contact a eu lieu , il faut encore beaucoup de temps pour que la végétation qui se développe autour du fil de platine devienne sensible.

Pour le succès de ces expériences, il n'est point absolument nécessaire d'établir un contact immédiat entre le métal oxidable et la dissolution métallique; il faut seulement qu'il y ait un circuit voltaïque, formé de deux métaux hétérogènes et d'un conducteur humide.

EXP. 18. La figure 42 représente un tube de verre, à la partie inférieure duquel est fixé un morceau de vessie suffisamment serré pour contenir un liquide. Un fil de platine traverse un bouchon adapté à la partie supérieure de ce tube, que l'on remplit avec de l'acétate de plomb; après quoi on le place dans une petite capsule de zinc, contenant de l'acide muria-tique étendu d'eau. Lorsqu'on établit une communication métallique entre la capsule et le fil de platine, ce dernier se recouvre de plomb sous forme de cristaux brillans. Dans ce cas, le métal oxidable n'a aucune communication directe avec la dissolution métallique, si ce n'est au moyen du fil de platine d'un côté et de la vessie mouillée de l'autre; mais, d'après la quinzième expérience, on peut obtenir un semblable résultat, lors même qu'il n'existe pas d'autre connexion que celle qui est établie à travers le métal.

EXP. 19. Emplissez deux verres semblables, l'un avec une dissolution d'argent, et l'autre

avec de l'acide muriatique affaibli. Faites-les communiquer par un arc composé de fils métalliques, zinc et platine, le premier étant plongé dans l'acide muriatique, et le second dans la dissolution métallique. Introduisez dans l'un et l'autre verres les extrémités d'un nouvel arc formé d'un fil d'argent recourbé; au bout de quelque temps, le zinc sera entièrement dissous, et le platine recouvert de petits cristaux d'argent métalliques qui, si on les regarde à la loupe, offriront un bel aspect.

Conformément à l'hypothèse qui admet une énergie électrique, tous les phénomènes de décomposition et de transport sont déterminés, non-seulement par les électricités opposées que présentent les fils de métal à l'endroit où le circuit est interrompu, mais encore par les énergies électriques, que l'on a supposées être naturelles aux éléments de tout corps composé. Nous parlerons plus tard de ces énergies; il suffit, pour le moment, d'observer que l'existence de celles qui ont été admises pour l'oxygène et l'hydrogène, repose uniquement sur les phénomènes que présentent la séparation de ces gaz, et elles n'ont d'ailleurs point paru susceptibles d'être ultérieurement prouvées: cependant, à raison de l'importance et de l'étendue des actions que ces corps exercent,

je penserais qu'une démonstration serait absolument essentielle, avant que de pouvoir accorder quelque confiance à l'exactitude des données sur lesquelles repose cette hypothèse. En égard au pouvoir de l'appareil voltaïque, ne pourrait-on pas demander : Ayons-nous une entière certitude que, dans un circuit interrompu, l'état électrique opposé des fils métalliques soit une condition indispensable pour qu'ils exercent des actions chimiques ? Après avoir examiné tous les phénomènes, je crois qu'il n'existe aucune raison plausible pour admettre cette conséquence. Il n'en est évidemment point ainsi lorsqu'il s'agit de l'électricité ordinaire : en effet, la plus forte électrisation artificielle que l'on fait subir à un appareil voltaïque, n'influe en aucune manière sur sa puissance chimique. On pourrait néanmoins observer que la faculté électromotrice de cet appareil est trop énergique pour être surpassée par l'action de nos machines ordinaires : mais où est la preuve de cette assertion ? Quand une pile est électrisée par communication au moyen d'une machine ordinaire, toutes les effets électriques habituels disparaissent ; il n'y aurait donc que la stabilité des effets chimiques qui pourrait faire croire que les premiers ne sont point anéan-

tis. Or, une telle conséquence serait évidemment un cercle vicieux.

Le docteur Wollaston est parvenu à produire des effets chimiques, en se servant d'une machine à cylindre, dont il modifiait l'action de manière à imiter, jusqu'à un certain point, l'appareil dont on se sert pour les décompositions voltaïques. Des fils de métal mis en communication avec les conducteurs opposés, donnaient lieu à des résultats différens, ce qui établit un rapport entre les effets de la batterie voltaïque et ceux que produisent nos machines électriques ordinaires; mais cependant ce n'est point là une démonstration de l'existence de ce que nous avons nommé énergie électrique. Les fils, à raison de la nature conductrice du fluide dans lequel ils sont plongés, ne peuvent jamais acquérir que des électricités opposées assez peu intenses, et probablement les phénomènes qu'ils produisent, dépendent d'une cause qui agit plus immédiatement que ne le ferait le courant de fluide électrique qui passe d'un fil à l'autre.

Lorsque l'on veut analyser ces sortes de phénomènes, il faudrait toujours se rappeler que la batterie voltaïque ne laisse apercevoir d'effets électriques que quand elle est isolée, c'est-à-dire, lorsque ses extrémités opposées ne

communiquent point au moyen d'une substance conductrice quelconque. Or, c'est absolument l'inverse relativement à son action chimique ; elle ne se montre jamais, à moins qu'une communication conductrice ne soit établie entre les côtés opposés de l'appareil : il est donc, je pense, plus raisonnable de conclure que ces phénomènes dépendent plutôt de la circulation de quelque puissance particulière, que d'une différence imaginaire dans l'état électrique des fils métalliques. C'est, d'ailleurs, ce que les expériences semblent indiquer.

Afin de prouver qu'il n'existe pas de relation entre l'état électrique des fils métalliques et les phénomènes chimiques qu'ils produisent, M. Deluc imagina un appareil dans lequel les extrémités des fils qui communiquaient aux surfaces opposées de l'appareil de Volta, étaient séparées par un troisième fil, également éloigné de l'un et de l'autre, et complètement plongé dans l'eau. Au moyen d'une disposition particulière, ce physicien s'était ménagé la faculté de pouvoir déterminer, dans tous les temps, l'état électrique actuel des trois fils. Lorsque ceux qui communiquaient avec les extrémités de la pile étaient respectivement positif et négatif, le fil intermédiaire était neutre ; cependant ses extrémités produisaient

simultanément des effets chimiques opposés : un de ses bouts dégageait l'oxygène , et l'autre l'hydrogène. En modifiant légèrement la disposition de l'appareil , le fil central était rendu négatif , et celui de l'extrémité négative devenait neutre ; cependant l'un et l'autre continuaient à produire les mêmes effets chimiques. Le fil central étant ensuite rendu positif , et celui de l'extrémité positive neutre , on ne remarqua encore aucun changement dans les effets chimiques. Le fil en communication avec le côté cuivre de la batterie continuait à séparer l'hydrogène ; soit qu'il fût négatif ou neutre ; celui qui communiquait avec l'extrémité zinc émettait uniformément de l'oxygène , quoique neutre ou positif , et le fil intermédiaire dégageait l'oxygène à une de ses extrémités , et l'hydrogène à l'autre , ce qui avait également lieu , quel que fût d'ailleurs son état électrique (*).

J'ai fait en grand plusieurs expériences semblables , pour lesquelles j'ai employé des batteries qui avaient depuis cent jusqu'à mille paires de plaques ; et j'ai apporté , soit pour disposer , soit pour employer convenablement cet appareil , une attention qui a dû me procurer

(*) Voyez Deluc , Analyse de la pile galvanique ; et Journal de Nicholson , vol. XXVI , p. 124.

l'avantage d'opérer avec précision. Les résultats que j'ai obtenus s'accordent assez bien avec ceux que M. Deluc a communiqués, et j'avouerai que l'analyse qu'il a faite de la pile, me paraît être la recherche la plus exacte et la plus savante de toutes celles qui ont eu pour but les phénomènes immédiats de l'appareil de Volta, depuis l'époque où ce physicien en fit connaître, pour la première fois, les propriétés.

Après avoir placé sur une même ligne, et à égale distance les uns des autres, une série de fils métalliques, entièrement plongés dans un fluide ; si on établit une communication entre les extrémités de la série et les pôles opposés de la pile de Volta, chaque fil produira à ses deux bouts un effet chimique différent ; les parties tournées vers le côté cuivre de l'appareil fourniront de l'oxygène, et celles qui regardent l'extrémité zinc dégageront de l'hydrogène ; effets qui auront lieu à chaque interruption du circuit métallique, quelque nombreuses qu'elles puissent être d'ailleurs. Or, on conçoit difficilement que des fils conducteurs plongés dans un fluide également conducteur, puissent avoir leurs extrémités opposées inversément électrisées ; et l'indication obscure (ou plutôt l'induction) d'une polarité électrique à

laquelle on a eu recours, pour expliquer cette anomalie, est tout-à-fait insuffisante; car des conducteurs qui sont voisins ne peuvent avoir de pôles, c'est-à-dire être positifs à une extrémité et négatifs à l'autre, sinon par le dégagement momentané de leur électricité naturelle; ce qui ne peut avoir lieu que quand ils sont séparés par quelque substance non conductrice; *et personne n'admettra que l'eau, un fluide salé ou un mélange acide, soient impropres à conduire les effets électriques ou chimiques de l'appareil de Volta.* Cependant les actions chimiques qu'il produit se développent dans ces fluides à chaque interruption du circuit métallique.

EXP. 20. Procurez-vous quatre tubes de verre, longs de quatre à six pouces, dont le diamètre intérieur ait à peu près un quart de pouce. Recourbez-les en forme de la lettre V; emplissez-les avec l'infusion de chou; puis vous les disposerez, ainsi que le représente la fig. 43, et des fils de platine introduits dans leur intérieur serviront à former le circuit métallique interrompu: lorsque les extrémités de cet appareil auront été mises en communication avec les fils opposés d'une batterie voltaïque, bientôt la liqueur contenue dans les branches tournées vers l'extrémité cuivre de la batterie deviendra

verte , et celle qui est dans les branches opposées deviendra rouge. Si l'on établit ensuite la communication en sens inverse , la liqueur qui avait été rendue verte passera au rouge , et , réciproquement , celle qui était rouge deviendra verte.

Les expériences suivantes prouveront , je pense , que ces phénomènes dépendent toujours du mouvement de l'électricité qui passe du métal à l'eau , et de l'eau au métal .

EXP. 21. Retirez tous les fils métalliques ; à l'exception des deux qui occupent les extrémités , et faites communiquer les quatre siphons (remplis , comme précédemment , avec la liqueur bleue servant de réactif) , par trois arcs de coton mouillé ; lorsque les fils extrêmes auront été pendant quelque temps en communication avec les bouts opposés de la batterie , la liqueur qui est dans les deux siphons voisins de l'extrémité cuivre deviendra entièrement verte , et celle qui est dans les deux siphons les plus près de l'extrémité zinc sera complètement rougie . Il est donc probable que , quand le fluide électrique passe d'un métal à l'eau , il sépare l'oxygène et l'acide ; quand , au contraire , il est transmis de l'eau au métal , il dégage l'hydrogène , l'alcali ou les matières combustibles .

Ce qu'il y a de plus difficile à concevoir dans toutes les décompositions qu'opère l'appareil voltaïque , c'est la forme invisible sous laquelle il paraît que les différens élémens des corps composés traversent le fluide pour se rendre , comme d'eux-mêmes , aux fils opposés. Il est naturel de penser que l'oxygène et l'hydrogène qui , dans quelques-unes de nos expériences , se manifestent à une distance de trois pieds l'un de l'autre , proviennent de la même molécule d'eau ; et , en la supposant située près l'un ou l'autre des fils , un de ses élémens (oxygène ou hydrogène) doit traverser toute la longueur du tube pour se rendre vers l'autre fil ; ce qu'il fait d'une manière invisible , puisque les gaz se dégagent à un grand intervalle , sans que le fluide intermédiaire éprouve aucune altération sensible.

Dans l'hypothèse d'une énergie électrique , on conçoit que l'hydrogène , à raison de son électricité positive naturelle , est attiré par le fil négatif ; et que l'oxygène se porte vers le fil positif , parce qu'il est naturellement électrisé en sens contraire. Mais ceci n'explique pas comment une même particule d'eau peut avoir ses élémens mis en liberté à une si grande distance l'un de l'autre ; et , pour l'expliquer , suivant cette hypothèse , il faudrait nécessaire-

ment admettre que le liquide placé entre les fils eût ses élémens en juxta-position , comme le seraient deux rangs parallèles de molécules , les unes d'hydrogène et les autres d'oxygène. Quand la décomposition a lieu , ces molécules seraient alors supposées glisser les unes sur les autres , de manière que chaque particule d'oxygène viendrait successivement en contact avec différentes particules d'hydrogène , ou , en d'autres termes , un atome d'hydrogène s'échapperait du fil négatif , et au même moment une molécule d'oxygène serait attirée par le fil positif ; les particules de l'un et l'autre gaz , situées entre les fils , seraient donc toujours dans la même proportion , et auraient seulement changé de place (*).

Cette supposition me paraît rendre la difficulté plus grande encore ; car elle admet une série de décompositions et de recompositions , dont nous n'avons point de preuves ; et il serait difficile de concevoir qu'une telle opération pût s'effectuer , sans produire quelques mouvemens apparens ou quelques modi-

(*) Voyez Doct. Henry , sur les *Théories de l'Électricité galvanique* ; *Mémoires de Manchester* , vol. 11 , page 293 , ou *Journal de Nicholson* , vol. 35 , page 25.

fifications dans le fluide interposé. D'ailleurs, cet effet ne peut avoir lieu quand les dernières particules d'un composé salin sont séparées, et se portent elles-mêmes vers des fils éloignés, ou même dans des vases différens ; car, dans cet exemple particulier, il est évident qu'on ne peut point admettre que les particules soient disposées sur des rangs parallèles.

Le docteur Bostock a proposé d'expliquer différemment ce phénomène. Il suppose que, vers le fil positif, l'oxygène et les corps qui ont avec lui quelque analogie, sont dégagés de leur combinaison par l'électricité qui s'unit avec l'un des élémens du composé, et traverse, conjointement avec lui, le fluide d'une manière invisible. Dans cet état de combinaison, le fluide électrique attiré par le fil négatif se porte vers lui, et, à l'instant où il va le traverser, abandonne l'hydrogène ou autre élément avec lequel il s'était provisoirement combiné ; et c'est alors seulement que ce dernier devient visible : cette idée est assez ingénieuse, mais elle n'est point exempte d'objections.

1°. Admettre que le fluide électrique, au lieu de développer son action sur la masse de certains corps composés, attire de préférence un de leurs élémens avec une force suffisante pour détruire la combinaison, c'est une sup-

position gratuite et qui n'a d'autre fondement que les phénomènes qu'elle sert à expliquer.

2°. Regarder la transmission invisible d'une matière pondérable comme une conséquence de sa combinaison avec le fluide électrique, c'est une pure hypothèse bien difficile à concevoir, surtout quand la substance ainsi transmise est un métal (*).

Je ne crois point que, malgré ces objections, on ait encore proposé aucune explication plus plausible. En effet, elle est, à plusieurs égards, conforme aux phénomènes observés. Avec l'appareil voltaïque, on ne peut jamais opérer de décomposition que quand on se sert d'un fluide pour établir

(*) Il y a quelques années que le docteur Bostock émit cette opinion; les faits étaient alors moins nombreux; aussi ne l'appliqua-t-il qu'à la transmission de l'hydrogène. L'explication donnée ci-dessus diffère donc, à quelques égards, de son hypothèse, et a dans le fond quelque rapport avec celle proposée par M. Cruickshanks à une époque déjà éloignée. Voyez le Journal de Nicholson, in-4°, vol. iv, page 257, etc. Dans les Mémoires de cet ingénieur chimiste, publiés dans le volume cité, on verra qu'il a développé le germe (si je puis me servir de cette expression) des faits les plus importans qui ont été découverts depuis, relativement à l'action chimique de l'appareil voltaïque.

la communication entre les fils opposés ; et presque toutes les expériences , aussi bien que la théorie , semblent indiquer l'existence d'un courant qui se dirige d'un fil vers l'autre.

EXP. 22. Prenez un tube de verre de dix-huit pouces , ou deux pieds de long , et d'un demi-pouce de diamètre ; faites entrer dans son intérieur (en les y fixant au moyen de morceaux de bouchon de forme cubique) une série de fils métalliques , ayant chacun un pouce et demi ou deux pouces de long (leurs extrémités devront être distantes les unes des autres d'environ un pouce) ; emplissez le tube avec une dissolution de plomb ; fermez ses extrémités au moyen de bouchons traversés par un fil de métal ; mettez cet appareil dans le circuit de la batterie voltaïque , et en peu de temps , les fils intérieurs auront leur bout tourné vers le côté positif de la pile , recouvert d'une végétation de plomb métallique , dont la direction paraît indiquer le mouvement d'une puissance quelconque , traversant le tube du côté positif au côté négatif de la pile . (Voyez fig. 44.)

Le chevalier H. Davy cite une expérience dans laquelle un vase plein d'eau , contenant quelques globules de mercure , servit à établir

la communication entre les extrémités opposées d'un appareil voltaïque formé de mille plaques, mais faiblement chargé. Le mercure fut violemment agité, et il se forma une portion d'oxide qui, « sous forme d'un courant » rapide, se dirigea du pôle positif vers le pôle négatif. » Tant que la charge fut modérée, il ne se dégagea point d'hydrogène ; mais, quand son action devint assez énergique pour déterminer un courant de ce gaz, les globules devinrent stationnaires, comme si la puissance qui avait produit le mouvement du mercure était neutralisée par l'hydrogène, ou employée pour en opérer le dégagement (*).

Quelle que puisse être la vraie cause des phénomènes chimiques que produit l'appareil de Volta, ses effets sont invariables; et toutes les fois que le circuit sera établi à travers un liquide, le fil conducteur qui, s'il était isolé, affecterait négativement l'électromètre, attirera constamment l'hydrogène, les substances inflammables ou les alcalis; et le fil opposé qui, dans l'état d'isolement, donne des signes d'électricité positive, se comportera de la même manière à l'égard de l'oxygène et des acides. La régularité de ces phénomènes a fait naître

(*) Élémens de chimie, page 172.

l'idée de classer les substances chimiques ; conformément à leurs relations électriques ; et cette classification a été adoptée par J.-H. Davy, dans ses *Élémens de Chimie*.

L'infatigable Berzelius qui , le premier , paraît avoir proposé cette division , a nommé les substances que le fil négatif sépare constamment , *électro-positives* ; et celles qui paraissent vers le fil positif , *électro-négatives*. Ces dénominations reposent entièrement sur la supposition que les molécules transportées sont respectivement électrisées en sens inverse du fil vers lequel elles se portent. J'avouerai que , dans l'état actuel de nos connaissances , cette nomenclature me paraît trop hypothétique. Rien ne nous prouve , en effet , l'existence *de cette propriété essentielle de la matière* que l'on a cru pouvoir désigner par les mots *énergie électrique naturelle*. On ne peut certainement point regarder les différentes espèces d'électricités auxquelles donnent lieu le contact et la séparation successifs des différens corps , comme indiquant qu'ils soient naturellement doués de facultés électriques inhérentes à chacun d'eux. Ce résultat est plutôt analogue à celui de l'excitation ordinaire ; et lorsque deux substances , après une telle opération , manifestent

des électricités opposées, ce phénomène résulte probablement d'un changement de capacité électrique déterminé par le contact de corps dissemblables, et non pas des énergies naturelles qu'on leur a supposées. En outre, en répétant soigneusement ces expériences, j'ai trouvé que les résultats sont quelquefois contraires à cette hypothèse (*); et il faut aussi remarquer que nous avons un grand nombre d'exemples d'actions chimiques pures, dans lesquelles aucun indice d'effet électrique ne s'est jamais manifesté. Mais il est inutile de rien ajouter à ces objections : cette hypothèse a été modestement proposée comme une probabilité à laquelle son illustre auteur n'a jamais ajouté une grande importance ; cependant les faits qu'il a découverts, en cherchant à la développer, ont par eux-mêmes une valeur si réelle, qu'ils commandent la reconnaissance et l'admiration de tout être pensant.

(*) Je ferai connaître, dans le chapitre suivant, le résultat de mes expériences.

CHAPITRE III.

Idées des nombreuses actions que peut exercer l'appareil voltaïque considéré comme moyen d'analyse chimique ; influence qu'il développe relativement à l'émission de la lumière et à la production de la chaleur.

L'UNIFORMITÉ des actions que produit la pile de Volta, la faculté qu'elle possède de séparer les élémens des corps composés, et surtout cette influence remarquable qui détermine certaines substances à se porter constamment vers les fils en communication avec ses pôles opposés ; toutes ces considérations réunies ont nécessairement dû engager les physiciens à regarder cet appareil comme un moyen d'analyse aussi prompt qu'avantageux. Déjà on l'a employé avec beaucoup de succès pour décomposer une classe nombreuse de substances chimiques, et on lui doit la découverte d'agents nouveaux et importans.

Les recherches du chevalier H. Davy (*) ont confirmé ce que déjà nous avaient appris les

(*) Transactions philosophiques, année 1807, p. 1, etc.

nombreuses expériences de MM. Hisinger et Berzelius (*). L'oxygène est constamment séparé des composés dans lesquels il domine ; par le fil qui répond à l'extrémité zinc de la pile ; et l'hydrogène ou autres substances de nature inflammable, se portent vers le fil qui communique au côté cuivre, où souvent aussi on avait remarqué que les alcalis se rassemblaient : de là on avait conclu par analogie, que probablement ces substances contiennent une portion considérable de matière inflammable.

Cette supposition a été vérifiée en 1807 par le chevalier H. Davy ; il s'assura qu'un petit morceau de potasse ou de soude légèrement humecté, en l'exposant à l'air, et mis entre deux conducteurs de platine communiquant aux côtés opposés d'un puissant appareil voltaïque, fournissait une substance métallique particulière fort inflammable, qui se manifestait au côté négatif de la pile, tandis que du gaz oxygène se dégageait du fil positif. De nombreuses expériences ont prouvé que les alcalis sont réellement des oxides métalliques qui, à quelques égards, diffèrent par les proportions de leurs parties constitutantes. La po-

(*) Annales de chimie, tome LI, page 172, etc.

tasse contient, en nombres ronds, six parties de base métallique et une d'oxygène, ou, plus exactement, 0,86 métal et 0,14 oxygène. La soude est composée d'à peu près sept parties de métal et deux d'oxygène, ou 0,78 du métal et 0,22 oxygène (*).

Le métal qu'on obtient en décomposant la potasse a été nommé *potassium*. Il est plus léger que l'eau dans le rapport de 8 à 10; à la température ordinaire, il est solide, mais mou et plastique; il se liquéfie à 150 degrés F (65, 56 C.), et se réduit en vapeur à un degré bien au-dessous de la chaleur rouge; sa couleur ressemble assez à celle de l'argent, mais il se ternit aussitôt qu'il est exposé à l'air libre, et on ne peut le conserver que dans le *naphte* (**); son attraction pour l'oxygène est

(*) Pour acquérir une connaissance parfaite des expériences relatives à la production de ces métaux, des propriétés qui les caractérisent, etc., on pourra consulter un Mémoire très-intéressant, inséré dans les Transactions philosophiques, pour l'année 1808, ou Journal de Nicholson, volume XX, page 290, etc.

(**) Le naphte est une huile très-légère, quelquefois transparente, que l'on trouve presque à l'état de pureté dans quelques parties de la Perse; mais celui dont on se sert pour ces sortes d'expériences s'obtient ordinairement en distillant

si forte, qu'il l'enlève à presque toutes les substances qui en contiennent, passe alors à l'état d'oxyde, et se convertit en potasse : quand on le jette dans l'eau, il nage à sa surface, prend feu immédiatement, produit une flamme mêlée de blanc, de rouge et de violet, et rend alcalin le liquide dans lequel l'expérience a été faite ; si on le met en contact avec de la glace, il donne lieu à de semblables phénomènes ; chauffé modérément dans le gaz oxygène, il s'enflamme et reproduit la potasse ; il décompose toujours l'eau sur laquelle il agit, dégage l'hydrogène, tandis qu'il se combine avec l'oxygène et revient ainsi à son premier état. En mesurant la quantité de gaz qu'un poids donné de potassium dégage de l'eau, on peut aisément déterminer la proportion d'oxygène puisée combine avec ce métal pour former la potasse : ainsi, chaque grain de potassium produisant environ 106 pouces cubes de gaz hydrogène, absorbe par conséquent 0,53 d'oxygène.

On a nommé *sodium* le métal qui provient de la décomposition de la soude; sa densité est à celle de l'eau à peu près :: 0,9348 : 1;

plusieurs fois dans une cornue une substance visqueuse connue sous le nom de *pétrole*, et que l'on se procure chez tous les droguistes.

il a la couleur de l'argent, est moins fusible que le potassium et se ternit également lorsqu'il est exposé à l'air libre; il devient fluide à la température de 200 F (93,33 C.) et se réduit en vapeur à une forte chaleur rouge; à la température ordinaire, c'est un métal mou dont on peut aisément, avec un couteau, étendre un globule de manière à le réduire en une feuille mince. Le sodium décompose fortement l'eau, nage à sa surface, mais ne s'enflamme pas; il rend ce fluide alcalin; et lorsqu'on l'analyse, on trouve qu'il contient de la soude pure. Ce métal agit sur beaucoup de substances à peu près comme le potassium, mais avec moins d'énergie: on doit, conséquemment, le conserver sous le naphte. Quand on le place à la surface de l'acide nitrique, il s'enflamme et brûle avec un grand éclat; quelquefois même il lance des étincelles lorsqu'on le jette sur de l'eau chaude. En tenant compte du volume d'hydrogène que fournit de l'eau sur laquelle on fait agir un poids donné de sodium, on peut déterminer en quelle proportion l'oxygène se combine avec ce métal pour former la soude. Ce procédé est semblable à celui que nous avons indiqué pour le potassium (32).

Ces deux nouvelles substances métalliques

s'unissent avec le mercure en différentes proportions, et forment des amalgames qui décomposent l'eau moins rapidement que ne le font les métaux eux-mêmes. Ces amalgames agissent sur toutes les autres substances métalliques, même sur le platine.

On peut, avec du soin et de l'attention, opérer la décomposition des alcalis au moyen d'une batterie de cinquante paires de plaques ayant trois ou quatre pouces en carré; mais les résultats sont alors très-peu apparens. Un appareil composé de deux cents couples est en général très-énergique, surtout s'il est mis en activité par un acide affaibli contenant environ une partie de fort acide muriatique ou nitrique unie à trente parties d'eau. On place, sur une plaque d'argent ou de platine, un morceau peu épais de soude ou de potasse caustique; puis on le fait communiquer avec le côté négatif de la batterie: un fil formé de l'un ou l'autre de ces deux métaux répond à l'extrémité positive, et, par son autre bout, est mis en communication avec la surface supérieure de l'alcali; bientôt cette substance se liquéfie au point de contact, et des globules métalliques paraissent alors dans le voisinage du fil négatif: ils sont d'abord très-petits, mais augmentent graduellement en dimension jusqu'à

ce qu'ils commencent à se recouvrir d'une couche d'alcali; il faut alors les enlever avec la pointe d'un couteau, et les plonger aussitôt dans le naphte; mais si, en faisant cette expérience, on se proposait seulement de faire voir la décomposition des alcalis, on pourrait de suite mettre le métal qui en provient en contact avec de l'eau ou de l'acide nitrique. Quelquefois il arrive qu'aucun globule ne se manifeste; néanmoins, si le contact a duré quelque temps, et qu'on enlève ensuite l'alcali, on trouvera des globules adhérens à sa surface inférieure. Lorsque l'action de la batterie est forte, il arrive souvent que les globules s'enflamment et détonnent même à l'instant où ils sont produits: il est donc prudent, aussi long-temps que dure l'opération, de ne point en examiner les résultats de trop près; autrement il faudrait, pour garantir les yeux, avoir la précaution de mettre des lunettes. Ces sortes d'expériences ne peuvent, en général, réussir qu'en y apportant beaucoup de soin: les moindres variations dans l'énergie de la batterie, la pureté de la potasse ou l'humidité de l'atmosphère, suffisent pour les faire manquer. On éprouve plus de difficulté à décomposer la soude que la potasse: aussi, lorsqu'on opère sur cet alcali, on doit employer

des morceaux moins épais : ceux de potasse peuvent rarement excéder un quart de pouce , et ceux de soude ne doivent point aller au-delà d'un huitième.

Afin de s'opposer à l'influence que l'air exerce sur la base métallique des alcalis , et prévenir , par conséquent , la perte qui en est une suite nécessaire , on a proposé de décomposer ces substances sous le naphte : on place la potasse légèrement humectée entre deux lames de platine , et on les dépose ensuite dans un vase approprié , qui devra être rempli de naphte aussitôt que la communication avec la batterie aura été convenablement établie (*). De cette manière , on réussit à empêcher le contact de l'air ; mais le naphte est décomposé , et l'hydrogène ainsi que le carbone qui sont mis en liberté , rendent les résultats moins satisfaisans que lorsque l'on fait l'expérience d'une manière moins compliquée. Il est particulièrement essentiel de conserver l'alcali aussi sec que le comporte un degré suffisant de faculté conductrice , et d'employer la batterie lorsque , jouissant d'une activité modérée ,

(*) Un appareil ingénieux et propre à cet usage a été décrit par M. Pepys , dans le 31^e. volume du Magasin philosophique , page 241.

elle ne développe point une chaleur assez intense, pour faire disparaître la base métallique à l'instant même de sa production.

On peut aisément se procurer, même avec un appareil de force très-modérée, des amalgames de potassium et de sodium. A cet effet, on prend un tube de verre d'un quart de pouce de diamètre et de trois pouces de long ; on y verse une quantité de mercure suffisante pour recouvrir l'extrémité d'un fil de platine qui pénètre dans son intérieur, et qui est mastiqué à l'un de ses bouts ; on achève ensuite de remplir ce tube avec une dissolution d'alcali pur ou carbonaté ; le fil de platine entouré de mercure étant mis en communication avec le pôle négatif d'un appareil voltaïque, on complète le circuit au moyen d'un second fil qui, d'une part, doit plonger dans la dissolution alcaline, et de l'autre, communiquer avec le pôle positif : on remarque bientôt un courant de gaz qui se dégage de l'extrémité de ce nouveau fil, et la surface du mercure paraît fortement agitée. Lorsque l'action devient plus faible, on peut transvaser le mercure dans un verre qui contient de l'eau, et on reconnaîtra à l'instant la présence du métal alcalin, par le dégagement d'une infinité de petites bulles de gaz hydrogène que l'on pourra recueillir, en

plaçant au-dessus du mercure un petit tube de verre rempli d'eau et fermé à sa partie supérieure. J'ai souvent réussi à faire cette expérience avec une batterie composée de trente paires de plans ayant seulement deux pouces de côté.

Pour obtenir un amalgame qui contienne une quantité plus considérable de métal alcalin, on place un globule de mercure dans une petite cavité pratiquée à la surface d'un morceau d'alcali solide, que l'on met en communication avec l'extrémité zinc de la pile; le mercure répond alors au côté cuivre; bien-tôt ce liquide perd de sa fluidité, quelquefois il est converti en un corps de consistance molle; et dans cet état, si on le jette dans l'eau, il en opère promptement la décomposition.

Les métaux qu'on retire des alcalis, exercent sur l'oxygène une attraction si puissante, qu'ils sont les agens les plus actifs qu'on puisse employer pour opérer des décompositions chimiques; mais, comme la batterie la plus énergique n'en fournirait qu'une quantité bien inférieure à celle dont on pourrait avoir besoin pour les expériences, on a recours à un autre procédé dont nous sommes redevables aux chimistes français. On recourbe un canon de fusil de manière à lui donner la configuration

de la lettre S. Après avoir rempli une de ses courbures avec de la tournure de fer bien propre , on y adapte un tube de même métal , dont la capacité , d'à peu près deux pouces cubes , contient de la potasse sèche et bien pure : une petite ouverture est pratiquée à la partie inférieure de ce tube , et supérieurement il est bouché par un mandrin de fer. L'appareil étant ainsi disposé , on lute dans un fourneau de forge la partie recourbée du canon à laquelle est adapté le tube contenant de la potasse : cette portion de l'appareil devra être placée hors du fourneau , et sortir par une de ses ouvertures latérales , tandis qu'un tube de sûreté adapté à l'autre courbure , et rempli d'huile ou de naphte , passera à travers la seconde ouverture. On fait alors un grand feu dans le fourneau , et quand la tournure de fer est chauffée à blanc , on élève successivement la température du tube rempli de potasse ; elle fond et coule peu à peu à travers la petite ouverture dont est percée la partie inférieure du tube qui la contient : elle tombe sur le fer tourné , avec lequel se combine son oxygène , tandis que le potassium se condense en lames brillantes dans la partie libre du canon de fusil que l'on a dû maintenir froid , en y appliquant de la glace durant l'opération. La potasse contient toujours un peu d'eau qui

est décomposée , et dont l'hydrogène s'échappe par le tube de sûreté. Aussitôt que ce gaz cesse de se dégager , il faut retirer le réchaud dont on s'est servi pour faire fondre l'alcali ; et , pendant quelques minutes , éllever autant que possible la température du fourneau de forge , afin de séparer du fer les dernières quantités de potassium. On laisse ensuite refroidir l'appareil , et on coupe le canon à l'origine de la portion qui a été conservée froide ; car c'est communément là où se trouve la plus grande quantité du métal alcalin. On le détache avec un ciseau en conservant les morceaux aussi gros que possible , et on les plonge promptement dans du naphte , dont il a été d'abord convenable de verser une portion dans l'intérieur du canon , aussitôt qu'il a été ouvert.

Le procédé que nous venons de décrire n'est point exempt de quelques difficultés ; cependant il a été employé avec succès par plusieurs chimistes anglais. On trouvera à cet égard des détails plus circonstanciés dans le trente-deuxième volume du Magasin philosophique , pages 89 et 276.

Curaudau , pour obtenir la base métallique des alcalis , employait le charbon au lieu du fer. On trouvera la description de son

procédé dans le Journal de Nicholson , volume XXIV , page 37.

Avant que l'on eût fait ces expériences , on ignorait complètement quelle était la composition des alcalis fixes ; mais on savait que l'alcali volatile ou ammoniaque est composé en volume , de trois parties d'hydrogène et d'une d'azote. Or , il doit paraître surprenant que , sur trois corps dont les propriétés sont si analogues , deux seulement soient des oxides métalliques , et le troisième un composé de deux gaz. Mais il y a des expériences qui semblent prouver que l'un de ces gaz , ou peut-être même tous les deux , contiennent une substance métallique , et que , par conséquent , l'ammoniaque pourrait être un oxyde , de même que les autres alcalis.

MM. Berzélius et Pontin , de Stockholm , ont découvert que , quand on place , dans le circuit voltaïque , du mercure et une solution d'ammoniaque , l'un communiquant avec le pôle cuivre , et l'autre avec le pôle zinc , le volume du mercure augmente graduellement , et finit par être quatre ou cinq fois plus considérable qu'il n'était primitivement. Ce liquide prend alors à peu près la consistance du beurre , et conserve encore son apparence métallique. Un fait bien remarquable est que ,

pendant cette opération, le poids du métal augmente seulement d'un douze-millième, tandis que sa pesanteur spécifique est tellement diminuée, qu'il ne pèse plus que trois fois autant que l'eau ; cependant, sa densité était auparavant treize à quatorze fois plus considérable. Si on met cette substance en contact avec l'atmosphère pendant quelque temps, il y aura de l'oxygène absorbé, l'ammoniaque sera reproduit, et le mercure reprendra sa fluidité et son volume primitifs : on obtiendrait les mêmes résultats en la jetant dans l'eau : ce fluide serait décomposé, et il se dégagerait du gaz hydrogène.

Il y a beaucoup de rapport entre ces phénomènes et ceux que présentent les alcalis fixes : une substance quelconque se combine avec le mercure, altère ses propriétés essentielles sans affaiblir son caractère métallique. Or, d'après toutes les analogies, cette substance doit être un métal, lequel, en passant à l'état d'alcali, absorbe l'oxygène, ainsi que le prouve l'action qu'il exerce sur l'eau. D'après cela, il paraîtrait donc probable que l'ammoniaque est composée d'oxygène et d'un métal particulier auquel on pourrait donner le nom d'*ammonium*. Cependant, dans les analyses faites par d'autres procédés, les gaz hydro-

gène et azote sont les seules substances que l'on ait retirées de l'ammoniaque. Le premier de ces fluides étant le plus léger des corps pondérables , est très-probablement une substance simple ou élémentaire ; et , conséquemment , tout porterait à croire , d'après ce qui vient d'être dit , que l'azote , malgré son état gazeux , est formé d'un métal uni à l'oxygène (53).

On se procurera plus promptement l'amalgame d'ammonium , en pratiquant une petite cavité dans un morceau humide de muriate ou de carbonate d'ammoniaque , que l'on mettra en communication avec le côté positif d'une pile voltaïque. Un globule de mercure , placé dans cette excavation , communiquera ; au moyen d'un fil de platine , avec l'extrémité négative de l'appareil ; il se formera alors , dans l'espace de quelques minutes , un amalgame de consistance molle , qu'il faudra , aussi vite que possible , transporter dans l'eau , si l'on veut observer l'action qu'il exerce sur ce fluide ; car cette substance , par son contact avec l'air , quelque peu prolongé qu'il soit d'ailleurs , éprouve des changemens notables.

Le chevalier H. Davy a remarqué que le potassium , à raison de sa forte affinité pour l'oxygène , décompose l'ammoniaque plus ra-

pidement que ne pourrait le faire l'appareil voltaïque. Si l'on met dans une cavité creusée, à la surface d'un morceau humide de muriate d'ammoniaque, un amalgame de potassium et de mercure, il augmentera immédiatement de volume, et acquerra plus de consistance.

Les substances généralement connues sous le nom de *terres*, ayant beaucoup de ressemblance avec les alcâlis par plusieurs de leurs propriétés, on soupçonna qu'elles pourraient bien être aussi des oxides métalliques : les expériences de MM. Pontin, Berzelius et H. Davy ont, en grande partie, confirmé cette supposition. On met en communication avec le côté positif d'une batterie voltaïque, une sorte de pâte que l'on forme en humectant avec un peu d'eau, de la baryte, de la strontiane, de la chaux ou de la magnésie réduites en poussière ; et lorsque ensuite on touche cette substance avec un fil provenant de l'extrémité négative, l'eau qu'elle contient est décomposée.

Si l'on met un globule de mercure dans une cavité pratiquée à la surface de cette espèce de pâte terreuse, et qu'on le touche avec un fil métallique communiquant au pôle cuivre d'une batterie, il se formera aussitôt un amalgame qui, lorsqu'on le jettera dans l'eau, aura la pro-

priété de décomposer ce fluide ; et si, après l'expérience , on ne fait l'analyse , on verra qu'il tient en dissolution la terre d'où on avait retiré la substance métallique. Si l'on introduit cet amalgame dans un petit tube de verre contourné en forme de cornue , qu'on le ferme ensuite hermétiquement, après l'avoir auparavant rempli avec du naphte réduit en vapeur ; en chauffant la portion du tube contenant l'amalgame , on vaporisera le mercure qui se condensera vers l'autre extrémité , et le métal provenant de la terre restera seul. Ce procédé offre de grandes difficultés , et exige beaucoup de soin ; cependant il a fourni au chevalier H. Davy les moyens de reconnaître quelques-unes des propriétés de ces bases métalliques ; mais il ne les a jamais obtenues en quantité suffisante pour qu'il lui fût possible d'en faire un examen détaillé.

Avec une batterie de cent ou deux cents plaques de quatre pouces , on peut obtenir , en assez peu de temps , les amalgames de baryte , de strontiane et de chaux ; mais , pour se procurer celui de magnésie , il faut que cette substance reste davantage soumise à l'action de l'appareil qui , jusqu'à présent , n'a pu servir à décomposer les autres terres. On a donné aux métaux provenus de ces décompo-

sitions, des noms relatifs aux terres dont ils paraissent être les bases : ainsi, on a nommé *barium*, *strontium*, *calcium*, *magnesium*, *aluminium*, *silicium*, etc., les métaux qu'on retire de la baryte, de la strontiane, de la chaux, de la magnésie, de l'alumine, de la silice, etc.

Les terres et les alcalis avaient jusque dans ces derniers temps résisté aux nombreux essais que l'on avait tentés pour les analyser ; aussi leur décomposition doit-elle être regardée comme une preuve du rôle important que peut jouer l'appareil voltaïque, considéré comme instrument susceptible d'être appliqué aux recherches chimiques ; et les résultats qu'on a obtenus devront toujours être regardés comme un témoignage irrécusable de l'habileté avec laquelle on a su se servir de cet instrument ; aussi, tant que les sciences continueront à être cultivées, on admirera et on applaudira le zèle de ceux auxquels on est redevable de ces travaux aussi curieux qu'importans.

Les phénomènes de décomposition voltaïque dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent, se représentent encore dans une foule d'autres expériences : ainsi, l'acide sulfurique que l'on soumet à l'action d'une pile,

fournit du gaz oxygène, et laisse précipiter du soufre ; l'acide phosphorique émet aussi de l'oxygène, et le phosphore se combine avec le fil négatif. L'ammoniaque est décomposée, et on obtient pour produit de l'hydrogène, de l'azote, et une petite portion d'oxygène : les huiles, l'alcool et l'éther, lorsqu'on les expose à l'influence d'une puissante batterie, déposent du carbone et fournissent de l'hydrogène ou de l'hydrogène carboné.

M. Brandt a fait voir que, quand des fluides animaux qui contiennent de l'albumine sont placés dans le circuit voltaïque, cette substance, lorsqu'elle est unie avec les alcalis, se porte vers le fil négatif ; et quand, au contraire, elle est combinée avec les acides, elle se dirige vers le fil positif. En se servant d'une forte batterie, ce physicien a reconnu que, vers le pôle négatif, l'albumine se sépare sous forme solide, et reste liquide, au contraire, lorsque l'intensité de l'appareil est moindre ; ce qui rendrait assez probable l'idée que la sécrétion animale peut dépendre de quelque action semblable (*).

Tous les effets dont il a été question jusqu'à présent, sont dus à l'introduction de corps

(*) Transactions philosophiques pour 1809, p. 385, etc.

fluides dans le circuit voltaïque , et ont beaucoup de rapport avec les opérations habituelles de l'affinité chimique. Je me propose maintenant de faire connaître les actions que développe cet appareil , lorsqu'il agit sur des conducteurs solides, des gaz et des matières inflammables.

Lorsque , au moyen d'un fil métallique , on met en communication les extrémités opposées d'une puissante batterie , à l'instant du contact , on aperçoit un éclair distinct , qui se renouvelle chaque fois qu'après avoir interrompu le circuit , on le rétablit de nouveau. Si , pour opérer le contact , on se sert d'un morceau de charbon bien brûlé , l'étincelle sera beaucoup plus vive ; et en adaptant des pointes de charbon (*) aux extrémités de chacun des fils qui proviennent des bouts de la pile , à l'instant où on les fera se toucher , elles produi-

(*) Le charbon qui sert pour ces sortes d'expériences est ordinairement fait avec du buis coupé en morceaux d'environ un pouce de long sur trois huitièmes de pouce d'épaisseur. On le met dans un creuset que l'on achève de remplir avec du sable sec , et que l'on expose ensuite à un feu assez vif pour le faire rougir : on le conserve incandescent pendant une heure. On pourrait encore charbonner le bois en le plongeant au-dessous de la surface de plomb que l'on maintiendrait à une haute température.

ront un dégagement de lumière dont l'éclat sera supérieur à celui que l'on pourrait obtenir par tout autre moyen. Lorsqu'on se sert d'une puissante batterie, l'émission de la lumière peut continuer pendant un temps assez long : son intensité est si forte qu'elle fatigue l'œil, lors même qu'on ne la fixe point ; et à l'instant où elle cesse, la chambre la plus éclairée reste dans une obscurité apparente.

Cette lumière paraît principalement dépendre d'une action immédiate de l'appareil voltaïque, et non point de la combustion du charbon ; à la vérité, il brûle en partie, mais il n'éprouve cependant qu'une faible altération, eu égard à la lumière qu'il émet ; d'ailleurs, en faisant l'expérience dans un gaz qui ne contient pas d'oxygène, l'éclat est sensiblement le même ; et en opérant sous l'eau, l'alcool, l'éther, les huiles et autres fluides dont la faculté conductrice n'est pas très-considerable, la lumière conserve encore une certaine intensité.

L'étincelle qu'on retire de l'appareil voltaïque, exerce sur certains gaz une influence dont on peut aisément se rendre compte, en se servant de l'appareil décrit page 101, et qui est représenté (figure 9). On adapte, à cet effet,

des morceaux de charbon taillés en pointes, à l'extrémité des fils qui sont dans l'intérieur du globe : on y fait ensuite exactement le vide , puis on le remplit avec du gaz hydrogène sulfuré. En faisant passer l'étincelle à travers ce fluide , le soufre se précipite sur les parois du vase , où il dessine des figures assez curieuses.

On fait éprouver de semblables décompositions à quelques autres gaz composés, en agissant sur eux de la même manière. Ainsi , le phosphore est précipité du gaz hydrogène phosphoré , et l'arsenic abandonne l'hydrogène arseniqué.

La distance explosive , ou l'intervalle que peut franchir , pour se porter d'un conducteur sur un autre conducteur , l'étincelle que l'on retire de l'appareil voltaïque le plus puissant , est en général très-peu considérable. M. Chil-dren a mesuré cet espace , au moyen d'un micromètre attaché à deux pointes polies de platine , qui furent introduites dans un récipient contenant de l'air très-sec. Avec un appareil composé de douze cent cinquante paires de disques , les pointes furent rapprochées à $\frac{1}{50}$ de pouce avant que l'étincelle éclatât (*); en se servant du grand appareil employé à l'Institution

(*) Transactions philosophiques , 1809 , p. 36.

royale, et qui est composé de deux mille étages de quatre pouces; les extrémités des pointes de charbon durent être rapprochées à $\frac{1}{3}$ ou à $\frac{1}{4}$ de pouce l'une de l'autre, avant qu'aucune lumière ne se manifestât; mais, une fois qu'elles furent complètement en ignition, il s'établit entre elles un courant de lumière qui continua, quoiqu'elles fussent graduellement éloignées, même à la distance d'à peu près quatre pouces. Ce courant avait la forme d'un arc élargi vers le milieu, et terminé en pointe du côté du charbon; il développait une chaleur intense, susceptible d'enflammer sur-le-champ les substances que l'on y plongeait. Des fragmens de diamans et des pointes de plombagin disparurent, et semblèrent se réduire en vapeurs, même lorsque l'expérience fut faite dans un récipient purgé d'air, quoique d'ailleurs ces substances ne manifestassent aucune apparence de fusion. En très-peu de temps, des fils épais de platine fondirent en gros globules; le saphir, le quartz, la magnésie et la chaux éprouvèrent aussi une fusion manifeste (*).

Lorsque l'on fit l'expérience dans l'air râsié, la décharge s'opéra à une plus grande distance, et le courant de lumière put traverser un espace de six à sept pouces.

(*) Élémens de Chimie, page 153.

Avec un appareil beaucoup moins énergique, on peut, jusqu'à un certain point, imiter ces sortes d'effets, et pour répéter toutes les expériences d'ignition et de fusion, une batterie de cent couples de six pouces carrés, est ordinairement suffisante.

La forme arquée que prend le courant de lumière qui s'établit entre deux morceaux de charbon terminés en pointe, est souvent très-apparente, lorsque leur distance n'excède point un demi-pouce.

L'intensité électrique du plus puissant appareil voltaïque est si faible, qu'il n'est pas nécessaire de prendre beaucoup de précautions, pour isoler convenablement les conducteurs qui servent à transmettre ces sortes d'effets. Le plus ordinairement, on fait usage de fils de cuivre que l'on fait passer à travers de petits tubes de verre qui remplissent les fonctions d'isoloirs, et au moyen desquels on peut les tenir : on a représenté (figure 37) ces conducteurs en communication avec la batterie ; ils sont posés sur un plan de glace, comme il conviendrait de le faire, si l'on se proposait d'enflammer de la poudre à canon.

Il y a peu de substances combustibles qui ne puissent être enflammées, lorsqu'on les place entre des pointes de charbon, ce qui

est une conséquence de la facilité avec laquelle ces dernières prennent feu. Les huiles, l'alcool, l'éther et le naphte sont décomposés lorsque l'on plonge les morceaux de charbon dans leur intérieur; et ils s'enflamme au contraire, lorsque les conducteurs sont placés à une très-petite distance l'un de l'autre, et très-près de la surface de ces fluides.

L'appareil voltaïque développe sur les métaux une action qui est peut-être un des effets les plus curieux qu'il puisse produire. Si l'on réduit ces substances en feuilles minces et que l'on s'en serve pour établir la communication entre les côtés opposés d'une forte batterie, elles s'enflammeront; et, en prolongeant le contact, elles brûleront avec un grand éclat. La manière la plus convenable de faire ces expériences, est de suspendre à un fil de métal recourbé, provenant d'une des extrémités de l'appareil, les feuilles métalliques, que l'on fera ensuite toucher à un large plan de métal communiquant avec l'extrémité opposée de la batterie. On peut, en recouvrant ce plan avec une feuille d'or, rendre plus vive la lumière qui résulte de cette combustion. Chaque substance métallique, que l'on soumet à cette expérience, offre un caractère particulier. Une feuille d'or brûle avec une vive lumière blanche

nuancée de bleu, et produit un oxyde d'un brun foncé : une feuille d'argent émet une brillante lumière imitant le vert d'émeraude, et laisse un oxyde d'une couleur grise foncée. Le cuivre donne une lumière bleuâtre accompagnée d'étincelles rouges ; l'oxyde est d'un brun foncé. L'étain présente à peu près les mêmes phénomènes, mais la couleur de son oxyde est moins intense. Le plomb offre une belle lumière pourpre ; et le zinc une vive lumière blanche tirant sur le bleu et frangée de rouge. Il est essentiel, lorsque l'on désire apercevoir distinctement ces diverses couleurs, d'établir le contact avec des substances métalliques ; car, si l'on servait du charbon, la vive lumière blanche qu'il émet absorberait les couleurs dues à la combustion des feuilles de métal.

Si l'on met en communication une petite quantité de mercure avec l'extrémité d'une forte batterie, et qu'avec un fil de fer provenant de l'autre extrémité, on touche la surface de ce liquide, il y aura combustion de l'un et l'autre métal, et ils repandront une vive lumière.

Si, pour établir une communication entre les deux extrémités d'une pile, on se sert d'un fil de fer de longueur modérée, il s'enflammera et pourra même être fondu en globules ;

dans le cas où l'on emploierait au même usage un fil de platine , on pourrait le conserver très-long-temps à une chaleur rouge , et même blanche ; ce qui semble prouver qu'il existe une puissance quelconque , à laquelle ce métal livre continuellement passage : mais , quelque énergique que soit l'appareil , jamais il ne disperse les fils ainsi que le ferait une batterie électrique.

On pourra mettre en ébullition un liquide quelconque , en plongeant dans son intérieur un fil mince de métal , que l'on introduira ensuite dans le circuit voltaïque.

On a dernièrement remarqué qu'en prenant deux fils métalliques d'épaisseurs différentes , tous deux susceptibles d'être successivement brûlés par une batterie donnée , celui qui est le plus épais sera consumé dans une plus grande partie de sa longueur. Cet effet provient probablement du refroidissement occasionné par l'influence de l'air, qui agit plus puissamment sur la surface du fil mince , eu égard à la quantité de métal qu'il contient ; et il est en effet possible de prouver , par une autre expérience , que les degrés d'ignition peuvent être influencés par le milieu environnant.

EXP. 23. Ajustez un fil mince de platine dans l'intérieur d'un récipient de verre , que

vous poserez sur la machine pneumatique , de manière à pouvoir aisément retirer ou laisser rentrer l'air qui environne le fil ; faites - le rougir faiblement , en faisant communiquer ses bouts opposés avec des fils eux-mêmes en communication avec les extrémités d'une batterie voltaïque assez forte pour produire cet effet ; raréfiez ensuite l'air au moyen de la pompe , et à mesure que la raréfaction aura lieu , l'incandescence du fil deviendra toujours plus intense , jusqu'à ce qu'enfin il atteigne une chaleur blanche ardente. Laissez rentrer l'air dans le récipient ; alors le fil perdra une portion de sa vive chaleur , qui paraîtra même moins forte qu'elle n'était primitivement ; raréfiez de nouveau l'air , l'incandescence augmentera encore ; rendez au fluide qui est sous le récipient sa densité primitive , et vous remarquerez une nouvelle diminution dans la chaleur du fil : on peut reproduire cet effet plusieurs fois de suite , et toujours on remarquera les mêmes modifications , quoique , en général , à chaque récidive leur intensité soit moindre.

J'ai fait rougir des fils de platine plongés dans différens gaz , et je n'ai obtenu aucun résultat remarquable , si ce n'est dans une expérience , où un fil qui était tendu dans un

récipient rempli de gaz hydrogène , fut partagé dans le sens de sa longueur en plusieurs filaments très-déliés , à l'instant où on le mit en communication avec la batterie. Ce résultat paraît avoir été accidentel , et je n'ai pu l'obtenir une seconde fois , quoique j'aie souvent essayé de répéter cette expérience , en me plaçant dans des circonstances tout-à-fait semblables.

L'énergie d'un appareil voltaïque augmente jusqu'à une certaine limite avec le nombre des disques qui le composent ; mais cette limite est variable suivant la diversité des effets que produit l'appareil , et aussi à raison de la manière dont on en fait usage.

Suivant Volta , les effets sont proportionnels au nombre des étages ; mais , à l'époque où ce physicien a déterminé ce rapport , on ne s'était encore servi que d'appareils assez peu énergiques; cependant il paraît que , quand on emploie une très-nombreuse série , une portion de l'action développée est perdue. J'ai toujours remarqué que les effets purement électriques , et l'intensité de la commotion , augmentaient avec le nombre des étages : c'est au moins ce que semblent indiquer les expériences que j'ai faites avec un appareil composé de quinze cents couples. La faculté d'opérer

des décomposition chimiques, et de transporter les élémens qui en proviennent, croît aussi de la même manière, pourvu que la batterie soit mise en action par un acide affaibli; mais, lorsqu'on fait usage d'eau de rivière, la puissance cesse d'augmenter aussitôt que les plans sont au-delà de quatre à cinq cents. Les combustions que l'on détermine avec cet appareil, paraissent aussi acquérir une intensité proportionnée au nombre des disques; pourvu qu'il n'y en ait pas plus d'un cent (*); passé cette limite, une portion de la puissance paraît être perdue; car le chevalier H. Davy a trouvé que cent couples brûlaient trois pouces de fil de platine de $\frac{1}{70}$ de pouce de diamètre, tandis qu'un assemblage de mille disques semblables, mis en action de la même manière, n'en brûla que treize pouces (**). L'uniformité des résultats que j'ai obtenus dans mes expériences, leur accord avec celles faites par MM. Vanmarum et Pfaff sur le Continent, par le docteur Wilkinson et M. Cuthbertson en Angleterre, me portent à croire que, dans un appareil voltaïque, la faculté de brûler serait toujours proportionnelle au nombre des élémens em-

(*) Journal de Nicholson, vol. XXIX, p. 29, etc.

(**) Élémens de Chimie, page 156.

ployés, si chacun d'eux était constamment susceptible de développer la même énergie ; mais dans une nombreuse série , il y a toujours plusieurs causes de déperdition; et il est en général plus difficile d'affaiblir uniformément la grande quantité d'acide dont alors on a besoin.

Les chimistes français ont cru pouvoir conclure de leurs recherches , que la quantité de gaz dégagé par la décomposition de l'eau , pouvait servir à apprécier l'énergie chimique de la pile ; et ils ont avancé que , toutes choses égales d'ailleurs , elle était proportionnelle à la racine cubique du nombre des plans (*). L'appareil dont ils ont fait usage était en forme d'auge d'une construction particulière , et faisait partie d'une grande batterie construite par ordre du gouvernement français. Le chevalier H. Davy dit avoir fait de semblables expériences avec le grand appareil à auges de porcelaine employé à l'Institution royale ; et les résultats qu'il a obtenus indiquent un accroissement qui est à peu près comme le carré du nombre des plaques employées.

Les résultats que fournissent ces sortes d'expériences doivent être fort incertains , si l'on

(*) Recherches physico-chimiques , p. 30 , vol. I.

ne fait point attention à une multitude de détails minutieux , qui paraissent avoir été négligés dans les recherches faites jusqu'à présent. Les vases employés pour décomposer le liquide devraient avoir même dimension et même forme : les fils métalliques devraient être aussi de même longueur , de même épaisseur , et placés à égale distance l'un de l'autre dans un fluide de faculté conductrice uniforme.

Lorsqu'on augmente les dimensions des disques , les effets qu'ils produisent en agissant sur les bons conducteurs, comme les métaux, le charbon et les solutions acides concentrées , deviennent plus énergiques ; mais leur influence sur les conducteurs imparfaits, comme l'eau , et les dissolutions salines peu chargées , n'éprouve point de variations sensibles. Si, par exemple , on compare une batterie composée de trente paires de plaques de deux pouces de côté , avec une autre composée d'un même nombre d'étages , mais ayant six pouces de côté , et que toutes les deux soient mises en action au moyen d'un acide également étendu d'eau , il n'y aura aucune différence appréciable relativement aux commotions qu'elles produiront , et à la quantité d'eau qu'elles pourront décomposer pendant un temps donné : mais la petite batterie sera in-

capable de fondre des fils ou de brûler des métaux, et elle produira à peine une étincelle entre deux pointes de charbon; tandis que la grande batterie, placée dans les mêmes circonstances, fera voir une brillante lumière, brûlera rapidement des feuilles de métal, et opérera la combustion de plusieurs pouces de fils métalliques.

Il est, en quelque sorte, possible d'expliquer ce fait remarquable, qui fut d'abord observé par les chimistes français; mais il faut alors supposer qu'il dépend d'une cause purement électrique; et il convient à cet égard de rappeler ce que nous avons dit dans une autre partie de cet ouvrage, relativement à l'influence qu'exercent la quantité et l'intensité du fluide. Si, par exemple, on fait communiquer, avec le conducteur d'une machine ordinaire, deux jarres dont une aura un pied carré de surface armée, et l'autre une étendue quatre fois plus considérable, après un certain nombre de tours, elles seront toutes les deux chargées au même degré d'intensité, et agiront de la même manière sur un électromètre: cependant, la grande jarre contiendra quatre fois autant d'électricité que la petite, et fondera une longueur de fil métallique seize fois aussi considérable.

Maintenant , supposons un conducteur imparfait , capable de transmettre seulement une quantité d'électricité égale à celle qui est nécessaire pour charger un demi-pied carré. Il est évident que l'une ou l'autre des jarres dont nous venons de parler , produirait le même effet sur une telle substance ; car elles contiennent toutes les deux plus de fluide que ne peut en transmettre ce corps ; et sa faculté conductrice , qui reste la même dans les deux cas , limite l'effet que peut produire chaque jarre en particulier. Aussi a-t-on remarqué que des surfaces armées , différentes en étendue , mais chargées au même degré , faisaient indistinctement éprouver des commotions à peu près également douloureuses.

M. Cavendish s'est assuré « qu'un fil de fer » conduit quatre cent millions de fois mieux » que la pluie ou l'eau distillée , c'est-à-dire , » que l'électricité n'éprouve point plus de résistance en traversant un fil métallique de » quatre cents millions de pouces de long , » qu'en passant à travers une colonne d'eau , » de même diamètre , et longue seulement d'un » pouce. L'eau de mer , ou une dissolution » d'une partie de sel dans trente parties d'eau , » conduit cent fois ; et une dissolution saturée » de muriate de soude , environ sept cent

» vingt fois mieux que l'eau de pluie (*). » Il est donc probable qu'un appareil voltaïque construit avec des plaques de deux pouces, développe une quantité d'électricité dont le pouvoir est égal, et peut-être même supérieur à la faculté conductrice des liquides les plus aqueux ; et dès-lors on ne saurait, en se servant d'un appareil dont les plaques auraient de plus grandes dimensions, augmenter l'effet produit sur ce fluide ; car on ajouterait seulement alors à la quantité d'électricité mise en mouvement, mais son intensité resterait la même. En présentant à l'appareil à larges plaques, un conducteur qui puisse transmettre une quantité plus considérable de l'électricité qui a été développée, l'effet produit sur ce corps devra nécessairement être plus intense, proportionnellement à l'impulsion plus forte qu'il est censé recevoir : ces faits peuvent être aisément démontrés.

EXP. 24. Plongez dans des verres séparés qui contiennent de l'eau, les extrémités de deux fils provenant des pôles opposés d'une batterie composée de cinquante ou cent paires de plaques ; faites ensuite communiquer l'eau des deux vases, en mettant un doigt dans chacun

(*) Transactions philosophiques, vol. LXVI, page 198.

d'eux , et à l'instant où le circuit sera complété , vous ressentirez une commotion. On peut donner à l'appareil une nouvelle disposition , en faisant communiquer l'un des deux verres , au moyen d'une mèche de coton mouillé , ou d'un siphon renversé que l'on remplit d'eau. Si l'on plonge alors de nouveau les doigts dans l'un et l'autre vase , on n'éprouvera aucun choc , ou , dans le cas contraire , il serait extrêmement faible. Répétez cette expérience en vous servant d'une autre pile composée d'un même nombre d'élémens , mais ayant six pouces de côté ; la sensation sera à peu près aussi forte quand les verres communiqueront au moyen de la mèche humide , que lorsque cette communication n'existant point entre eux. Pendant qu'un double circuit est ainsi établi à travers des fibres mouillées et le corps humain , si l'on en détermine un troisième au moyen d'un fil délié de métal , il pourra être brûlé dans une étendue de plusieurs pouces , les conducteurs imparfaits ne pouvant effectivement pas conduire , au-delà d'une petite quantité du pouvoir développé par de larges plans.

Quelle que soit la cause d'où dépend le pouvoir de l'appareil voltaïque , je conçois que , si l'on emploie un nombre donné d'étages

placés dans les mêmes circonstances, ils auront une puissance proportionnelle à leur dimension ; et si c'est à l'électricité que l'on doit attribuer ces sortes d'effets, ou seulement s'ils résultent d'une cause soumise à la loi à laquelle obéit cet agent, quand il est accumulé sur des surfaces chargées, les combustions que détermineront les batteries, composées d'un même nombre de plans de dimensions différentes, devront être proportionnées au carré des surfaces. Ainsi, deux batteries, dont l'une contiendrait cinquante plaques de vingt pouces carrés, et l'autre un même nombre de plans, mais de surface double, brûleraient des longueurs de fil qui seraient dans le rapport de un à quatre. Le docteur Wilkinson a fait, il y a déjà plusieurs années, quelques expériences comparatives avec des plans qui avaient les uns quatre, et les autres huit pouces de côté; et il en a conclu « que des batteries dont la » surface totale serait égale, quoiqu'elles fus-» sent d'ailleurs construites avec des plans de » dimensions différentes, auraient, pour pro- » duire la combustion, une puissance qui » croîtrait proportionnellement au carré des » surfaces des plans élémentaires considérés » dans chaque appareil isolément (*). » De-

puis , M. Harrison de Kendal a remarqué que , quand les surfaces totales ne sont point égales , les appareils doivent avoir une *force d'ignition* proportionnée à la sixième puissance du diamètre des disques , ou être comme le cube de leurs surfaces respectives (*). Enfin , le chevalier H. Davy cite quelques expériences qu'il a faites avec de larges plaques , et d'après lesquelles il paraîtrait que , lorsqu'on se sert d'un même nombre de plans , la faculté de brûler augmente probablement en plus forte proportion que le carré de leur surface ; car une batterie composée de vingt doubles plaques , ayant chacune huit pieds de surface , brûla plus de seize fois autant de fil que ne le firent vingt autres doubles plaques , ayant chacune une surface de deux pieds carrés (**).

On devrait , pour répéter ces sortes d'expériences , employer des batteries qui n'aient point encore servi ; car la moindre différence dans l'état des plaques doit avoir sur les résultats une influence réelle. Il serait aussi à désirer qu'on se servît de plans dont les dimensions croîtraient d'une manière régulière , depuis les plus petits , capables de brûler un fil métallique de diamètre modéré , jusqu'à

(*) Journal de Nicholson , vol. IX , page 242.

(**) Chimico-physique , page 156.

ceux qui auraient pour le moins un pied carré.

Il est à ma connaissance que M. Children a fait plusieurs expériences de ce genre. Il disposa quelques batteries gigantesques, formées avec les plaques les plus grandes qu'on ait encore employées : son premier appareil consistait en vingt paires cuivre et zinc ; chaque plan avait quatre pieds de long sur deux de large ; ils étaient placés dans une cuve de bois enduite de ciment, et la quantité du fluide nécessaire pour mettre cet appareil en action était de cent vingt gallons. Cette énorme batterie ne développa sur les conducteurs imparfaits qu'une action très-peu considérable, et n'affecta pas sensiblement un électromètre à feuille d'or ; mais, à d'autres égards, elle produisit de puissans effets, car elle fit rougir trois pieds de fil de platine d'un trentième de pouce de diamètre, assez fortement pour le rendre visible en plein jour : elle fondit complètement dix-huit pouces du même fil, et enflamma des morceaux de charbon terminés en pointes qui répandirent alors la lumière la plus brillante ; mais, pour opérer des décompositions chimiques, elle n'eut qu'une influence à peine sensible (*).

(*) Transact. philosophiques, pour 1809, page 32.

Plus récemment encore, ce zélé physicien a construit une batterie de même étendue, mais dont les plaques avaient deux pieds huit pouces de large sur six pieds de long ; elles furent attachées à une grosse solive qui, au moyen de contre-poids, était suspendue à l'une des poutres de son laboratoire, en telle sorte que l'on pouvait aisément retirer les plaques de dedans les cellules, et les y replacer sans difficulté. Au moyen de cet appareil, on parvint à faire rougir six pieds de fils de platine d'un gros diamètre : des morceaux plus petits furent fondus avec facilité ; de l'iridium fut réduit en globules, et on réussit également à fondre des morceaux de mine d'iridium et d'osmium. Il paraît que, dans ces expériences, la chaleur développée a été supérieure à celle que l'on avait jusqu'à présent obtenue par tout autre procédé.

On a dernièrement construit, par ordre du gouvernement français, un très-grand appareil voltaïque. Il consiste en six cents paires de plaques ayant à peu près chacune onze pouces de côté : leur ensemble présente, par conséquent, une surface d'environ cinq cents pieds. On les a disposées, à quelques modifications près, suivant la méthode que nous avons précédemment exposée, page 356, en décrivant

l'appareil en forme d'auge , imaginé par M. Cruickshank. Indépendamment de l'appareil à larges plaques , il y en a un second formé de quinze cents couples de moindres dimensions. Il ne paraît point qu'on ait encore tenté aucune expérience relative à la faculté que cette batterie peut avoir pour déterminer des combustions : son action a été jusqu'ici principalement dirigée sur les conducteurs imparfaits , ou employée à produire des effets électrométriques. Les premières expériences que l'on fit avec cet appareil , eurent pour but de comparer l'influence des divers fluides , soit pour exciter l'énergie de la batterie , soit pour servir de milieux propres à développer son action chimique. On remarqua , dans plusieurs de ces expériences , le fait que j'ai précédemment avancé , savoir , que les *poussances* chimique et électrique d'une batterie n'atteignaient jamais simultanément leur *maximum* , mais exigeaient au contraire des conditions différentes pour y arriver. En se servant de vingt-quatre larges plaques mises en activité avec un mélange d'acide et d'eau , on parvint à décomposer les alcalis , et à produire plusieurs autres effets chimiques; mais cet appareil n'exerça qu'une faible action sur l'électromètre , lors même qu'on eut recours au conden-

sateur. La série complète des six cents grandes plaques , employées avec l'eau , ne détermina aucun effet chimique semblable ; mais son pouvoir électrique fut beaucoup plus considérable. On reconnut que les fluides les plus conducteurs étaient aussi les plus actifs pour exciter les facultés chimiques de la batterie ; ainsi l'eau agissait moins fortement que les dissolutions salines , ces dernières étaient moins puissantes que les mélanges acides , et ceux-ci , à mesure qu'ils étaient moins affaiblis , développaient une action plus intense ; et , dans quelques circonstances , on remarqua qu'un mélange d'acide et de sel était encore plus énergique. Quand on fit successivement usage d'acides plus ou moins concentrés , la quantité des gaz dégagés du même fluide au moyen de deux fils de platine , fut à peu près proportionnelle au degré de concentration de l'acide dont on se servait pour exciter la batterie.

Les liquides qui furent les plus efficaces pour développer le pouvoir chimique de l'appareil , furent aussi plus rapidement décomposés , lorsqu'on les exposa à son action ; et , à cet égard , leur propriété parut être en rapport avec leur faculté conductrice. On trouva que les dissolutions salines conduisaient mieux

que l'eau, les alcalis mieux que les sels ; et les acides mieux encore que les alcalis. Lorsque l'on fit usage du sulfate de soude, on observa un résultat curieux ; la décomposition s'effectua avec une facilité qui fut comme la racine cubique de la quantité du sel contenu dans la dissolution ; en telle sorte que, si dans le même temps, et avec une batterie de même force, une dissolution de sulfate de soude fournit deux fois autant de gaz qu'une autre, on y trouvait huit fois autant de sel. Lorsque, pour décomposer l'eau, on employa des séries de plaques plus ou moins nombreuses, les effets ne parurent, en aucune façon, augmenter proportionnellement au nombre des élémens ; en telle sorte que, quand on fait usage de plusieurs batteries pour produire cet effet, il vaut mieux les faire agir séparément sur différentes portions d'eau, que collectivement sur une seule.

On soumit de l'acide nitrique affaibli à l'action de batteries dont les plaques avaient des dimensions différentes ; elles furent mises en activité avec de l'acide sulfurique étendu d'eau, et on observa que la quantité de gaz dégagé par un nombre donné de plaques, fut à peu près proportionnelle à l'étendue de leurs surfaces respectives.

Le mélange dont on se servit habituellement pour mettre la grande batterie en activité, était composé d'une partie d'acide sulfurique , de soixante-dix d'eau , et de neuf ou dix de sel commun. Lorsqu'une seule personne recevait les commotions que faisait éprouver cet appareil , elle ressentait une douleur très-vive , mais qui devenait beaucoup plus modérée , quand trois ou quatre personnes , se tenant par la main , étaient simultanément exposées à son action. Dans cet état d'activité , l'énergie de la batterie était telle , qu'il fut possible de retirer une étincelle de l'eau ; mais on ne put s'en servir pour décomposer avec succès les alcalis , car on y réussit beaucoup mieux avec un appareil moins puissant.

La faculté d'opérer des décompositions chimiques disparut ordinairement en vingt minutes ; mais la commotion était encore très-forte , et les effets électriques continuaient sans diminution sensible (*).

Il paraît donc , d'après ces expériences , que l'action chimique d'une batterie voltaïque est d'autant plus forte , que le fluide qui entre dans sa composition a une faculté conductrice plus grande , et qu'il est plus susceptible d'être dé-

(*) Recherches physico-chimiques , vol. I , p. 1 à 50,

composé; mais les mêmes conditions ne semblent point exercer une égale influence sur les facultés électriques de cet appareil (34).

CHAPITRE IV.

Aperçu de nos connaissances théoriques sur l'Électricité voltaïque; structure et propriété de la pile.

DANS les chapitres précédens, on s'est particulièrement attaché à décrire les propriétés les plus importantes de l'appareil voltaïque, et, dans quelques circonstances, on a fait connaître les opinions qui ont été émises pour expliquer plusieurs des phénomènes auxquels il donne lieu. Il est donc inutile de s'étendre beaucoup sur cet objet, dont nous n'avons d'ailleurs qu'une connaissance très-imparfaite: une description des faits, qu'il est important de connaître dans toute théorie raisonnable, paraîtra sans doute devoir être plus utile qu'une exposition détaillée des diverses hypothèses qui furent successivement proposées.

Les appareils voltaïques dont nous faisons usage, sont formés de groupes successifs composés de trois substances différentes. Le plus

communément on emploie des plaques de cuivre et de zinc , auxquelles on associe quelque fluide conducteur. On peut prouver, ainsi que nous l'avons déjà fait voir (*), que la cause du pouvoir électrique de cet appareil réside dans l'association des deux substances métalliques ; et , suivant Volta , le fluide interposé sert seulement de conducteur, pour transmettre l'effet produit par une couple métallique à celle qui lui est superposée. Cette idée paraît assez exacte, tant qu'il ne s'agit que de l'électricité développée par cet appareil ; car , quelle que soit d'ailleurs la nature du fluide interposé , la pile exerce sur l'électromètre une action évidente , et , en général , la divergence (**) paraît être proportionnée au nombre des étages. Les effets élec-

(*) Voyez page 346 à 348.

(**) Volta s'est assuré que l'effet produit sur l'électromètre était le même , soit que l'appareil fût disposé avec de l'eau pure ou avec de l'eau salée ; et , dans les expériences des chimistes français , la grande batterie produisit le même effet électrométrique , soit à l'instant où elle venait d'être mise en action , avec un acide affaibli susceptible d'agir fortement sur les plaques , soit après que l'acide s'étant saturé de toute la quantité de métal qu'il pouvait dissoudre , ne développait plus aucune action chimique.

trométriques prouvent également ; qu'en disposant une série de plaques zinc et cuivre avec un fluide interposé , on forme une colonne conductrice qui , si elle est isolée , sera positive à une extrémité , négative à l'autre , et neutre dans le milieu. On peut aisément s'assurer qu'il en est ainsi , en faisant simultanément communiquer , avec un appareil de trois à quatre cents paires de disques , trois électromètres à feuille d'or. Celui qui sera appliqué à l'extrémité cuivre , divergera à raison d'une électricité négative ; le second , mis en communication avec le pôle zinc , donnera des signes d'une électricité positive de même intensité ; et le dernier , répondant à la plaque qui occupe la partie moyenne de la pile , restera immobile. Si , au moyen d'un fil métallique , on établit une communication entre l'une ou l'autre extrémité de la batterie et le sol , à l'instant les feuilles de l'électromètre qui communiquait avec cette extrémité redeviendront parallèles ; celles de l'électromètre du centre divergeront alors autant que le faisaient d'abord les précédentes , mais à raison d'une électricité opposée , et les feuilles du troisième instrument , répondant à l'autre extrémité de la pile , auront leur divergence primitive augmentée.

Il paraît donc que , dans cet appareil , il existe réellement une propriété électromotrice , qui détermine constamment l'extrémité zinc à devenir positive , et l'extrémité cuivre négative ; il est également évident que l'intensité électrique vers l'un ou l'autre pôle augmente , lorsqu'on établit une communication entre le sol et un des bouts de la pile . Cette dernière expérience , au moyen de laquelle on peut rendre à volonté la plaque du centre positive , négative ou neutre , prouve encore que le fluide interposé n'agit jamais comme isoloir ; car , s'il en était ainsi , les changemens dont nous venons de parler ne pourraient point avoir lieu .

En établissant une communication entre le sol et l'une ou l'autre des extrémités d'une pile , on rend plus intense l'état électrique de l'extrémité opposée ; ce qui peut faire présumer que la même chose arrive à chaque couple de métaux combinés , lorsque leurs surfaces communiquent au moyen d'un fluide conducteur . Aussi long-temps que l'appareil est isolé , le premier plan de zinc ne peut agir que sur le cuivre qui lui est associé ; mais la seconde pièce de zinc , indépendamment de l'action qu'elle développe sur le cuivre en contact avec elle , agit à travers le

fluide conducteur interposé , sur les deux premiers métaux , et elle peut , conséquemment , s'électriser positivement à un plus haut degré . Il est aisément de concevoir que cette action répétée , sera suivie d'une augmentation d'effets proportionnée au nombre des plaques , et que la tension électrique de l'une quelconque des extrémités deviendra plus forte à l'instant où l'on mettra l'autre en communication avec le sol .

Afin de m'assurer si les choses se passent réellement ainsi , lorsqu'on se sert d'une seule couple métallique , j'ai pris deux plateaux de six pouces de diamètre , l'un de cuivre et l'autre de zinc : leurs surfaces étaient bien nettes , et chacun d'eux portait un manche isolant , au moyen duquel on pouvait les mettre en contact : le zinc fut successivement appliqué plusieurs fois à la surface du cuivre , et , après chaque contact , on lui fit toucher le plateau isolé d'un condensateur de six pouces de diamètre : il fallut répéter cette opération vingt fois , pour communiquer à cet instrument une charge capable de faire diverger d'un quart de pouce les feuilles d'un électromètre très - sensible ; mais lorsque , le plan de cuivre , au lieu d'être tenu par son manche de verre , fut posé sur la main ou sur un autre corps conducteur quelconque , il ne fallut que dix contacts successifs

du plan de zinc isolé, pour communiquer au condensateur une électricité capable de faire écarter les feuilles d'or à une distance de *plus d'un demi-pouce*. En répétant ces expériences, avec cette modification que le plan de cuivre, tenu par son manche isolant, était porté sur le condensateur, après avoir été mis en contact avec le plan de zinc, d'abord isolé et ensuite non isolé, j'obtins les mêmes résultats; seulement l'électricité fut contraire. Ces faits prouvent suffisamment que l'action produite par une seule couple métallique, ressemble à celle que développe une série de métaux combinés; et, dès-lors, nous pouvons regarder comme très-probables, les détails dans lesquels nous sommes précédemment entrés, eu égard à la manière suivant laquelle l'énergie électrique est supposée croître avec le nombre des plaques associées.

Jusque-là les phénomènes sont peu compliqués, et leur explication est assez plausible; car ceux qui viennent d'être décrits, ne sont point essentiellement influencés par la nature des fluides interposés, et ils ne se manifestent d'ailleurs que quand les extrémités de l'appareil ne communiquent point ensemble, et peuvent, conséquemment, conserver leurs états électriques opposés; mais,

au contraire, les effets chimiques, la commotion, et la faculté de produire l'incandescence, ont seulement lieu lorsque, au moyen de quelque *substance conductrice*, on met en communication les pôles opposés d'une batterie. Si donc l'électricité est la cause de ces sortes d'effets, ils ne peuvent dépendre que de *la circulation* de ce fluide dans l'appareil; et, comme il n'y a pas de raison pour supposer que le pouvoir électromoteur des métaux associés cesse, quand une communication conductrice est établie entre leurs surfaces opposées, et que tout, au contraire, porte à croire que cette condition doit rendre son influence plus active; il serait possible que cette même accélération fût la cause des phénomènes. Les effets observés s'accordent d'ailleurs assez bien avec cette idée; car, si l'on admet que la réunion des extrémités opposées d'une pile voltaïque, au moyen d'un conducteur, détermine un courant d'électricité dirigé du pôle positif au pôle négatif, ce courant devra être plus rapide, à proportion que le conducteur dont on se servira sera plus parfait. Or, on a trouvé que les effets chimiques sont plus intenses, et se produisent plus rapidement dans les fluides dont la faculté conductrice est plus prononcée. Ainsi, la quantité

de gaz qui , dans un temps donné , se dégage de l'eau commune ; est plus grande que celle que fournit l'eau distillée : Les fluides salins sont ; à cet égard , plus efficaces que l'eau commune ; les solutions alcalines l'emportent sur les fluides salins , et , enfin , les acides sont supérieurs aux alcalis. Les causes capables d'influencer les effets que produit une simple combinaison , agissant de la même manière sur une nombreuse série , les fluides susceptibles d'éprouver la décomposition la plus rapide sont aussi plus actifs pour exciter les effets chimiques de la batterie , quand on les emploie comme intermédiaires , pour établir la communication entre les plaques dont elle est composée..

Les acides sont , de tous les corps fluides , ceux qui conduisent le mieux l'électricité ; cependant ils sont , à cet égard , inférieurs aux métaux , et l'expérience prouve que , pour exciter la puissance chimique de la batterie , ils ont beaucoup plus d'énergie que toute autre substance. Il serait possible que , comme agens chimiques , ces fluides exerçassent sur le zinc une influence qui eût quelque part à l'effet produit , en modifiant soit la quantité , soit la rapidité du fluide électrique mis en mouvement : cependant , il est certain que ces sortes

de phénomènes ne sont point proportionnés à l'énergie de l'action chimique des liquides employés : l'acide sulfurique, par exemple, agit aussi puissamment sur le zinc que les acides nitrique et muriatique ; et, cependant, il n'est point aussi actif pour développer les propriétés chimiques de la pile : de même encore, les alcalis n'exercent qu'une action très-peu prononcée sur les métaux qui composent cet appareil, et cependant ils excitent ses facultés avec beaucoup plus de force que ne le font plusieurs fluides salins qui, comme agents chimiques, sont réellement plus efficaces.

Un fil métallique qui devient incandescent lorsqu'on le place dans le circuit d'une batterie voltaïque, du charbon qui s'enflamme aussitôt qu'il est soumis à l'influence du même appareil, sont des phénomènes parfaitement d'accord avec les principes que nous venons d'établir. Ces substances sont effectivement les plus parfaits conducteurs connus ; et, lorsqu'elles sont employées pour faire communiquer entre elles les extrémités opposées d'une batterie, elles doivent porter au plus haut degré son pouvoir électromoteur. Une rapide circulation de l'électricité étant ainsi déterminée, l'incandescence des corps qui servent à établir la communication devient inévitable, si leur dimension n'est pas

trop considérable , relativement à la quantité de fluide mis en mouvement ; et tant qu'on ne s'écartera pas de cette limite , l'effet croitra avec l'épaisseur du fil , puisque la rapidité du mouvement augmentera à mesure que la transmission deviendra plus facile. Cette explication est peut-être la plus satisfaisante de toutes celles que l'on peut proposer, pour rendre compte de la durée de l'incandescence des fils de métal , et de l'accroissement de puissance qu'on obtient en employant de larges plaques.

Lorsque l'action chimique des acides ou autres fluides placés entre les élémens de la pile , diminue , la puissance chimique et la faculté incandescente de cet appareil disparaissent ; ce qui peut provenir du changement absolu qui arrive alors dans la nature du fluide interposé , sa propriété conductrice pouvant être considérablement diminuée. Peut-être bien aussi , qu'à raison des modifications qu'éprouvent ses propriétés chimiques , ce fluide acquiert quelque faculté électromotrice , qui tend à détruire l'effet des métaux combinés.

Je présente ces idées comme les conséquences les plus plausibles que l'on puisse déduire des faits qui , jusqu'à présent , sont parvenus à ma connaissance ; et je serais charmé qu'elles pussent , en quelque façon , servir

à expliquer ces phénomènes d'une manière plus satisfaisante.

On a quelquefois supposé que le fluide qui, dans une pile, sert à empêcher le contact métallique des différens groupes, n'agissait point comme conducteur ; et on a pensé « que, relativement à une électricité aussi peu intense, l'eau était un corps isolant. » Si une telle condition était essentielle pour déterminer l'action d'une batterie et la décomposition des fluides, ces effets auraient plus d'intensité lorsqu'on se servirait de liquides dont la propriété conductrice serait moindre : mais on remarque tout le contraire ; car la faculté électromotrice de l'appareil de Volta dépend si peu d'un isolement établi entre les plaques qui le composent, que tous les phénomènes se manifestent encore, quand les cellules d'une auge sont remplies jusqu'à déborder, et que, par conséquent, les diverses plaques sont mises en communication par leur bord supérieur au moyen d'une couche considérable de fluide. Les effets continuent même, quoique avec une moindre énergie, quand toutes les plaques communiquent ensemble à l'aide d'un métal, et lorsque, par conséquent, toutes les parties de l'appareil sont également conductrices. J'ai coupé un certain nombre de bandes minces

de cuivre , et je les ai recourbées en forme de la lettre U , de manière qu'elles représentaient des espèces de ressorts : j'introduisis alors les deux branches de l'un d'eux dans chaque cellule d'une batterie voltaïque , en telle sorte qu'elles pressaient fortement , d'une part contre un plan de cuivre , et de l'autre contre un plan de zinc . Ayant donc , par ce moyen , établi une communication métallique régulière entre chaque paire de plaques d'un appareil composé de cinquante étages de trois pouces de côté , j'ai ensuite rempli les cellules avec un acide affaibli , et je me suis assuré que , nonobstant l'absence totale d'isolation , on pouvait très-rapidement décomposer l'eau avec cette batterie ; elle fournissait aussi de vives étincelles , et pouvait également enflammer des morceaux de charbon terminés en pointe , ou de la poudre à canon : enfin , en se servant du condensateur , on obtenait une charge suffisante , pour déterminer les feuilles d'or d'un électromètre à frapper contre les parois du cylindre de verre dans lequel elles étaient renfermées .

Au premier aspect , ce phénomène paraît fort extraordinaire ; parce que l'on sait très-bien que , si toutes les plaques communiquaient les unes avec les autres au moyen

d'un mince fil de métal , leur effet serait presque totalement anéanti ; mais alors les surfaces cuivre et zinc de chaque paire de plaques seraient en communication l'une avec l'autre , et , conséquemment , le fluide électrique , au lieu de passer d'une cellule à l'autre , circulerait entre les faces opposées de chaque groupe . En disposant l'appareil ainsi que nous venons de le recommander , les ressorts métalliques touchent la surface zinc d'une paire de plaques , et la surface cuivre de l'autre : il n'existe donc dès-lors entre les côtés opposés de chaque assemblage , aucune autre communication métallique que celle qui résulte de l'association du cuivre et du zinc ; et , comme leur mutuel contact produit un mouvement électrique dirigé de l'un à l'autre métal , il ne saurait agir comme conducteur dans une direction opposée : aussi , l'effet produit par cet appareil n'est-il affaibli que dans la proportion suivant laquelle le ressort diminue la faculté électro-motrice de la plaque zinc , dont il met une portion entre deux surfaces cuivre . Cette expérience me paraît prouver , d'une manière satisfaisante , que l'association des métaux développe un pouvoir électro-moteur , qui tend à produire un courant d'électricité dirigé d'une extrémité de la bat-

terie à l'autre , et , par conséquent , il doit s'établir une circulation de fluide électrique à travers l'appareil , lorsque ses extrémités sont mises en communication . Les mêmes résultats montrent aussi que le pouvoir électro-moteur est influencé par la nature de la substance que l'on place entre les différentes paires métalliques ; et ils peuvent , jusqu'à un certain point , rendre compte de la diversité des effets qu'on obtient en se servant de différens fluides . Cette dernière circonstance est peut-être un des sujets les plus propres à fournir la matière de recherches intéressantes ; et le professeur Berzelius , en rendant compte d'une expérience ingénieuse , imaginée pour prouver que l'oxidation n'est pas la source de l'électricité que fournit l'appareil voltaïque , a fait connaître plusieurs faits instructifs qui ont rapport à ces sortes de modifications . L'article suivant est extrait de la description qu'il a publiée dans les Mémoires de l'académie de Stockholm . « J'ai pris douze » tubes de verre d'un demi-pouce de diamètre , » de trois pouces de long , et hermétiquement » fermés à l'une de leurs extrémités . Après » les avoir à moitié remplis avec une forte dis- » solution de sous-muriate de chaux (tel que le » fournit le résidu qu'on obtient après la pré- » paration de l'ammoniaque caustique) , j'ai

» versé sur ce fluide de l'acide nitrique étendu
 » d'eau, ayant toutefois la précaution de ne
 » point mêler les liquides ; les tubes furent en-
 » suite placés à côté les uns des autres, et je me
 » procurai des fils de cuivre dont un bout avait
 » été trempé dans du zinc fondu , en telle
 » sorte qu'un bouton de ce métal était soudé
 » à cette extrémité. Je plongeai un de ces fils
 » dans chaque tube ; la portion armée de zinc
 » descendait jusqu'au fond du sous-muriate
 » de chaux ; recourbant alors la partie supé-
 » rieure des fils, je l'immergeai dans l'acide que
 » contenait le tube le plus voisin. Il résulta de
 » cet arrangement une série disposée dans
 » l'ordre suivant : cuivre , zinc , sous-muriate
 » de chaux , acide nitrique ; cuivre , zinc , etc...
 » Il est évident qu'à la température ordinaire ,
 » il n'y avait que la portion du cuivre plongée
 » dans l'acide nitrique qui fut susceptible d'être
 » oxidée ; et , en supposant que cette action
 » eût été la première cause de l'électricité dé-
 » veloppée dans l'appareil , le pôle cuivre ,
 » dans ce cas , aurait dû manifester l'espèce
 » d'électricité (positive) que , dans la pile or-
 » dinnaire , on remarque vers le pôle zinc.
 » Tant que les extrémités de ce petit appareil
 » ne furent point mises en communication ,
 » le cuivre continua à être dissous par l'acide

» qui prit une couleur bleue ; mais la surface
» du zinc conserva son éclat métallique, et ne
» subit aucun changement appréciable. Je fis
» alors communiquer les pôles au moyen de
» fils d'argent, dont les extrémités plongeaient
» dans un tube contenant du muriate de soude.
» Je vis, avec une extrême surprise, que les
» résultats obtenus étaient directement con-
» traires à ceux que semblait annoncer la théo-
» rie, qui considère l'oxidation comme la cause
» de l'électricité que développe la pile. Le
» cuivre cessa tout à coup de se dissoudre, et
» le zinc se recouvrit d'une grande quan-
» tité d'oxide blanc ressemblant en quelque
» sorte à des flocons de laine. Le fil en com-
» munication avec le pôle cuivre dégagea,
» comme de coutume, du gaz hydrogène ; et
» celui en contact avec le pôle zinc fournit un
» précipité abondant de muriate d'argent.
» L'état électrique de l'appareil produisit donc,
» dans ce cas, deux effets simultanés : d'abord,
» il développa une affinité qui, à la tempéra-
» ture ordinaire de l'atmosphère, est inactive ;
» et ensuite il suspendit une influence qui,
» ayant que la communication ne fût établie,
» se développait avec une grande énergie :
» *on ne saurait attribuer ces effets à aucune*
» *autre cause qu'à l'électricité produite par le*

» *contact* qui détermine la charge électrique
 » de la pile, et provoque les affinités qui de-
 » vront se développer.

» Ce petit appareil avait une grande puis-
 » sance ; il fournissait une quantité de gaz telle
 » qu'elle n'aurait pu être plus considérable,
 » même en se servant d'une pile composée de
 » cent paires de plaques. Afin de découvrir
 » quelle pouvait être la cause de cette énergie,
 » je substituai du muriate neutre au sous-mu-
 » riate de chaux : l'effet produit fut alors très-
 » modéré, et proportionné au nombre des
 » couples métalliques employés ; en dernier
 » lieu, je remplaçai le muriate de chaux par un
 » muriate neutre de zinc, et dès-lors l'effet fut
 » à peine perceptible, quoiqu'il fût d'ailleurs
 » suffisant pour suspendre, d'une part, l'oxida-
 » tion du cuivre plongé dans l'acide nitrique,
 » et pour déterminer, de l'autre, le conduc-
 » teur communiquant avec le pôle zinc à
 » s'oxyder (*). »

Cette expérience fait voir que le fluide interposé exerce sur les effets chimiques de l'appareil une influence qui, probablement, provient de l'action que cet intermédiaire dé-

(*) Mémoires de l'Académie de Stockholm pour 1812, ou Journal de Nicholson, vol. XXXIV, page 161.

veloppe sur le pouvoir électro-moteur auquel donne naissance l'association des métaux ; elle prouve aussi que l'action chimique ne se manifeste jamais , à moins que le fluide électrique ne circule d'une extrémité à l'autre de la batterie ; ce qui est d'ailleurs conforme à une expérience rapportée par le chevalier H. Davy. Il se servit de quarante arcs zinc et argent , qu'il disposa de la manière ordinaire dans une série de verres remplis de muriate d'ammoniaque , auquel il ajouta une petite quantité d'acide muriatique. Aussi long-temps que les extrémités de cet appareil ne furent point mises en communication , l'argent ne fournit pas de gaz hydrogène , et le zinc n'éprouva pas d'altération sensible ; mais , à l'instant du contact , les fils de zinc furent très-rapidement dissous , et il se dégagea de l'hydrogène de chaque fil d'argent.

Dans les combinaisons voltaïques simples , il paraît essentiel , pour la production des effets chimiques , que les élémens du fluide interposé puissent être transportés ; et , comme on peut présumer que la même chose arrive dans chaque cellule d'une batterie , c'est peut-être une des causes auxquelles on peut attribuer l'action plus énergique que développent les fluides susceptibles d'éprouver une décompo-

sition plus rapide. Quand ; par exemple (comme dans l'expérience 19), un arc composé de zinc et de platine est mis , le platine dans une dissolution d'argent , et le zinc dans de l'acide muriatique affaibli , le métal dissous ne sera point précipité , à moins que les verres ne communiquent au moyen de quelque fluide intermédiaire , ou d'un métal soluble dans l'acide qui tient l'argent en dissolution. Ainsi , avec des arcs de platine ou d'or , on n'obtiendrait aucun effet , soit dans cette expérience , soit dans la quinzième; mais en se servant d'un autre métal , une portion de l'argent ou du cuivre tenue en dissolution est revivifiée, tandis qu'une quantité correspondante de l'arc conducteur simple est dissoute , et prend dans le dissolvant la place du métal précipité. C'est ainsi que l'on peut se rendre compte de l'érosion qu'éprouvent les plans de zinc d'une batterie voltaïque , et du dégagement d'hydrogène qui se manifeste aux surfaces cuivre.

Les phénomènes décrits jusqu'à présent semblent annoncer que l'on peut regarder l'association des métaux qui composent l'appareil de Volta, comme la cause première de son pouvoir électrique. Mais , quoique les effets chimiques aient probablement la même

origine ; ils sont évidemment influencés par la nature et l'action du fluide interposé. M. Deluc (*) a dernièrement développé, par de savantes expériences, les relations qui existent entre les différentes parties de l'appareil ordinaire, et les divers effets qu'il produit. Cet appareil est habituellement formé de trois éléments distincts, deux métaux et un fluide. Le plus communément, on se sert de cuivre ou d'argent que l'on oppose au zinc, et dont on forme des groupes que l'on superpose les uns aux autres, en les séparant par un morceau de drap mouillé. Maintenant, si on considère ces éléments sans avoir égard à la théorie de Volta, ils pourront être combinés de trois manières différentes : 1^o. zinc et argent, avec un morceau de drap mouillé entre eux ; 2^o. zinc et argent mutuellement en contact avec un morceau de drap mouillé appliqué sur le zinc ; 3^o. zinc et argent toujours en contact, mais le morceau de drap placé sur l'argent. L'une ou l'autre de ces trois associations peut être la cause de l'action que développe cet appareil ; cependant on peut déterminer quels sont les groupes efficaces, en superposant successivement chacune de ces trois combinaisons pour en for-

(*) Journal de Nicholson, vol. XXVI, p. 113, etc.

mer une pile , ayant toutefois la précaution de séparer les différens étages les uns des autres , par quelque conducteur qui ne soit pas essentiellement susceptible d'affecter leur faculté électro-motrice. M. Deluc employa à cet usage de petits trépieds formés avec des fils de cuivre recourbés de manière à ne toucher les plaques entre lesquelles ils étaient placés , qu'aux trois points d'appui seulement.

La première tentative que l'on fit pour analyser en quelque sorte la pile par cette méthode , fut de former une colonne de soixante-seize groupes arrangés de la manière suivante : zinc , drap mouillé et argent ; le zinc étant placé en-dessous , on mettait sur la plaque d'argent un trépied en fil de cuivre destiné à recevoir un nouveau groupe absolument disposé comme le précédent ; dessus la deuxième plaque d'argent , on posait un second trépied qui était également surmonté d'un troisième groupe ; et l'on continuait ainsi jusqu'à ce que les soixante-seize étages fussent employés.

Un appareil ainsi préparé , produisit des effets chimiques et électriques semblables à ceux qu'on aurait obtenus avec une pile construite sans l'interposition des trépieds de cuivre. Il paraît donc que la combinaison zinc et argent séparés par un intermédiaire humide , est une

disposition susceptible de développer simultanément tous les effets que peut produire l'appareil. Pour reconnaître jusqu'à quel point cette première indication était fondée, on fit une seconde analyse de la pile, dans laquelle deux métaux furent superposés l'un à l'autre; et le morceau de drap mouillé mis en contact avec la plaque de zinc seulement. L'appareil offrait donc la disposition suivante; argent, zinc et drap mouillé sur lequel on plaçait un trépied; après quoi, on mettait un autre groupe, zinc, argent et drap mouillé, puis un nouveau trépied; et on continuait de la même manière jusqu'à ce que les soixante-seize paires de plaques fussent superposées.

Les effets électriques qu'on obtint avec cet appareil ressemblèrent à ceux de l'expérience précédente; et, quoiqu'ils disparurent aussitôt qu'un tube de verre (disposé comme on le fait ordinairement pour opérer la décomposition de l'eau) fut mis en contact avec les pôles opposés, on n'observa pas le moindre effet chimique.

Cette seconde expérience semble prouver que la condition nécessaire pour produire les effets chimiques et électriques n'est pas la même; les uns exigent que l'argent et le zinc combinés soient séparés par un intermédiaire

humide ; et les autres veulent que les deux métaux soient en mutuel contact ; alors, un conducteur humide touchant au zinc seulement sert à séparer les différens étages.

Dans une troisième expérience , on construisit la pile de la manière suivante : zinc , argent et un intermédiaire humide ; au-dessus on plaçait un trépied , et on continuait en observant le même ordre , jusqu'à ce que la pile fût composée de soixante-seize étages. On ne put produire , avec cet appareil , aucun effet soit électrique , soit chimique. M. Deluc attribue l'absence des premiers à ce que les plaques de zinc étaient en contact , d'un côté , avec l'argent , et de l'autre avec le cuivre du trépied , qu'il regarde comme agissans en sens contraire. Quant à la nullité de l'influence chimique , elle provient , suivant lui , de ce qu'une condition essentielle à son développement n'était pas remplie ; savoir , une association successive de plaques zinc et argent , avec un fluide intermédiaire en contact avec l'un et l'autre métal.

Lorsque la pile continue , ou celle qui est formée de groupes ternaires efficaces , est mise en activité avec des morceaux de drap imbibés d'eau pure , quoiqu'elle produise des effets chimiques , elle ne peut cepen-

dant faire ressentir aucune commotion ; mais , quand les morceaux de drap sont trempés dans une dissolution de sel commun , le choc est alors très-distinct : ce qui fit conclure à M. Deluc que les effets chimiques ne peuvent avoir lieu dans le circuit , à moins que le zinc ne soit oxidé ; et , pour que la commotion se fasse ressentir , il est , suivant lui , nécessaire que cette oxidation soit produite par l'action d'un acide.

M. Deluc pense que les phénomènes de la pile peuvent provenir de quelques modifications qu'éprouve , durant l'oxidation du zinc , le fluide électrique qui traverse l'appareil ; et comme , en se servant du condensateur pour ses expériences , ce physicien obtint , en touchant les fils plongés dans l'eau , des indications électriques plus appréciables , lorsque les effets chimiques et le choc se manifestèrent : il en conclut que cette modification du fluide électrique était accompagnée d'un ralentissement de son cours , au moyen duquel une très-petite quantité d'électricité devenait capable de produire des effets qu'on ne pourrait obtenir d'une dose beaucoup plus considérable , mise en mouvement par la machine électrique.

On peut remarquer que cette idée est tout-

à-fait contraire à celle que je me suis permis de proposer, d'après un aperçu plus général et plus développé des phénomènes que produit l'appareil voltaïque. Néanmoins, en la considérant isolément, elle paraissait être, au premier aspect, une conséquence naturelle de l'expérience dont il s'agit : mais on sait qu'une augmentation d'activité donne toujours lieu à une décomposition plus rapide ; et comme elle résulte évidemment du courant établi, il serait absurde de supposer que ce dernier, en se ralentissant, puisse rendre l'effet produit plus intense ; et, d'ailleurs, une telle conséquence serait également opposée aux phénomènes analogues que présente l'électricité ordinaire.

Quand un fluide quelconque est décomposé par l'action de nos machines électriques, l'effet est toujours proportionné à l'intensité du courant qui le traverse : aussi, lorsque la surface métallique en contact avec le liquide est d'une certaine étendue, il faut, pour opérer la décomposition de l'eau, des chocs énergiques qui se succèdent rapidement. C'est à la sagacité du docteur Wollaston que nous sommes redatables du procédé au moyen duquel on peut analyser l'eau, en ne se servant que d'une électricité modérée. Il enveloppa de verre ou de

cire le conducteur métallique , de manière qu'il n'exposait au fluide qu'une très-petite portion de sa surface ; il diminuait ainsi le volume du courant électrique, et augmentait proportionnellement sa force ; aussi parvint-il, quoique avec une faible quantité d'électricité , à obtenir une intensité suffisante , en réduisant convenablement l'étendue de la surface en contact avec le liquide.

Si des fils provenant des extrémités opposées d'une batterie voltaïque sont plongés dans l'eau et complètent ainsi le circuit , ils ne pourront charger le condensateur , à moins que la quantité d'électricité fournie par l'appareil ne soit supérieure à celle que l'eau peut transmettre : donc , toute cause qui rendra cette émission plus abondante, déterminera un accroissement des effets indiqués par ce genre d'épreuves , pourvu , toutefois , que la faculté conductrice de la colonne d'eau interposée reste la même. On obtiendrait encore un semblable résultat , dans le cas où la rapidité avec laquelle le fluide électrique se meut deviendrait plus considérable ; la communication entre les extrémités de l'appareil étant d'ailleurs établie au moyen du même conducteur imparfait : le fil positif , d'une part, recevrait alors l'électricité de la pile plus vite qu'il ne peut la transmettre à l'eau; et de l'autre , le fil négatif la céderait à l'appareil plus

rapidement que le liquide ne peut la lui communiquer ; en telle sorte que , toutes les fois que ces conditions se présenteront , les fils fourniront respectivement au condensateur une faible charge positive ou négative , dont l'intensité dépendra de la rapidité avec laquelle agit la faculté électro-motrice. Or , conformément au principe que j'ai proposé , le mouvement électrique le plus rapide aura lieu dans l'appareil , quand les différentes paires de plaques communiqueront les unes avec les autres au moyen des meilleurs conducteurs fluides ; et c'est en effet ce que semble confirmer l'expérience de M. Deluc , puisque les fils métalliques plongés dans l'eau communiquaient au condensateur , lorsque la pile était mise en activité avec une dissolution saline , une charge plus forte que quand elle était préparée avec de l'eau pure. On peut encore , en modifiant cette expérience , prouver la légitimité de l'induction que nous en avons tirée ; car , lorsque l'appareil est mis en action par un fluide salin , si on remplit avec le même liquide le tube qui sert à établir la communication entre les deux pôles , l'un ou l'autre fil ne fournira pas au condensateur une charge plus considérable que celle que l'on obtenait , lorsque la pile étant préparée avec de l'eau , le tube

en contenait aussi. On conçoit que, dans ce cas, la faculté électro-motrice de l'appareil a éprouvé un accroissement, qui est compensé par l'augmentation du pouvoir conducteur du fluide servant à établir la communication entre ses extrémités.

J'ai constamment remarqué, qu'en introduisant dans l'appareil voltaïque divers fluides, propres à développer des actions chimiques d'intensité variable, elles étaient d'autant plus passagères qu'elles avaient plus d'énergie. Cette observation est importante, relativement à l'emploi de l'appareil, puisqu'elle offre les moyens de faire un usage raisonné des diverses modifications dont il est susceptible, et de le maintenir en activité pendant un temps donné. Lorsqu'une batterie est préparée avec de l'eau, son action chimique est faible; mais elle paraît continuer sans diminution sensible, pendant un temps pour ainsi dire illimité. En ajoutant une petite quantité d'acide muriatique, $\frac{1}{500}$ par exemple, l'action chimique augmente, et persévere encore pendant un temps considérable. Lorsque la proportion d'acide est $\frac{1}{50}$ ou $\frac{1}{20}$, les effets chimiques acquièrent une grande intensité; mais ils n'ont alors qu'une petite durée. Aucune dissolution ne m'a paru aussi avantageuse que celle des acides, et j'emploie

l'acide muriatique de préférence à tout autre, quoique l'acide nitrique soit réellement plus puissant , lorsqu'on en fait usage dans la même proportion ; mais il coûte quatre fois davantage ; et j'ai observé qu'il attaquait également les plaques de cuivre et celles de zinc ; d'ailleurs , le gaz nitreux qui se dégage durant l'opération , est beaucoup plus gênant que l'hydrogène résultant de l'emploi de l'acide muriatique.

M. Deluc a été conduit , par ses expériences , à conclure , ainsi que l'avoit déjà fait Volta , que les effets électriques de la pile dépendent entièrement de l'association successive des métaux hétérogènes , dont on forme des couples que l'on superpose , en les séparant au moyen d'une substance conductrice , qui ne doit point agir en sens inverse de leur pouvoir électromoteur. Pour s'assurer jusqu'à quel point un liquide était essentiel à la production de cet effet , M. Deluc monta une pile avec des morceaux de drap sec , et il trouva que les phénomènes électriques avaient encore lieu , quoiqu'ils fussent d'ailleurs beaucoup plus faibles qu'avec le drap mouillé ; alors il fit une nombreuse série d'expériences , et construisit successivement des piles dans lesquelles il substitua à l'intermédiaire humide diverses substances vé-

gétales ou animales. Parmi les corps qu'il essaya, le papier à écrire lui parut être le plus convenable de tous ceux qui sont susceptibles d'agir efficacement. Un appareil ainsi construit donna les mêmes indications électriques que la pile ordinaire; mais il ne produisit point d'effets chimiques, quelque grand que fût le nombre des paires de disques superposés; et le zinc ne fut point oxidé, même en prolongeant pendant un temps considérable l'action de l'appareil. Ces résultats firent penser qu'en augmentant le nombre des étages, on pourrait former une sorte de machine électrique perpétuelle; et, comme des essais antérieurs avaient fait connaître qu'on obtenait un effet plus prononcé, en collant le papier sur l'argent ou sur le cuivre; à l'un ou l'autre de ces métaux, et aux conducteurs humides, on substitua cette espèce de papier doré, que l'on prépare en appliquant une mince feuille de cuivre sur du papier. Huit cents de ces disques furent combinés avec un pareil nombre de disques en fer blanc; et on eut la précaution de tourner tous les côtés cuivre dans la même direction. On trouva que cette pile agissait sur l'électromètre plus puissamment que n'avait encore paru le faire aucune batterie voltaïque; mais en faisant communiquer avec ses pôles

un tube convenablement préparé et rempli d'eau , il ne se manifesta aucun effet chimique. L'appareil fut ensuite abandonné pendant un temps considérable ; et cependant il continua d'agir sur l'électromètre sans aucune diminution sensible. L'expérience a depuis fait voir qu'il conservait sa propriété aussi long-temps qu'on laissait subsister la disposition indiquée.

Telle fut l'origine d'un nouvel appareil voltaïque , important sous le double point de vue de la théorie et de la pratique : d'abord il établit une ligne de démarcation entre le pouvoir électrique et l'influence chimique de la batterie , en même temps qu'il démontre la permanence de sa faculté électro-motrice ; ensuite il fournit une machine électrique spontanée et permanente , dont les états électriques opposés existent toujours , sans qu'on soit obligé de les provoquer de nouveau. Indépendamment de ces propriétés , le nouvel appareil fait espérer qu'il pourra devenir un jour un instrument météorologique fort important ; car on a remarqué que ses indications électriques varient suivant les différentes saisons de l'année ; et il paraît assez probable qu'elles sont subordonnées à quelques-unes des causes qui donnent naissance aux phénomènes atmosphériques.

Afin de ne point confondre cet instrument avec l'appareil voltaïque ordinaire, dont il diffère à plusieurs égards, M. Deluc a proposé de le nommer « *colonne électrique* », dénomination d'autant plus convenable qu'il ne produit absolument que ces sortes d'effets (35).

J'ai fait beaucoup d'expériences relativement à la construction de ces colonnes ; et, après avoir varié leurs combinaisons d'une foule de manières, les substances qui me paroissent préférables sont des plaques minces de zinc battu, alternées avec du papier à écrire et des feuilles d'argent. Ces dernières doivent d'abord être appliquées sur le papier, de manière à former une sorte de papier argenté, que l'on découpe ensuite en petites plaques rondes au moyen d'un emporte-pièce, dont on se sert aussi pour préparer un nombre égal de plaques de zinc battu et de papier commun ; ces disques sont ensuite arrangés dans l'ordre suivant : *zinc*, *papier*, *papier argenté*, ayant soin de mettre en-dessus le côté recouvert d'argent. A ce premier étage, on en superpose un second, disposé absolument de la même manière : l'argent est donc partout en contact avec le zinc, et chaque assemblage zinc et argent est séparé du suivant par deux dis-

ques de papier. On peut ainsi superposer un grand nombre de couples : on les maintient entre trois petits tubes de verre enduits de cire à cacheter, et cimentés à chaque bout dans un morceau de bois rond auquel on a pratiqué trois trous placés à égale distance les uns des autres. On dispose encore cet appareil, en introduisant les disques dans un tube de verre préalablement bien desséché, dont les extrémités sont recouvertes avec de la cire à cacheter, et munies de viroles de cuivre : l'une d'elles peut être cimentée avec le tube, avant que d'introduire les plaques dans son intérieur, et l'autre ne devra être fixée qu'après la construction de la pile : chaque virole doit être traversée par une vis extérieurement terminée par un crochet ; cette vis sert à presser les plaques les unes contre les autres, et à établir une communication métallique bien exacte avec les extrémités de la colonne. Un instrument ainsi construit est représenté figure 45.

Peu de temps après que cette colonne fut imaginée, M. B. M. Forster découvrit qu'en réunissant un grand nombre de plaques, le pouvoir électrique de l'appareil était suffisant pour faire mouvoir une balle de cuivre suspendue entre deux timbres isolés, mis en communication avec les extrémités opposées

de la colonne ; ce qui formait une sorte de carillon. Ce physicien construisit une pile de quinze cents étages avec laquelle il parvint à entretenir , pendant un temps considérable , un appareil à timbre dans une activité continue. Si le pouvoir électro-moteur de cette colonne est réellement permanent , ainsi qu'il le paraît , il n'y a aucun doute que l'on pourra s'en servir pour produire une sorte de mouvement perpétuel. Pour vérifier cette supposition , j'ai imaginé de faire subir à cet appareil une modification qui le met à l'abri de toutes les causes étrangères d'interruption , rend sa forme plus élégante , et prévient les inconveniens qui résulteraient d'une longueur trop considérable. Avec une série de douze ou seize cents groupes , on forme deux colonnes d'égale longueur , on les met dans une situation verticale , en les fixant sur des supports disposés conformément à mes nouveaux principes d'isolement : les pôles doivent être placés en sens inverse , de manière qu'en réunissant les deux extrémités supérieures , au moyen d'un fil de métal , l'appareil représentera une colonne continue. On suspend à un fil de soie écrue une petite balle de cuivre ; elle répond à la partie moyenne du petit intervalle qui sépare deux timbres , fixés entre la partie inférieure de chaque

colonne et son support isolant. Pendant que l'on dispose cette espèce de pendule, on le soustrait à l'attraction que les timbres exerçaient sur lui , en les faisant communiquer au moyen d'un fil métallique. Aussitôt que l'on détruit cette communication , le mouvement du pendule commence , et l'appareil entier doit être alors placé sur un support circulaire en bois d'acajou , à la surface duquel on a pratiqué une rainure , destinée à recevoir le bord inférieur d'un récipient de verre qui sert à recouvrir le tout. (*Voyez figure 46.*)

Je possède un appareil ainsi disposé , qui est construit depuis environ quatorze mois , et ne contient que douze cents étages : jamais il n'a cessé de sonner , sinon lorsqu'on a été forcé de le changer de place ; inconveniant qui a dû nécessairement se renouveler plusieurs fois dans ce long intervalle de temps: il resta cependant plus de six mois sans être dérangé , et son mouvement ne discontinue pas. M. Deluc a conservé en activité , pendant plus de deux ans , une semblable colonne, dont le pendule oscille encore au moment où j'écris.

Si l'on place horizontalement une colonne composée d'environ mille étages , et que l'on mette chacune de ses extrémités en contact avec un électromètre à feuilles d'or, ce que re-

présente la figure 47, les deux électromètres divergeront ; celui qui répond à l'extrémité zinc de la colonne sera positif, et celui qui communique avec l'argent sera négatif. Si l'appareil est très-énergique, les feuilles d'or de chaque instrument frapperont alternativement les parois du cylindre de verre ; mais elles ne tarderont point à contracter avec lui une adhérence qui fera bientôt disparaître ce mouvement. Lorsqu'il y a seulement divergence, si on touche l'une ou l'autre extrémité de la colonne, les feuilles de l'électromètre qui communique à la partie touchée deviennent parallèles, et celles de l'instrument qui répond à l'extrémité opposée s'écartent davantage. Cet effet est analogue à ce que produit la batterie voltaïque, lorsqu'elle est placée dans les mêmes circonstances ; mais, en se servant du nouvel appareil, le mouvement est plus lent ; ce qui provient, je pense, de la moindre faculté conductrice des substances dont il est composé.

Il paraît qu'il y a certaines causes susceptibles de modifier l'action que la colonne développe sur de légers pendules métalliques ; dans l'appareil à carillon, par exemple, quoique le mouvement continue toujours, il est plus rapide dans certains temps que dans d'autres ;

et bien que les oscillations soient habituellement uniformes , ainsi que le seraient celles d'un pendule ordinaire , elles sont néanmoins singulièrement dérangées dans quelques circonstances , et deviennent fort irrégulières. Lorsque l'on met une colonne électrique en communication avec un électromètre , la fréquence avec laquelle les feuilles d'or se portent contre les parois du cylindre de verre , éprouve aussi des modifications suivant les différens temps. A cet égard , M. Deluc a observé , dans quelques-unes de ses expériences , des variations beaucoup plus considérables que celles qui se sont présentées à moi , lors même que je me suis servi des colonnes les plus énergiques que j'aie encore construites.

M. Deluc a proposé , comme un objet intéressant de recherches , de faire des observations suivies relativement à l'action que développe la colonne , et au nombre d'oscillations qu'elle produit dans un temps donné. On peut employer à cet usage une simple pile verticale isolée , et composée d'environ deux mille étages ; un fil de cuivre communiquant avec l'extrémité supérieure de l'appareil , est ensuite recourbé de manière à lui être parallèle ; ce fil est inférieurement terminé par une boule à peu de distance de laquelle il y en a une

seconde tout-à-fait semblable , fixée à la virole inférieure de la colonne. Une espèce de fourchette en cuivre , dont les deux branches sont réunies par un fil mince d'argent allant de l'une à l'autre , est placée au-dessus de cette boule et se trouve écartée de la colonne , de manière que , quand le pendule se porte vers elle , il frappe d'abord ce fil et reçoit une espèce de secousse qui l'empêche de s'y attacher. Le pendule consiste en une petite balle de moelle de sureau doré , suspendue à un fil d'argent très-fin , qui est lui-même parallèle au fil de cuivre recourbé à la partie supérieure duquel il est fixé. La disposition de l'appareil est telle que , s'il n'était pas électrisé , la balle dorée serait toujours en contact avec la boule de cuivre qui communique avec l'extrémité supérieure de la colonne : elle devra donc constamment revenir à cette position , quand , après avoir été attirée par l'extrémité inférieure de la pile , elle aura perdu son électricité en frappant contre le petit fil d'argent. Cet appareil (que M. Deluc a nommé *électroscop e aérien*) est représenté couvert d'un récipient , fig. 48 (*).

(*) M. Deluc , et après lui M. Hausmann (*) , ont dernièrement observé que l'énergie d'une colonne électrique (indiquée par

(*) Journal de Nicholson , volume XXXVI , page 307 , etc.

Tout porte à croire que l'action d'une colonne bien construite serait permanente. J'en

le nombre des oscillations d'un pendule) augmentait lorsqu'elle était exposée à l'action des rayons du soleil. Le premier de ces physiciens pense que l'on ne peut attribuer cet effet à l'influence de la chaleur solaire, parce qu'il s'est assuré qu'une colonne construite avec des disques de papier parfaitement desséchés n'avait qu'un pouvoir assez faible. Il est cependant certain qu'une chaleur modérée rend la colonne plus énergique. L'appareil à timbre que je possède est placé dans une chambre où l'on allume rarement du feu : j'ai remarqué que ses oscillations sont moins fréquentes pendant l'hiver; mais que bientôt elles deviennent plus rapides, lorsqu'en faisant du feu dans l'appartement, on élève sa température. J'ai pris une colonne composée de mille étages; je l'ai appliquée à la partie supérieure d'un électromètre à feuilles d'or, la température étant de 50 degrés F (10 C); les feuilles d'or frapperent les parois du verre neuf fois en 60 secondes ; je plaçai alors la colonne pendant 10 minutes devant un feu où le thermomètre montait à 85 degrés F (29, 5 C), essayée alors à l'électromètre, la colonne détermina les feuilles d'or à frapper les parois de l'instrument trente-sept fois en une minute ; je la transportai ensuite dans une autre partie de la chambre jusqu'à ce qu'elle eût recouvré sa température primitive : les feuilles de l'électromètre n'oscillèrent plus que neuf fois en une minute : replaçant de nouveau l'appareil devant le feu pendant dix minutes, il produisit trente-sept oscillations, ainsi que précédemment. M. Desaignes a lu à l'Institut de France, le 23 décembre 1811,

possède plusieurs préparées depuis à peu près trois ans , et elles sont encore aussi énergiques qu'elles l'étaient le premier jour. Il y a néanmoins quelques précautions à prendre pour les conserver dans un état électrique constant et immédiat. Jamais on ne doit laisser long-temps les deux extrémités de cet appareil en communication au moyen d'une substance conductrice ; car si , lorsque cela est arrivé , on en approche un électromètre , cet instrument ne sera que très-faiblement affecté ; il est donc nécessaire , lorsqu'on ne fait point usage d'une colonne , de la placer sur deux bâtons de cire à cacheter , afin de maintenir les douilles de cuivre qui la terminent à peu près à un demi-pouce de la table , ou de toute autre surface conductrice sur laquelle elle est posée. En isolant ainsi , pendant quelques jours , une colonne qui , faute de soin , paraît

un Mémoire dans lequel on rencontre quelques faits à peu près analogues à ceux qui viennent d'être exposés ; et on y trouve la preuve que la température exerce une influence très-remarquable sur l'électricité produite par le contact des corps dissemblables et sur l'action de la pile voltaïque. (Voyez Journal de Physique , année 1811 , volume LXXIII , p. 230.) On peut également consulter , dans le même volume , p. 417 , une Lettre qui sert de supplément au Mémoire.

avoir perdu son activité , communément elle recouvre toute son énergie.

Une autre influence , qui est plus nuisible encore , est celle qu'exerce une forte humidité. Si le papier est parfaitement sec , il est non-conducteur , et ne peut alors être utilement employé pour construire la colonne ; mais on ne peut lui donner ce degré de sécheresse , qu'en l'exposant à une chaleur à peu près suffisante pour le roussir ; et j'ai toujours observé que , dans l'état ordinaire , le papier le plus sec avait encore une faculté conductrice assez grande , même lorsqu'après avoir été exposé à la chaleur du soleil , il avait été desséché au point de se plier. Quand les disques de papier sont suffisamment secs , l'action de la colonne continue sans diminution sensible ; et , en examinant ensuite pièce à pièce un appareil construit depuis trente mois , il fut impossible d'observer sur le zinc aucune trace d'oxidation.

En variant de diverses manières les combinaisons , je suis parvenu à construire des colonnes dont le pouvoir est vraiment extraordinaire ; et les expériences que j'ai faites à cet égard m'ont fourni l'occasion de remarquer quelques phénomènes fort singuliers. Je m'occupe encore de ce genre de recherches ; mais ,

avant que d'être publiés, les résultats que j'ai obtenus ont encore besoin d'être soumis à un nouvel examen.

Les disques dont on se sert pour construire une colonne n'ont point besoin d'avoir une large surface : j'en ai employé qui avaient des dimensions différentes, et je n'ai trouvé, proportionnellement, aucun avantage en leur donnant au-delà de $\frac{1}{8}$ de pouce de diamètre ; on peut même les faire beaucoup plus petits encore.

Si, pendant un intervalle de temps qui varie depuis une jusqu'à cinq minutes, on met les extrémités d'une colonne de mille étages au moins, en communication avec les armures opposées d'une bouteille de Leyde ; communément, elle recevra une charge susceptible de fournir une étincelle faible, mais distincte, lorsque, pour la provoquer, on se servira de fil métallique d'un diamètre modéré.

La pile la plus forte dont je me suis encore servi pour faire des expériences, était composée de vingt mille étages, argent, zinc et double disque de papier ; son énergie était considérable ; des électromètres, dont les balles de sureau avaient un $\frac{1}{8}$ de pouce de diamètre et étaient suspendues à des fils de quatre

pouces de long , indiquaient une divergence de plus de deux pouces , lorsqu'on les mettait en contact avec les extrémités opposées de l'appareil : un autre électromètre placé à son centre ne donnait alors aucun signe d'électricité. Aussitôt que l'un des pôles fut mis en communication avec le sol , les signes électriques qu'il manifestait auparavant disparurent ; l'électromètre du centre s'électrisa en sens contraire , et celui qui communiquait avec l'extrémité opposée eut sa divergence primitive considérablement augmentée ; mais le mouvement du fluide électrique était si faible , qu'il fallut plusieurs minutes pour que l'effet fût complètement produit.

Si l'on recouvre d'une légère couche de vernis le dernier des disques d'une colonne , et qu'ensuite l'on mette un fil de fer mince en communication avec l'extrémité opposée , on obtiendra un grand nombre de petites étincelles , en promenant légèrement , sur la surface vernissée , l'autre bout du fil de métal.

La colonne ayant été convenablement mise en contact pendant dix minutes avec une jarre dont la surface armée était de cinquante pouces carrés , elle lui communiqua une électricité assez forte pour faire éprouver une commotion désagréable , que l'on ressentit distincte-

ment dans les coudes et dans les épaules : chez quelques personnes , elle s'étendit même jusque dans la poitrine.

L'étincelle que fournissait cette jarre pouvait percer un fort papier à dessin , mais était trop faible pour traverser une carte; et sa force était juste suffisante pour fondre un fil de platine d'un pouce de long et de $\frac{1}{16}$ de pouce de diamètre.

Quoique le pouvoir électrique de cet appareil fût considérable, il ne produisait cependant aucune action chimique , et n'agissait en aucune façon sur les différens milieux , quelque bons ou quelque mauvais conducteurs qu'ils fussent. Les combinaisons salines , colorées avec les teintures végétales les plus sensibles , furent exposées à son action dans les circonstances les plus favorables , même quelquefois pendant plusieurs jours, sans que l'on y remarquât aucun effet chimique appréciable.

Pour développer le pouvoir chimique de l'appareil de Volta , il paraît donc indispensable que les différentes paires de plaques soient séparées par un fluide interposé , tandis que , pour produire les effets purement électriques , la seule condition exigée semble être l'association de deux métaux formant des groupes qui doivent communiquer entre eux ,

au moyen de quelque substance conductrice, qui ne soit pas susceptible de réagir contre leur pouvoir électro-moteur.

Je suis maintenant occupé à construire, et j'ai même presque terminé un appareil qui, ajouté au précédent, formera un ensemble de soixante mille groupes. Il ne m'a point été possible d'en faire usage avant la publication de ce Traité; mais je me propose particulièrement d'essayer si l'on peut, avec une série aussi nombreuse, obtenir quelques effets chimiques. Dans le cas où la chose serait impossible, on regardera, je pense, comme démontrée, la condition que nous avons précédemment indiquée, comme étant absolument essentielle à la production des effets chimiques; et la certitude que l'on aura acquise à cet égard, sera déjà un acheminement pour parvenir à une théorie exacte de l'appareil voltaïque (36).

On doit aux découvertes de Franklin la connaissance du rôle important que joue l'électricité dans les phénomènes les plus majestueux de la nature. Volta a ouvert une nouvelle route, et bientôt on est parvenu à se convaincre de l'influence que le fluide électrique développe dans des opérations plus paisibles mais non moins importantes. Semblable à la force

de gravité , cet agent , à mesure que l'on étudie davantage ses propriétés ; nous permet d'en faire des applications plus nombreuses : sa nature intime peut , aussi-bien que la cause de la pesanteur universelle , échapper à nos recherches ; mais , en méditant sur les effets qu'il produit , on peut être conduit à des découvertes propres à augmenter les ressources de l'art , et à orner notre esprit d'une foule de connaissances en harmonie les unes avec les autres . De telles occupations sont , sans contredit , les moyens les plus propres à développer notre intelligence , car elles en provoquent toutes les facultés , et présentent à nos méditations une série non interrompue d'objets intéressans .

NOTES.

(1) **D**u moment où l'on a voulu se rendre compte de la cause des mouvemens auxquels sont soumis les corps électrisés , on a bientôt reconnu que la plupart des hypothèses successivement imaginées étaient insuffisantes; et ces phénomènes , si simples en apparence , devinrent en quelque sorte la pierre de touche des théories. *Æpinus* et Coulomb sont parvenus , par des voies différentes , à soumettre au calcul les actions électriques. Le premier, pour conserver les principes établis par Franklin , fut obligé d'admettre que, dans le cas d'électricité, les molécules de la matière se repoussaient mutuellement : cette supposition, directement opposée aux principaux résultats que fournit l'expérience , fut d'abord rejetée par son auteur ; et , avant que de l'adopter , il eut en quelque sorte besoin de se familiariser avec elle : tel est sans doute aussi le motif auquel il faut attribuer le peu d'empressement qu'on a montré pour la théorie d'*Æpinus*, si convenable , d'ailleurs, pour expliquer d'une manière satisfaisante tous les phénomènes électriques. Coulomb, en reprenant et modifiant les principes d'abord admis par du Fay, puis reproduits par Symmer , fut beaucoup plus heureux : non-seulement il évita les difficultés qui s'étaient présentées à *Æpinus* , mais encore il mit en évidence la loi à laquelle sont soumises les actions électriques , et il en déduisit le mode de distribution de l'électricité à la surface des corps : en un mot , il introduisit dans l'étude de cette branche de la physique ,

une exactitude dont on la croyait fort peu susceptible. L'hypothèse d'un double fluide , la seule qui permette de rattacher sans effort tous les faits électriques à un petit nombre de principes , est généralement adoptée en France , mais n'est point admise par les physiciens étrangers ; et la raison la plus plausible que l'on puisse en donner , est que jusqu'à présent on n'a encore publié , conformément aux principes de cette théorie , aucun ouvrage traitant spécialement de l'électricité. Les travaux de Coulomb furent d'abord consignés dans les Mémoires de l'académie royale des sciences de 1784 à 1788. M. Haüy , dans le Recueil des leçons de l'École Normale , puis dans son Traité de Physique , a exposé et développé l'hypothèse d'un double fluide , autant que le comportaient des ouvrages qui n'avaient point uniquement pour but les phénomènes de l'électricité. M. Biot , dans le grand traité qu'il vient de publier , a donné à cette théorie tous les développemens dont elle est susceptible ; et tout porte à croire qu'avant peu elle sera mieux connue , et plus généralement adoptée. La plupart des inexactitudes que j'ai signalées dans cet ouvrage , étant en quelque sorte les conséquences de la théorie suivie par l'auteur ; pour les rectifier , j'admettrai l'hypothèse d'un double fluide , ce qui me donnera occasion d'exposer les principes admis par Coulomb , et de faire sentir les avantages qu'ils ont sur ceux dont Franklin fit usage. Ce moyen est peut-être le seul que l'on puisse employer pour réparer jusqu'à un certain point l'omission faite par le physicien anglais , qui , dans un traité *ex-professo* sur l'électricité , n'est entré dans aucun détail relativement à la plus plausible des théories électriques.

Si l'on approche d'un tube de verre ou d'un bâton de cire à cacheter, récemment frottés, une boule de moelle de sureau suspendue à un fil de soie, aussitôt qu'elle aura touché l'un ou l'autre de ces corps, elle en sera repoussée, et continuera de le fuir aussi long-temps qu'il persévétera dans son état électrique.

Ce résultat prouve que le *fluide* (*), développé par le frottement du verre et de la résine, agit par répulsion sur ses propres molécules (**). En effet, à l'instant du contact, la balle de sureau prenant une portion de l'électricité accumulée sur le corps qu'elle touche, représente en quelque sorte une molécule électrique, qui obéit à l'influence qu'exerce sur elle le fluide que contient la substance frottée.

Lorsque l'on présente à la balle de sureau, rendue

(*) Le mot *fluide*, dont on se sert ici pour désigner la cause inconnue des phénomènes électriques, ne doit pas être pris dans le sens qu'on lui accorde ordinairement : rien ne garantit en effet la matérialité de l'agent qui produit des résultats aussi variés ; et si, à quelques égards, il se comporte à la manière des fluides élastiques, sous d'autres rapports, il en diffère trop essentiellement pour qu'on puisse établir aucune analogie entre lui et ces corps : aussi cette expression n'a réellement ici qu'une valeur figurée. Elle indique la puissance inconnue dont le développement donne lieu à la série nombreuse des phénomènes électriques.

(**) Le mot *tension*, emprunté à la physique des fluides élastiques, sert à exprimer l'énergie avec laquelle les molécules d'un même fluide se repoussent mutuellement ; et cette expression, dans la plupart des cas, peut être substituée à celles de *densité électrique* et *d'épaisseur de la couche électrique* : car l'une et l'autre indiquent, toutes choses égales d'ailleurs, le nombre des molécules rassemblées dans un espace donné.

électrique par le contact du verre ou de la résine , celui de ces deux corps qui n'a point servi à la faire sortir de son état naturel , loin de le fuir , elle en est fortement attirée : ainsi la balle électrisée qui évite le tube de verre frotté , sera vivement attirée par le bâton de cire; et inversement celle qui s'éloigne d'un bâton de cire, se portera vers le tube de verre récemment électrisé.

Dans la première expérience , rien n'indiquait qu'il y eût une différence entre les électricités produites par le frottement du verre et de la résine : dans celle-ci , au contraire , on aperçoit des effets directement opposés ; la balle électrisée de la même manière que le tube de verre, est attirée par le bâton de cire ; et réciproquement le tube de verre agit par attraction sur la balle qui doit son état électrique au bâton de résine : il faut donc en conclure qu'il existe deux espèces d'électricité , et qu'elles s'attirent mutuellement. Telle est effectivement la conséquence à laquelle du Fay avait été conduit par des résultats tout-à-fait semblables à ceux qui viennent d'être décrits , et les mots électricités *vitreuse* et *résineuse* lui seraient à désigner ces deux agens. Coulomb admet également deux espèces de fluide: l'un , qu'il nomme *vitré* , et que l'on développe en frottant avec de la soie ou de la laine , le verre et la plupart des substances vitreuses ; l'autre , qu'il appelle fluide *résineux* , s'obtient en frottant avec le poil de chat , la soie et toutes les résines en général. Lorsque ces deux fluides peuvent sans obstacle se porter l'un vers l'autre , et se réunir , ils forment le fluide électrique , qui est silencieusement renfermé dans les corps , où il ne peut donner aucun signe de sa présence , à moins qu'on ne le décompose en isolant les deux élémens (fluides vitré et résineux) qui en sont les

parties constituantes. Cet état inactif du fluide électrique peut être envisagé, ou sous un point de vue chimique, ou sous un aspect purement mécanique. Dans le premier cas, on conçoit que les propriétés du composé peuvent être essentiellement différentes de celles qui caractérisent chacun des composans; c'est, d'ailleurs, ce qui arrive dans le plus grand nombre des opérations chimiques. Dans le second cas, comme les effets produits par les fluides vitré ou résineux, sont les conséquences de la répulsion que chacun d'eux exerce sur ses propres molécules, ils devront disparaître du moment où les deux fluides se trouvant en proportions égales dans un même corps, leur attraction mutuelle pourra contre-balancer l'influence que chacun d'eux développe isolément sur ses molécules. Si donc on suppose des quantités égales de fluides vitré et résineux, assez éloignées pour n'avoir aucune action l'une sur l'autre, les particules de chaque fluide seront uniquement sollicitées par les forces répulsives dont elles sont animées; mais si l'on met les deux fluides en contact, de manière que chaque molécule de fluide vitré, par exemple, se trouve placée entre deux molécules de fluide résineux, et réciproquement chaque molécule de fluide résineux entre deux molécules de fluide vitré, on concevra aisément que, soit à l'égard du nombre des particules agissantes, soit relativement à leur distance, les forces attractives et répulsives doivent être égales, puisque l'action que chaque espèce d'électricité développe sur elle-même, se trouve contre-balancee par l'attraction qu'exerce le fluide opposé. Cet état dans lequel un corps contient seulement du fluide électrique, répond à ce que Franklin nommait *état naturel*, et les expressions *fluide vitré*, *fluide résineux*, équi-

valent aux mots *étais positif et négatif*. On ne doit cependant pas en conclure qu'un corps est dans son état naturel , parce qu'il ne contient que sa quantité propre de fluide électrique. Pour qu'il en fût ainsi , non-seulement il faudrait que les proportions de fluide vitré et résineux fussent égales, mais encore elles devraient être combinées de manière à se neutraliser respectivement. Aussi un corps sera-t-il électrisé , toutes les fois que les élémens de son fluide électrique seront séparés, en telle sorte que la somme des actions répulsives développées par les fluides de même nom , ne sera point égale à la somme des attractions exercées par les fluides de noms différens : c'est effectivement ce qui arrive lorsqu'un corps conducteur est placé dans le voisinage d'un autre corps électrisé.

On peut donc, d'après ce qui précède, établir avec Coulomb les principes suivans :

1^o. Le fluide électrique , dont aucun caractère particulier ne peut attester la présence , est essentiellement composé de deux autres fluides qui , à raison des corps qui les fournissent le plus communément , ont été nommés fluides vitré et résineux ;

2^o. Chaque espèce d'électricité agit par répulsion sur ses propres molécules , et par attraction sur celles du fluide de noms différens ;

3^o. Les attractions et répulsions sont en raison directe du nombre des particules agissantes , et en raison inverse du carré de la distance à laquelle ces actions se développent.

Pour mettre cette loi en évidence , Coulomb a fait usage d'un appareil qui est , à proprement parler , le seul électromètre exact que nous possédions , les autres n'étant réellement que des électroscopes plus ou moins sensibles,

dans lesquels l'action variable de la pesanteur est équilibrée par la force répulsive dont sont animés deux corps électrisés de la même manière ; et en prenant pour exemple l'instrument représenté fig. 16, il sera facile de faire sentir les inconveniens que présentent tous les appareils construits sur le même principe.

Quand on électrise un conducteur muni d'un électro-scope de Henly, on voit aussitôt le petit pendule auquel est suspendue la boule de sureau, s'écartez de la tige de cet instrument, et ne s'arrêter qu'au moment où l'action de la pesanteur, d'abord nulle sur lui, est devenue à raison de l'angle qu'il forme avec la verticale, assez énergique pour faire équilibre à la force avec laquelle se repoussent les deux corps semblablement électrisés : aussi, à mesure que l'intensité électrique deviendra plus grande, l'angle compris entre la tige et l'aiguille mobile deviendra plus considérable, en telle sorte que, lorsqu'il sera droit, on sera parvenu à la limite des indications que peut fournir cet instrument, puisque la pesanteur aura dès lors pris, relativement au pendule, tous les accroissement dont elle soit susceptible. On peut appliquer le même raisonnement à tous les electroscopes indistinctement, et à la rigueur on pourrait les employer comme électromètres ; mais ils seraient embarrassans, exigeraient des calculs continuels, et d'ailleurs il faudrait, pour les rendre comparables entre eux, que l'on mit un soin extrême à leur construction.

L'appareil imaginé par Coulomb va plus directement au but, et donne immédiatement la mesure des forces électriques. Mais, avant de faire connaître sa construction et la manière d'en faire usage, il est convenable d'exposer les principes sur lesquels il est établi.

Si l'on suspend à un fil de métal un poids cylindrique dont l'axe soit dans la direction du fil de suspension , tant que ce dernier ne sera pas tordu , le poids restera en repos : mais , en imprimant au cylindre un mouvement de rotation autour de son axe, on tordra le fil , et il fera, pour revenir à sa situation primitive , un effort d'autant plus grand que sa réaction élastique sera plus considérable : on pourra d'ailleurs aisément , au moyen des formules du mouvement oscillatoire , estimer l'énergie de cette force , d'après le nombre des oscillations achevées dans un temps déterminé.

En comparant les expériences qu'il avait faites avec des fils dont la longueur, l'épaisseur et la tension étaient variables , Coulomb a été conduit aux résultats suivans : la force de torsion est proportionnelle à l'angle de torsion; elle croît comme la quatrième puissance du diamètre des fils , et est en raison inverse de leur longueur. Ces données lui ont servi à construire un appareil qu'il a nommé *balance électrique* , et dont il a fait usage pour mesurer , avec une extrême précision , des forces dont la faible intensité eût été inappréciable par tout autre moyen. Les modifications qu'il a fait subir à cet instrument ont fait disparaître quelques défauts que l'on pouvait originairement lui reprocher ; et sa construction est actuellement telle , qu'il ne paraît guère susceptible d'être davantage perfectionné.

La balance électrique est composée d'une grande cage de verre dont la forme présente un cube (A B, pl. 5, fig. 1) d'à peu près 0,6 mètre de côté : le plan supérieur est percé , à sa partie moyenne, d'une ouverture destinée à recevoir un tube de 0,08 de diamètre sur 0,5 de long ; une douille de bois , terminée en vis et munie d'un

écrou , reçoit la partie inférieure du tube , et sert à le fixer au plan de glace supérieur. La figure 2 représente le micromètre adapté à l'extrémité supérieure du tube : il est formé de trois pièces qui s'emboîtent les unes dans les autres , et peuvent se mouvoir isolément. La première M est une pince destinée à saisir l'extrémité d'un fil de métal qui pénètre à l'intérieur du tube de verre et descend jusqu'à peu près la moitié de la hauteur de la cage : pour maintenir ce fil tendu, on adapte à son extrémité inférieure un cylindre de cuivre très-délié , qui est percé latéralement d'une ouverture garnie d'un petit tuyau destiné à recevoir une tige de gomme laque , terminée par un disque de papier doré. La seconde pièce N est un plan circulaire de cuivre d'environ 0,09 de diamètre et dont l'épaisseur , qui est de 0,015 à peu près , offre deux divisions en 100 parties , placées l'une au-dessus de l'autre , et disposées en sens inverse. La dernière pièce du micromètre est une sorte d'anneau sur l'épaisseur duquel est tracé un vernier destiné à faire apprécier des fractions de la division qui lui est superposée. Sur les parois de la cage , et à la hauteur du disque de papier doré qui termine le petit levier horizontal suspendu au fil métallique , est appliquée une échelle dont les intervalles inégaux entre eux , répondent aux tangentes d'une circonférence divisée en quatre cents parties : une moitié de cette division *d* , *e* , *f* , *g* , est tournée en dehors de la cage , et l'autre moitié *g* , *h* , *e* , *d* , regarde l'intérieur. Cette disposition est préférable à celle qui fut d'abord adoptée : la cage , au lieu d'être cubique avait la forme d'un cylindre , sur les parois duquel on traçait des divisions égales : mais il était difficile de trouver des verres

dont la configuration fut assez régulière , pour que l'on pût compter sur la graduation. Les bords inférieurs des quatre glaces qui forment les parois latérales de la cage , sont mastiqués dans des rainures creusées à la surface d'un plan de bois , qui est muni de vis à caler , et au moyen desquelles on peut toujours disposer convenablement l'appareil , lorsqu'on veut en faire usage. Indépendamment de l'ouverture dont il a déjà été question , et qui est destinée à recevoir le tube de verre adapté au plan de glace supérieur , on en pratique une seconde D de 0,12 de diamètre à peu près : elle sert à introduire les corps dont on se propose de mesurer l'intensité électrique.

Avant d'employer la balance , il est essentiel , 1°. de s'assurer si le fil est placé au centre de l'appareil ; 2°. de faire correspondre les zéros des divisions tracées sur les deuxième et troisième pièces du micromètre , après avoir eu auparavant l'attention de placer celle-ci de manière qu'elle soit assez bien éclairée pour qu'on puisse aisément lire la graduation ; 3°. il faut enfin disposer le petit levier de manière que le disque de papier doré qui le termine , réponde au zéro de l'échelle appliquée sur la cage. On remplit facilement la première condition , en faisant convenablement mouvoir les vis qui supportent l'appareil , jusqu'à ce que le fil réponde à l'intersection de deux droites , *dg* , *mn* , qui sont perpendiculaires entr'elles , et partageant également les divisions tracées sur les côtés opposés de la balance. Les diverses pièces qui composent le micromètre étant isolément mobiles , on peut sans aucune difficulté satisfaire aux deux autres indications , et mettre par conséquent l'appareil en état d'opérer.

Lorsqu'on se propose de constater l'influence qu'exercent sur les actions électriques, la distance qui sépare les corps agissans et les quantités plus ou moins considérables de fluide qu'ils peuvent contenir ; il faut, après avoir disposé l'électromètre de Coulomb ainsi qu'il vient d'être dit, introduire par l'ouverture libre de la balance, une boule de cuivre électrisée et fixée à l'extrémité d'un tube de verre, assez long pour que l'équateur de la boule réponde au centre du disque de papier doré. A l'instant du contact, la sphère cède au papier une portion de son fluide, et ce dernier, en s'éloignant, imprime à l'aiguille à laquelle il est attaché, un mouvement qui tord le fil métallique d'une quantité mesurée par l'angle que décrit cette espèce de levier. Les deux forces opposées, la répulsion des corps semblablement électrisés, et la réaction élastique du fil de métal, marchent en sens inverse. L'une diminue, et l'autre augmente à mesure que la distance du disque de papier à la boule devient plus considérable : aussi, après un certain nombre d'oscillations, les deux puissances se font mutuellement équilibre, et l'on peut apprécier l'énergie de la première par l'intensité de la seconde. Si on augmente à l'aide du micromètre la torsion du fil métallique, on rapproche les deux corps, et il s'établit un nouvel équilibre, en telle sorte, qu'en comparant les distances successives et les torsions correspondantes, on met en évidence les relations qui subsistent entre les unes et les autres. En opérant ainsi, Coulomb est parvenu à prouver directement que *la force répulsive de deux corps électrisés de la même manière, est en raison inverse du carré de la distance qui les sépare.* Dans l'expérience qu'il rapporte (*Académie*

royale des sciences, année 1785), le disque de papier doré fut d'abord chassé à une distance mesurée par un arc de 36 degrés; et pour le réduire à 18, il fallut, au moyen du micromètre, tordre le fil de métal de 126 deg.: cette dernière quantité ajoutée à la précédente exprime la torsion 144, qui, dans le second cas fut nécessaire pour contre-balancer la répulsion électrique. Les deux distances successives étaient donc comme 36 est à 18, et les torsions correspondantes comme 36 est à 144; rapports qui sont les mêmes que 2 à 1 et 1 à 4; en telle sorte que deux corps semblablement électrisés, et successivement placés à des distances 2 et 1, exercent l'un sur l'autre des efforts répulsifs, qui sont entre eux comme 1 est à 4. En général, si on réduit l'écartement à ne plus être que $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, de ce qu'il était primitivement, il faudra, pour maintenir les corps en repos, leur opposer des forces quatre, neuf, seize et vingt-cinq fois plus considérables: on connaîtra d'ailleurs la quantité dont il faut tordre le fil de métal, à l'aide du micromètre, en multipliant la distance d'abord observée, par les nombres $3\frac{1}{2}$, $8\frac{2}{3}$, $15\frac{3}{4}$, $24\frac{4}{5}$, etc.

Pour être rigoureux, les résultats précédens ont besoin d'être corrigés, car 1°. on apprécie la distance des corps qui se repoussent par le nombre des degrés de l'arc *a b d*, (pl. 5, fig. 3) que l'un d'eux a parcourus, tandis que leur éloignement devrait être mesuré par la corde de cet arc; 2°. la puissance qui tord le fil métallique, agissant d'autant plus obliquement que l'angle décrit par le disque de papier doré est plus considérable, il en résulte que la longueur du bras de levier qui transmet l'action, ne doit pas être estimée

par la longueur réelle de l'aiguille qui supporte le disque, mais bien par le cosinus de la moitié de l'arc qu'elle a décrit. 3°. Durant les expériences il se perd par le contact de l'air et le long des supports isolans, une certaine quantité d'électricité dont il est essentiel de tenir compte, afin de pouvoir comparer les résultats successivement obtenus.

Lorsque les distances ne vont point au delà de 30 ou 36 degrés, on peut sans erreur sensible négliger l'influence peu considérable des deux premières causes : d'ailleurs elles se compensent en partie, puisque, d'une part, en mesurant la distance par l'arc et non par la corde, on la juge plus grande qu'elle n'est réellement ; et de l'autre, on suppose que l'action est transmise par un levier dont la longueur bc serait égale à celle de l'aiguille ; tandis que, à cause de la direction oblique de la puissance ab , elle se trouve effectivement réduite à ce , cosinus de la moitié de l'angle acb (*). M. Biot (*Traité de physique exp. et math.*, tome 2, page 228 à 231), a fait voir par un calcul fort

(*) Conformément aux lois de la statique, ab étant oblique sur cb , doit être décomposée en deux autres forces, l'une af parallèle à cb , et dont l'influence est nulle pour faire tourner le bras de levier : l'autre bf , lui est perpendiculaire, et par conséquent entièrement efficace, en telle sorte que $bf \times bc$ exprime l'action de la puissance ; mais à cause des triangles semblables abf , bce , on a la proportion $ab : bf :: bc : ce$; d'où $ab \times ce = bf \times bc$; c'est-à-dire que l'action développée par la puissance, est égale à ab multiplié par ce cosinus de la moitié de l'angle acb .

simple , que les résultats qu'on obtiendrait par une évaluation rigoureuse , différent assez peu de ceux que fournit une simple approximation , pour que dans la plupart des cas on puisse , lors même que l'écartement est de 36 degrés , se contenter de la méthode approximative.

Enfin il est toujours possible d'apprécier la quantité d'électricité qui , entre deux expériences , est perdue par le contact de l'air ; puisque les recherches faites par Coulomb ont fait voir que pour un même état de l'atmosphère , et dans un temps très-court , cette perte est proportionnelle à la densité du fluide électrique , en telle sorte qu'il suffit de déterminer , par un essai préliminaire , l'influence actuelle de l'air , pour ensuite pouvoir aisément , au moyen du calcul , corriger les résultats obtenus.

Relativement à la déperdition occasionnée par la propriété conductrice des supports , elle augmente avec les causes qui diminuent la faculté isolante de l'air , et est d'autant plus considérable , que la densité du fluide est plus grande : mais elle décroît rapidement à mesure que la tension électrique s'affaiblit , en telle sorte qu'il arrive bientôt un terme où elle devient nulle. En général la faculté isolante de supports très-déliés est , toutes choses égales d'ailleurs , proportionnelle à la racine carrée de leur longueur. Aussi , avec des isoloirs de même nature et d'égale épaisseur , on préservera également bien des corps dont les densités électriques seront dans le rapport 1 à 2 , si on les soutient au moyen de supports dont les longueurs soient comme 1 est à 4. Ces notions importantes , et sans lesquelles il est impossible de mettre aucune pré-

cision dans les recherches, n'ont pu être développées ici avec tous les détails dont elles sont susceptibles ; mais on les trouve consignées dans les Mémoires de l'académie royale des sciences, ann. 1785, p. 612, et Traité de phys. exp. et math., p. 244 à 262.

Il ne suffisait pas d'avoir fait connaître la loi suivant laquelle se repoussent les molécules d'un fluide homogène, il fallait encore déterminer comment agissent les uns sur les autres les fluides de nature différente. Pour parvenir à ces résultats, Coulomb a fait usage de deux procédés divers : dans le premier il employa la balance, et opposa la force de torsion à la tendance qui sollicitait deux corps inversement électrisés à se porter l'un vers l'autre. A cet effet, après avoir communiqué au disque de papier doré une espèce d'électricité (vitrée, par exemple), au moyen du micromètre, il tordait le fil de métal d'un certain nombre de degrés, ce qui écartait l'aiguille du zéro de la division : introduisant alors dans la cage la boule de cuivre électrisée résineusement, l'attraction réciproque des fluides vitré et résineux tendait à diminuer la distance qui séparait les deux corps, ce qui ne pouvait avoir lieu sans produire la torsion du fil de métal. Mais, pour qu'en opérant ainsi, l'équilibre puisse s'établir entre les deux forces, il y a certaines conditions qu'il n'est pas toujours aisé de remplir, et qui par conséquent rendent pour ces sortes d'expériences l'usage de la balance assez difficile : en effet l'attraction croissant en raison inverse du carré de la distance, elle grandit plus rapidement que la force de torsion, qui augmente simplement comme l'angle de torsion : aussi arrive-t-il souvent que la première de ces puissances, à raison de son

accroissement rapide, ne peut être contre-balancé par la seconde; alors les deux corps se précipitent l'un vers l'autre; et, à l'instant du contact, leurs électricités opposées se neutralisent, de sorte qu'on est obligé de recommencer l'expérience. Cependant, malgré ces difficultés, Coulomb est parvenu à des résultats qui lui ont prouvé que l'attraction des fluides hétérogènes suivait la même loi que la répulsion dont sont animées les molécules d'un même fluide. M. Biot, pour faire disparaître l'inconvénient dont il vient d'être parlé, indique un moyen aussi simple que commode: il consiste à tendre verticalement dans la balance un fil de soie fixé par ses deux extrémités avec de la cire, et placé de manière qu'il empêche le disque de papier de se porter vers la boule; on peut dès lors donner progressivement au fil de métal une torsion suffisante pour contrebalancer la force attractive; et en comparant des expériences faites à diverses distances, il est aisé d'en déduire la loi des attractions électriques.

La seconde méthode employée par Coulomb; est analogue à celle dont on se sert pour mesurer la force de gravité au moyen des oscillations du pendule: elle consiste à suspendre à un fil de soie, tel qu'il sort du cocon, une aiguille de gomme laque, terminée par un disque de papier, que l'on électrise d'une manière quelconque; on place ensuite dans le voisinage de cette aiguille un globe électrisé en sens inverse, et en le présentant successivement à des distances variables, il détermine des oscillations dont le nombre, dans un temps donné, sert à mesurer et à comparer les modifications qu'éprouve la force attractive dans ces diverses circonstances. Le fil de soie, dont la longueur est de

sept à huit pouces, a une réaction élastique si faible, que l'on peut la négliger sans inconvenient; et la figure du globe, ainsi que la distribution uniforme du fluide à sa surface, permettent de supposer que l'électricité est concentrée au milieu de la sphère, en sorte que la distance à laquelle s'exerce l'attraction, s'estime par l'intervalle qu'il y a du centre du globe au centre du disque de papier doré. Au moyen de ce procédé, Coulomb a vérifié les résultats auxquels il avait été conduit par la première méthode, et est ainsi parvenu à prouver que, relativement à l'influence des distances, l'attraction et la répulsion électriques sont soumises à la même loi.

L'idée la plus plausible qui se présente d'abord, est que l'intensité des actions développées par deux corps opposés l'un à l'autre, doit être proportionnelle à la quantité plus ou moins considérable de fluide qu'ils contiennent : néanmoins, malgré cette induction, Coulomb a pensé qu'il fallait encore à cet égard invoquer le témoignage de l'expérience, et la balance électrique lui a fourni les moyens d'en acquérir la certitude.

L'appareil étant disposé ainsi qu'il a été recommandé, on introduit dans la cage la boule de cuivre, préalablement électrisée : elle cède alors une portion de son fluide au disque de papier doré, et la répulsion qui se manifeste aussitôt, chasse l'aiguille et tord par conséquent le fil de métal d'une certaine quantité, de 48 d., par exemple (*Mém. de l'académie royale des sciences, année 1786*). Au moyen du micromètre, on augmente la torsion de 120 d., ce qui réduit la distance à 28 d.: la réaction du fil de métal est donc alors propor-

tionnelle à 120 + 28 = 148d. Les choses étant dans cet état , on met en contact avec la boule de cuivre , une seconde boule non électrisée et tout-à-fait semblable à la première , le fluide se partage également entre elles ; et lorsque l'on retire celle qui a été introduite la dernière , on enlève la moitié de l'électricité , dont la force répulsive faisait équilibre à la réaction élastique du fil de métal : aussi , pour que la distance qui sépare les deux corps soit encore de 28 d. , on est obligé de réduire à 44 la torsion opérée par le micromètre : donc 44 + 28 ou 72 d. expriment la force qui , dans ce cas , contre-balance la répulsion électrique. Les nombres 148 et 72 , qui sont à fort peu de chose près comme 2 est à 1 , représentent donc , pour une distance donnée , les forces qui font équilibre à des quantités d'électricité , dont le rapport est comme 2 à 1 ; on obtiendrait un résultat plus approché encore , en tenant compte des quantités de fluide perdu entre la première et la seconde observations. Le jour de l'expérience la perte était de $\frac{1}{5}$ pour une minute , et c'est à peu près le temps qui fut employé. Si donc on ajoute $\frac{2}{5}$ aux 72 d. , immédiatement donnés par la balance , on aura 73 d. $\frac{2}{5}$ qui diffèrent fort peu de 74 d. qu'on aurait réellement dû obtenir. Une conséquence immédiate de ces résultats , est que la répulsion électrique croît en raison directe du nombre des molécules agissantes. En réunissant ce principe à celui qui a été précédemment établi , relativement à l'influence que la distance exerce sur les attractions et répulsions , on possède en quelque sorte les lois de l'électricité , et on peut sans efforts en déduire tous les phénomènes. A la vérité la supposition sur laquelle repose cette

théorie , l'existence d'un double fluide , n'est guère susceptible d'être démontrée ; mais les expériences par lesquelles on prétend prouver qu'il n'existe qu'un seul agent , ne sont pas plus convaincantes ; et , quelque soient les principes qu'on adopte , il faut toujours reconnaître que les corps peuvent se présenter à nous dans différens états d'électricité. Ce fait , admis par tous les physiciens , mais différemment interprété , sert de base à toutes les théories imaginées jusqu'à présent : cependant , malgré cette origine commune , elles ne sont pas toutes également explicatives , et celle de Coulomb a des avantages qu'on ne peut lui contester. Son auteur n'a d'ailleurs jamais prétendu la présenter autrement que comme une hypothèse commode pour lier tous les faits entre eux.

D'après tout ce qui précède , on conçoit que pour expliquer l'écartement des feuilles d'or de l'électromètre , il n'est pas nécessaire d'avoir recours à l'intervention de l'air ; et si dans le vide , deux corps électrisés de la même manière semblent se repousser moins fortement , on en trouve facilement la raison en remarquant que le fluide , soit vitré , soit résineux , n'est retenu à la surface des corps que par la pression atmosphérique ; en telle sorte qu'il suffirait de l'anéantir , pour faire aussitôt rentrer ces corps dans leur état naturel. On peut néanmoins attribuer en partie les attractions et répulsions électriques à l'influence de l'air ; mais la manière dont il faut alors concevoir que ce fluide agit , est essentiellement différente du rôle que lui fait jouer le physicien anglais ; et l'action qu'il exerce , loin de prouver que les molécules électriques ne se repoussent pas mutuellement , en est au contraire la consé-

quence' immédiate (*Traité de Phys. théor. et expér.*, tom. II, pag. 318 et suiv.).

(2) En touchant avec un tube de verre ou un bâton de cire récemment frotté la partie supérieure d'un électroscopé , il serait difficile de lui donner juste la quantité d'électricité dont il a besoin pour que ses feuilles restassent divergentes : mais on peut, en suivant un autre procédé, rendre cette opération beaucoup plus aisée. On pose le doigt sur l'espèce de plateau qui termine l'instrument , et on établit ainsi une communication entre le sol et lui. Lorsqu'ensuite on approche le corps frotté, son électricité agit sur le fluide propre de l'électroscopé , et le décompose ; elle attire l'électricité de nom différent , et repousse au contraire celle dont la nature est identique avec la sienne. La première donc s'accumule dans l'appareil , et, quand on retire le doigt , elle reste dans l'état de neutralisation virtuelle où la maintient l'influence qu'exerce sur elle le corps frotté : mais à l'instant où l'on éloigne ce dernier , elle recouvre sa faculté répulsive , et alors les feuilles de l'électroscopé s'écartent à raison d'une électricité opposée à celle de la substance employée. Comme on peut , en faisant varier la distance , rendre l'influence exercée , et par conséquent l'électrisation qui en résulte , plus ou moins intense , on sera toujours libre de ne donner aux feuilles qu'une quantité d'électricité suffisante , pour qu'elles s'écartent sans toucher les parois du cylindre qui les contient. Ainsi , en supposant qu'on se soit servi d'un bâton de cire à cacheter , l'électroscopé sera électrisé vitreusement , et dans le cas où on aurait employé un tube de verre , il serait électrisé résineusement. Cette méthode est la seule au moyen de laquelle on puisse donner à cet appareil le degré d'électricité que l'on juge

convenable, et c'est ce qu'on nomme *électriser par influence*. En effet, la substance dont on se sert pour communiquer aux feuilles d'or la propriété électrique, n'abandonne aucune portion du fluide qu'elle contient, et se borne, ainsi que nous l'avons expliqué, à agir sur le fluide naturel de l'électroscopie.

Lorsque l'on approche de cet instrument ainsi électrisé, un corps dont on veut reconnaître l'état, il faut prendre pour indication le premier effet produit, c'est-à-dire, celui qui se manifeste aussitôt que la distance est assez petite pour qu'il se développe une action quelconque; car, s'il arrivait que l'électricité du corps essayé fût un peu forte, et de nature opposée à celle dont est chargé l'appareil, en opérant lentement, on verrait d'abord les feuilles se rapprocher, devenir parallèles, puis s'écartier l'une de l'autre; et dès lors le jugement que l'on porterait serait différent, suivant que l'on prendrait pour indice l'un ou l'autre de ces effets. En supposant, par exemple, l'électroscopie chargé d'électricité résineuse, si on en approche un tube de verre récemment frotté, on conçoit que les deux fluides vitré et résineux agissant par attraction l'un sur l'autre, le dernier abandonnera les feuilles d'or pour se porter dans la partie supérieure de l'instrument; dès-lors la divergence deviendra moindre: en diminuant encore la distance des corps inversement électrisés, on finira par amener le parallélisme des feuilles d'or, et dans ce cas le fluide résineux de l'électroscopie sera virtuellement neutralisé: si on continue à agir de la même manière, on décomposera son fluide naturel, et l'électricité vitrée étant alors refoulée dans les feuilles d'or, elles divergeront de nouveau. Ici, comme dans tous les cas d'électrisation par influence, les fluides sont seu-

lement déplacés , mais chaque corps conserve la quantité qu'il avait avant l'action : aussi , à l'instant où l'on retire le tube de verre , des mouvemens analogue à ceux qui ont déjà eu lieu se manifestent de nouveau , et les choses se rétablissent dans l'état où elles étaient primitivement.

(3) Le mercure paraît faire exception à cette loi générale ; et lorsqu'on l'emploie pour frotter le verre , quelquefois il le fait passer à un état électrique résineux . Canton , dont les travaux sont consignés dans les Transactions philosophiques , paraît être le premier qui ait avancé le contraire , et Cavallo a depuis répété la même chose dans son traité d'électricité . Cependant les recherches de M. Van Marum à Harlem , et celles de M. Leroi , de l'académie royale des sciences , ont fourni des résultats tout à fait différens ; mais il est probable que cette opposition tient à la manière dont les expériences ont été faites . Parmi les nombreux procédés qui peuvent conduire au même but , il en est deux dont on fait le plus fréquemment usage . Le premier consiste à se servir d'un appareil ordinairement employé à prouver la porosité des corps : c'est un tube de verre inférieurement terminé par une virôle en cuivre , à laquelle on adapte une douille qui permet de le visser sur la machine pneumatique . Supérieurement , ce tube est terminé par une sorte de godet en cuivre dont le fond est fermé par une rondelle de peau de buffle : on met du mercure dans le godet , après quoi on fait le vide à l'intérieur du tube . La pression de l'atmosphère force alors le métal de passer à travers la rondelle de cuir ; en tombant , il frotte les parois du verre et développe assez d'électricité pour que l'on puisse retirer dugodet de fortes étincelles ; et , en faisant les essais convenables , on trouve qu'elles sont produites par le

fluide résineux. Cette expérience, fort simple en apparence, ne fournit cependant pas des résultats faciles à analyser : car, en traversant la peau de buffle, le mercure éprouve un frottement qui peut être l'origine de l'électricité produite. Aussi, avant que d'avoir par de nouvelles expériences déterminé l'influence des diverses causes agissantes, on ne saurait avec certitude affirmer que l'étincelle retirée du godet provienne des actions réciproques du verre et du mercure.

La seconde méthode n'est pas sujette aux mêmes inconvénients ; elle fournit des résultats faciles à interpréter ; et, dans ces derniers temps, M. Dessaaignes en a fait usage pour examiner de nouveau cette question. Son travail est consigné dans un long mémoire, inséré dans le Journal de Physique pour mai 1816. Ce physicien a pris une tige de verre ayant à peu près la grosseur d'un bâton de cire à cacheter ; et il a essayé de la rendre électrique, 1°. en la mettant seulement en contact avec du mercure bien pur ; 2°. en la plongeant lentement dans ce fluide, et la retirant ensuite avec les mêmes précautions ; 3°. enfin, en l'enfonçant brusquement, puis la relevant avec promptitude : il a désigné ces trois opérations successives, par les mots, *contact*, *immersion* et *choc*. Des tentatives souvent répétées lui ont fait voir qu'une foule de circonstances, parmi lesquelles on doit particulièrement noter la température, la pression et l'état hygrométrique de l'air, influent sur la nature et l'énergie de l'action développée. Quelquefois la tige s'électrisait par le simple contact, tandis que l'immersion ou le choc n'avaient sur elle aucune influence : d'autres fois l'inverse avait lieu, et devenant électrique seulement par l'immersion ou le choc, la tige n'éprouvait aucun changement de

la part du contact, quelque prolongé qu'il fût d'ailleurs. Souvent même il est arrivé qu'aucun de ces modes ne pouvait la faire sortir de son état naturel; mais, lorsqu'il en était autrement, l'électricité était tantôt vitrée, tantôt résineuse; et, dans certains cas, on observait simultanément les deux états opposés. Ces changemens, dont il n'était pas toujours possible d'assigner la cause, avaient lieu souvent dans un même jour, et pour ainsi dire au même instant. Ici comme dans toutes les autres méthodes d'excitation, les corps agissans étaient électrisés en sens inverses: ainsi le mercure présentait toujours un état opposé à celui de la tige. Il faut cependant en excepter le cas particulier où celle-ci ayant une de ses extrémités électrisée vitrusement, l'autre l'était résineusement,

Le verre n'est d'ailleurs pas la seule substance qui présente ces sortes d'anomalies: la laine, la soie, le papier et le coton roulés en cylindre et plongés dans le mercure, en offrent de semblables. L'influence d'une seule action mécanique suffit même pour faire éprouver à la cire à cacheter une pareille modification. Si l'on prend un bâton de cette substance dont une des extrémités soit un peu convexe et polie, et qu'on se serve de ce bout pour frapper légèrement la surface du mercure, la cire acquerra une électricité vitrée moins énergique que celle qui eût été développée par le simple contact. Une percussion plus forte ne produit en elle aucun changement, et un choc plus intense la fait passer à l'état résineux. Pour ces sortes d'expériences il faut toujours employer le mercure bien pur: lorsque, par exemple, on plonge la tige de verre dans ce fluide, s'il contient d'autres substances métalliques, en assez grande proportion pour que sa liquidité en soit altérée, dans tous les temps et quel que soit le mode d'immer-

sion , le verre en sortira toujours positif. Cet exposé rapide des recherches de M. Dessaaignes, donne la raison des résultats variés obtenus par divers physiciens ; et , si l'on peut contester à ce savant quelques-unes des conséquences qu'il a déduites de ses recherches, on lui doit d'avoir jeté quelques lumières sur une question d'autant plus importante , qu'elle tend à faire mieux connaître les nuances que peuvent présenter les différens modes de production électrique.

(4) Une conséquence naturelle des expériences faites par Coulomb, est que *le fluide, soit vitré, soit résineux, n'a aucune affinité pour les corps, quelle que soit d'ailleurs leur nature*. Nous avons rapporté , page 533, comment on pouvait, en se servant de la balance électrique, apprécier la quantité plus ou moins grande de fluide qu'un corps communique à un autre corps avec lequel il est mis en contact : si donc , à l'instant où le disque de papier doré et la boule de cuivre electrisés de la même manière se repoussent mutuellement, on met, ainsi que l'a fait Coulomb, celle-ci en communication avec une autre boule de bois , de sureau ou de toute autre matière , elle cédera exactement la moitié du fluide qu'elle contient , pourvu toutefois que les sphères copartageantes aient rigoureusement des surfaces égales ; et à cet égard il est indifférent qu'elles soient creuses ou solides : seulement le temps nécessaire pour que la répartition ait lieu , sera plus ou moins long, suivant que la faculté conductrice des deux boules sera plus ou moins considérable. Des cercles de même diamètre , l'un en fer et l'autre en papier , ont fourni des résultats tout-à-fait semblables ; et il n'y a pas le moindre doute que des corps de toute autre figure ne se fussent comportés de la même manière.

La loi suivant laquelle les fluides de même nom agissent par répulsion sur leurs propres molécules, donne une explication bien satisfaisante de ce mode de répartition. Effectivement, en admettant que les corps, quelle que soit d'ailleurs leur nature, n'exercent aucune action sur l'un et l'autre fluide, on conçoit que le partage ne peut avoir lieu qu'à raison de la tendance des molécules à s'écartier les unes des autres; et comme elles agissent en raison directe de leur nombre, et en raison inverse du carré des distances, on est conduit par le calcul à cette conséquence remarquable : *Dans les corps sphériques et dans ceux qui s'éloignent peu de cette configuration, l'électricité se répand à leur surface, aucune portion du fluide ne pouvant pénétrer dans leur intérieur.* L'expérience est encore ici d'accord avec la théorie, et va même plus loin, puisqu'elle semble étendre ce résultat à tous les corps de figure quelconque. Si l'on prend, par exemple, un cylindre de fer-blanc ouvert à une de ses extrémités, et qu'après l'avoir isolé on le mette en communication avec un conducteur électrisé, le fluide qui lui sera transmis s'arrêtera à sa surface, et ne pourra pénétrer dans son intérieur; ce dont on pourra aisément s'assurer, en portant sur un électroscopie très-sensible un disque de papier doré ou une petite boule de cuivre isolée, qui préalablement aura servi à toucher avec précaution l'intérieur du cylindre. Si l'expérience a été bien faite, c'est-à-dire, si on a soigneusement évité les bords de l'ouverture, on ne découvrira aucun indice d'électricité : mais, si on répète cette épreuve en touchant un point quelconque de la surface extérieure, alors la divergence des feuilles de l'électroscopie fera connaître que le fluide était en effet exclusivement accumulé sur cette partie. Quelquefois il arrive cependant que, malgré

toutes les précautions, le disque de papier doré , après avoir touché la face interne, donne des signes d'une faible électricité. Mais, en examinant ce fluide , on trouve qu'il est de nature opposée à celui qui a été transmis au cylindre; et on peut, par des essais ultérieurs, se convaincre qu'il provient de l'influence qu'a éprouvée le fluide électrique naturel du support isolant, à l'instant où il a été placé dans le voisinage du corps électrisé.

Puisque les corps n'exercent point d'attraction sur l'électricité, et que d'ailleurs elle se porte constamment à leur surface, on conçoit qu'elle ne peut y être maintenue que par la pression de l'air : aussi, dans le vide elle abandonne les conducteurs, et se répand de manière à remplir la totalité de l'espace. En un mot , l'idée la plus exacte qu'on puisse avoir de ces corps , est de les considérer comme des réceptacles sur lesquels se dépose le fluide ; et dès lors , pour parvenir à une tension donnée , la quantité devra être d'autant plus grande , que la surface qui le reçoit sera elle-même plus étendue. C'est là un des éléments de ce qu'on peut nommer *capacité des corps* pour le fluide électrique ; plus tard nous verrons qu'à égalité de surface , la figure est encore une autre condition également susceptible d'influer sur ce que nous venons de nommer capacité électrique, et, généralement, on peut poser en principe qu'elle est toujours en raison inverse de la tension que développe une quantité donnée de fluide, soit vitré , soit résineux.

(5) Cette expérience dont on voudrait ici faire un argument pour soutenir l'existence d'un seul agent, dont elle semble d'ailleurs indiquer la direction , ne fournit réellement aucune indication plausible. Plus tard (note 20) nous aurons occasion de faire connaître une expérience

imaginée par M. Tremery : elle paraît prouver, que, sous la pression atmosphérique habituelle, l'air résiste moins au fluide vitré qu'au fluide résineux; et comme les deux boules inversement électrisées, à raison de la très-petite distance qui les sépare, acquièrent une tension considérable, l'air interposé et en contact avec la sphère qui communique au conducteur positif (vitré) se charge de la même espèce d'électricité, est alors mis en mouvement et se dirige vers la boule qui répond à l'autre conducteur ; ce qui explique le sens dans lequel la flamme de la bougie est chassée, et conséquemment l'élévation de température qui détermine la fusion et la combustion du phosphore *posé* dans la cavité de la boule résineusement électrisée.

(6) Les mouvements variés que présentent les corps diversement électrisés, sont faciles à expliquer d'après les détails avec lesquels nous avons développé les principes de la théorie de Coulomb. Cependant, pour embrasser l'ensemble des considérations relatives à cette classe de phénomènes, nous considérerons deux corps, A et B, conducteurs ou non conducteurs, et en les faisant agir l'un sur l'autre, nous supposerons que A, d'abord dans son état naturel, puis vitreusement et résineusement électrisé, est successivement opposé à B, passant aussi alternativement à ces trois états divers,

- | | | |
|--|---------------------------------|---|
| 1°. A dans son état naturel
2°. A électri. vitreusement
3°. A électri. résineusement | agit sur B, qui
est lui-même | dans son état nat.
électrisé vitreus.
électrisé résineus. |
|--|---------------------------------|---|

Il résultera de cette opposition neuf combinaisons différentes dont six seulement méritent d'être examinées; car, d'une part l'action produite est la même lorsque l'un ou l'autre corps chargé d'électricité vitrée ou résineuse agit sur ce

qui est dans son état naturel; et de l'autre, si B est résineusement électrisé et soumis à l'influence de A contenant du fluide vitré, les résultats seront identiques avec ceux que l'on obtiendrait si ces deux corps échangeaient mutuellement leur état électrique : par conséquent, il ne reste donc plus qu'à se rendre compte des effets qui peuvent se manifester, quand,

1^o. A étant dans son état naturel, B se trouve, soit dans le même état, soit électrisé vitreusement ou résineusement;

2^o. Les deux corps sont électrisés de la même manière;

3^o. Ils sont électrisés en sens inverse.

Si A et B sont dans leur état naturel, on conçoit que, les quantités des fluides vitré et résineux étant égales, les forces attractives et répulsives le seront aussi, pourvu que la distance à laquelle s'exerce leur action soit la même. Or, c'est effectivement ce qui arrive : car, en supposant les deux corps sphériques, les choses se passeront comme si le fluide électrique de chacun d'eux était placé à son centre ; dès lors on conçoit qu'à raison de leur égalité, l'équilibre s'établissant entre les puissances opposées, les corps devront rester en repos : c'est réellement aussi ce que prouve l'expérience.

A étant toujours dans son état naturel, B est vitreusement ou résineusement électrisé. Si on se bornait simplement à examiner l'effet que doit produire la quantité de fluide ajouté, on trouverait que, dans ce cas, les corps ne doivent pas prendre de mouvement ; car les forces attractives et répulsives dont il a été question dans l'article précédent, recevraient alors des accroissemens

égaux, et par conséquent l'équilibre subsisterait encore (*).

Cependant on observe constamment qu'un corps non électrisé, est attiré par celui qui n'est plus dans son état naturel. Pour concilier cette espèce d'opposition entre l'expérience et la théorie, il faut admettre une action en quelque sorte préparatoire, qui rend le corps attirable avant de lui imprimer du mouvement. Supposons, par exemple, que B soit vitreusement électrisé, alors le fluide dont il est chargé agit sur le fluide naturel de A et le décompose. L'électricité résineuse est attirée dans l'hémisphère voisin de B, tandis que le fluide vitré est au contraire repoussé dans l'hémisphère opposé : ce qui ne peut avoir lieu sans que l'électricité surabondante, d'abord uniformément répandue sur B, n'acquiere une densité plus considérable dans la por-

(*) On peut se convaincre de la réalité de cette assertion, en représentant par des quantités numériques les proportions de fluides vitré et résineux que chaque corps contient. Ainsi, en supposant que A et B possèdent, l'un 10 et l'autre 12 parties des deux espèces d'électricité, les forces attractives seront,

1^o. L'action du fluide vitré de A sur le fluide résineux de B ;

2^o. L'action du fluide vitré de B sur le fluide résineux de A.

D'après ce qui précède, elles seront l'une et l'autre égales à $12 \times 10 = 120$: donc la tendance des corps pour se réunir sera représentée par $120 \times 2 = 240$. Mais cette disposition est contre-balancée par les forces répulsives qui proviennent,

1^o. De l'action que les fluides vitrés de A et B exercent l'un sur l'autre ;

2^o. D'une action semblable développée par l'un et l'autre fluides résineux.

Chacune de ces forces étant égale à $12 \times 10 = 120$, la valeur de l'effort qui tend à écarter les corps est $120 \times 2 = 240$.

tion de sa surface qui regarde le corps A. Cette nouvelle distribution, en diminuant la distance à laquelle s'exerce l'attraction , donne à cette force de l'avantage sur la répulsion , et dès lors l'équilibre est rompu en faveur de la première de ces puissances.

Les deux corps étant électrisés de la même manière , les forces attractives et répulsives , toujours dans la supposition d'une électrisation uniforme, croissent inégalement ; l'augmentation des unes est exprimée par la somme des deux produits qu'on obtient en multipliant la quantité de fluide additionnel de chaque corps , par le fluide de nom différent que contient le corps opposé ; et, pour estimer l'accroissement des autres , il faut ajouter à cette première valeur , le produit des

Or, cette quantité exprimant aussi l'énergie des puissances attractives , la résultante doit par conséquent être égale à zéro. Ce cas est celui de deux corps qui sont dans leur état naturel.

Si on admet que B reçoive une quantité additionnelle de fluide vitreux représentée par 4 , les choses resteront dans l'état où elles étaient précédemment , avec cette différence néanmoins, que l'attraction du fluide vitré de B pour le fluide résineux de A sera $16 \times 10 = 160$; mais la répulsion des deux électricités vitrées deviendra aussi 160 : donc il ne se manifesterai aucun changement. Jusqu'à présent nous avons supposé que les fluides étaient uniformément répartis sur les corps , ce qui nous a permis de faire abstraction des distances; mais les choses ne se passent point ainsi : les fluides hétérogènes , obéissant à leur attraction mutuelle , se placent à un intervalle moindre que les électricités de même nom , et dès lors , l'inégalité des distances rompt , en faveur de l'attraction , l'équilibre que tendaient à établir les actions développées par les seuls fluides , abstraction faite de l'influence des distances.

deux quantités de fluide additionnel (*). Ce dernier nombre indique donc l'excès de la répulsion sur l'attraction, et par conséquent, les corps doivent se fuir ; c'est effectivement ce qui arrive : cependant ils s'écartent avec une force moindre que celle qui est indiquée par la théorie ; on en trouvera aisément la raison, en réfléchissant que les fluides ajoutés exercent l'un sur l'autre une répulsion qui les empêche de se distribuer uniformément à la surface des corps, et les force de s'accumuler dans leurs parties les plus éloignées : cette influence peut même devenir assez considérable pour que la répulsion, non-seulement cesse d'agir, mais encore pour qu'elle soit changée en attraction. Il y a cependant deux conditions indispensables, pour que cet effet puisse avoir lieu : d'abord, il faut que l'un des corps soit, comparativement à l'autre, faiblement électrisé ; et ensuite, il est nécessaire que l'on puisse les rapprocher à une distance moindre que celle à laquelle la répulsion commence à se manifester. La nécessité de satisfaire à ces clauses, provient des modifications que doit, dans ce cas, éprouver l'état élec-

(*) En conservant les quantités numériques adoptées dans le paragraphe précédent, et en représentant par 3 le fluide vitré ajouté au corps A,

Les forces attractives deviendront $(10 + 3) \times 12, + 10 \times (12 + 4) = 316$: elles étaient 240 : donc l'augmentation qu'elles ont éprouvée = 76.

Les forces répulsives seront $(10 + 3)(12 + 4) + 10 \times 12 = 328$: elles étaient 240 : leur accroissement donc = 88.

La différence entre 88 et 76, = 12, exprime l'excès de la répulsion sur l'attraction, et par conséquent la force avec laquelle les corps tendent à se fuir.

trique de l'un des corps. Avant qu'il puisse être attiré, la portion de sa surface tournée vers l'autre corps, doit prendre une électricité contraire à celle de ce dernier : ce qui ne pourrait arriver s'ils étaient électrisés au même degré, ou indéfiniment libres de se mouvoir. Dans la première supposition, les actions exercées de part et d'autre ayant une même intensité, le fluide naturel de chaque corps tendrait également à être décomposé, et par conséquent les portions de leur surface qui sont en regard, seraient également sollicitées à recevoir la même espèce de fluide : dans le second cas, les corps commençant à se fuir à l'instant où se développe l'influence électrique, les faces tournées l'une vers l'autre ne peuvent, ou se constituer dans des états opposés, ou se rapprocher suffisamment pour que la différence des distances auxquelles s'exercent l'attraction et la répulsion, donne de l'avantage à la première de ces forces.

Enfin *A* et *B* sont électrisés en sens inverse. On appliquera à cette dernière condition tout ce qui a été dit de la précédente : seulement, il faudra rapporter aux puissances attractives ce qu'on avait attribué aux forces répulsives, et réciproquement appliquer aux dernières ce qu'on avait avancé relativement aux premières. On sera conduit par cette espèce d'analyse, à conclure que deux corps chargés d'électricités contraires doivent tendre à se porter l'un vers l'autre, ce que l'expérience indique effectivement. Cette tendance est d'ailleurs encore augmentée par l'action qui sollicite les deux fluides additionnels à se réunir ; en telle sorte, qu'au lieu d'être uniformément répandus sur chaque corps, ils s'accumulent en plus grande quantité

sur les parties de leur surface qui sont séparées par un moindre intervalle ; cette disposition ajoute donc encore aux avantages que procurait déjà à l'attraction l'hétérogénéité des fluides agissans.

Nous avons vu que la répulsion des corps électrisés de la même manière était diminuée, anéantie, ou même changée en attraction, lorsque leur faculté conductrice permettait aux fluides homogènes et hétérogènes d'exercer les actions dont ils sont susceptibles : or, ces modifications devront être moins intenses ou même devenir impossibles, quand le développement des influences d'où elles dépendent, sera gêné, ou tout-à-fait empêché, par la propriété isolante des corps soumis à l'expérience.

Le contact auquel donne lieu l'attraction, qui sollicite des corps conducteurs électrisés en sens inverse, est suivi de résultats qui diffèrent suivant que les fluides hétérogènes sont en proportions égales ou inégales. Dans le premier cas, ils se neutralisent mutuellement, et l'un et l'autre corps revient à son état naturel : mais, lorsqu'une des électricités est plus abondante que l'autre, cet excédant se partage entre les corps, et les constitue dans des états électriques semblables, d'où naît la répulsion. Les substances non conductrices au contraire, abandonnant avec difficulté le fluide dont elles sont pourvues, la neutralisation des électricités de noms différens, et à plus forte raison le partage de l'excédant de l'une d'elles, ne pouvant avoir lieu ; chaque corps persévétera dans l'état où il se trouvait à l'instant où l'action a commencé à se développer, et le contact subsistera jusqu'à ce que l'influence des causes environnantes les ait ramenés à leur état naturel.

Les attractions et les répulsions sont, de tous les phénomènes électriques, ceux qui font le mieux ressortir les avantages de l'hypothèse adoptée par Coulomb. Toujours d'accord avec l'expérience, cette théorie a fait découvrir certains résultats auxquels la seule observation aurait difficilement conduit ; et, quoique rapide, l'exposé qui en a été fait, servira à l'intelligence de quelques actions dont on ne pourrait aisément, dans toute autre supposition, développer le mécanisme.

(7) La théorie de l'évaporation, successivement perfectionnée par les travaux de MM. le Roi, Saussure, Deluc, et Dalton, est parvenue à un tel degré d'exactitude, qu'il serait difficile d'ajouter quelque chose aux connaissances qu'ils nous ont transmises ; et tous les physiciens admettent comme une vérité incontestable que la température et l'étendue de l'espace, sont les seuls éléments d'où dépend, dans la plupart des circonstances, la quantité de vapeurs qui peut se former : et, à cet égard, l'air exerce si peu d'influence, qu'on ne modifie en aucune façon les résultats, soit en le condensant ou le raréfiant, soit en faisant le vide ou même en substituant au gaz atmosphérique tout autre fluide élastique, n'ayant pour l'eau aucune affinité particulière.

(8) Jusque dans ces derniers temps, les physiciens ont improprement employé le mot *atmosphère*, pour exprimer cette faculté au moyen de laquelle les corps électrisés agissent sur ceux qui sont placés dans leur voisinage. Cette action à distance, quelque idée que l'on veuille d'ailleurs s'en former, ne saurait être attribuée à une portion de fluide répandu autour du

corps , où il formerait une enveloppe d'une épaisseur notable ; car , s'il en était ainsi , la couche la plus extérieure obéissant à la répulsion qu'elle éprouve de la part de celles qui sont posées au-dessous d'elle , s'en éloignerait et serait aussitôt remplacée par une nouvelle couche qui se comporterait absolument de la même manière : opération qui se renouvellerait jusqu'à ce que le corps , ayant perdu tout son fluide surabondant , fût ramené à son état naturel . La puissance qui , dans cette hypothèse , sollicite l'électricité à s'éloigner du corps , ne pourrait être contrebalancée que par la pression atmosphérique ; or , il est aisé de prouver que , dans ce cas , son action doit être nulle : en effet , la couche extérieure (toujours dans la supposition où l'enveloppe aurait une épaisseur physiquement appréciable) , se trouve également comprimée par l'air dans tous les sens , et par conséquent n'éprouve aucune influence de la part de ce milieu , à moins que l'on ne veuille admettre , contre toute raison , que l'intervalle compris entre la surface du corps , et la limite de son atmosphère prétendue , est , ou vide , ou occupé par un fluide élastique moins résistant que l'air . Si donc on rejette cette supposition , il faudra nécessairement concevoir que l'électricité , quelle que soit d'ailleurs sa nature , ne s'élève réellement point au-dessus de la surface des corps , qu'elle y est au contraire maintenue par la pression de l'atmosphère , et forme autour d'eux une couche dont la densité est variable , quoique son épaisseur soit toujours infiniment petite . Le fluide ainsi condensé exerce son influence , même à la distance de plusieurs mètres : il décompose l'électricité naturelle des substances conductrices placées dans son voisinage ; et , sans la ré-

sistance de l'air , il se combinerait avec l'un des élémens du fluide décomposé. En diminuant l'intervalle qui sépare les deux corps , on affaiblit l'obstacle que présentait le milieu intermédiaire, et on favorise la puissance qui sollicitait les fluides hétérogènes à se porter l'un vers l'autre. Aussi , en continuant d'agir dans le même sens , il arrivera bientôt un moment où , l'attraction devenant supérieure à la résistance de l'air , ce fluide sera pour ainsi dire déchiré , et permettra aux électricités contraires de se combiner. C'est cette distance franchie que l'on a nommée *distance explosive*.

(9) En se servant de la balance électrique , Coulomb est parvenu à déterminer , par une suite de belles expériences , suivant quelle proportion l'électricité se partageait entre deux corps conducteurs mis en contact ; et il a ensuite fait connaître comment le fluide se distribuait entre les différentes parties de la surface de ces corps. Ce physicien a employé dans le cours de ses recherches deux méthodes expérimentales différentes; la première consistait à introduire dans la balance, dont il avait préalablement électrisé le disque de papier, un globe chargé de la même espèce d'électricité ; au moyen du micromètre il tordait alors le fil de métal d'un certain nombre de degrés , et diminuait ainsi l'intervalle compris entre les deux corps ; puis, en ajoutant à l'angle de torsion donné par le micromètre , la distance du disque de papier doré au globe , il estimait la réaction élastique qui faisait équilibre à l'action répulsive développée par les molécules électriques.

Coulomb , après avoir obtenu ce premier résultat , mettait le globe placé dans la balance , en contact avec

le corps auquel il voulait qu'il communiquât une portion de son électricité : aussitôt que le partage était effectué, il détruisait cette communication; et tournant de nouveau le micromètre ; mais en sens inverse, il rendait l'angle compris entre le globe et l'aiguille de gomme laque égal à ce qu'il était lors de la première expérience. Il lui était alors facile, en comparant ce nouvel équilibre avec le précédent, de déterminer le rapport qui existait entre les quantités successives d'électricité: en effet , dans l'un et l'autre cas , la répulsion agissait en raison directe du nombre des molécules , et en raison inverse du carré de la distance à laquelle elles exerçaient leur action : or , puisque , dans les deux expériences , l'intervalle du globe au disque de papier était le même , la réaction élastique devait nécessairement être proportionnelle aux quantités de fluide.

En opérant ainsi , on obtient en masse le rapport suivant lequel l'électricité se partage entre deux corps: mais ce procédé ne saurait convenir , lorsqu'il s'agit de reconnaître de quelle manière cet agent se distribue entre les différentes parties de la surface d'un corps ou d'un système de corps mis en contact; il faut alors pouvoir en quelque sorte examiner chaque point isolément ; et , on y parvient sans peine , en touchant avec un très-petit disque de papier doré la portion dont on se propose de reconnaître l'état électrique. L'exactitude de cette seconde méthode repose entièrement sur ce que le disque, à raison de son peu d'épaisseur , se confond en quelque sorte avec la surface à laquelle il est appliqué , et prend sur chacune de ses faces tout le fluide que contient, avant la superposition, la partie qu'il recouvre. Cette seconde méthode , qui permet d'employer des balances

de toutes dimensions, est en général plus commode que la précédente, et peut la remplacer avec avantage : car le globe étant, à raison de la similitude de position des différens points de sa surface, uniformément électrisé ; le disque de papier, quelle que soit la partie qu'il touche, sera toujours chargé d'une quantité de fluide proportionnelle à l'intensité électrique du corps, et par conséquent il existera un rapport constant entre les effets produits par l'un, et ceux que pourrait développer l'autre. Néanmoins on s'exposerait à commettre de graves erreurs, si, dans ces sortes d'expériences, on négligeait de tenir compte des quantités d'électricités perdues pendant le temps qui s'est écoulé entre une observation et celle qu'on veut lui comparer.

Coulomb a indiqué une manière d'opérer qui met à l'abri de cet inconvénient, et prévient la nécessité de faire des corrections : elle consiste à comparer l'état électrique de deux points, au moyen de trois expériences successives faites à des intervalles de temps à peu près égaux. On touche d'abord un des points, et on détermine sa densité électrique en plaçant dans la balance le disque qui a servi au contact : on agit ensuite absolument de la même manière à l'égard du second point : enfin, par une troisième opération, on mesure de nouveau la densité du fluide qui recouvre la partie que l'on avait primitivement touchée, et on reconnaît que l'électricité y est moins intense que lors du premier essai. Or cette différence provient de la déperdition due au contact de l'air ; mais, en prenant une quantité moyenne entre les densités indiquées par la première et la troisième observations, on a exactement la valeur de celle qu'on aurait obtenue, s'il eût été possible de

faire l'expérience au moment où on a déterminé la densité du second point que l'on voulait comparer au premier.

Les fils de gomme laque dont on se sert pour isoler les petits disques de papier doré, ne sont pas tous également imperméables à l'électricité : en général, ceux qui sont moins transparents possèdent à un plus haut degré cette propriété, qui modifie encore l'état hygrométrique de l'air. Pour reconnaître si les fils dont on se propose de faire usage sont exempts de ce défaut, on fait toucher à un corps conducteur électrisé l'extrémité à laquelle on a dessein de fixer le petit plan de papier ; puis on présente ce bout à l'aiguille de la balance chargée de la même espèce d'électricité : lorsqu'il y a répulsion, c'est un signe que la gomme n'isole pas parfaitement, et on doit la rejeter : car, en se servant d'un disque soutenu par un tel isoloir, on s'exposerait à obtenir des résultats sur lesquels on ne saurait compter. En effet, comme ces sortes de fils se dépouillent très-lentement du fluide dont il sont une fois pénétrés, s'il arrivait que dans un premier essai on eût touché un point fortement électrisé ; lors de la seconde opération l'intensité de la force répulsive dépendrait non-seulement de l'action produite par le fluide communiqué au disque, mais encore de celle que développerait la portion d'électricité conservée par la gomme laque : aussi, toutes choses égales d'ailleurs, l'erreur commise serait d'autant plus grave, que le second point serait, comparativement au premier, plus faiblement électrisé.

Lorsqu'on ne néglige aucune des précautions qui viennent d'être mentionnées, on peut atteindre à une exactitude telle, qu'on ne trouvera, entre les résultats

de l'expérience et ceux du calcul , d'autre différence que celle qui résulte des erreurs relatives à l'évaluation des divers élémens dont se composent ces sortes d'actions : et , à cet égard, on doit citer comme d'honorables morumens , les expériences que Coulomb a consignées dans les Mémoires de l'académie royale des sciences , année 1787 , et celles que plus récemment, M. Biot a extraites des manuscrits de ce savant (*Phys. Exp. et Math.* , tome 2).

Aussitôt que deux corps conducteurs sont mis en contact , l'électricité libre qu'ils peuvent contenir se partage entre eux, et s'y dispose de manière que l'action développée par le fluide accumulé sur l'un , fait équilibre à la réaction qu'il éprouve de la part de celui qui est déposé à la surface de l'autre : aussi , dans cet état, une molécule que l'on concevrait placée à l'endroit du contact ou ailleurs , serait également pressée dans toutes les directions , et n'aurait , par conséquent , aucune tendance à se porter d'un côté préférablement à l'autre. Si , après le partage , on soustrait les deux corps à l'influence qu'ils exercent l'un sur l'autre , chacun d'eux conservera la portion d'électricité qu'il a reçue ; mais la distribution du fluide sur leur surface éprouvera alors des changemens tels , que chaque molécule , considérée isolément , devra encore être également pressée dans tous les sens.

Les corps copartageans peuvent

1°. Avoir la même forme , et l'étendue de leur surface être égale ou inégale.

2°. Indépendamment de la diversité des volumes , il se pourrait encore qu'ils différassent quant à la figure.

A. Dans le cas où la configuration des corps, et l'étendue de leurs surfaces sont les mêmes, il est hors de doute que si le contact est symétrique, c'est-à-dire, s'il a lieu par des côtés homologues, le partage se fera par portions égales, quelle que soit d'ailleurs la loi qui préside à l'arrangement des molécules. On conçoit en effet que, dans cette hypothèse, l'un et l'autre corps présentent, soit relativement au nombre, soit relativement à l'influence que peut exercer la disposition respective des divers points qui reçoivent le fluide, des conditions absolument identiques; par conséquent, l'équilibre ne pourra subsister à moins que l'électricité ne soit également partagée, et symétriquement distribuée. En supposant donc des corps sphériques, une droite qui passerait par leur point de contact, et à laquelle on ferait décrire un cône en prenant pour axe la ligne qui unit les centres, tracerait à la surface de chaque globe une circonference de même diamètre, dont tous les points seraient également électrisés. Coulomb a déterminé par expérience l'intensité du fluide accumulé d'abord au point de contact, puis sur des zones étroites situées à 30, 60, et 90 degrés de ce point, et enfin à 180 d., c'est-à-dire, sur le prolongement de la ligne qui passe par les centres. Il a constamment trouvé zéro d'électricité au point de contact : mais la tension, insensible jusqu'au vingtième degré, augmentait ensuite lentement jusqu'à 30 d., plus rapidement jusqu'à 60, peu de 60 à 90, et elle était presque uniforme de 90 jusqu'à 180. La comparaison de deux points successifs a toujours été faite au moyen de quatre observations, et à des intervalles de temps à peu près égaux, en telle sorte que les résultats moyens qui furent obtenus, étaient à l'abri des

influences qu'aurait pu exercer la propriété conduitrice de l'air et l'isolement imparfait des supports. Afin de rendre plus sensible encore les avantages que présente cette méthode, que Coulomb a d'ailleurs toujours employée dans les recherches analogues, je rapporterai les expériences qu'il a faites sur deux sphères de 8 pouces de diamètre, mises en contact; et dont l'intensité électrique, mesurée à 30, 60 et 180 degrés de ce point, a été comparée avec celle qui répondait à 90 degrés.

1°. Comparaison du point situé à 30 d., avec celui qui était placé à 90 d.

Dans ce premier essai, on a touché avec le plan de papier doré un des globes à 30 d. du point de contact, puis à 90 d.: on a ensuite renouvelé ces deux opérations; et, dans les observations successives, on a eu soin que la distance de l'aiguille au disque fût toujours de 20 degrés: on a trouvé

Premier contact à 30 d., la force répulsive égalait une torsion de 7 d.

Premier contact à 90. 31

Second contact à 30. 6

Second contact à 90. 27

2°. Comparaison du point situé à 60 degrés, avec celui qui est placé à 90. Dans ce deuxième essai la distance de l'aiguille au disque de papier introduit dans la balance a constamment été de 22 d.

Premier contact à 60 d.: la force répulsive égalait une torsion de 21 d.

Premier contact à 90. 23

Deuxième contact à 60. 17

Deuxième contact à 90. 21

3^e. Comparaison d'un point situé à 90 d. du contact, avec celui qui est placé à 180 degrés : dans ce troisième essai , la distance du papier doré a constamment été de 25 degrés.

Premier contact à 90 d. : la force répulsive égalait une torsion de 20 d.

Premier contact à 180. 19

Deuxième contact à 90. 17

Deuxième contact à 180. 18

La quantité de fluide accumulé sur une portion quelconque de la surface d'un corps , étant proportionnelle à l'action que développe le disque de papier doré , lorsqu'après avoir été mis en contact avec cette partie , il est ensuite introduit dans la balance , on pourra aisément , au moyen des résultats précédens , conclure quel est le rapport de la densité électrique des différens points soumis à l'expérience. Ainsi dans le premier essai , deux observations faites à 30 d. du contact ont donné pour mesure de la force répulsive , l'une 7 et l'autre 6 degrés : la moyenne 6,5 est donc l'intensité électrique qu'aurait offerte ce point à l'instant où celui distant de 90 d. indiquait une réaction de 31 d. : donc $\frac{31}{6,5}$ ou 4,77 est la relation cherchée. Si actuellement on compare de la même manière la troisième observation avec la moyenne , déduite de la seconde et de la quatrième , on aura $\frac{29}{6}$ ou 4,83 , quantité qui diffère fort peu de 4,77 ; et , en prenant une valeur moyenne entre ces deux résultats , le rapport moyen sera 4 , 80 : donc la densité électrique d'un point situé à 90 d. du contact , est à celle du point situé à 30 d. , comme 4 , 80 est à 1.

Par des calculs tout-à-fait semblables , et en faisant

Usage des résultats fournis par le second et le troisième essais, Coulomb a trouvé que le même rapport était pour les points placés à 90 et à 60 degrés, comme 1,25 : 1; et en comparant le 90°., avec le 180°. d., le rapport a été comme 0,95 : 1.

M. Poisson (*Mém. de l'Institut*, 1811), dans ses Recherches analytiques sur la manière dont se distribue l'électricité, lorsque deux corps conducteurs sphériques (d'un diamètre quelconque) s'influencent mutuellement, a donné deux équations au moyen desquelles on peut aisément calculer la densité de la couche électrique sur les différens points de la surface de l'un et l'autre globe; puis, en déterminant numériquement ces valeurs pour le cas dont il vient d'être particulièrement question, il a trouvé des nombres qui diffèrent très-peu de ceux que Coulomb avait obtenus par expérience, et, en les rassemblant dans un même tableau, il lui a été facile de montrer combien est satisfaisant l'accord qui subsiste entre le calcul et l'observation.

Les points comparés sont éloignés du point de contact des deux sphères égales, de	Les densités électriques qui répondent à ces divers points, sont entre elles,		Différences entre le calcul, et l'observation.
	Suivant le calcul, comme	Suivant l'observation, comme	
90 et 30	5,857 : 1	4,80 : 1	+ 0,18
90 et 60	1,342 : 1	1,25 : 1	+ 0,07
90 et 180	0,877 : 1	0,95 : 1	- 0,08

Chaque nombre que renferme la quatrième colonne, est le dernier terme d'une proportion dont les trois

autres sont 1^o. la densité calculée , 2^o. l'excès de celle-ci sur la densité observée , 3^o. l'unité. Par conséquent il existe entre cette dernière quantité et les nombres de la quatrième colonne , une relation qui est la même que celle qu'on remarque entre les seconds et les premiers termes ; aussi , pour les obtenir , on a divisé l'excès de la densité calculée sur la densité observée , par la première de ces deux valeurs.

Après avoir obtenu les résultats dont on vient de donner les détails , et afin de connaître quelle influence la forme des corps peut exercer relativement à la distribution de l'électricité , Coulomb a fait quelques expériences qui seraient restées inconnues , si M. Biot ne les eût pas consignées dans son Traité de Physique (tom. II , pag. 273 et suiv.). L'exactitude de ces nouvelles recherches est en quelque sorte garantie par l'attention que le physicien a eue , de leur appliquer les méthodes expérimentales , qui déjà lui avaient été si avantageuses pour soumettre les corps sphériques à un semblable examen ; aussi est-il probable qu'elles seraient vérifiées par le calcul , s'il arrivait que les progrès de l'analyse permissent de leur faire subir cette épreuve. Les corps qui furent mis en expérience étaient des lames d'acier minces et étroites : on les isolait avec précaution ; et , après les avoir électrisées , on déterminait , à l'aide d'un plan de papier doré (*), l'intensité électrique de leur partie moyenne , et celle d'une autre portion plus ou moins rapprochée de

(*) Afin de pouvoir toucher la lame dans toute sa largeur , Coulomb donna au plan de papier doré un pouce de long sur trois lignes de large.

P'une ou l'autre extrémité ; puis , en comparant les résultats obtenus , il était facile d'en conclure le mode de distribution du fluide à la surface de ces corps. On trouva , par exemple , en se servant d'une lame de 11 pouces de long , sur un pouce de large et $\frac{1}{2}$ ligne d'épaisseur , que les densités électriques étaient entre elles ,

Au milieu de la lame , et à 1 pouce des extrémités , comme 1 : 1,2.

Au milieu , et à l'extrémité même de la surface. 1 : 2,02.

Au milieu , et sur l'épaisseur du tranchant des extrémités. 1 : 4,01.

Ainsi , l'électricité , à peu près uniformément distribuée depuis le centre jusqu'à un pouce de l'extrémité , augmentait ensuite si rapidement , que le plan de papier doré indiquait une densité double , lorsqu'on l'appliquait sur les parties les plus reculées de la surface ; et , en le plaçant dans le prolongement de la lame , il participait à l'état électrique des deux faces , et prenait par conséquent une électricité quadruple.

On a obtenu des résultats tout-à-fait identiques avec une lame qui ne différait de la précédente que parce qu'elle avait une longueur double. Dès lors on conçoit qu'en faisant communiquer par les côtés de même nom , deux lames semblables , dont l'une serait électrisée , et l'autre dans son état naturel ; le partage se ferait par portions égales , et la distribution du fluide serait telle , que la moindre intensité répondrait à la ligne du contact , et la plus grande , aux extrémités qui en sont les plus éloignées.

Si l'on veut se rendre compte de ce qui doit arriver lorsqu'on écarte des corps qui ont été mis en contact , il faudra ne pas perdre de vue que le partage effectué

et l'équilibre établi, sont des conséquences nécessaires de la répulsion qui sollicite les molécules électriques de même nature; et que chaque corps, indépendamment de sa quantité naturelle de fluide vitré et résineux, contient encore une quantité additionnelle de l'une ou l'autre espèce d'électricité. Aussi long-temps que dure le contact, les particules hétérogènes du fluide naturel, restent combinées et inactives : on conçoit en effet que, dans l'hypothèse contraire, l'équilibre ne pourrait avoir lieu, puisqu'à raison de la communication établie, l'une des parties constituantes de ce fluide décomposé, ne pourrait échapper à l'attraction qu'exercerait sur elle, l'électricité surabondante répartie entre les deux corps : mais, aussitôt qu'ils sont séparés, les conditions deviennent bien différentes : la lame d'air interposée rompt la communication, sans cependant empêcher les influences électriques ; et la tension, d'abord nulle au point de contact, éprouve des modifications déterminées par le rapport du volume des corps copartageans.

Pour le moment nous nous bornerons à indiquer ce que présentent des sphères de même diamètre, et plus tard nous examinerons les résultats qu'on obtient, en se servant de globes dont les dimensions diffèrent. Il est hors de doute que dans le premier cas, puisque l'électricité est également partagée entre les deux corps, et distribuée d'une manière symétrique sur leur surface, il doit y avoir une identité absolue entre leurs actions mutuelles. Si donc on nomme l'un A et l'autre B, il suffira de considérer les influences que le premier exerce sur le second, pour connaître l'énergie avec laquelle le dernier réagit sur le premier.

Ainsi qu'on l'a déjà dit, les parties constituantes

du fluide naturel de A exercent sur l'électricité propre de B quatre actions distinctes, égales et opposées deux à deux, en telle sorte que leur résultante est nulle. De son côté le fluide additionnel, que nous supposons être vitré, agit par attraction sur l'électricité résineuse de B, et par répulsion sur son électricité vitrée. Si donc elles étaient l'une et l'autre libres de se mouvoir, elles obéiraient à cette double influence, et le corps B serait électrisé résineusement dans la portion de sa surface qui précédemment répondait au point de contact, tandis que son hémisphère opposé donnerait des signes d'électricité contraire : mais les chose ne se passent point ainsi ; car le globe B étant aussi électrisé vitreusement, et au même degré, il oppose à l'action que A tend à développer sur les élémens de son fluide naturel, une réaction d'autant plus puissante, qu'elle est favorisée par une moindre distance.

En effet, le fluide vitré surabondant de A ne peut agir sur les parties constitutantes du fluide naturel de B, qu'à travers une lame d'air plus ou moins épaisse ; au lieu que l'électricité additionnelle de celui-ci, n'ayant aucun intervalle isolant à franchir, développe immédiatement son action sur ces mêmes élémens, et non-seulement les garantit des influences qu'exerce le fluide accumulé sur A, mais force encore une portion de ses propres molécules à se porter sur les parties qui pendant le contact des corps, étaient dans leur état naturel. L'expérience vient ici à l'appui du raisonnement ; et Coulomb s'est assuré que deux globes de même diamètre offraient, lorsqu'après les avoir séparés on examinait le point par lequel ils avaient été mis

en contact, des indications identiques avec celles qu'aurait fourni l'espèce d'électricité partagée entre eux. On conçoit aisément que la tension du fluide accumulé en cet endroit devra être d'autant plus considérable, que les deux globes approcheront davantage de la distance à laquelle leur influence mutuelle disparaît; alors la distribution du fluide sera uniforme, et la densité constante, quelle que soit d'ailleurs la portion de leur surface qu'on examine. Cette condition d'équilibre n'a lieu que pour les corps sphériques, et est déterminée par la similitude de position des différens points de leur superficie : mais, en général, sur un conducteur de figure quelconque, la répartition électrique sera toujours telle, que la quantité de fluide déposé sur une partie de sa surface, devra constamment faire équilibre à la répulsion qu'exerce l'électricité distribuée sur le reste de son étendue. Ainsi, sur une lame de métal, la tension la plus forte a lieu aux extrémités, parce que le fluide qui y est accumulé, soutient seul l'effort des autres particules ; et l'électricité de la partie moyenne est au contraire moins intense, par la raison que la résistance qu'elle doit opposer, est favorisée par le fluide dont elle est environnée. On peut appliquer le même raisonnement à d'autres corps ; et, quelle que soit leur figure, à l'instant où on les séparera, ils conserveront l'électricité qu'ils ont reçue : mais son mode de distribution variera, en même temps que leur forme changera.

B. *Lorsque des corps dont la figure est la même, diffèrent quant à leur dimension, on peut toujours déterminer par l'expérience, suivant quelle proportion ils partagent l'électricité. Pour cela, il suffit d'établir*

entre eux un contact symétrique , et de comparer la densité électrique de deux points semblables , après avoir eu néanmoins la précaution de placer les corps à une distance assez grande pour qu'ils n'exercent l'un sur l'autre aucune influence. Coulomb a suivi , dans les recherches qu'il a faites à cet égard , la seconde des méthodes exposées au commencement de cet article ; et il a constamment trouvé que , pour des corps sphériques , le partage se faisait dans un rapport moindre que celui des surfaces (*);

(*) Ce physicien a placé dans la balance un globe électrisé de six pouces un quart de circonférence , qui a chassé l'aiguille à 30 d. , la torsion du fil de métal étant 145 d. : il a ensuite mis en contact avec le précédent un second globe de vingt-quatre pouces. La quantité d'électricité prise par ce dernier fut telle que , pour maintenir l'aiguille à la même distance , le petit globe n'exigea plus qu'une torsion de 12 d. Trois autres expériences faites absolument de la même manière ont donné :

1º. Avant le contact du gros globe.	259 d.
Après le contact.	21.
2º. Avant le contact du gros globe.	255.
Après le contact.	21.
3º. Avant le contact du gros globe.	231.
Après le contact.	19.

Les circonférences des deux globes étaient entre elles comme 6 et $\frac{1}{4}$: 24 , et par conséquent le rapport de leurs surfaces comme 1 à 14 , 8. Mais l'électricité que contenait le petit globe avant le contact était proportionnelle à 145 : après le contact elle fut représentée par 12 ; donc la quantité prise par le gros globe équivalait à $145 - 12 = 133$. Or $\frac{133}{12} = 11 , 1$; donc le partage s'est effectué dans un rapport moins grand que celui des surfaces , puisque le petit globe , dont l'étendue n'était que $\frac{1}{4}$ du gros globe , conserva à très-peu près $\frac{1}{3}$ de fluide. Les résultats que l'on pourrait déduire des trois autres expériences , ne diffèrent pas sensiblement du précédent.

de sorte qu'après la séparation des deux corps, la densité du fluide est toujours plus forte sur le plus petit. M. Poisson (Mém. déjà cité) a traité analytiquement cette question; et les résultats auxquels il a été conduit, diffèrent fort peu de ceux donnés par l'expérience.

Les rayons des sphères sont entre eux, comme	Les densités électriques moyennes correspondantes sont,		Différences entre le calcul, et l'observ.
	Suivant le calcul,	Suivant l'observ.	
1 : 2	1,1601 : 1	1,08 : 1	+ 0, 07
1 : 4	1,3168 : 1	1,30 : 1	+ 0, 01
1 : 8	1,4443 : 1	1,65 : 1	- 0, 15

On voit, à l'inspection de ce tableau, que la densité électrique du petit globe augmente à mesure que son diamètre devient comparativement moindre. Si donc on le suppose infiniment petit, on devra atteindre la limite de cet accroissement; et M. Poisson a calculé que, dans cette hypothèse, la densité serait, 1,6449, quantité inférieure à celle que Coulomb a observée dans une circonstance, où les rayons des deux globes étaient seulement dans le rapport de 1 à 8. Mais, il est à remarquer que, dans ce cas, ce physicien n'a pas immédiatement déterminé la proportion suivant laquelle l'électricité se partageait entre les deux corps. Le résultat qu'il indique, est un terme moyen déduit d'une expérience dans laquelle un globe de huit pouces de diamètre fut vingt fois de suite mis en contact avec un autre

petit globe d'à peu près un pouce : aussi , quoique cette opération ait été faite avec toutes les précautions propres à en garantir l'exactitude , elle est cependant trop compliquée pour que la différence entre le calcul et l'observation , puisse servir d'objection contre la théorie . Quant aux nombres de la quatrième colonne , on les a obtenus absolument de la même manière que ceux du tableau précédent ; et par conséquent ils sont à l'unité , comme l'excès de la densité calculée sur la densité observée , est à la première de ces deux quantités .

Quelle que soit l'inégalité du diamètre des sphères qui se touchent , il y a constamment zéro d'électricité à l'endroit du contact ; mais , à mesure que l'on s'en écarte , on voit que la densité électrique , d'abord plus forte sur le gros globe , croît ensuite plus rapidement sur le petit , en telle sorte que , si l'on compare de part et d'autre des points qui soient diamétralement opposés à celui du contact , on trouvera que la tension est toujours plus considérable sur la sphère la moins volumineuse . D'ailleurs , il sera toujours possible , au moyen d'expériences analogues à celles que nous avons rapportées dans le cas où les diamètres étaient égaux , d'apprécier la densité du fluide sur une partie quelconque de la surface de l'un et de l'autre globe ; et comme de son côté la théorie fournit les données nécessaires à cette évaluation , les deux résultats pourront en quelque sorte servir à se vérifier mutuellement . Ainsi Coulomb , ayant mis en contact et électrisé des sphères dont les rayons étaient dans le rapport de 1 à 2 , a trouvé qu'en comparant sur la plus petite la tension des points situés à 30 , 60 , 90 et 180 degrés , on avait les proportions suivantes :

1°. La densité à 90 d. est à la densité à 30 d. dans un rapport inappréciable.

2°. à 90. . . . à 60 comme 1,70 est à 1.

3°. à 90. . . . à 180 . . . 0,75 est à 1.

En faisant de semblables recherches relativement au gros globe , ce physicien a remarqué que la densité électrique , presque inappréciable jusqu'à 6 ou 7 degrés du contact , était sensiblement la même à 90 et à 180 degrés de ce point ; et , en comparant les tensions à 90 et à 30 degrés , il a trouvé que ,

4°. La densité à 90 d. est à la densité à 30 d. comme 1,19 est à 1.

Dans une autre expérience , les rayons des sphères étant comme 1 est à 4 , il a observé que sur le petit globe ,

5°. La densité à 180 d. est à la densité à 90 comme 1,43 : 1.

Enfin , sur des globes dont les rayons étaient comme 1 à 2 , il a reconnu , en touchant alternativement le point qui de part et d'autre était situé à 90 degrés du contact , que

6°. La densité sur le petit globe est à la densité sur le gros globe comme 1,25 : 1.

La théorie a fourni à M. Poisson les moyens de calculer les rapports que Coulomb avait mesurés ; et on voit , en comparant les résultats obtenus par ces deux physiciens , que les différences n'outre-passent point les limites d'exactitude que comportent ces sortes d'évaluations.

INDICATION des résultats comparés.	RAPPORTS OBTENUS		DIFFÉRENCE entre le calcul et l'observation.
	Par le calcul.	Par l'obser..	
2 ^e . Cas.	1,797 : 1	1,70 : 1	+ 0,05
3 ^e .	0,739 : 1	0,75 : 1	- 0,01
5 ^e .	1,673 : 1	1,43 : 1	+ 0,15
6 ^e .	1,238 : 1	1,25 : 1	- 0,01

Les troisième et cinquième résultats montrent que, sur le plus petit des deux globes, du 90^e. au 180^e. degré, la densité électrique augmente d'autant plus rapidement, qu'ils diffèrent davantage en diamètre : mais cet accroissement n'est cependant pas illimité ; et M. Poisson a trouvé que son maximum égalait à peu près 4,2 : quantité qui ne diffère pas sensiblement de celle que Coulomb avait déterminée par expérience. On voit aussi, en comparant le premier, le second et le quatrième résultats, que la densité qui, ainsi que nous l'avons déjà dit, était d'abord plus forte sur le gros globe, croît ensuite plus rapidement sur le petit.

La tension que présente, durant le contact, le point qui sur la petite sphère répond au 180^e. degré, et celle que l'on remarque sur une portion quelconque du gros globe quand il est séparé du petit, ont entre elles une relation que l'on peut aisément calculer, puisque la théorie donne les moyens de connaître : 1^o. la densité électrique d'un point quelconque de la surface de deux sphères égales ou inégales qui se touchent, 2^o. la densité uniforme du fluide répandu sur chacune d'elles, lorsqu'après le partage on les

soustrait à leur influence mutuelle. C'est ce rapport que Coulomb a obtenu par expérience , et que M. Poisson a depuis calculé et consigné dans son premier mémoire sur l'électricité.

RAPPORT du diamètre des sphères.	RAPPORT DES DENSITÉS DU PETIT GLOBE à 180 d., et du gros globe séparé du petit.		DIFFÉRENCES entre le calcul. et l'observation.
	Suivant le calcul.	Suivant l'expér.	
1 : 1.	1,322 : 1.	1,27 : 1.	+ 0,04.
1 : 2.	1,834 : 1.	1,55 : 1.	+ 0,15.
1 : 4.	2,477 : 1.	2,35 : 1.	+ 0,05.
1 : 8.	3,087 : 1.	3,18 : 1.	- 0,03.

Dans le second tableau , ainsi que dans celui-ci , on a pris pour unité la densité uniforme du fluide répandu sur le gros globe quand il est séparé du petit ; et on lui a comparé les intensités électriques que présente ce dernier ; 1°..lorsqu'étant soustrait à l'influence du premier , il est également électrisé dans tous les points de sa surface ; 2°. celle que l'on y remarque pendant le contact , et à 180 d. de ce point. En examinant comparativement ces rapports , on voit que leur différence est d'autant plus considérable , que les sphères ont des diamètres plus disproportionnés : ce qui est une conséquence nécessaire des actions répulsives développées par les quantités inégales de fluide additionnel répandu sur l'un et l'autre globe.

Lorsque l'on sépare deux sphères inégales et électrisées ; elles éprouvent des modifications variables pour chacune d'elles : la plus grosse , dans la portion de sa surfac

qui répondait au point de contact, se recouvre toujours de l'espèce d'électricité répartie entre les deux corps ; et la tension, d'abord, très-faible en ce lieu, croît ensuite graduellement, jusqu'à ce que le fluide additionnel soit uniformément distribué ; ce qui arrive aussitôt que la distance est assez considérable, pour rendre nulle l'influence exercée par l'électricité du petit globe. Celui-ci fournit de son côté des indications qui, à raison de la distance des deux sphères et du rapport de leurs diamètres, varient non-seulement d'intensité, mais encore de nature.

Ainsi, en supposant, par exemple, que l'électricité surabondante soit vitrée, à l'instant où le contact cessera, le petit globe B sera résineusement électrisé dans le point par lequel il touchait le gros globe A ; cependant, à mesure que l'on augmentera l'espace intermédiaire, l'état résineux de B s'affaiblira, en telle sorte qu'il y aura une position dans laquelle ce point indiquera zéro d'électricité, comme pendant le contact. Si l'on continue à écarter les deux corps ; quelle que soit alors la portion de la surface de B qu'on examine, on obtiendra des signes d'électricité vitrée : seulement ils auront d'autant plus d'intensité, qu'ils seront davantage éloignés du point qui servait à établir la communication ; mais cette inégalité diminuera à proportion que la distance deviendra plus considérable ; et, au-delà d'une certaine limite, A et B seront vitreusement et uniformément électrisés.

On se rendra aisément compte de ces effets successifs, en réfléchissant que la sphère la plus volumineuse conserve toujours plus de fluide qu'elle n'en cède à la petite, et que sur l'une et l'autre surface la distribution a

lieu de telle manière , qu'à partir du point de contact , la tension est sur le globe A d'autant plus vite appréciable , et sur le globe B d'autant plus tard , que la différence de leur diamètre est plus considérable : les résultats de ce mode de répartition sont d'ailleurs tels , qu'en supposant deux molécules , une de fluide vitré et une de fluide résineux , placées au point de contact ou ailleurs , elles seraient toutes deux également attirées et repoussées par le fluide additionnel de l'un et l'autre globe . Or , on peut imaginer dans leur intérieur deux points tellement situés , que , si de part et d'autre on y concentrat leur électricité surabondante , les particules que nous avons supposées répondre au point de contact , seraient encore également influencées , en telle sorte , qu'à leur égard il n'y aurait encore rien de changé . D'après ce qui a été dit relativement à la manière dont l'électricité se distribue sur des sphères inégales qui se touchent ; il est évident que ces nouveaux centres d'actions devront être placés sur la droite qui unit le point de contact avec ceux qui lui sont diamétralement opposés , et ils doivent en outre être plus rapprochés de ces derniers que du premier : néanmoins , à cet égard , la différence sera proportionnellement plus grande pour le petit que pour le gros globe .

Au moment de la séparation il se fera à la surface de chaque corps un mouvement électrique dont l'effet équivaudra , dans l'hypothèse établie , à une diminution de distance entre les centres d'actions et le point de contact : mais c'est particulièrement pour le globe A que ce déplacement sera plus sensible ; puisque , à raison de la quantité plus considérable et de la distribution primitive du fluide qu'il contient , il y en aura une

partie qui devra aussitôt se répandre sur la portion de sa surface qui environne le point par lequel il touchait l'autre globe. Celui-ci étant, au contraire, moins favorisé sous ce double rapport, peut non-seulement ne pas admettre de fluide additionnel dans le point qui répondait au lieu du contact, mais encore y donner des signes d'une électricité de nature différente.

Le premier résultat se manifestera toutes les fois que le déplacement des centres d'actions de l'un et l'autre globe sera tel, que, malgré l'espace intermédiaire, deux molécules (fluides vitré et résineux) placées à la surface de B, et dans le point de contact, seront également sollicitées par le fluide additionnel de chaque sphère. Or, comme à mesure que la distance devient plus considérable, les centres d'actions se rapprochent du centre de leur globe respectif, et coïncident réellement avec lui, aussitôt que l'écartement est assez grand pour rendre nulles les influences réciproques des électricités surabondantes, il faut en conclure que, si on laisse entre les deux corps un intervalle moindre que celui qui est indiqué par le calcul pour le premier cas, une portion de la face du petit globe, qui sera tournée vers A, s'électrisera alors en sens inverse; et, toutes choses égales d'ailleurs, son intensité électrique sera d'autant plus forte, que la distance qui le séparera du gros globe, sera moins considérable.

Coulomb a fait à cet égard des expériences dont les résultats sont, autant qu'il est possible, d'accord avec la théorie. Ayant mis en contact et électrisé vitreusement deux globes, un de onze et l'autre de huit pouces de diamètre, il a constaté que celui-ci, jusqu'à ce que l'espace intermédiaire fût d'un pouce, donnait,

dans la portion de sa surface tournée vers l'autre globe , des signes d'électricité résineuse : mais à cette distance l'état électrique du point de contact disparut ; et au-delà il y observa, ainsi que sur toutes les autres portions de la surface , des signes d'électricité vitrée. Dans un autre essai , ce physicien fit toucher le même globe par un autre globe de quatre pouces de diamètre , et il s'est assuré que des indices d'électricité résineuse se manifestèrent à la surface de la petite sphère , et dans le point de contact , jusqu'à ce que l'intervalle fût de deux pouces : l'électricité devenait nulle à cette distance ; et , en l'augmentant , il reconnut que du fluide vitré recouvrait entièrement la surface du petit globe. Enfin , en substituant à celui-ci un nouveau globe de deux pouces de diamètre , il vit que l'écartement dut être de deux pouces cinq lignes pour atteindre la limite à laquelle disparaissaient les signes d'électricité résineuse. M. Poisson , en comparant ces résultats avec ceux que fournit le calcul , a trouvé que leur différence était assez petite pour qu'on pût l'attribuer aux erreurs inévitables dans ces sortes de recherches.

C. Si l'on met en contact deux corps qui , *aient une même étendue , mais dont les figures soient dissemblables* , l'électricité se partagera entre eux à raison de leur forme , et l'expérience aussi - bien que le raisonnement , montrent qu'à cet égard les conducteurs les plus allongés sont toujours davantage favorisés. En effet , si l'on suppose deux cylindres égaux en surface , mais de longueur différente , on conçoit qu'en ajoutant à chacun d'eux une égale quantité de fluide, les molécules déposées sur le plus court seront moins écartées , et par conséquent la densité électrique y

sera plus considérable. Si donc il arrivait qu'on établît une communication immédiate entre ces conducteurs, le plus long prendrait une portion de l'électricité accumulée sur l'autre ; et une particule de fluide électrique, placée au point de contact, serait également influencée par le fluide additionnel de l'un et de l'autre corps, quand le partage aurait eu lieu en proportions telles, que les molécules rassemblées d'une part compenseraient par leur nombre les avantages dont jouissent, à raison d'un moindre écartement, celles qui sont accumulées de l'autre part. Dès lors, un fil de métal très-délié et fort long doit, à égalité de surface, être de tous les conducteurs celui dont la capacité électrique sera la plus considérable, tandis que, par la même raison, la sphère devra être le plus désavantageux de tous ; et pour établir sous ce rapport la différence qui existe entre eux, il suffira de comparer les quantités de fluide qu'ils prendront à un globe électrisé, dont la surface serait égale à la leur.

D. Les corps qui diffèrent par l'étendue de leur surface et par leur configuration, lorsqu'on les met en contact, partagent leur électricité suivant des proportions qui dépendent, d'une part, de l'influence qu'exercent les deux éléments d'où résulte leur capacité électrique, et de l'autre, de la manière dont on établit la communication. Ainsi, entre deux lames de métal, par exemple, le partage se fera différemment si on les fait se toucher par leurs extrémités, ou si on les dispose de façon que la partie moyenne de l'une soit en contact avec une des extrémités de la seconde. En se servant d'un globe auquel on opposerait, avec les mêmes modifications, un corps qui aurait une forme différente, on obtien-

drait encore des résultats analogues , et cette manière d'opérer serait sans contredit la plus avantageuse de toutes celles que l'on pourrait adopter , si on voulait se livrer à des recherches de ce genre (*). En effet

(*) On ne saurait , sans augmenter considérablement cette note déjà fort étendue , donner ici le détail des nombreuses expériences que Coulomb a faites à cet égard ; elles sont consignées dans un long mémoire inséré parmi ceux de l'académie royale des sciences , année 1788 ; et elles montrent que , quand un cylindre est mis en contact avec un globe ; après la séparation , leurs densités électriques moyennes , c'est-à-dire celles qu'on obtient en divisant la quantité de fluide que contient chaque corps par l'étendue de sa surface , diffèrent d'autant plus , que le diamètre du cylindre est moindre comparativement à celui du globe. Ce physicien , ayant isolé et électrisé une sphère de huit pouces de diamètre , la fit successivement toucher par des cylindres longs de 30 pouces , et dont les rayons exprimés en lignes étaient représentés par les nombres 12. 6 et 1. Prenant alors pour unité la densité électrique moyenne du globe après le contact , il vit que celle des différents cylindres était indiquée par les quantités 1,3. 2 et 9. Des raisonnemens fondés sur ces mêmes expériences l'ont ensuite conduit à admettre , qu'en opposant à un cylindre donné des sphères dont les diamètres seraient de plus en plus grands , au-delà d'une certaine limite , la densité du fluide enveloppant le cylindre , devait être proportionnelle au diamètre des globes.

Enfin il s'est assuré par d'autres essais , qu'en mettant en contact avec une sphère donnée divers cylindres , qui tous avaient un même diamètre , mais des longueurs différentes , leur densité électrique moyenne restait sensiblement la même , pourvu que d'une part , le globe ne fût pas fort gros relativement au cylindre , et que , de l'autre , celui-ci ne fût pas très-court. Ainsi , par exemple , un globe de 8 pouces mis en contact avec un cylindre de 5 à 6 lignes de longueur sur 2 de

l'électricité se distribuant uniformément sur un globe aussitôt qu'il cesse d'être influencé par des causes étrangères, on pourrait aisément, en comparant les densités du fluide répandu à sa surface avant et après le contact, déterminer dans quelle proportion le partage a eu lieu; et quoique jusqu'à présent le calcul ne puisse à cet égard donner des indications positives, il est cependant fort probable qu'on verrait, à quelques modifications près, se renouveler une partie des résultats qui se sont manifestés lorsque l'on a soumis deux sphères à leur influence mutuelle.

(10) Jusqu'à présent il n'a été question que de la manière dont l'électricité se partage entre deux corps que l'on met en contact; mais Coulomb a porté ses recherches plus loin, et il a déterminé ce qui arrive quand on électrise simultanément une série de globes égaux ou inégaux, placés à la suite les uns des autres de façon que tous les centres soient en ligne droite. Il a d'abord employé six globes de deux pouces de diamètre, puis douze, et enfin vingt-quatre: dans les différens cas, il a toujours remarqué que, quel que

diamètre, offrait une densité électrique moyenne qui était à celle du globe comme 2 est à 1. Mais, en répétant cette expérience avec un autre cylindre long de 6 pouces, le rapport des densités fut comme 8 est à 1. Lorsqu'au lieu d'être mis en contact, les corps sont placés à distances; il se développe des influences électriques faciles à prévoir, d'après ce qui a déjà été dit relativement à ces sortes d'actions; et dans le mémoire précédemment cité, on trouve des résultats de ce genre bien propres à donner de la consistance aux principes qui servent de base à la théorie du double fluide.

fût leur nombre , la densité moyenne variait considérablement du premier au second ; mais qu'ensuite elle diminuait très-lentement jusqu'au globe qui , occupant la partie moyenne , était le moins électrisé de tous.

La distribution de l'électricité à la surface d'un cylindre long de 30 pouces , et terminé par deux portions de sphère , lui a présenté une disposition analogue , et en mesurant la densité du fluide , d'abord à l'extrémité de l'axe , puis à un pouce , ensuite à deux pouces de ce point , et enfin au milieu , il a trouvé qu'elle était proportionnelle aux nombres 2,30 ; 1,80 ; 1,25 et 1,00. Ce mode de répartition est d'ailleurs conforme à celui que précédemment nous avons remarqué avoir lieu sur la surface d'une lame mince de métal.

Pour reconnaître comment se comporte l'électricité , quand , à un globe donné , on oppose une série plus ou moins nombreuse d'autres globes d'un moindre diamètre , le même physicien a successivement mis en contact avec une sphère de huit pouces , une file composée de deux , de quatre et de vingt-quatre globes de deux pouces. Il a vu que , dans le premier cas , les densités moyennes des deux petits globes étaient entre elles comme 1 est à 2,54 : la dernière de ces valeurs indiquant l'état électrique de la sphère qui est la plus éloignée du globe de 8 pouces. Dans le second cas , en comparant le premier et le dernier des quatre petits globes , Coulomb s'est assuré que le rapport de leur densité électrique moyenne devait être exprimé par les nombres 10 et 34 ; et afin de compléter en quelque sorte les recherches relatives à cet exemple particulier , ce savant a déterminé la tension du fluide accumulé sur les globes extrêmes , et il a reconnu qu'en

prenant pour unité celle qu'on observait à la surface du plus gros , il fallait représenter par 2,08 celle de la petite sphère : enfin , en opérant exactement de la même manière sur la série des vingt-quatre petits globes , il lui a été facile d'établir la relation qui subsistait entre les états électriques de chacun d'eux ; et les expériences qu'il a faites à cet égard lui ont montré que ,

La densité électrique du 24^e. globe
était à celle du 23^e. :: 1,49 : 1,00.

Du 24. 12. :: 1,70 : 1,00.

Du 24. 2. :: 2,10 : 1,00.

Du 24. 1. :: 3,72 : 1,00.

Du 24. du gros globe :: 2,16 : 1,00.

En comparant ces divers rapports , on voit que la tension du fluide , d'abord fort grande sur le 24^e. globe , est beaucoup moindre sur le 23^e. ; et qu'elle diminue ensuite d'autant plus lentement , que l'on approche davantage de l'extrémité occupée par le gros globe.

Les différences que l'on remarquerait à cet égard , seraient encore plus frappantes , si , au lieu d'une suite de vingt-quatre globes égaux , on employait une série de sphères dont les diamètres allassent toujours en diminuant. En effet , l'équilibre électrique n'aura lieu qu'autant que le corps placé à l'extrémité de la file , contiendra une quantité de fluide assez grande pour contre-balancer l'action que développe sur lui l'électricité répandue sur les autres parties du système : or , à mesure que ce globe aura de plus petites dimensions , les particules électriques seront plus rapprochées , et par conséquent la densité du fluide y sera plus considérable.

On doit raisonner absolument de la même manière, relativement à l'avant-dernier globe : mais , comme il agit conjointement avec le dernier pour contre-balancer l'influence qu'exerce sur son fluide l'électricité de ceux qui le précédent, il lui en faudra une moindre quantité , en telle sorte que cette condition suffirait pour rendre sa densité électrique moyenne moins grande , lors même que cette diminution ne serait point déjà une conséquence nécessaire de l'étendue plus considérable de sa surface. Si l'on examine le globe suivant , on trouvera que sa tension doit être encore plus faible , puisque sa réaction est favorisée par l'effort que développent de concert avec lui les deux globes qui le suivent ; et en procédant toujours de la même manière , on atteindra la limite du décroissement , c'est-à-dire qu'on parviendra à un globe moins électrisé que les autres , et dont le rang sera déterminé par la différence du volume des corps qui composent la série.

Aucune des explications jusqu'à présent proposées pour rendre compte des puissans effets que développent les pointes , ne saurait être comparée avec celle qui se déduit naturellement des faits qui viennent d'être rapportés. Un conducteur auquel on adapte une pointe, peut être considéré comme une grosse sphère avec laquelle on mettrait en contact un cylindre très-délié , ou une série de globes dont le dernier serait très-petit , et sur lequel par conséquent l'électricité s'accumulerait en fort grande quantité , en telle sorte que, sa tension devenant bientôt supérieure à la faculté isolante de l'air , les molécules de ce milieu serviraient à transporter le fluide , exactement ainsi que le font les balles

de sureau dans l'expérience connue sous le nom de *grêle électrique*. Dès lors on conçoit pourquoi un corps armé d'une pointe , ou présentant des angles saillans , perd promptement l'électricité déposée sur sa surface , lorsque ces saillies sont assez proéminentes pour que le fluide qui s'y accumule , puisse acquérir une forte tension.

Quand on présente une pointe à un corps conducteur électrisé , il est promptement dépouillé de son fluide surabondant , et cette opération s'exécute d'une manière absolument semblable à celle que nous venons de décrire. L'électricité du conducteur exerce sur le fluide naturel de la pointe une influence qui la constitue dans un état électrique inverse , dont l'intensité augmente à proportion qu'elle est plus aiguë , que sa communication avec le réservoir commun est plus facile , et qu'elle est moins voisine de corps sur lesquels l'électricité du conducteur pourrait développer une action semblable. Ici , comme dans le cas précédent , la propriété isolante de l'air est anéantie ; il sert de véhicule au fluide , et le transporte de l'extrémité de la pointe au conducteur , qui , étant électrisé en sens inverse , ne peut recevoir cette électricité hétérogène sans se rapprocher à chaque instant de son état naturel. Une énorme quantité de fluide peut ainsi être si lençieusement transmise au réservoir commun ; car , l'action étant successive , elle n'est accompagnée ni des explosions bruyantes , ni du vif éclat qui se manifestent , lorsque , sous forme d'étincelle , ce fluide passe d'un conducteur à un autre conducteur. Un léger bruissement , de faibles apparences lumineuses qu'on ne peut saisir que dans l'obscurité , sont dans ce cas les seuls.

indices qu'il laisse apercevoir ; mais, si l'on approche la main ou le visage à une petite distance de la pointe, on sent une impression comparable à celle que ferait éprouver un courant d'air ; et on trouve la raison de ce phénomène, dans le mouvement imprimé aux particules aériennes qui transportent l'électricité. L'influence d'un conducteur terminé en pointe s'étend à une distance d'autant plus grande, que la densité du fluide sur lequel il développe son action, est plus considérable ; et l'emploi du paratonnerre prouve que les limites de la sphère d'activité d'une pointe ne sont pas aussi resserrées qu'on serait d'abord tenté de le croire.

(11) Cette expérience, que l'on connaît sous le nom de *puits de Beccaria*, est aisée à expliquer d'après ce que nous avons dit relativement aux causes dont dépend la capacité électrique des corps. Lorsque la chaîne est en partie hors de la capsule, elle représente un conducteur dont la longueur est telle, que les particules électriques qu'il contient, se trouvent à des distances assez considérables, pour ne développer les unes sur les autres qu'une médiocre répulsion. Mais on diminue cet intervalle, et par conséquent on augmente la tension, quand, en abaissant la chaîne, on la replie sur elle même, pour qu'elle puisse être reçue dans un espace dont l'étendue est peu considérable. Dès lors on conçoit que les mouvements d'un électroscopie en communication avec la capsule, devront indiquer les changemens qu'éprouvera la densité du fluide qui y est accumulé : ce dont on pourrait d'ailleurs également juger par la distance explosive des étincelles.

On obtiendrait absolument les mêmes résultats, en servant de cylindres isolés susceptibles de rentrer

les uns dans les autres : car , lorsqu'ils sont développés , si on les met en contact avec un corps électrisé , ils prendront une quantité de fluide proportionnée à leur capacité actuelle , c'est-à-dire beaucoup plus grande que celle dont ils auraient eu besoin , si l'on avait établi la communication , quand ils étaient contenus sous une enveloppe commune.

L'appareil nommé *rouet électrique* , est le plus convenable de ceux dont on puisse faire usage pour constater les modifications qu'éprouve la capacité d'un conducteur flexible , lorsqu'on change le rapport de position des diverses parties de sa surface. Cet instrument consiste en un cylindre isolé que l'on fait mouvoir autour d'un axe horizontal , au moyen d'une manivelle formée de substance non conductrice. Un fil , ou mieux un ruban métallique , est fixé par une de ses extrémités au cylindre , et peut s'appliquer sur sa surface ou l'abandonner , suivant que la rotation a lieu dans l'un ou l'autre sens ; enfin , un électroscopie à balles de moelle de sureau est adapté à cet appareil , de manière à pouvoir indiquer la tension du fluide qu'il contient. Si donc , après lui avoir communiqué une certaine quantité d'électricité , on déroule le ruban , on voit que la tension diminue , et qu'au contraire elle augmente quand on tourne en sens opposé : or , on pouvait d'avance prévoir ces résultats : car on permet aux molécules de s'écartier , lorsqu'en déroulant le ruban on agrandit en quelque sorte sa surface ; tandis que par la superposition des diverses parties de sa longueur on place les particules électriques à une moindre distance ; d'où il résulte que la tension doit être diminuée dans le premier cas , et augmentée dans le second.

(12) Puisque la pression atmosphérique est la puissance qui retient l'électricité à la surface des corps , il faudra que ce fluide , pour passer d'un conducteur à un autre , acquière une tension d'autant plus considérable , que la densité du milieu isolant interposé sera plus grande. La compression et la raréfaction de l'air influent non-seulement sur la distance explosive de l'étincelle , mais encore sur son éclat et sur l'intensité de l'explosion qu'elle fait entendre : car la lumière et le bruit qui se manifestent , lorsque l'électricité s'élance d'un corps sur un autre corps , dépendent : l'une de la compression qu'éprouve le milieu intermédiaire , et l'autre de sa rentrée subite dans la portion de l'espace d'où il avait été instantanément chassé. Cette explication , qui attribue à la seule influence mécanique de l'air toutes les apparences qui accompagnent l'étincelle , est la plus plausible de celles qui aient encore été proposées ; et M. Biot a discuté , dans son Traité de Physique , la validité des raisons qui doivent déterminer en sa faveur.

Dans un air très-raréfié , l'électricité franchit de grands intervalles ; et ses molécules n'ayant plus que de légers obstacles à vaincre , elles peuvent aisément se répandre dans l'espace : en telle sorte qu'elles se glissent entre les interstices du milieu plutôt qu'elles ne le déplacent : aussi ne laissent-elles apercevoir qu'une lumière diffuse ; et si elles ne se meuvent point absolument en silence , elles ne font au moins entendre qu'un léger bruissement. Quand au contraire le milieu que doit traverser l'étincelle a été fortement comprimé , les particules électriques , pressées les unes contre les autres , ne peuvent céder à l'effort que développe leur répulsion mutuelle , et toutes à la fois elles se portent sur les sub-

stances conductrices placées dans le voisinage du corps électrisé ; mais , à moins que la tension ne soit énorme, elles ne peuvent franchir que de petits intervalles, car elles sont, dans ce cas, forcées de déchirer la lame d'air interposée , et sa résistance est toujours en rapport avec la compression qu'on lui a fait éprouver.

L'étincelle se meut avec une telle rapidité , que l'action mécanique qu'elle exerce en déplaçant les particules d'air, ne se transmet pas uniformément dans toute la masse de ce fluide élastique; la compression est beaucoup plus forte, et pour ainsi dire instantanée , dans les parties qui , étant placées sur la route que suit l'électricité , sont immédiatement frappées ; tandis que les autres ne sont que secondairement et d'autant plus faiblement influencées , qu'elles s'écartent davantage des premières. Aussi , en supposant que le milieu dans lequel se fait l'expérience ait un assez grand volume , les couches les plus éloignées n'éprouveraient aucun changement.

Il paraît donc fort probable que l'étincelle , lorsqu'elle se porte d'un corps sur un autre corps , comprime le cylindre d'air qu'elle rencontre sur son trajet , et en exprime de la lumière , ainsi qu'on le ferait en soumettant un gaz à l'action d'une pompe foulante. On ne peut d'ailleurs regarder comme des objections plausibles , celles qui se déduiraient des apparences lumineuses qui se manifestent lorsque l'électricité traverse un espace vide : car , en se servant des meilleures machines pneumatiques , on ne peut jamais obtenir un vide absolu , et même la partie supérieure du tube de Toricelli contient toujours du mercure réduit en vapeurs.

Après le passage de l'étincelle , le cylindre d'air déplacé est , à raison de l'élasticité du milieu dont il fait

partie , refoulé dans la place qu'il avait quittée ; et ce mouvement s'exécutant avec une rapidité d'autant plus grande que la compression avait été plus forte , il en résulte une explosion analogue à celle qui se fait entendre , chaque fois que l'on permet à l'air de rentrer subitement dans un espace vide , ce qui arrive dans l'expérience du *crève-vessie* , et même jusqu'à un certain point , dans l'explosion des armes à feu.

Ce déplacement des molécules aériennes n'est pas une supposition gratuite ; et on peut aisément en acquérir la preuve , en se servant d'un appareil connu sous le nom de *thermomètre de Kinnersly* (Oeuvres de Franklin , tom. I , pag. 206). Cet instrument consiste en un cylindre de verre exactement fermé à ses extrémités par des plaques de cuivre , à travers chacune desquelles on fait passer un fil de même matière terminé par une boule. Un second tube , d'un très-petit diamètre , communique inférieurement avec le premier , et est ensuite recourbé de manière à lui être parallèle ; mais , afin de pouvoir , à volonté , augmenter ou diminuer l'écartement des deux boules , le fil supérieur est reçu à frottement dans une pièce qui se visse sur la plaque du haut. Au moyen de cette disposition , lorsqu'on se propose de faire usage de l'appareil , on peut aisément y introduire un liquide coloré : si l'on met alors en communication avec le principal conducteur d'une machine électrique en mouvement , le fil qui soutient la boule la plus élevée , et qu'en même temps ou fasse communiquer le pied de l'instrument avec le réservoir commun ; chaque étincelle qui éclatera à l'intérieur du cylindre , fera jaillir le liquide par l'orifice libre du petit tube. Cette impulsion lui est communiquée par le dé-

placement qu'éprouve , lors du passage de l'électricité , l'air emprisonné dans le cylindre de verre. En substituant du mercure à la liqueur colorée , ce métal , à raison de sa grande densité , ne s'élèvera point assez pour sortir de l'appareil ; et l'on pourra en quelque sorte mesurer par sa hauteur , la différence des effets que produisent des étincelles d'intensité variable.

Les changemens de densité que l'on fait éprouver au milieu ambiant , en le comprimant ou le raréfiant , influent non-seulement sur les mouvemens de l'électricité , mais ils sont encore susceptibles d'en modifier le développement ; et , à cet égard , on doit à M. Desaignes des expériences d'autant plus intéressantes , qu'il était plus difficile de prévoir les résultats qu'elles ont fait connaître. Ce physicien s'est assuré (Journal de Physique , mars 1814) que la quantité d'électricité développée par le frottement d'un cylindre de cire à cacherer , variait avec la densité du milieu environnant ; et il a trouvé que la raréfaction produisait un accroissement qui atteignait son maximum lorsque l'éprouvette , indiquant avant l'expérience 771 millimètres , n'en marquait plus que 231. Passé ce terme , l'intensité électrique s'affaiblissait par degré , et finissait par disparaître entièrement quand le baromètre était à neuf millimètres. En laissant ensuite rentrer l'air peu à peu , il vit les effets électriques se développer de nouveau , à peu près dans l'ordre dans lequel ils avaient disparu. Ces résultats étaient en général susceptibles de modifications , suivant que les autres conditions propres au développement de l'électricité étaient plus ou moins favorables.. Ainsi , dans un jour peu convenable pour ces sortes d'expériences , la plus grande intensité se manifesta lors-

que le mercure ne s'était encore abaissé dans l'éprotovette que d'à peu près un tiers ; et enfin toutes les apparences devinrent sensiblement nulles , le mercure étant encore à plus de quatre décimètres au-dessus du niveau.

Les effets que produit la compression ne sont pas moins surprenans ; et M. Dessaaignes a constaté qu'en l'augmentant d'un tiers environ , on donnait à la production électrique toute l'énergie dont elle est susceptible , mais qn'elle s'affaiblissait lorsqu'on ou-tre-passait cette limite ; et qu'enfin elle disparaissait complètement , avant même que la pression ne fût doublée : l'étendue de l'échelle que l'on pouvait parcourir était encore plus limitée dans les jours peu favorables aux développemens de l'électricité. Ces expériences ont ensuite été répétées dans des substances gazeuses de na-ture différente , et les résultats obtenus n'ont offert que de légères modifications : on avait d'ailleurs ap-porté la plus scrupuleuse attention à n'employer que des gaz très-purs ; et du muriate de chaux, placé dans l'appareil, y entretenait un degré de sécheresse suffisant, pour que l'on ne pût pas attribuer à l'humidité, des effets qui paraissent évidemment dus à l'influence qu'exerce sur les corps que l'on frotte la pression mé-canique du milieu environnant.

(13). Il faut attribuer la lumière qui se manifeste dans cette expérience , soit aux aspérités qui recouvrent le fil de métal , soit à la tension du fluide que l'on dirige sur la boule avec laquelle il communique. Comme, dans le premier cas , l'effet produit ne diffère pas de ce qu'on observe à l'extrémité d'une pointe adaptée sur un conducteur électrisé , on l'explique absolument de

la même manière : dans la seconde supposition , on est nécessairement conduit à cette conséquence , que le métal n'est point un parfait conducteur : car , s'il en était ainsi , l'électricité , quelle que fût sa tension , ne quitterait pas , pour se disséminer dans l'air , une route qui pourrait sans obstacle la transmettre au réservoir commun , ou au moins elle ne deviendrait apparente qu'à l'instant où ce moyen de communication lui manquerait , et par conséquent le fil ne serait point éclairé dans toute sa longueur .

On trouve dans l'ouvrage de Cavallo , un fait qui vient à l'appui de cette assertion : on pose sur une table un fil de métal long de plusieurs pieds : on le recourbe de manière à former une anse dont les portions les plus rapprochées de chaque bout soient distantes d'environ un demi-pouce : on fait ensuite communiquer l'une des extrémités de ce fil avec le sol , et l'autre avec un conducteur isolé , sur lequel on dirige des étincelles dont on varie la force à volonté . Si elles sont légères , elles suivent la courbure du fil dont elles parcourent toute la longueur pour se rendre dans le réservoir commun ; mais , lorsqu'elles sont fortes , elles franchissent le petit intervalle qui sépare les parties les plus rapprochées du métal , ce qui n'aurait point lieu si , dans ce cas , il ne leur opposait point une résistance supérieure à celle que présente une lame d'air , ayant un demi-pouce d'épaisseur .

(14) L'étincelle électrique est susceptible d'offrir une foule de nuances variées , qui dépendent de circonstances particulières que l'on peut réduire à trois principales .

1°. Si le corps qui transmet une électricité intense est combustible , il sera plus ou moins altéré lors du pa-

sage du fluide ; et la couleur que l'on observera étant en grande partie due à la combustion , elle variera avec la nature de la substance. C'est ce qui arrive à un cuir argenté , de la surface duquel on retire de fortes étincelles : la belle lumière verte que l'on aperçoit alors, provient de la combustion d'une portion de la lame d'argent.

2°. Quand l'étincelle se meut dans un milieu où elle ne produit aucun changement , son éclat et les nuances qu'elle présente , résultent de l'influence mécanique que ce milieu exerce sur les particules électriques ; si sa densité est considérable , l'étincelle n'aura qu'un petit volume , et sera d'une blancheur éblouissante : mais elle perdra de sa vivacité , et prendra une teinte violacée , à mesure que l'on raréfiera le fluide élastique à travers lequel elle doit se propager.

3°. Comme la lumière électrique ne diffère point de celle qui émane d'une autre source , les apparences sous lesquelles elle se manifeste , doivent être modifiées par l'épaisseur et la diaphanéité du milieu placé entre l'œil et l'étincelle ; et celle-ci paraîtra beaucoup moins vive , et prendra une teinte rougeâtre , quand la couche interposée sera épaisse ou peu transparente.

(15) Lorsqu'on charge une bouteille de Leyde, le fluide qui s'échappe de sa face externe obéit à la répulsion qu'exerce sur lui l'électricité que l'on accumule dans l'intérieur de cet appareil ; et , quelle que soit la théorie qu'on adopte , il est toujours facile de prouver que cette dernière quantité doit être plus grande que la première : c'est du moins la seule conséquence que l'on puisse déduire de faits qui sont généralement connus des physiciens. Ils admettent en effet tous que

l'énergie des actions électriques est en raison inverse du carré de la distance à laquelle elles se propagent; et tous reconnaissent aussi que, d'une part, les deux faces de la bouteille de Leyde sont dans des états opposés, et que, de l'autre, le fluide repoussé de son extérieur, est de même nature que celui qu'elle reçoit intérieurement. Si donc, dans la supposition où les deux électricités seraient en quantités égales, on cherche à évaluer les forces qui agissent sur une des molécules repoussées, on trouvera que l'action attractive de la face externe doit être plus grande que l'effort répulsif développé par la face interne, ce qui doit être, puisque, en comparant les distances auxquelles se transmet leur influence respective, on voit que celle de la dernière face est obligée de franchir un intervalle qui est plus grand de toute l'épaisseur de la lame de verre. Dès lors, on conçoit que, pendant la charge, la bouteille communiquant extérieurement avec le réservoir commun, l'équilibre qui s'établira alors, devra être tel, que les électricités de l'une et de l'autre face développeront sur le fluide repoussé, des actions égales et opposées. Or, d'après ce qui vient d'être dit, cette condition ne saurait être remplie si l'électricité de la face interne n'était pas assez abondante pour compenser par sa quantité ce qu'elle perd, à raison de la distance plus considérable à laquelle elle agit.

Cette inégalité, qui se déduit naturellement de la théorie, est aussi susceptible d'être prouvée par expérience: on place sur un support isolant une bouteille électrisée, et on la décharge en se servant de l'exciteur isolé (fig. 15), dont on laisse les branches en contact, l'une avec le crochet, et l'autre avec l'armure

interne. Si l'on approche alors un électroscopie à balles de sureau de l'une des faces de la bouteille, ou de l'excitateur qui les met en contact, on obtiendra des indications électriques, faibles à la vérité, mais dont la nature confirmera ce qu'annonce la théorie. Si, avant de décharger la bouteille isolée, on touche son crochet avec le doigt, la tension passera à l'extérieur, c'est-à-dire que cette face sera à son tour plus fortement électrisée ; et, en opérant ensuite comme dans le cas précédent, on aura des résultats identiques ; seulement la divergence de l'électroscopie sera déterminée par une électricité de nature différente.

On peut opérer la charge d'une bouteille de Leyde, en recueillant dans son intérieur le fluide qui s'échappe de l'armure externe d'une autre bouteille qu'on électrise ; mais, en leur supposant même des dimensions égales, elles ne seraient pas toutes les deux électrisées au même degré : car la première ne reçoit que le fluide qui est chassé de la face externe de la seconde, et cette quantité, ainsi que nous l'avons déjà vu, est moindre que celle qui a été admise sur l'armure interne. D'ailleurs, dans cette opération, que l'on a nommée la *charge par cascades*, tout le fluide repoussé ne se porte pas à l'intérieur de la deuxième bouteille : il y en a une partie qui reste sur l'armure externe de la première, et contribue à faire paraître son électricité beaucoup plus abondante qu'elle n'est réellement. On trouve dans cette condition inévitable, puisqu'elle est une conséquence de la communication établie entre la face externe de l'une des bouteilles, et la face interne de l'autre, une nouvelle raison de l'inégalité qu'on observe entre leurs charges respectives : lorsqu'elles sont ainsi électrisées par cascades.

La théorie de Coulomb offre une explication aussi simple que satisfaisante de l'ensemble des phénomènes que présente la bouteille de Leyde. Lorsqu'on la met en communication avec une source d'électricité, il y en a une portion qui se porte dans son intérieur, et qui, à travers l'épaisseur de la lame de verre, décompose le fluide naturel de l'armure externe : l'une des électrités reste fixée sur le corps isolant, tandis que l'autre est refoulée dans le réservoir commun, et cet effet se renouvelle jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre le fluide de la source et celui que contient l'appareil. L'intervention du réservoir commun est donc ici nécessaire, non-seulement pour recevoir le fluide repoussé, mais encore pour fournir une portion de l'électricité de nom différent, qui est attirée vers l'armure extérieure ; et par conséquent cette face, quoique fortement électrisée, devra, à raison de sa communication avec le sol, paraître dans son état naturel, c'est-à-dire que le fluide qu'elle contient devra être virtuellement neutralisé par l'action attractive du fluide qui est à l'intérieur de la bouteille, condition qui ne pourrait être remplie, si ce dernier n'était point en quantité plus abondante que le premier.

Il est facile de voir que l'énorme capacité d'où dépend le pouvoir de la bouteille de Leyde, résulte des attractions et répulsions qui, libres de s'exercer à travers l'épaisseur du mauvais conducteur indispensable à sa structure, mettent les deux faces dans des états électriques opposés, d'inégale intensité, et dont un, complètement neutralisé par l'autre, ne lui laisse, en réagissant sur lui, qu'une tension bien inférieure à celle que pourrait déterminer la grande quantité de fluide ac-

cumulée sur une aussi petite surface. Enfin on conçoit qu'à égalité de tension, et avec la même étendue, une bouteille de Leyde aura une capacité d'autant plus grande, que le mauvais conducteur qui sépare les deux armures sera moins épais et permettra au fluide enchaîné sur l'une et l'autre faces, d'agir plus librement, suivant les lois de l'attraction et de la répulsion électriques.

(16) L'électrophore a beaucoup d'analogie avec la bouteille de Leyde; et, comme elle, il est essentiellement composé de deux bons conducteurs, séparés par un corps isolant; mais il en diffère par la mobilité d'une de ses armures, et par la difficulté avec laquelle la résine abandonne l'électricité dont elle est une fois pénétrée. On pourrait donc, en faisant disparaître la première de ces différences, substituer en quelque sorte ces deux instrumens l'un à l'autre, c'est-à-dire que l'on pourrait se servir d'un électrophore pour donner la commotion, et d'une bouteille de Leyde pour retirer de ses armures des étincelles successives et de nature opposée. Cependant, à raison de la grande épaisseur de son plan résineux, l'un ne ferait éprouver que des chocs peu douloureux, et l'autre perdrait bientôt son activité à cause de la facilité avec laquelle le verre laisse dissiper l'électricité dont il est recouvert.

Pour expliquer la diversité des effets que produit l'électrophore, il suffit d'avoir recours aux actions attractives et répulsives dont sont susceptibles les deux agens qui, par leur réunion, constituent le fluide électrique: ainsi, en frottant ou percutant avec une peau de chat le plan de résine, on développe à sa surface une électricité résineuse dont l'influence se transmet à travers ce corps isolant, décompose le fluide naturel

de son support ou armure inférieure , et met l'appareil dans l'état où serait une bouteille de Leyde chargée ; c'est-à-dire que l'électricité résineuse du plan est en partie virtuellement neutralisée , par la réaction qu'exerce sur elle l'électricité vitrée qui provient de la décomposition du fluide naturel de l'armure inférieure.

En plaçant le conducteur de l'électrophore sur le plan résineux , il se développe une nouvelle influence qui remet en liberté le fluide vitré du support , et repousse l'électricité résineuse du conducteur ; en telle sorte que , si l'on établit une communication entre ces deux corps , il en résultera une forte étincelle susceptible de faire éprouver une légère commotion , si elle traverse les organes d'un être animé ; après cet effet , toutes les parties de l'électrophore paraîtront dans leur état naturel : mais ce second équilibre sera lui-même détruit , aussitôt qu'on enlèvera le conducteur par son manche isolant : car on retirera en même temps le fluide vitré que l'électricité résineuse du plan y avait attiré , et qui n'a pu se répandre sur celui-ci , à raison de la faculté peu conductrice de sa substance et des difficultés qu'une surface plane oppose à la transmission électrique. La subtraction du conducteur et de son fluide laisse donc libre l'électricité du plan , qui , recouvrant alors la faculté de repousser l'électricité résineuse du support , la force à se porter de nouveau vers le réservoir commun ; en telle sorte que , si l'appareil est isolé , on retirera du conducteur une étincelle vitrée , et du support une étincelle résineuse : ou bien , si l'on met ces deux corps en contact , leurs électricités étant opposées , elles se neutraliseront réciproquement , après quoi , les choses seront dans l'état où elles étaient lors du premier équi-

libre , c'est-à-dire , lorsqu'après avoir frotté le plan de résine , on avait mis le support en communication avec le sol. Comme la résine conserve son électricité fort long-temps , on peut répéter cette opération un grand nombre de fois ; ce qui a fait donner à cet appareil le nom d'électrophore.

(17) On doit appliquer au condensateur tout ce qui a été dit relativement à la bouteille de Leyde , car ces deux instrumens servent pour accumuler l'électricité , et agissent d'après le même principe ; mais , dans l'un , le corps isolant a si peu d'épaisseur , qu'il ne pourrait résister à une forte électricité , et dans l'autre , le plan de verre interposé ne saurait transmettre à travers sa substance des influences qui auraient trop peu d'énergie ; aussi emploie-t-on le condensateur pour rendre sensible de très-petites tensions , tandis que l'on fait usage de la bouteille de Leyde pour rassembler des quantités de fluide destinées , à produire les effets électriques les plus puissans.

Le meilleur de tous les condensateurs est sans contredit celui qui permet aux attractions et aux répulsions de s'exercer avec le plus de liberté , sans que les électricités opposées puissent cependant se réunir ; et à cet égard , il paraît que l'instrument imaginé par Volta , réunit le mieux les conditions exigées. Il consiste en deux disque de cuivre sur la surface desquelles on applique une légère couche de vernis. L'un de ces disques , que nous nommerons *plateau collecteur* est , ainsi que le conducteur de l'électrophore , muni d'un manche isolant , à l'aide duquel on peut le mouvoir. Lorsqu'on veut se servir de cet instrument , il faut superposer les deux disques , et mettre celui de dessous en

communication avec le réservoir commun ; mais une précaution à laquelle on ne peut trop s'arrêter , c'est d'éviter soigneusement de frotter les plans l'un contre l'autre , ce qui , à raison de l'enduit dont ils sont recouverts , produirait de l'électricité , et rendrait incertains les résultats qu'on obtiendrait ensuite. Si l'on met alors le plateau collecteur en contact avec une source d'électricité , il y puisera tout le fluide dont il a besoin pour acquérir la même tension ; et cette quantité croîtra avec le diamètre des disques et l'exactitude de leur superposition : car le fluide accumulé sur le plan supérieur agit à travers la lame de résine , pour décomposer le fluide naturel du support ; et ici , comme dans la bouteille de Leyde et l'électrophore , les résultats de cette décomposition étant la neutralisation virtuelle d'une portion de l'électricité recueillie par le plateau collecteur , il lui faudra , pour atteindre la tension de la source , une quantité de fluide d'autant plus abondante , qu'il sera davantage influencé par la réaction que le support exerce sur lui. Lorsqu'on enlève par son manche isolant le disque supérieur , il conserve l'électricité qui avait été déposée sur sa surface ; et comme elle n'est plus maîtrisée par la réaction du disque en communication avec le sol , elle acquiert une tension bien supérieure à celle de la source d'où elle provient ; en telle sorte qu'elle est extrêmement sensible , tandis qu'auparavant elle était inappréciable.

L'emploi du condensateur qui vient d'être décrit , suppose que le fluide de la source y est en assez grande quantité pour fournir à ce qu'exige la capacité dont jouit le plateau collecteur , lorsqu'il est placé sur le second disque. Or , cette condition ne saurait être remplie quand un corps contient peu

d'électricité, et il faut alors avoir recours au *doubleur électrique*; instrument dont MM. Hachette et Desormes ont donné la description et la théorie dans le 49^e. vol. des *Annales de Chimie*. Mais, ainsi que l'a fait observer M. Singer, et comme l'ont aussi remarqué les physiciens français, cet appareil étant lui-même une source d'électricité, on ne doit l'employer qu'avec défiance et précaution.

(18) C'est particulièrement lorsqu'on se propose de produire de grands effets, que, pour ménager le temps, il convient d'avoir recours à la charge par cascades. A cet effet on partage en deux parties égales la batterie dont on veut se servir: une moitié doit être isolée et mise en communication avec le principal conducteur; tandis que l'autre moitié, destinée à recevoir le fluide repoussé de l'armure externe de la précédente, communique intérieurement avec cette face; et extérieurement avec le sol.

Cette disposition est absolument semblable à celle dont il a déjà été question en traitant de la bouteille de Leyde, et par conséquent les résultats sont rigoureusement les mêmes, c'est-à-dire que la batterie en communication avec le principal conducteur, reçoit plus de fluide qu'elle n'en abandonne à l'autre, et est réellement plus chargée, ce dont il serait d'ailleurs aisément de se convaincre en adaptant un électromètre à chacune d'elles.

Cependant, aussi long-temps que la face interne de la seconde batterie communiquera avec la face externe de la première, on ne devra point, pour estimer la charge de celle-ci, compter sur les indications que fournit son électromètre: car la tension qu'il indique provient non-seulement de la répulsion qu'exerce le fluide intérieur, mais encore de l'action que développe

l'électricité de même nature qui se répand sur son armure externe , à raison de sa communication avec l'intérieur de la seconde batterie ; aussi ce ne sera qu'après avoir fait disparaître ces causes d'erreur , qu'on pourra compter sur l'électromètre pour reconnaître l'inégalité des charges.

Lorsque les deux appareils ont été ainsi électrisés l'un par l'autre , il faut , pour les employer simultanément , détruire les contacts précédemment établis , et réunir ensuite par de bons conducteurs les faces de même nom , c'est-à-dire les deux intérieurs d'une part , et les deux extérieurs de l'autre : mais on doit pendant ces diverses manœuvres , apporter le plus grand soin , à ne pas laisser accidentellement communiquer ensemble les armures opposées , ce qui provoquerait la décharge des batteries et pourrait être dangereux , si la communication s'établissait à travers les organes de la personne qui opère .

Il n'y aurait aucun avantage à vouloir de suite donner à l'appareil toute la charge qu'il est susceptible de recevoir : car le fluide de la première batterie acquerrait alors une tension si considérable que la perte , qui aurait lieu par le contact de l'air , l'emporterait sur ce que l'on gagne en chargeant par cascade. Cet inconvénient se présenterait encore si au lieu de deux batteries on voulait en charger simultanément un plus grand nombre , qui verseraient les unes dans les autres , ainsi que le fait la première à l'égard de la seconde. C'est pourquoi il vaut infiniment mieux , d'abord n'employer que deux batteries , et ensuite , lorsque la divergence de l'électromètre de la première sera arrivée à une certaine limite , arrêter l'opération , réunir les faces de même nom , et com-

pléter enfin la charge. En suivant ce procédé, qui est le plus avantageux de tous, on gagne à peu près un tiers de temps, et l'on parvient à produire, avec des machines électriques assez faibles, des effets qu'il serait difficile d'obtenir si l'on n'avait pas recours à cet artifice (*).

(19) Les physiciens répètent depuis long-temps une expérience qui consiste à faire passer une forte décharge électrique à travers un cahier de papier, au milieu duquel on a placé une feuille d'étain. Après la décharge, chaque feuillet du cahier est percé d'un seul trou, tandis que la feuille d'étain est percée en deux endroits différens. M. Trémery, professeur de physique, a donné il y a plusieurs années, dans le bulletin de la Société philomathique, l'explication du phénomène dont il s'agit.

Il fait d'abord observer que le papier étant un mauvais conducteur de l'électricité, les boules métalliques A et B, entre lesquelles est fixé le cahier, restent pendant un instant électrisées; l'une, la boule A, *vitreusement*, et l'autre, la boule B, *résineusement*. Il examine ensuite quelles sont les actions que les fluides, en excès

(*) Lorsque le plateau d'une machine électrique a été long-temps en mouvement, la quantité d'électricité qu'elle fournissait d'abord diminue, et peut même finir par disparaître complètement. Il paraît que le frottement qu'éprouve le plan de glace, en passant entre les consins, élève sa température et affaiblit sa faculté isolante, en telle sorte qu'il serait impossible de charger une grande batterie avec une petite machine, à moins que les dispositions atmosphériques ne fussent assez favorables pour permettre d'interrompre l'opération sans s'exposer à perdre l'électricité déjà accumulée.

dans ces deux boules, exercent pendant la décharge sur le fluide propre de la feuille d'étain, et il fait voir qu'une partie de cette même feuille doit passer à l'état vitré, et l'autre à l'état résineux.

Cela posé, on peut facilement démontrer que les fluides vitré et résineux des boules A et B, seront chacun sollicités par différentes forces, dont les résultantes A a pour le premier, et B b pour le second, formeront avec la ligne AB, qui joindra les centres des boules, deux angles égaux, situés l'un à gauche et l'autre à droite de la ligne AB. Tous les trous que présenteront les feuillets de papier placés au-dessus de la feuille d'étain, auront leurs centres placés sur la droite A a ; les centres des trous des autres feuillets seront sur la droite B b , et comme ces deux lignes ne se trouveront pas sur le prolongement l'une de l'autre, il est évident que la feuille d'étain devra être, ainsi qu'il a été dit, percée en deux endroits.

Si la ligne AB, étant perpendiculaire à la feuille d'étain, passait par le centre de celle-ci, alors la décharge électrique ne pourrait faire qu'un seul trou dans cette même feuille. M. Trémery a cherché à donner à l'appareil cette disposition, et il est parvenu à percer la feuille en deux points tellement rapprochés l'un de l'autre, que les trous formaient deux circonférences mal terminées, qui s'entrecoupaient (*).

(20) La diversité des aspects sous lesquels se manifeste la lumière électrique, la direction du mouvement imprimé à certains corps, et la manière dont est percée une carte placée entre deux pointes, ont paru à quelques

(*) Note communiquée par M. le professeur Trémery.

physiciens des argumens favorables à la théorie qui n'admet qu'un seul fluide. Mais dans l'hypothèse des deux électricités, on parviendrait également à expliquer ces divers résultats, en supposant que, sous la pression de l'atmosphère, l'air oppose moins de résistance au fluide vitré qu'au fluide résineux.

M. Trémery, dans le dessein de vérifier cette supposition, a entrepris une suite d'expériences qu'il a consignées dans le Journal de physique, floréal an 10. Il résulte de ses recherches, que, si l'on fait l'expérience à l'air libre, et comme il a été dit page 185, exp. 66, une carte placée entre deux pointes écartées l'une de l'autre d'à peu près un pouce, sera constamment percée dans la partie de sa surface en contact avec la branche de l'excitateur qui répondait au côté résineux de la bouteille; mais, si l'on dispose l'appareil sous le récipient d'une machine pneumatique, et que l'on fasse le vide, à mesure que l'air perdra de sa densité, l'étincelle qui franchit l'intervalle compris entre les deux pointes, percera la carte en un lieu qui sera moins éloigné du conducteur en communication avec la face vitrée de la bouteille, et lorsque l'éprouvette n'indiquera plus qu'une pression de quatorze centimètres environ, le trou sera placé à peu près à la partie moyenne de l'espace intermédiaire.

En admettant donc ce que semble prouver cette expérience, c'est-à-dire que l'air résiste moins au fluide vitré qu'au fluide résineux, on conçoit que, si deux pointes sont électrisées, l'une vitreusement et l'autre résineusement, elles devront offrir, dans l'obscurité, des apparences lumineuses différentes, puisque la première laisse échapper son fluide avec plus de facilité que ne le fait la seconde; aussi aperçoit-on une aigrette à l'extrémité

de la pointe vitrée , tandis qu'au sommet de l'autre on ne voit qu'un point lumineux. Par la même raison , si l'on dispose une carte , ainsi qu'il a été recommandé , pag. 188 , exp. 68 , elle devra être renversée dans la direction de la pointe vitrée à la pointe résineuse ; et c'est aussi dans ce sens que devra tourner le petit moulinet décrit pag. 187. Ces résultats , que l'on avait présentés comme de fortes objections contre la théorie du double fluide , pourraient donc être cités en sa faveur , puisqu'ils dépendent des modifications que peuvent éprouver les propriétés de ces deux agens.

(21) L'inflammation de l'éther , et en général toutes les combustions analogues produites par l'étincelle électrique , ne sont pas les résultats d'une température propre à cet agent , mais elles paraissent bien plutôt dues à l'action qu'il exerce sur les milieux à travers lesquels il se propage ; et les motifs qui nous ont engagé à regarder la compression comme la source la plus probable des phénomènes lumineux électriques , se réuniront encore ici pour nous la présenter comme la cause présumée des combustions. En effet , à l'instant où l'étincelle éclate , l'air et les vapeurs qu'elle traverse sont fortement comprimés , et en même temps qu'il se dégage de la lumière , il se développe une température d'autant plus élevée , que l'action a été plus prompte et plus étendue ; dès lors , les corps inflammables qui se trouveront exposés à cette influence , devront prendre feu ; c'est ce que prouvent la combustion de l'éther , l'inflammation de la résine , et la détonation des gaz hydrogène et oxygène renfermés dans le pistolet de Volta. On peut d'ailleurs citer en faveur de cette opinion , une expérience imaginée par M. Biot. Il ren-

ferma dans la pompe d'un fusil à vent un mélange de gaz hydrogène et oxygène ; il les comprima fortement, et la détonation qui eut lieu , prouva que la température développée avait été suffisante pour opérer la combinaison des deux gaz.

Il est plus difficile d'expliquer comment se produisent les oxides métalliques : car l'étincelle ne se manifeste qu'à l'instant où le métal est volatilisé ; de manière qu'en attribuant à la force expansive de l'électricité le changement d'état que ce corps a éprouvé , il faut supposer que le calorique exprimé de l'air ambiant, suffit pour éléver la température de ce nouveau gaz au degré nécessaire pour que la combustion ait lieu. Lorsque l'on fait passer la décharge d'une batterie à travers un fil de fer trop épais pour être fondu , il devient incandescent. Il est probable que , dans ce cas , ainsi que l'a avancé M. Bertholet , la haute température que l'on remarque , provient de la compression que produit le fluide électrique , en refoulant en quelque sorte les particules métalliques les unes sur les autres.

(22) Si l'on se proposait de déterminer avec précision les changemens que ces sortes d'expériences font éprouver au milieu dans lequel on les fait , il faudrait avoir recours à des procédés plus exacts , et tenir compte de toutes les causes qui , durant l'opération , peuvent altérer le ressort de ce gaz. Ainsi , il faudrait avoir égard , non-seulement à la température , mais encore à la pression barométrique ; en un mot , il conviendrait de ne négliger aucune des précautions que l'on prend , lorsqu'au moyen du manomètre , on se propose de mesurer l'influence que certains corps exercent sur les fluides élastiques dans lesquels ils sont plongés.

(23) La haute température qui se développe lors de la combinaison des gaz , et l'expansion que prend en conséquence la vapeur aqueuse qui en résulte , rendraient cette opération dangereuse si , en suivant la méthode indiquée par l'auteur , on n'avait pas la précaution de ne prendre qu'un très-petit ballon : d'ailleurs , il ne faut pas toujours compter sur la résistance que peut opposer un verre fort épais , puisqu'une foule d'accidens peuvent altérer sa solidité , sans qu'il y en ait des indices apparens : la vraie manière de répéter cette expérience , la seule qui puisse donner des résultats précis , est d'employer un gazomètre , ainsi que l'a fait M. Le-fevre-Gineau , lorsqu'en 1788 on fit en France cette expérience pour la première fois.

(24) M. Dumotiez , l'un de nos plus habiles constructeurs d'instrumens de physique , a , dernièrement encore , fait subir à la lampe à air une heureuse modification . Le plus grand inconvénient que l'on pouvait reprocher à cet appareil , était l'embarras qu'on éprouvait chaque fois qu'il fallait le remplir : or , dans la nouvelle construction , on est dispensé de prendre cette peine , puisque de nouveau gaz remplace constamment celui qui a été brûlé , et que par conséquent il y en a toujours une égale quantité dans le réservoir .

Pour atteindre à ce but , M. Dumotiez a substitué de l'eau acidulée à l'eau pure , dont la pression faisait sortir par l'ajutage le gaz contenu dans le récipient qui lui sert de réservoir ; et à l'intérieur de celui-ci , il a placé un cylindre de zinc qui , à raison de sa position verticale , plonge , par une de ses extrémités , dans la liqueur acide aussitôt qu'elle prend la place d'une portion du gaz qu'on laisse échapper . Cette immersion du

zinc dans l'eau acidulée donne lieu à un dégagement de gaz hydrogène qui par sa force élastique oblige l'eau à refluer dans le vase d'où elle était descendue , en telle sorte que son niveau dans le réservoir est bientôt assez bas pour que , le zinc n'étant plus immergé , la production du gaz soit suspendue , jusqu'à ce qu'on ouvre le robinet pour laisser de nouveau sortir le fluide élastique comprimé : on voit alors se reproduire les effets qui viennent d'être décrits , et l'on pourra renouveler cette opération aussi long-temps que le zinc et l'acide seront susceptibles d'agir l'un sur l'autre.

(25) M. Monge a consigné dans le cinquième volume des Annales de Chimie , un mémoire sur la météorologie , dans lequel il cherche à donner une explication du bruit particulier que fait entendre le tonnerre . Nous tâcherons , en peu de mots , de donner un aperçu des idées de ce célèbre physicien , dont nous conserverons souvent les propres expressions .

Le tonnerre , dit M. Monge , est un phénomène complexe , en partie météorologique , en partie électrique , et dont toutes les circonstances n'ont pas encore été suffisamment analysées . Les principes de physique qui doivent conduire à l'explication de ce météore n'ont été découverts que dans ces derniers temps , et ce phénomène n'est pas encore assez connu pour être expliqué jusques dans ses plus petits détails .

Il est incontestable que la foudre n'est autre chose qu'une forte étincelle électrique ; et les physiciens , qui ne sont pas d'accord sur la direction qu'elle suit , ont jusqu'à présent regardé le bruit du tonnerre comme celui que devait naturellement produire une décharge aussi forte . Cependant une explosion électrique consiste

en un coup unique, tandis qu'au contraire le bruit du tonnerre est toujours roulant et composé d'une suite de coups répétés. Cette différence, que l'on a dû promptement remarquer, présente une difficulté qu'on ne lève point, en considérant le roulement du tonnerre comme produit par des échos multipliés, auxquels les surfaces variées des différens nuages doivent donner naissance; il ne serait d'ailleurs point exact de citer à l'appui de cette opinion, l'espèce de roulement qui accompagne un coup de canon tiré dans un pays de montagnes, parce que les collines, les rochers, etc., présentent au son une surface réfléchissante, que ne sauraient remplacer les nuages formés de particules extrêmement mobiles et incapables de résistance. Enfin, l'observation journalière confirme ce qu'indique ici le raisonnement: en mer, un coup de canon n'est jamais entendu qu'une seule fois, quelque nombreux que les nuages puissent être, tandis que le tonnerre s'y fait entendre, comme à terre, par une suite de coups répétés. Ainsi, il paraît donc évident, que le bruit du tonnerre n'est pas l'effet d'une explosion unique, répétée et multipliée par les échos.

Une chose qui paraît avoir échappé à l'attention des observateurs, c'est que la foudre accompagne toujours la formation subite d'un grand nuage. Ainsi, il arrive souvent que, pendant l'été, après un temps sec et chaud, on entend un premier coup de tonnerre, et le ciel, qui peu de temps auparavant était serein, présente des nuages dont le nombre augmente à mesure que l'orage s'avance, et bientôt la pluie tombe en quantité proportionnée au nombre et à la violence des coups de tonnerre.

Si la foudre accompagne toujours , ou comme cause , ou comme effet , la formation d'un grand nuage , il sera plausible de croire que le bruit du tonnerre est dû à la formation de ce nuage . En effet , lorsque la vapeur contenue dans un grand espace est subitement condensée et passe à l'état liquide , il doit se former dans l'atmosphère , une sorte de vide presque instantané , dans lequel les couches supérieures se précipiteront à raison de leur poids , et les couches latérales à cause de leur ressort . Ce mouvement rapide occasionera entre les particules de l'air un choc , d'où résultera un bruit dont on peut se former une faible idée , par celui que fait entendre la rentrée de l'air dans un étui que l'on ouvre avec rapidité , ou mieux encore , par l'explosion qui accompagne un fort coup de fouet .

Les portions de l'atmosphère qui ont rempli le vide formé par la condensation de la vapeur , laissent à leur tour un espace inoccupé , dans lequel se précipiteront de nouvelles couches , en telle sorte qu'il se produira un nouveau bruit , et ainsi de proche en proche . Mais les vides qui se succèdent sont moins étendus , à mesure que les parties de l'atmosphère où ils s'opèrent , sont plus écartées du lieu où passe la scène principale ; de manière que l'intensité des explosions s'affaiblit ; d'abord parce que les causes qui les produisent perdent de leur énergie , et ensuite parce qu'elles ont lieu à des distances qui sont de plus en plus éloignées de l'observateur . Cette explication , ainsi que le dit lui-même son auteur , laisse sans doute beaucoup à désirer : mais dans un phénomène compliqué , et où il est si difficile d'assigner le nombre et l'influence des causes multipliées qui agissent pour ainsi dire simultanément , il

n'y a pas d'inconvénient à adopter une théorie, dont les principes sont conformes aux lois de la saine physique, et qui n'attend que de nouvelles observations pour être confirmée ou détruite.

(26) Aussitôt que les appareils électriques furent assez perfectionnés pour produire des actions un peu énergiques, on désira connaître les effets que l'électricité pourrait produire sur l'économie animale : cependant ce ne fut guères qu'après la découverte de la bouteille de Leyde qu'on s'occupa sérieusement de ce genre de recherches.

Les premiers observateurs crurent remarquer que chez les personnes que l'on électrisait, il y avait accélération du pouls, élévation de la température, et augmentation de la transpiration insensible ; mais d'autres physiciens ont depuis contesté ces résultats : en telle sorte qu'aujourd'hui même ils seraient encore incertains, si les expériences que Van Marum a faites à cet égard, ne semblaient être propres à lever tous les doutes. Il a employé pour ses recherches la grande machine du musée de Teyler, et ses nombreux essais sont consignés dans la première et la troisième parties de l'ouvrage qu'il a publié, pour rendre compte des résultats obtenus au moyen de ce grand appareil.

On voit, en consultant les tableaux où sont rapportées les observations que ce physicien a faites conjointement avec des médecins, que le nombre des pulsations du pouls est sensiblement le même avant, pendant et après l'électrisation, quelle que soit d'ailleurs sa nature ; et, si l'on voulait déduire une conséquence de ses expériences relatives à la transpiration insensible, il paraîtrait que, loin d'être augmentée, elle est plutôt dimi-

nuée par l'influence de l'électricité : mais , quoique la chose ne paraisse pas improbable , il est cependant plus plausible d'attribuer la différence observée , à l'action de causes dont il n'est pas toujours aisé de se garantir dans ces sortes de recherches.

Il faut dire de l'élévation de la température , ce que nous avons dit de l'accélération du pouls . Un examen plus sévère a montré que l'électricité n'avait à cet égard aucune influence constante ; en telle sorte que les observations rapportées par MM. Jallabert , Musschenbroek , Schaeffer , Nairne , Sigaud de la Fond , et beaucoup d'autres , doivent être considérées comme des cas particuliers dus à des causes accidentelles , et non pas comme des conséquences dépendantes d'une loi générale ; il faut cependant observer que , dans tout ce qui a été avancé jusqu'à présent , il ne s'agit que de l'électricité que l'on transmet par communication à un corps isolé , et non pas des étincelles que l'on peut diriger sur lui ; et c'est peut-être à cette circonstance que l'on doit attribuer la diversité des résultats rapportés par les physiciens .

Il paraîtrait que l'on a été conduit à penser que l'application de l'électricité à l'économie animale devait accélérer la circulation du sang , par une expérience que les physiciens répètent depuis long-temps , et qui est analogue à celle que nous avons rapportée page 84. Si l'on remplit d'eau un vase de métal , dont le fond soit percé de petites ouvertures garnies de tuyaux capillaires , tant que le vase restera dans son état naturel , le liquide sortira goutte à goutte ; mais aussitôt qu'il sera électrisé , l'écoulement deviendra continu , et le jet se divisera en une multitude de gouttelettes , de manière que la dépense paraîtra considérablement augmentée .

On a pensé que cet effet était en quelque sorte la représentation de ce qui se passait dans le corps d'un homme qu'on électrisait ; et afin d'acquérir quelque certitude à cet égard , on a imaginé de placer sur un isoloir , et d'électriser ensuite une personne à laquelle on avait d'abord pratiqué l'opération de la saignée. Cet essai fut tenté pour la première fois à Strasbourg , par M. Boeclere , et répété ensuite par M. Jallabert , d'abord sur des animaux , et énfin sur des hommes. Voici les résultats qui furent obtenus : pendant tout le temps que durait l'électrisation , le jet du sang était vif , dilaté , et s'étendait assez loin ; il perdait insensiblement de sa vitesse et de son amplitude , lorsqu'on touchait au fil de métal qui transmettait l'électricité au patient. En approchant le doigt de l'arcade formée par le sang , on en changeait la direction ; et si l'on en retirait une étincelle , la personne électrisée ressentait un coup douloureux à l'endroit de la piqûre , et elle éprouvait des picotemens dans tout le corps. Tous ceux qui se soumirent à cette expérience , eurent un engourdissement au bras dont on avait ouvert la veine , et l'un d'eux se plaignit d'un tremblement de la main.

D'autres physiciens , toujours dans l'intention de reconnaître quelle influence l'électricité pouvait exercer sur la circulation , ont examiné au microscope la vitesse du sang dans les vaisseaux du mésentère d'une grenouille , pendant qu'on électrisait cet animal ; et ils se sont assurés qu'il y avait accélération.

Peut-on conclure des expériences qui viennent d'être rapportées , que le sang circule avec plus de rapidité chez une personne électrisée , que chez celle qui n'est pas soumise à cette opération ? La divergence du jet , dans le fait

rapporté par Jallabert , ne prouve point que la quantité de sang sorti par l'ouverture de la veine ait été plus considérable qu'elle ne devait être naturellement : car il aurait fallu , pour acquérir quelque certitude à cet égard , pouvoir comparer des résultats qui n'auraient différé qu'à raison de l'électrisation : or , il est impossible de réunir des circonstances qui soient assez semblables pour permettre une telle comparaison , puisque , dans une même saignée , la vitesse du sang varie souvent d'une manière très-marquée. On fut donc obligé de s'en rapporter aux simples apparences , c'est-à-dire que , la divergence du jet paraissant en quelque sorte le multiplier , on crut qu'il était réellement plus abondant ; d'ailleurs , l'illusion que produit cette espèce de dispersion , est beaucoup plus grande qu'on ne serait tenté de le croire. Mais , en se servant de la balance pour déterminer le rapport des quantités d'eau que fournit le petit vase garni de tubes capillaires , 1^o. lorsqu'il est dans son état naturel , 2^o. lorsqu'il est électrisé , on ne trouve pas de différence appréciable ; tandis que , en ne consultant que la rapidité apparente du jet , on serait persuadé que , dans le second cas , la dépense des ajutages aurait été bien plus grande ; et il est probable que la plupart des physiciens qui ont rapporté cette expérience , en auront jugé ainsi. Cependant , comme plusieurs ont fixé le rapport des quantités de liquide écoulé dans l'une et l'autre circonstance , il serait possible que quelque cause , jusqu'à présent inappréciée , influençât quelquefois ces résultats.

Les observations faites sur le mésentère de la grenouille , ne doivent point inspirer plus de confiance : car tous ceux qui ont examiné au microscope la circulation

du sang de cet animal, savent que souvent elle se ralentit, et reprend ensuite une nouvelle activité, sans que l'on puisse assigner de cause plausible à ces variations; et lors même qu'il n'en serait point ainsi, l'influence que l'électricité exerce sur le corps d'un animal mutilé, ne serait point une indication des effets qu'elle peut produire sur celui dont la vie n'a encore éprouvé aucune atteinte.

(27) En réfléchissant aux impressions nombreuses et variées que l'électricité peut faire éprouver à nos corps, on sent qu'il était impossible que les médecins ne la considérassent point comme un moyen propre à développer, dans certaines circonstances, des influences avantageuses. L'expérience a prouvé que leur soupçon à cet égard, était fondé, et l'électricité a plusieurs fois été employée avec succès; mais il eût été à désirer que ceux qui se livraient à ce genre de recherches, ne se fussent jamais écartés de la bonne route, c'est-à-dire qu'ils ne se fussent point laissé entraîner au-delà de ce qu'indiquait l'observation. En se conduisant ainsi, ils auraient évité le ridicule que provoque toujours l'exagération; et, si quelques hommes, entraînés par leur imagination ou par des motifs plus blâmables, n'avaient point prôné l'électricité comme un remède universel, on n'eût sans doute point négligé d'en faire usage dans des occasions où elle pouvait être de quelque utilité. Cependant, malgré ces obstacles contre lesquels il a fallu sans cesse lutter, de bons esprits sont parvenus à faire connaître les circonstances dans lesquelles il fallait avoir recours à cet agent, et comment il convenait de l'employer.

Parmi les écrits que l'on pourrait citer avec éloge, il faut surtout distinguer l'ouvrage de M. Mauduyt et

celui de M. Van Troostwyk : dans l'un et dans l'autre, on trouve, relativement aux diverses méthodes d'application de l'électricité, tous les renseignemens nécessaires pour éviter les accidens que pourrait provoquer un emploi mal dirigé de ce moyen ; mais c'est particulièrement dans le premier de ces livres qu'on rencontre un modèle de la marche que l'on doit tenir, en recueillant des observations destinées à faire connaître ce qu'on peut attendre d'un remède nouveau. M. Mauduyt, en rendant compte des diverses affections pour lesquelles il a employé l'électricité, cite indistinctement les succès qu'il a obtenus et les circonstances dans lesquelles il a échoué. Mais, ainsi que l'a dit le savant auteur de l'article Électricité du Dictionnaire des sciences médicales, il trouvera peu d'imitateurs, « tant que l'esprit des médecins sera porté à verser le blâme sur ceux qui ne réussissent pas dans des tentatives qui sortent des routes ordinaires, sans considérer que le désir d'être utile est toujours louable ; que les efforts raisonnables, pour étendre les ressources de l'art, méritent d'être soutenus et encouragés, surtout par ceux qui se livrent à cet art ; qu'il vaut mieux pour tous se regarder comme émules que comme rivaux, et encore moins comme ennemis ; et qu'il convient bien plus de se seconder mutuellement dans une même carrière que de s'en disputer les avantages et le prix. Tant que cette intolérance régnera parmi les médecins, on cachera toujours ses malheurs ; on n'offrira au public que ses succès, heureux encore quand ils ne seront pas supposés ; et l'art profitera bien peu des expériences qui auront été entreprises pour son avancement. »

L'exposé des divers modes d'électrisation, la discus-

sion des avantages et des inconvénients propres à chacun d'eux, le détail des précautions qu'il faut prendre lorsqu'on opère sur des organes délicats, enfin l'énumération des affections dans lesquelles il est convenable d'user de l'électricité ou prudent de s'en abstenir, exigeraient des développemens beaucoup trop étendus, pour qu'on puisse les consigner dans un livre qui n'est point particulièrement consacré à traiter de l'électricité médicale : aussi vaut-il mieux renvoyer ceux que cet objet pourrait intéresser, aux ouvrages qui ont pour but spécial l'examen de ces diverses questions.

L'article Électricité du Dictionnaire des sciences médicales est, à cet égard, la source où l'on peut puiser les documens les plus utiles : trop concis pour que l'on puisse en faire un extrait, cet article, indépendamment de ce qui est propre à son auteur, contient l'analyse de ce qu'on a dit et fait de mieux sur l'électricité, et les réflexions qui le terminent sont d'une telle importance, que nous ne saurions mieux finir cette note qu'en les transcrivant.

« 1^o. Presque toujours les effets de l'électricité, lorsqu' son administration n'est pas soutenue d'une manière régulière et continue, ne sont que d'une utilité éphémère; les succès se maintiennent rarement, et les traitemens électriques, le plus ordinairement, dans les maladies qui ne sont pas superficielles, ne peuvent être regardés que comme auxiliaires des traitemens internes.

« 2^o. Si l'on se servait de l'électricité d'une manière assez suivie, pour que la continuité de son usage pût éllever les forces de l'organisation à une certaine mesure d'activité peu ordinaire, il faudrait interrompre son administration par des intervalles, pendant lesquels

» les organes pussent revenir à leur mesure naturelle de
 » mouvement; mesure dans laquelle seulement les excré-
 » tions s'opèrent d'une manière régulière , et les crises
 » s'effectuent dans des proportions salutaires. »

La première de ces propositions est justifiée par ce que l'auteur a observé sur un des malades traités chez M. Mauduyt: et la seconde , ainsi qu'il le dit , est commune à l'électricité et à tous les traitemens excitans.

(28) On connaît cinq espèces de poissons doués de la faculté électrique ; ils appartiennent à des genres fort différens , et sont tous munis d'un organe dans lequel paraît résider le pouvoir qu'ils ont de faire éprouver la commotion. Ces poissons , auxquels on a donné les noms suivans , *Trichiurus indicus* , *Tetrodon electricus* , *Raja torpedo* , *Silurus electricus* , *Gymnotus electricus* , habitent tous les pays chauds , à l'exception de la torpille ; qui , d'après MM. Cuvier et Lacepède , se trouve à peu près dans toutes les mers.

M. Geoffroy Saint-Hilaire a donné , dans le premier volume des Annales du Muséum , l'anatomie comparée de l'organe électrique de trois de ces animaux : dans la torpille , l'appareil consiste en un grand nombre de tubes aponévrotiques rangés parallèlement autour des branchies : ces tubes , dont la forme est hexagonale , et quelquefois pentagonale , sont intérieurement partagés par des cloisons aponévrotiques , qui forment des cellules remplies d'une substance composée de gélatine et d'albumine.

Dans le gymnote , cet organe est divisé en quatre masses distinctes , deux grandes et deux petites ; elles occupent à peu près les quatre cinquièmes du corps de l'animal , et sont formées par la réunion de plusieurs aponévroses qui s'étendent dans le sens de la longueur

du poisson, comme autant de couches parallèles et horizontales, écartées les unes des autres d'un millimètre environ. Elles sont coupées presqu'à angle droit par d'autres lames verticales de même nature : de là résulte un réseau large et profond, composé d'un grand nombre de cellules rhomboïdales, dont l'intérieur est rempli d'une substance onctueuse et comme gélatineuse.

Le silure est en quelque sorte enveloppé par son appareil électrique, qui s'étend autour de son corps, et est placé au-dessous de la peau ; il est formé de fibres aponévrotiques tendineuses très-serrées, qui s'entrelacent et forment un réseau dont il est impossible d'apercevoir les mailles à l'œil nu : les cellules de ce tissu sont également remplies d'albumine et de gélatine.

La forme, la situation et la structure de ces organes varient dans les différens poissons électriques : cependant l'œil de l'anatomiste sait y découvrir des rapports propres à faire soupçonner quelle est la cause du pouvoir qu'ils sont susceptibles de développer. En effet, on rencontre dans tous, des cellules plus ou moins étendues, formées par des feuillets aponévrotiques et contenant un liquide comme gélatineux. N'y aurait-il donc pas quelque probabilité, que cette disposition pourrait donner naissance à une sorte de *pile animale*, dont les effets auraient beaucoup d'analogie avec ceux que produit la pile voltaïque, et cette supposition n'acquiert-elle point un peu de consistance, lorsqu'on voit que l'énergie des commotions croît avec l'étendue de l'appareil et l'activité de l'animal ?

M. Humbolt, lors de son grand voyage dans l'Amérique méridionale, a eu l'occasion d'observer le gymnote dans son lieu natal, et de faire sur lui de nombreuses

expériences , dont il a donné le détail dans un mémoire lu à l'Institut , et consigné depuis dans la relation de son voyage (*) : d'autres physiciens , auparavant lui , avaient eu cet avantage , et déjà même on avait réussi deux fois à transporter ce poisson vivant en Europe ; mais la découverte récente du galvanisme donnait à M. Humbolt sur ses prédecesseurs une supériorité dont il s'est hâté de profiter.

Au commencement de 1800 , ce célèbre voyageur , en traversant les plaines immenses de Caracas , s'arrêta à *Calaboso* , et , profitant de la grande quantité de gymnotes qu'on trouve aux environs de cette ville , il tenta les expériences qu'il avait projeté de faire lors de son départ d'Europe. La manière dont les Indiens procèdent à la pêche de ce poisson , indique assez la crainte que leur inspirent les commotions énergiques qu'il peut faire éprouver : ils forcent des mullets à entrer dans les mares peu profondes qu'habitent les gymnotes qui , à leur tour , afin de se débarrasser de ces hôtes incommodes , les repoussent par des décharges électriques si puissantes , que souvent ceux-ci sont abattus et se noient : car , pour les empêcher de se soustraire à la poursuite de leurs ennemis , les Indiens se tiennent sur le rivage , et avec de longs bâtons les empêchent de sortir de l'eau.

Cependant après cette première attaque , toujours funeste à quelques mullets , la chance tourne , et les gymnotes , fatigués du combat , et ne pouvant plus donner que de faibles commotions , sont obligés , afin d'éviter d'être écrasés , de sortir de la mare ; ils tombent alors au pouvoir des Indiens , qui leur lancent une sorte de

(*) Zoologie , tome I , pag. 49 et suiv.

harpon attaché à une longue corde sèche , au moyen de laquelle ils s'emparent de l'animal , qui , sans cette précaution , et malgré l'état de faiblesse où il se trouve , pourrait encore leur faire éprouver des secousses très-douloureuses.

Le gymnote étant le plus grand des poissons électriques , puisqu'il acquiert quelquefois jusqu'à six pieds de long , on conçoit que , lorsqu'il est plein de vigueur , il serait dangereux de recevoir les chocs qu'il peut communiquer ; aussi arrive-t-il très-souvent que les hommes qui nagent dans les eaux qu'il habite , se noient à raison de l'engourdissement qu'il leur fait éprouver .

M. Humbolt s'est assuré que ce poisson non-seulement donne la commotion à sa volonté , mais encore qu'il la dirige comme bon lui semble ; il paraît même qu'il est à sa disposition d'employer la totalité , ou simplement une portion de son appareil électrique , et , au moment où il donne le choc , il n'exécute aucun mouvement , tandis que , dans ce cas , la torpille remue convulsivement ses pennes pectorales : pour être frappé il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'établir une communication entre deux points opposés de l'animal , ainsi qu'on est obligé de le faire avec la bouteille de Leyde ou avec la pile de Volta . On provoque ces secousses en chatouillant le ventre du gymnote dans la partie qui répond à l'organe électrique , lequel est , dans l'animal vivant , recouvert d'une peau qui est assez transparente pour que l'on puisse distinguer les feuillets aponévrotiques dont il est composé .

Une action long-temps continuée épuise la faculté électrique de ce poisson , et il lui faut , pour recouvrer sa première énergie , une nourriture abondante et un long

repos. Lorsqu'il est dans cet état d'épuisement, M. Humbolt trouve que la sensation qu'il fait éprouver, diffère de celle que provoquent les commotions électrique et galvanique, mais qu'elle a beaucoup d'analogie avec ce qu'on ressent, lorsqu'on applique des pièces de zinc ou d'argent sur des plaies faites au dos ou à la main.

Un fait qui est singulièrement remarquable, c'est que l'électricité du gymnote, quelque énergique qu'elle puisse être, n'affecte point l'électromètre le plus sensible, ce que M. Gay-Lussac a depuis vérifié sur la torpille, dans les expériences qu'il a faites à Naples conjointement avec M. Humbolt (*). Enfin, un autre résultat qui peut paraître tout aussi surprenant, c'est que ce poisson n'exerce aucune action sur les individus de son espèce, tandis qu'il tue promptement les autres animaux qui sont forcés d'habiter avec lui dans un espace peu étendu.

A l'époque où M. Humbolt fit ses expériences, il lui était impossible de connaître les actions chimiques que produit la pile de Volta : aussi n'a-t-il fait aucune tentative pour constater quelle serait, à cet égard, l'influence du gymnote ; mais on peut *a priori* prononcer qu'elle eût été nulle ; car, pour ces sortes d'effets, il faut une continuité d'action que n'offrent point les poissons électriques. Ils agissent pour ainsi dire par saccades, et chaque secousse est séparée de la suivante par un intervalle de temps plus ou moins considérable. Or, cette condition n'est point du tout celle qui convient au développement des influences chimiques de la pile ; le seul

(*) Annales de Chimie, tome LVI, pag. 15 et suiv.

des appareils avec lequel on puisse comparer l'organe électrique des animaux dont nous nous occupons.

Ces particularités engageraient presque à croire que l'électricité n'est point la cause des effets que produisent les poissons nommés électriques : cependant la sensation qu'ils font éprouver, la manière dont se comportent à leur égard les corps non conducteurs de l'électricité, quelque analogie entre la structure de l'organe qui leur est propre et l'arrangement des divers élémens dont se compose la pile de Volta, enfin l'étincelle que quelques physiciens disent avoir aperçue, en forçant la commotion donnée par un dé ces animaux à suivre une lame d'étain légèrement interrompue ; toutes ces considérations sont autant d'argumens en faveur de l'opinion généralement reçue, et aussi long-temps que, parmi les autres agens physiques, on ne trouvera point une substance capable de se conduire de la même manière, il faudra conserver à l'électricité le rôle qu'on lui a fait jouer dans ces sortes de phénomènes.

(29) La sangsue a un cordon nerveux comme celui des insectes. Il a été décrit par la plupart des anatomistes modernes ; et il est maintenant reconnu que tous les vers externes, comme le lombric, l'aphrodite, l'arénicole, etc., sont dans le même cas.

(30) M. Biot, dans un rapport fait à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, le 1^{er} frimaire an 10, a exposé la théorie de la pile de Volta, avec une telle clarté, que, depuis cette époque, ce rapport est en quelque sorte devenu le guide de ceux qui ont eu à expliquer la structure et les propriétés de cet appareil aussi ingénieux que puissant. Nous allons, en peu de mots, donner une idée de la manière dont ce physi-

cien conçoit que l'électricité se développe , et est ensuite distribuée entre les différens élémens de la pile; mais il sera nécessaire de rappeler auparavant quelques principes fondamentaux déjà en partie exposés.

1°. Deux métaux hétérogènes qui se touchent sont constitués, par le seul fait du contact, dans deux états électriques qui diffèrent d'une quantité égale à une constante.

2°. Une lame de métal , zinc par exemple, qui est placée entre deux autres lames d'un métal différent, tel que le cuivre , reste dans son état naturel.

3°. En plaçant un papier ou un morceau de drap mouillé entre la lame de zinc et l'une des lames de cuivre , on détruit l'obstacle qui s'opposait à la production de l'électricité , et le liquide interposé , à raison de sa propriété conductrice , fait participer la seconde lame de cuivre à l'état électrique du zinc dont elle n'est séparée que par un intermédiaire humide.

Ces principes sont les conséquences immédiates des expériences faites par Volta , et nous avons rapporté , page 346 , les faits qui prouvent que le contact des métaux hétérogènes est une cause productrice d'électricité.

Maintenant , pour constater qu'une lame métallique reste dans son état naturel, lorsqu'on la met entre deux autres lames d'un métal différent , il suffit de souder ensemble un morceau de zinc et un morceau de cuivre : si l'on tient entre les doigts le premier de ces métaux , et qu'avec le second on touche le plateau collecteur d'un condensateur , on obtiendra des signes d'électricité résineuse. Mais si on fait cette expérience en sens inverse, c'est-à-dire, que si l'on porte le zinc sur le plateau collecteur , tandis que le cuivre sera tenu à la main , on ne remar-

quera aucun signe électrique, quelque prolongé que le contact ait d'ailleurs pu être. On conçoit que le condensateur étant de cuivre, il réagit sur le zinc, et détruit l'influence qu'exerçait sur ce métal le morceau de cuivre avec lequel il est soudé.

Si, à l'instant où l'on veut opérer le contact, on place entre le zinc et le condensateur un morceau de papier mouillé, on prévient la réaction qui avait lieu dans le cas précédent, et le plateau collecteur se charge d'électricité vitrée ; résultat qui confirme la troisième des propositions que nous avions avancées.

Il sera à présent aisé de donner une explication satisfaisante de la pile de Volta, si toutefois l'on suppose que les corps mouillés qui servent à établir la communication entre les différens étages de la pile, ne développent point d'électricité à l'instant de leur contact avec l'un ou l'autre métal. En se servant de disques de cuivre et de zinc, auxquels on superposera des rondelles de papier humide, on aura le premier disque de cuivre qui, à cause de sa communication avec le sol, restera dans son état naturel : la pièce de zinc qui lui sera superposée, se trouvera, eu égard à son contact avec le cuivre, électrisée véritablement par une quantité de fluide que l'on pourra représenter par l'unité ; et l'addition d'une rondelle de papier mouillé ne changera rien à l'équilibre établi. En plaçant un second disque de cuivre au-dessus de l'intermédiaire humide, il s'électrisera au même degré et de la même manière que le premier zinc dont il prendra tout le fluide ; mais l'état de celui-ci ne pouvant être le même que celui du cuivre placé au-dessous de lui, il le forcera de lui céder une quantité d'électricité égale à celle qu'il a été lui-même obligé d'abandonner : enfin le dernier dis-

que de cuivre réparera, aux dépens du réservoir commun, la perte qu'il vient de faire, et l'état des différentes plaques sera alors, en commençant par le cuivre en contact avec le sol, 0, 1, 1.

Si l'on place une deuxième pièce de zinc au-dessus du second cuivre, il se fera un mouvement électrique dans toute la pile : car il doit y avoir entre le nouveau disque et le cuivre auquel il est superposé, une différence égale à l'unité; or, l'état électrique de ce dernier étant 1, il faudra que la quantité de fluide de second zinc soit 2; et comme il ne peut acquérir cette surabondance qu'aux dépens de la deuxième pièce de cuivre, celle-ci, pour réparer sa perte, dépoillera le premier zinc du fluide qu'il contient, et l'électricité que ce disque aura fournie, lui sera rendue par la plaque de cuivre qui, étant en communication avec lesol, y puisera ce qu'elle vient de céder, en telle sorte que les nombres 0, 1, 1, 2, représenteront l'état actuel de la pile.

En ajoutant deux autres pièces (cuivre et zinc), il s'établira un nouvel équilibre, et on trouvera, par un raisonnement analogue à celui que nous venons de faire, que les disques successifs contiennent des quantités d'électricité exprimées par les termes correspondans de la série 0, 1, 1, 2, 2, 3. etc. En général, si l'on construit une pile composée d'un nombre pair d'élémens, et qu'elle communique avec le sol par sa base, le premier disque sera dans son état naturel; et l'intensité électrique des autres disques croîtra, en suivant une progression arithmétique, jusqu'au dernier, lequel contiendra une quantité de fluide proportionnelle à la moitié du nombre des plaques superposées.

Si l'en touche avec une main la base d'une pile ainsi

préparée , et que l'on porte l'autre main à son sommet , à l'instant du contact , on sentira une commotion dont l'énergie augmentera avec la hauteur de la pile ; et si le liquide employé pour faire communiquer entre eux les différens étages , est un bon conducteur de l'électricité , l'appareil se rechargea assez promptement pour qu'il s'établisse , à travers les organes de la personne qui fait cette expérience , un courant non interrompu . Le plateau collecteur d'un condensateur appliqué à la partie supérieure de cette pile se chargera au même degré qu'elle , et il fournira des étincelles , aussitôt qu'il sera soustrait à l'influence qu'exerce sur lui le second plateau en communication avec le sol .

La nature de l'électricité qu'on recueillera au sommet de la pile , dépendra de la manière dont celle-ci a été montée ; si on a suivi la marche que nous avons indiquée , l'électricité sera vitrée ; mais elle serait résineuse , si on avait d'abord placé une pièce de zinc , puis un disque de cuivre , et que l'on eût ensuite continué de la même manière : car il est bien important de ne pas intervertir l'ordre que l'on a une fois adopté en commençant à construire un appareil voltaïque , puisque tous les étages que l'on placerait en sens inverse , détruirraient l'effet produit par un égal nombre de ceux qui ont été précédemment disposés .

Lorsque la pile , au lieu de communiquer avec le sol par sa base , est isolée , il faut alors ajouter une nouvelle condition à celles que nous avons précédemment indiquées : car , ne pouvant plus puiser dans le réservoir commun , elle est obligée de se charger aux dépens de son propre fluide ; aussi présente-t-elle , ainsi que nous le verrons bientôt , les deux espèces d'élec-

tricité ; et, comme elles sont en quantité égale, il est vrai de dire que dans la pile isolée, la somme de l'électricité est nulle. Les autres conditions d'équilibre restent les mêmes, c'est-à-dire que les métaux hétérogènes en contact possèdent des quantités d'électricité dont la différence est égale à une constante, et que les disques séparés par un intermédiaire humide, sont électrisés au même degré et de la même manière.

Si l'on place sur un isoloir un disque de cuivre, et que l'on mette en dessus un disque de zinc, celui-ci enlevera au premier une portion de son fluide vitré, en telle sorte qu'il le laissera résineusement électrisé ; et si, comme nous l'avons déjà fait, nous représentons par l'unité la différence des deux états, le cuivre aura $\frac{1}{2}$ de fluide résineux, et le zinc $\frac{1}{2}$ de fluide vitré ; ou, plus simplement, l'un possédera $-\frac{1}{2}$, et l'autre $+\frac{1}{2}$. En ajoutant un drap humide, on ne changera rien à l'équilibre établi ; seulement on pourra placer un second disque de cuivre qui partagera avec le zinc, sans pouvoir réagir sur lui, ainsi qu'il arriverait sans l'interposition du corps mouillé. L'addition de ce nouvel élément déterminera une autre distribution de l'électricité, et le cuivre inférieur contiendra $-\frac{2}{3}$: le premier zinc, $+\frac{1}{3}$, et le second cuivre $+\frac{1}{3}$, ce qui satisfait à toutes les conditions, puisque l'état électrique des métaux hétérogènes en contact diffère de l'unité, tandis que les disques, séparés par l'intermédiaire humide, sont électrisés de la même manière et au même degré ; et qu'enfin la somme des électricités positive et négative est nulle.

Lorsqu'on ajoutera une seconde pièce de zinc, l'état électrique de toute la pile changera, et, toujours d'après

les mêmes principes, le cuivre de la base aura—1, le premier zinc 0, le second cuivre 0, et la pièce de zinc qui est au-dessus + 1. Quel que grand que soit le nombre des étages superposés, la répartition se fera constamment d'après les mêmes lois, et par conséquent il sera possible, au moyen d'un calcul fort simple, de déterminer l'état électrique de l'un quelconque des disques de la pile.

Cet appareil, quand il est isolé, a donc une de ses moitiés électrisée vitreusement, et l'autre résineusement; et, comme les plus grandes intensités répondent aux extrémités ou pôles de la pile, il doit nécessairement y avoir à sa partie moyenne un point dont l'électricité sera nulle, car il serait impossible que l'un et l'autre fluide se rencontrassent à la fois sur un même corps, et qu'une portion de sa surface ne fût pas dans son état naturel.

Si une personne montée sur un isoloir touche avec ses deux mains les pôles opposés d'une pile pareillement isolée, elle recevra une commotion; et si l'appareil est assez énergique, malgré son isolement, il s'établira un courant tout-à-fait semblable à celui dont nous avons parlé relativement à la pile qui communique avec le sol. Le fluide de la personne et celui de l'appareil seront donc mis en mouvement, et circuleront à raison d'un pouvoir dont la source réside dans la superposition des métaux hétérogènes, et c'est à cette activité sans cesse renaissante que l'on doit attribuer la plupart des effets puissans que produit la pile de Volta.

(31) L'auteur est parvenu, pendant l'impression de son ouvrage, à surmonter les obstacles qui jusqu'alors l'avaient empêché de reconnaître le développement d'électricité auquel donne lieu le contact des alcalis avec

les métaux. Dans l'un des articles du supplément placé à la fin de son livre, il rend compte des expériences qu'il a faites à ce sujet, et cette note a été reportée dans le texte (page 349), à la place qu'elle devait naturellement occuper.

(32) Lors des premiers essais que l'on fit pour déterminer les propriétés physiques du potassium et du sodium, on ne put opérer que sur de fort petites quantités, parce que la pile ne décompose réellement que très-peu de potasse à la fois. MM. Gay-Lussac et Thénard ayant depuis imaginé et décrit dans la deuxième partie de leur ouvrage, intitulé *Recherches physico-chimiques*, etc., un procédé au moyen duquel on peut se procurer abondamment ces deux métaux, il leur a été facile, en agissant sur de grandes masses, d'obtenir des résultats plus exacts que ceux indiqués par les physiciens qui les avaient précédés. Ainsi ils ont trouvé que 100 parties de potasse en poids contiennent 83,371 de potassium, et 16,629 d'oxygène. Ils ont reconnu qu'à la température de 15° du thermomètre centigrade, la densité de ce métal est 0,865, celle de l'eau étant 1, et ils ont constaté qu'il se liquéfie à 58 degrés.

D'après les mêmes physiciens, 100 parties de soude sont composées de 74,63 de sodium, et 25,37 d'oxygène. La densité de ce métal est à celle de l'eau comme 0,97223 est à l'unité, et c'est à la température de 90° qu'il devient fluide.

Pour déterminer les proportions des parties constitutantes de la potasse et de la soude, MM. Gay-Lussac et Thénard ont, ainsi que l'avaient fait les physiciens anglais, recueilli la quantité de gaz hydrogène qui se dégage, lorsque l'on décompose l'eau au moyen de l'une

ou l'autre base métallique des alcalis ; ainsi , ayant trouvé que 2,213 grammes de potassium mis dans l'eau avaient fourni 666 centimètres cubes de gaz hydrogène à 15° de température , et sous la pression 0,7455 mètre , ils en ont conclu que la quantité de gaz oxygène absorbé aurait occupé , étant placée dans les mêmes circonstances , un espace de 333 centimètres cubes ; et en supposant que ce gaz fût refroidi jusqu'à zéro , et soumis à une pression de 0,76 mètre ; son volume aurait été réduit à 309,25 centimètres cubes. En multipliant ce nombre par la densité du gaz oxygène comparée à celle de l'eau distillée , on aura 0,4414 gramme pour le poids du gaz absorbé par 2,213 grammes de potassium , lesquels auront par conséquent produit 2,6544 grammes de potasse. Maintenant il est fort aisé , au moyen d'une simple proportion , de calculer la quantité d'oxygène contenue dans cent parties de potasse : car , si 2,6544 grammes de cet alcali contiennent 0,4414 gramme d'oxygène , on trouvera que 100 parties de la première substance doivent renfermer 16,629 de la seconde , ce qui est en effet la quantité indiquée par les chimistes français.

(33) La découverte de la substance que l'on a cru pouvoir désigner sous le nom d'*ammonium* , appartient au docteur Séebek ; il la fit dans les premiers mois de 1808 , et ses expériences sont rapportées par extrait dans le 66^e. volume des Annales de Chimie. M. Tromsdorf les répéta ensuite , et , ainsi qu'en avait usé leur auteur , il se borna à exposer les faits et ne chercha point à les expliquer.

MM. Berzélius et Pontin furent les premiers qui donnèrent une théorie de l'amalgame ammoniacal ; et ils

crurent reconnaître que cette substance était formée de mercure combiné avec un métal provenant de la décomposition de l'ammoniaque. Cette opinion fut adoptée par M. Davy, qui s'occupa de cette question aussitôt qu'il en eut connaissance; et le motif qui le détermina à penser comme les chimistes suédois, fut la grande analogie qu'il remarqua entre les actions que produit l'amalgame ammoniacal, et celles que développent les métaux de la potasse et de la soude lorsqu'ils sont combinés avec le mercure. Cependant ce physicien fit de vains efforts pour se procurer ce nouveau métal isolé; et en distillant l'amalgame dans des vases à l'abri du contact de l'air, il n'obtint jamais que du mercure, de l'hydrogène et de l'ammoniaque. M. Davy attribue la disparition de l'ammonium à l'influence qu'il exerce sur une quantité d'eau imperceptible dont, suivant lui, on ne saurait complètement se débarrasser.

MM. Gay-Lussac et Thénard ont aussi examiné cette substance, et leur travail, qui est imprimé dans le premier volume de leurs Recherches physico-chimiques, fait connaître avec détail les motifs qui les ont portés à ne point considérer l'ammoniaque comme un oxyde métallique. D'abord, il est essentiel de remarquer que l'amalgame ammoniacal que l'on obtient, diffère suivant le procédé dont on a fait usage pour se le procurer. Si l'on a employé un amalgame de potassium et de mercure placé dans une petite cavité creusée à la surface d'un morceau humide de muriate d'ammoniaque, ainsi que l'a imaginé M. Davy, on a un composé qui peut exister par lui-même aussi long-temps qu'il contient du métal de la potasse, tandis que la substance produite par l'action de la pile que l'on fait agir sur un globule de

mercure placé sur un sel ammoniacal, ne saurait subsister indépendamment de l'influence électrique.

Dans le premier cas, le potassium agit sur l'eau qui mouille le sel, la décompose et met à nu de l'hydrogène. Au même instant, la potasse qui vient d'être formée s'empare de l'acide muriatique, et laisse l'ammoniaque en liberté; et comme ces deux gaz (hydrogène et ammoniaque) sont à l'état naissant, ils s'unissent à la portion de l'amalgame non encore décomposée, et c'est à ce produit que M. Thénard donne le nom d'*Hydrure ammoniacal de mercure et de potassium*. Dans le second cas, l'eau et le sel sont décomposés par la seule influence de la pile; l'oxygène et l'acide se rendent vers le fil positif, s'unissent ensemble et forment du gaz muriatique oxygéné, dont la présence est attestée par la forte odeur qu'il répand. L'hydrogène et l'ammoniaque provenant de cette double décomposition sont transportés au fil négatif, et s'unissent au mercure, mais si faiblement, que la combinaison sera détruite aussitôt qu'elle cessera d'être favorisée par l'influence des forces électriques. M. Thénard nomme ce composé *Hydrure ammoniacal de mercure*.

Afin de déterminer la nature de cette dernière substance, MM. Gay-Lussac et Thénard en ont desséchée une certaine quantité qu'ils ont promptement introduite dans un flacon bien sec et rempli d'air; ils l'ont ensuite agitée, ce qui a sur-le-champ opéré la séparation des éléments de l'amalgaine supposé; et en analysant ensuite avec soin les produits de cette décomposition, ils ont trouvé, d'abord du mercure liquide, et ensuite, au moyen de l'eudiomètre de Volta, ils se sont assurés que l'air du flacon n'avait éprouvé aucune altération chimique, et qu'il

était seulement mélangé de gaz hydrogène et ammoniac.

Pour éloigner de ces résultats tout soupçon d'inexactitude, et afin de lever les doutes que l'on pourrait conserver relativement à l'influence que l'eau restée dans les vases ou autour de la substance analysée serait susceptible d'exercer. MM. Gay-Lussac et Thénard ont varié leurs expériences, et ils les ont répétées dans des circonstances telles qu'on ne saurait raisonnablement leur faire cette objection, la seule cependant que l'on puisse leur opposer.

La détermination exacte des quantités de mercure, d'hydrogène et d'ammoniaque contenus dans l'hydrure ammoniacal de mercure, a fait voir que cette substance était composée, en volume de 1 partie de métal 3,47 du premier gaz et 8,67 du second. Si donc on admet ces proportions, il en résultera que le poids du mercure doit augmenter de $\frac{1}{18.8}$, quantité beaucoup plus grande que celle indiquée par M. Davy; et en réfléchissant que dans cette combinaison les divers élémens ne sont retenus que par une très-faible affinité, on concevra que les substances gazeuses doivent y être fort peu condensées, et par conséquent on expliquera le grand accroissement de volume qu'acquiert le mercure.

Nous terminerons ce court exposé de l'important travail entrepris par MM. Gay-Lussac et Thénard, par une citation bien propre à faire sentir que, dans les sciences physiques, on ne peut jamais user de trop de réserve, lorsqu'il s'agit de se prononcer pour ou contre une assertion étayée de quelque probabilité : en effet, malgré l'apparente certitude des conséquences que l'on pouvait déduire des résultats qu'ils avaient obtenus, l'un

des auteurs de ces recherches a cru devoir s'exprimer en ces termes (*): « Pour nous , tout en avouant que l'aminaque joue , dans le plus grand nombre de cas , le rôle d'un oxyde , et est un des corps les plus singuliers que l'on connaisse aujourd'hui , nous pensons qu'il n'y a point encore de raisons assez puissantes pour admettre l'oxygène au nombre de ses principes constituans . »

(34) Les actions chimiques que développe la pile , les sensations qu'elle fait éprouver , et les charges qu'elle communique au condensateur , dépendent absolument de la même cause. Mais il faut , pour produire le premier de ces effets , que le courant électrique soit continu ; il est donc par conséquent indispensable qu'un appareil destiné à opérer des décompositions , puisse se recharger avec une extrême rapidité : or , cette condition ne pourra être remplie , si les corps placés entre les différens étages ne sont point d'excellens conducteurs de l'électricité. L'expérience vient à l'appui de ce qu'indique le raisonnement , puisqu'une pile récemment montée est d'autant plus convenable pour produire ces sortes d'actions , que le fluide interposé est meilleur conducteur ; et si , au bout de quelque temps , l'énergie n'est plus la même , on en trouve doublement la raison , dans l'altération que les surfaces métalliques ont éprouvées , et dans le changement qu'a subi la nature du liquide qui sert à établir les communications.

Lorsque l'on touche en même temps le sommet et la base d'une pile , il s'établit un courant électrique à travers les organes de la personne qui réunit ainsi les deux

(*) Thénard , Traité de Chimie , tom. II , pag. 150.

pôles : cependant , pour qu'elle éprouve une sensation appréciable , il faut que la quantité de fluide mis en mouvement soit assez considérable , et surtout qu'elle soit animée d'une grande vitesse : car une action , quelle qu'elle puisse être , si elle n'a pas un certain degré d'énergie , ne saurait intéresser la sensibilité . Dès lors , on conçoit que , dans ce cas , ainsi que dans le précédent , on ne pourra obtenir de succès qu'en employant des piles montées avec des intermédiaires qui permettent à l'électricité de circuler librement .

Si l'on fait communiquer un condensateur avec la partie supérieure d'une pile ; cet instrument , pour se mettre en équilibre avec le disque auquel il sera appliqué , lui enlevera la plus grande partie du fluide qui y était accumulé ; en telle sorte que , si le contact a été instantané , la charge que l'on trouvera sur le plateau collecteur , dépendra entièrement de la faculté conductrice des substances employées comme intermédiaires . En supposant donc que l'électricité n'éprouve de leur part aucune résistance , le disque en communication avec le condensateur réparera instantanément les pertes auxquelles l'assujétit le partage qu'il fait de son fluide , avec un corps d'une énorme capacité ; et , au moment où le contact cessera , ce disque présentera , aussi bien que le plateau collecteur , une tension égale à celle qu'il avait l'instant d'auparavant .

Quand les corps placés entre les différens étages résistent au fluide électrique , le condensateur se charge difficilement , car la plaque de métal à laquelle il communique , ne recouvre qu'avec lenteur l'électricité qu'elle a été forcée de lui abandonner ; et par conséquent , à moins que le contact n'ait été assez prolongé pour suppléer à la

faculté peu conductrice des intermédiaires , le plateau collecteur sera faiblement électrisé. C'est effectivement ce qu'on remarque dans une pile qui est montée depuis quelque temps : le dessèchement des draps interposés affaiblit leur faculté conductrice ; et il faut laisser le condensateur plus long-temps en communication, si l'on veut que le fluide qui s'y accumule, acquière une tension égale à celle qu'il indiquait d'abord. On conçoit dès lors pourquoi un appareil voltaïque abandonné à lui-même conserve la faculté de charger le condensateur, tandis que depuis long-temps il a perdu celle de produire des actions chimiques , et de faire éprouver des commotions.

(35) Lors des premières recherches qui furent faites en France sur la pile de Volta , les physiciens sentirent que la discontinuité de son action devait être attribuée à l'oxidation des surfaces métalliques , et au dessèchement des intermédiaires humides destinés à établir une communication entre les différens étages. Ils pensèrent donc que , s'il était possible de substituer aux conducteurs mouillés des conducteurs secs , et qui ne fussent point susceptibles d'être décomposés , on aurait un appareil dont l'action serait continue.

C'est d'après ce principe que MM. Hachette et Desormes présentèrent, en 1803 , à la première classe de l'Institut , un Mémoire dans lequel ils firent connaître les expériences qu'ils avaient faites , au moyen d'une pile construite avec des disques de cuivre et de zinc, séparés par des couches de colle d'amidon. Cet appareil qui , au bout de trois ans, chargeait encore le condensateur (*),

(*) Programmes d'un Cours de Physique , par M. Hachette , page 185.

ne put jamais décomposer l'eau ni faire éprouver des commotions.

Peu de temps après, M. Biot construisit une pile dans laquelle il remplaça les conducteurs humides par des disques de nitrate de potasse fondu. Les propriétés de cette nouvelle colonne furent les mêmes que celles de l'appareil imaginé par MM. Hachette et Desormes; c'est-à-dire qu'elle pouvait charger le condensateur ainsi que l'aurait fait une pile ordinaire; seulement il fallait, à raison de la faculté peu conductrice des intermédiaires, que le contact durât plus long-temps. On doit aussi attribuer à la lenteur avec laquelle le fluide électrique se mouvait dans cet appareil, l'impossibilité où l'on fut de l'employer, soit pour produire des actions chimiques, soit pour faire éprouver des commotions.

La colonne électrique ou électroscope aérien de M. Deluc, ressemble beaucoup aux piles dont il vient d'être question. Mais elle est d'une invention bien plus récente, puisque ce physicien ne l'a présentée à la société royale que le 7 mars 1809. La seule différence que l'on puisse remarquer entre cet appareil et ceux qui furent imaginés par les physiciens français, consiste, d'une part dans le nombre des étages superposés, et de l'autre dans la nature des conducteurs intermédiaires; mais, étant d'ailleurs tous construits d'après le même principe, ils produisent des effets identiques.

M. Zamboni, professeur de physique à Vérone, a reproduit en 1812 une pile tout-à-fait semblable à celle imaginée par M. Deluc, et il l'a aussi employée pour entretenir les oscillations d'un petit pendule. Cet appareil n'a été connu en France qu'en 1814, et il a servi de modèle pour construire ceux que l'on rencontre actuellement.

dans la plupart des cabinets de physique. Au lieu de faire usage de papier cuivré et de zinc, M. Zamboni emploie des feuilles de papier préparées avec le zinc, et dont le revers est saupoudré d'oxyde noir de manganèse, il en forme ensuite des rondelles qu'il superpose toujours dans le même ordre. Cette disposition est moins coûteuse et plus expéditive que celle adoptée par M. Deluc ; mais elle n'ajoute rien aux propriétés de cet appareil (*), dont le caractère distinctif est de n'imprimer au fluide électrique qu'une vitesse peu considérable, et que l'on pourrait en quelque sorte mesurer au moyen du procédé indiqué par M. Biot, dans le Bulletin de la Société philomathique, juillet 1816, page 102.

(36) Il est facile de prévoir, sous le rapport chimique, les résultats auxquels pourrait donner lieu l'emploi d'une pile sèche composée d'un aussi grand nombre d'étages qu'on voudrait le supposer ; il suffit en effet de se rappeler que, pour opérer des décompositions au moyen de l'appareil de Volta, il est indispensable que le fluide électrique puisse s'y mouvoir avec une extrême rapidité. Or, on conçoit qu'en augmentant le nombre des étages de la colonne imaginée par M. Deluc, on s'écarte plutôt qu'on ne se rapproche de la condition exigée, puisque l'on multiplie dans la même proportion le nombre des intermédiaires, et par conséquent les obstacles qu'ils opposent au mouvement de l'électricité. On peut donc hardiment prononcer que, relative-

(*) M. Gay-Lussac a consigné dans le 2^e. volume des Annales de Chimie et de Physique, page 76, une notice historique sur les piles sèches, et des réflexions relatives à la nature des actions qu'elles sont capables d'exercer.

ment aux actions chimiques , on ne gagnerait absolument rien en composant cet appareil d'un grand nombre de disques ; et en général, il faut convenir que si , à raison de la continuité de leur action , ces piles semblent présenter quelques avantages , ils sont plus que compensés par la lenteur avec laquelle elles laissent circuler le fluide électrique.

Aussi ne saurait-on raisonnablement les regarder comme donnant la solution de ce problème , dont plusieurs physiciens se sont infructueusement occupés : Trouver dans la classe des corps solides un excellent conducteur de l'électricité qui , n'ayant aucune action sur les substances métalliques , et n'éprouvant de leur part aucune altération , puisse être employé comme intermédiaire dans la construction de la pile dont il rendrait alors l'action continue.

TABLE DES MATIÈRES.

Préface de l'auteur , j. — Introduction historique ;
Plan de l'Ouvrage , vij.

PREMIÈRE PARTIE.

*Des Phénomènes électriques et des circonstances essentielles
à leur production.*

CHAP. I^{er}. Nature de l'action électrique. — Sources de l'excitation électrique. — Electricité positive et négative.

Production des phénomènes électriques , 27. — Attraction , 28. — Electroscopes et électromètres , 29. — Cause de la divergence des corps électrisés , 30. — Sources de l'électricité , 31. — Electricité positive et négative , 35. — Manière de distinguer l'électricité positive et négative. 36. — Expériences sur la production de l'électricité positive et négative , 37. — La production des deux électricités est toujours simultanée , 39. — Tableau des effets que produit le frottement entre différens corps , 40. — Conditions indispensables à la production de l'électricité , 42.

CHAP. II. Des corps conducteurs et non conducteurs de l'électricité et de la machine électrique.

Il y a des corps conducteurs et non conducteurs de l'électricité , 43. — Preuves de cette assertion , 44. — Table des corps con-

ducteurs, 45. — Table des corps non conducteurs, 46. — Influence que la chaleur et l'humidité exercent sur les corps non conducteurs, 47. — Changemens remarquables que produit la chaleur, 48. — Il n'existe aucun rapport appréciable entre la propriété conductrice des corps et leur nature, 49. — Expériences pour démontrer l'influence de l'isolement, 51. — Idée générale sur la construction des machines électriques, 53. — Machine électrique à plateau, 56. — Machine électrique à cylindre, 57. — Disposition la plus avantageuse du coussin, 58. — La machine électrique doit être entretenue fort propre, 59. — Description d'un procédé pour obtenir un bon amalgame, 60.

CHAP. III. Expériences faites avec la machine électrique.

— Théorie de son action. — Phénomènes d'attraction et de répulsion.

Apparences lumineuses et étincelles que fournissent les conducteurs de la machine électrique, 62. — Propositions déduites des phénomènes les plus remarquables que présente un appareil électrique, 64. — Manière dont il faut concevoir que l'électricité se développe, 66. — Les phénomènes électriques paraissent produits par un seul fluide, 70. — Expériences qui semblent prouver l'existence d'un seul fluide, 71. — Mouvements que l'électricité imprime aux corps légers, 76. — Preuves de l'attraction et de la répulsion électriques, 76. — Conséquences déduites des faits précédens, 78. — Phénomènes produits par la divergence des corps électrisés de la même manière, 84. — Mouvement que peut exciter l'électricité qui s'échappe d'une pointe, 85.

CHAP. IV. Des phénomènes que présente la lumière électrique.

Pour produire des apparences lumineuses, l'électricité doit avoir une certaine intensité, 88. — Distribution de l'électricité sur les conducteurs, 88. — Action des pointes, 90. — Influence de la forme et de l'étendue des conducteurs, 94. — Modifications que font éprouver à l'étincelle les conducteurs qui la transmettent et les milieux qu'elle traverse, 99. — Électricité dans le vide, 102.

CHAP. V. De la bouteille de Leyde et des instrumens électriques,

Influence qu'exerce sur un plan électrisé un plan non isolé qui est placé dans son voisinage, 108. — L'influence électrique se transmet même à travers les plus mauvais conducteurs, 111. — Structure de la bouteille de Leyde, 113. — Effet qu'elle produit, 114. — Sa décharge spontanée, 114. — Électromètre de Henly, 116. — Cause de l'énorme capacité de la bouteille de Leyde, 118. — Charge par cascade, 119. — Une charge trop forte peut briser une bouteille de Leyde 121. — Cet appareil ne saurait être déchargé si l'on ne fait point communiquer ses deux faces, 122. — On peut partager la charge d'une bouteille de Leyde entre plusieurs autres, 124. — On peut charger une lame de verre non armée, 124. — Analyse de la bouteille de Leyde, 126. — Bouteille disposée de manière à conservér long-temps sa charge, 128. — On peut substituer une couche d'air au plan de verre, 133. — Tout conducteur placé dans le voisinage d'un corps électrisé devient électrique par influence, 135. — Construction et effets de l'électrophore, 137. — Du condensateur et de ses propriétés, 142.

SECONDE PARTIE.

Actions mécaniques et chimiques de l'Électricité.

CHAP. I^{er}. Instrumens nécessaires pour faire diverses expériences électriques.

Construction d'une batterie électrique, 148. — Manière de la charger, 149. — Précautions à prendre pour éviter les explosions spontanées, 150. — Épaisseur que doit avoir le verre des jarres qu'on emploie pour construire une batterie, 152. — Électromètre de Lane, 154. — Électromètre-Balance de Cuthbertson, 154. — Les électromètres indiquent la tension et non la quantité du fluide accumulé dans une batterie, 156. — La charge d'une bouteille de Leyde peut parcourir des espaces considérables, 158. — Expériences tentées pour reconnaître la rapidité avec laquelle

se meut le fluide électrique, 159.—Exciteur universel, 160.—Appareil pour faire passer une décharge à travers des liquides et des fluides élastiques, 161.

CHAP. II. Effets mécaniques de l'électricité.

Le fluide électrique exerce une action mécanique sur les corps, 163.—Carton percé par l'explosion électrique, 164.—Morceau de bois troué par la décharge d'une batterie, 165.—Expériences qui montrent la force expansive de l'électricité, 166.—Tube de verre brisé par l'étincelle, 166.—Morceau de glace brisé de la même manière, 167.—Bille d'ivoire projetée par la même puissance, 168.—Expériences pour rendre sensible la faculté conductrice de l'eau et des acides, 171. Lame de verre percée par l'étincelle électrique, 173.—Méthode pour mesurer en quelque sorte l'énergie avec laquelle les corps résistent à l'électricité, 174.—Les bons conducteurs sont aussi percés par l'étincelle, 175.—Expériences qui semblent indiquer la route que suit le fluide électrique lors de la décharge d'une bouteille de Leyde, 177.—Même conséquence déduite de la manière dont un cahier de papier est percé, 182.—Indice que semble fournir la direction du mouvement imprimé à un léger volant, 187.

CHAP. III. Effets chimiques de l'électricité.

L'électricité provoque des actions chimiques, 190.—Elle produit un dégagement de lumière et de chaleur, 191.—Elle enflamme les corps combustibles, 192.—Elle oxide les substances métalliques, 193.—Feuille d'or brûlée par la décharge d'une batterie, 194.—Fil de fer brûlé de la même manière, 195.—Les longueurs de fil de fer brûlé sont comme le carré de la quantité de fluide employé, 196.—La fusion d'un fil de métal pourrait servir à indiquer la quantité de fluide électrique accumulé sur une surface, 199.—Des fils de même longueur éprouvent des effets qui varient avec la charge qu'ils transmettent, 200.—Expériences relatives à l'oxidation des substances métalliques, 202.—La combustion des fils de métal influe sur la température de l'air, 203.—Tableau des caractères

particuliers à différens oxydes , 205. — L'électricité tend également à favoriser les combinaisons et les décompositions , 208. — Oxide d'étain révivifié par l'électricité , 208. — Décomposition de l'eau par l'étincelle , 209. — Procédé de Wollaston pour opérer cette décomposition , 210. — L'électricité positive semble agir à la manière des acides , et la négative à l'instar des alcalis , 212. — Formation de l'eau par l'étincelle électrique , 213. — Pistolet de Volta , 215. — Lampe à air inflammable , 215. — Formation d'acide nitrique par l'étincelle , 216. — Tableau des effets que produit l'électricité sur diverses substances gazeuses , 220. — Couleur de l'étincelle lorsqu'elle éclate à la surface de divers corps , 222. — L'électricité peut communiquer la propriété magnétique à une aiguille d'acier et changer les pôles d'une autre aiguille déjà aimantée , 226.

TROISIÈME PARTIE.

Phénomènes de l'Électricité naturelle.

CHAP. I^{er}. Identité de la foudre avec l'électricité.

Les anciens n'ont eu que des idées fort inexactes sur la cause du tonnerre , 230. — Conjectures de MM. Grey et Nollet , 231. — Parallèle établi par Franklin entre les effets de l'électricité et ceux du tonnerre , 233. — Expériences proposées par ce physicien pour vérifier si ces divers effets dépendent de la même cause , 235. — Expériences qu'il a faites à Philadelphie , cerf-volant électrique , 237. — Expériences faites en France par M. Romas , 238. — Mort du professeur Richman , 239. — Moyen proposé par Franklin pour se mettre à l'abri des dangers de la foudre , 241. — Expériences qui prouvent l'utilité de ce moyen , 242. — Emploi qu'on peut en faire pour garantir les vaisseaux , 244. — Expériences qui indiquent la manière dont les pointes agissent sur les nuages , 246. — Manière dont il faut construire un paratonnerre , 248. — Disposition plus avantageuse proposée par M. Morgan , 251.

CHAP. II. Phénomènes des orages , et causes probables de l'électricité atmosphérique.

Les effets qui accompagnent la décharge d'un nuage orageux ,

sont analogues à ceux que produit une batterie , 257. — Causes qui modifient le bruit du tonnerre , 257. — Manière de calculer la distance d'un nuage orageux , 259. — Apparences variables que présente l'éclair , 260. — Actions réciproques de la terre et des nuages , 260. — Énumération des causes favorables au développement de l'électricité atmosphérique , 262. — Expérience de Volta sur la production de l'électricité par l'évaporation de l'eau, 265. — Objections de M. de Saussure , 266. — Observations de M. Deluc , 267. — Formation des nuages et de la pluie expliquée d'une manière plus probable , 270.

CHAP. III. De quelques phénomènes lumineux de l'atmosphère. — Observations sur l'électricité atmosphérique, et Description d'une nouvelle méthode d'isolement.

On a quelques raisons pour croire que l'aurore boréale est un phénomène électrique , 275. — D'autres physiciens ont prétendu qu'elle dépendait de la cause qui produit les phénomènes magnétiques , 277. — Description d'une aurore boréale qui eut lieu le 13 octobre 1792 , 278. — Ce phénomène est très-fréquent dans les régions polaires , 281. — Il est, dit-on , quelquefois accompagné d'un bruit particulier , 282. — Aurore boréale vue dans l'hémisphère austral , 284. — Globes de feu qui sont ordinairement accompagnés d'une chute de pierres (*acrolithes*) , 285. — Étoiles filantes , 286. — On les aperçoit très-fréquemment , 287. — Leur direction n'est point constante , 288. — On peut, au moyen de l'électricité , imiter en quelque sorte le phénomène de l'aurore boréale , et celui des étoiles filantes , 289. — Apparences lumineuses qui se manifestent à l'extrémité des corps élevés , elles dépendent évidemment de l'électricité , 291. — Observations sur l'électricité atmosphérique , construction d'un cerf-volant électrique , 292. — Fil de fer qui peut être substitué au cerf-volant , 295. — Disposition d'un semblable appareil par M. Crosse , 297. — Effet ordinaire de l'électricité sur cet appareil , 298. — Influence d'un nuage fortement électrisé , 299. — Électricité que l'on observe durant les diverses modifications de l'atmosphère , 300. — Changemens diurnes de l'électricité atmosphérique , 302. — Appareil imaginé par M. Read , 303.

— Appareil beaucoup plus simple de MM. Cavallo et Bennet. —
 304. — Description d'une nouvelle manière d'isoler, 305. — Application à l'électromètre à feuille d'or, 306. — Application à un appareil destiné aux observations sur l'électricité atmosphérique, 308. — Expériences faites au moyen de cet appareil, par M. Bonalds, 310. Projet du chevalier Landriani pour construire un instrument qui, en l'absence de l'observateur, indiquerait les modifications qu'éprouve l'électricité, 311.

CHAP. IV. Rapport de l'électricité avec la médecine et l'Histoire naturelle.

L'abbé Nollet fut le premier qui fit des expériences sur des animaux, 313. — Accélération du mouvement d'un liquide qui s'écoule par un tube capillaire, 313. — Expériences que l'on prétendit avoir été faites en Italie, 314. — Application médicale de l'électricité, 316. — Machine et appareil convenables pour appliquer l'électricité, 317. — Opinion de M. Morgan relativement à l'influence que peut avoir l'électricité, 319. — Énumération de quelques maladies au traitement desquelles on a appliqué l'électricité, 320. — Effets que produit une décharge lorsqu'elle est dirigée à travers certains organes, 324. — Soins qu'il faut avoir de ne point user inconsidérément de l'électricité, 325. — Son influence sur l'accroissement des végétaux, 325. — Pouvoir électrique de la torpille et autres poissons électriques, 326. — Courte description de ces animaux, 327. — Recherches des physiciens pour découvrir les rapports qui existent entre l'électricité ordinaire et le pouvoir des poissons électriques, 329. — Première découverte de Galvani, 330. — Mouvement musculaire que produit l'électricité galvanique, 331. — Manière de préparer une grenouille pour les expériences galvaniques, 334. — Sensation que peut développer sur l'organe du goût le contact établi entre des substances métalliques hétérogènes, 336. — Opinion de Galvani sur la cause de ces effets, 336. — Opinion de Volta sur la cause des mêmes phénomènes, 337. — Effets qui paraissent dépendre du contact de métaux hétérogènes, 338. — Tableau des diverses combinaisons susceptibles de mettre l'électricité en mouvement, 341. — Emploi

du condensateur pour démontrer que l'électricité est la cause de ces effets , 342.

QUATRIÈME PARTIE.

Électricité voltaïque.

CHAP. I^{er}. Construction de l'appareil voltaïque. — Phénomènes électriques qu'il produit.

Expériences de Volta , qui montrent que le contact de substances métalliques de nature différente produit de l'électricité , 346. — Autres expériences qui conduisent au même résultat , 348. — Métaux que l'on emploie le plus communément pour produire cet effet , 350. — Première tentative du professeur Robison , 352. — Construction de la pile de Volta , 354. — Commotion que fait éprouver cet appareil , 355. — Pile à auge de M. Cruickshanks , 356. — Appareil à couronne de tasses , 360. — Manière de réunir ensemble plusieurs batteries , 362. — Une batterie voltaïque a ses extrémités opposées dans des états électriques différents , 363. — Influence que peut exercer la nature du fluide que l'on emploie pour monter cet appareil , 364. — Charge d'une batterie électrique par l'appareil de Volta , 365. — Influence du nombre des disques , 368. — Violentes contractions musculaires déterminées par l'électricité voltaïque , 368. — Appareil qui paraît être le plus actif pour la production des effets électriques , 372.

CHAP. II. Effets chimiques de l'appareil voltaïque.

Différence entre les effets produits par l'électricité ordinaire et l'électricité voltaïque , 373. — Décomposition de l'eau par la pile de Volta , 374. — On peut isolément recueillir les parties constitutantes du fluide décomposé , 375. — Ces effets ont encore lieu lorsque les fils sont très - écartés l'un de l'autre , 376. — On peut recomposer l'eau en brûlant par l'étincelle les gaz qui proviennent de sa décomposition , 376. — Description d'un appareil fort simple pour recueillir isolément les gaz provenant de la décomposition de l'eau , 377. — Décomposition

d'un sel métallique au moyen de la pile , 379. — Influence de la pile sur les couleurs végétales , 380. — Recherches de M. Davy sur les actions chimiques de la pile , 381. — Transport des éléments des corps composés à travers des réactifs très-sensibles , 385. — Constamment les substances inflammables se rendent vers le pôle négatif , et l'oxygène ainsi que les acides au pôle positif , 388. — Hypothèse des énergies électriques naturelles , 388. — Moyen de rendre en quelque sorte ces énergies électriques apparentes , 392. — Influence de l'électricité pour provoquer , activer ou suspendre des combinaisons chimiques , 396. — Manière dont le docteur Wollaston a expliqué ces effets , 399. — Objection contre cette explication , 401. — Expériences de M. Silvester pour rendre sensible l'influence que peut avoir la distance sur ces sortes d'actions. — 405. — Phénomènes auxquels cette expérience peut servir d'explication , 407. — Expériences sur la révivification des métaux , 408. — Considérations relatives aux énergies électriques naturelles , 410. — Différence qui existe entre la condition nécessaire pour produire des effets chimiques en se servant soit de l'appareil de Volta , soit de la machine électrique ordinaire , 412. — Difficulté de concevoir la manière invisible dont les éléments des corps composés sont transportés vers les fils qui communiquent avec les pôles opposés d'un appareil de Volta , 418. — Explication donnée par le docteur Bostock , 420. — Observations générales sur l'hypothèse d'une énergie électrique naturelle , 424.

CHAP. III. Idées des nombreuses actions que peut exercer l'appareil voltaïque , considéré comme moyen d'analyse chimique. — Influence qu'il développe relativement à l'émission de la lumière et à la production de la chaleur.

Résultats invariables que présentent les opérations de l'appareil voltaïque , 426. — Décomposition des alcalis au moyen de la pile , 427. — Propriétés du potassium , 428. — Production et propriétés du sodium , 429. — Force que doit avoir une batterie pour décomposer les alcalis , 431. — Amalgame de potassium et

de sodium , 434. — Décomposition des alcalis par des procédés chimiques , 435. — Prétendue découverte de l'ammonium , 438. — Décomposition des substances connues sous le nom de terres , 441. — Influence de la pile sur les fluides animaux , 444. — Lumière émise par l'appareil voltaïque lorsque l'on met en contact l'une avec l'autre deux pointes de charbon qui communiquent aux pôles opposés de la pile , 445. — Influence que l'électricité de la pile exerce sur différens gaz , 446. — La distance explosive de l'étincelle qu'on retire d'un appareil voltaïque est peu considérable , 447. — Chaleur intense que peut développer une forte batterie , 448. — Presque toutes les substances combustibles sont enflammées lorsqu'on les soumet à l'action de la pile , 449. — Influence qu'exerce le milieu environnant sur l'incandescence des fils métalliques , 452. — L'énergie d'une pile augmente jusqu'à un certain point avec le nombre des disques , 454. — Énergie chimique de la pile déterminée par la quantité de gaz que l'on obtient dans un temps donné en décomposant l'eau , 456. — Effets que produit l'accroissement des dimensions des disques , 457. — Expériences propres à déterminer la faculté plus ou moins énergique des différens corps pour conduire l'électricité de la pile , 460. — Très-grande batterie construite par M. Children , 464. — Description du grand appareil construit par ordre du gouvernement français , 465. — Expériences faites avec cet appareil , 466.

CHAP. IV. Aperçu de nos connaissances théoriques sur l'électricité voltaïque , structure et propriétés de la colonne électrique.

Éléments dont se compose l'appareil de Volta , 470. — La production de l'électricité dépend du contact des métaux hétérogènes , 471. — Le liquide interposé sert seulement à établir la communication entre les couples métalliques , 471. — État électrique de la pile lorsqu'elle est isolée , 472. — Son état quand elle communique avec le réservoir commun , 472. — La faculté conductrice des corps mouillés qui séparent les différens étages , augmente l'énergie chimique de la pile , 476. — Lorsque le pouvoir conducteur des liquides interposés s'affaiblit , la puissance chimique

de la pile disparaît , 479. — Analyse de la pile de Volta par M. Deluc , 488. — Opinion de M. Deluc sur la cause des phénomènes de la pile , 493. — Procédé de M. Wollaston pour décomposer l'eau par l'électricité ordinaire , 494. Circonstance dans laquelle des fils qui proviennent des extrémités d'une batterie , et qui sont plongés dans l'eau peuvent charger le condensateur , 495. — Invention de la colonne électrique par M. Deluc , 498. — Structure de cet appareil , 499. — Modification du même appareil , 501. — Il peut servir à faire mouvoir des corps légers , 502. — Action que développe la colonne électrique sur l'électromètre , 504. — Les modifications atmosphériques paraissent susceptibles de changer l'état de cet appareil , 505. — Forme qu'il faudrait lui donner si l'on se proposait de l'employer pour des observations météorologiques , 506. — Il paraît que l'électricité de cet appareil est permanente , 508. — Pile composée de 20,000 groupes , 511. — Elle est susceptible de charger assez fortement une jarre , 512. — Elle n'est point susceptible de produire des effets chimiques , 513. — Construction d'une pile formée de 60,000 étages , 514. — Conclusion , 514.

NOTES.

Difficultés que l'on a éprouvées pour expliquer les attractions et les répulsions électriques , 517. — Hypothèse admise par Åpinus , 517. — Avantages que présente la théorie du double fluide adoptée par Coulomb , 518. — Raisons probables qui jusqu'à présent ont empêché cette théorie d'être généralement suivie , 518. — Faits qui furent observés dès les premiers temps de l'électricité , 519. — Conséquences déduites par du Fay , 520. — Conséquences analogues déduites par Coulomb , 520. — Manière dont on peut concevoir les actions réciproques des deux fluides , 521. — Principes de la théorie de Coulomb , 522. — Insuffisance des divers électromètres pour mesurer les actions électriques , 523. — Balance de Coulomb , 523. — Principes d'après lesquels elle est construite , 524. — Description de cet appareil , 524. — Précautions à prendre lorsqu'on veut en faire usage , 526. — Manière de l'employer , 527. — Loi suivant laquelle se repoussent les corps électrisés , 527. — Corrections

qu'il faut faire subir aux résultats donnés immédiatement par la balance, 528. — Loi des attractions électriques, 531. — Idées que l'on peut se former de la cause qui sollicite les corps électrisés de la même manière à se fuir, 535. — Procédé pour ne communiquer à un électromètre que la quantité de fluide qu'on jugera convenable, influences électriques, 536.

— Exception que semble présenter, parmi les substances métalliques, la manière dont le mercure s'électrise lorsqu'on l'oppose au verre, 538. — Expériences de M. Dessaignes à ce sujet, 539.

— Expériences de Coulomb qui prouvent que le fluide électrique n'a aucune affinité pour les corps, 541. — L'électricité réside à la surface des corps, 542. — Explication des mouvements auxquels obéissent les corps électrisés, 544. — Deux corps qui sont dans leur état naturel, restent en repos, 545. — Un corps électrisé et un corps dans son état naturel se portent l'un vers l'autre, 545. — Deux corps électrisés de la même manière se fuient, 547. — Deux corps électrisés en sens inverse s'attirent, 549. — Il ne peut exister autour d'un corps une atmosphère électrique proprement dite, 551. — Ce que l'on doit entendre par distance explosive, 553.

— Coulomb est parvenu à déterminer comment l'électricité se partage entre deux corps conducteurs, 553. — Ce physicien a fait usage de deux méthodes; première méthode, 553. — Deuxième méthode, 554. — Procédé pour se mettre à l'abri des causes de la déperdition électrique, 555. — Différence qui peut se trouver entre le volume et la figure des corps copartageans, 557. — La configuration des corps et l'étendue de leur surface sont les mêmes, 558.

— Expériences faites par Coulomb sur deux sphères de huit pouces de diamètre mises en contact, 559. — Tableau comparatif des résultats que Coulomb a obtenus par expérience, et de ceux que M. Poisson a déduits de la théorie au moyen du calcul, 561. — Autre expérience faite par Coulomb sur des lames d'acier, 562. — Il se produit un mouvement électrique à l'instant où l'on sépare les corps électrisés en contact, 563. — Quand les corps sont des sphères de même diamètre, le mouvement électrique est symétrique pour chacune d'elles, 564. — Quand les sphères sont assez éloignées pour ne plus s'influencer, l'électricité se distribue uniformément sur leur surface, 566.

— La figure des corps est la même, mais ils ont des dimensions différentes, 566. — Entre des corps sphériques, le partage se fait dans un rapport moindre que celui des surfaces. Expériences de Coulomb, 567. — Tableau comparatif des résultats donnés par l'expérience, et de ceux fournis par le calcul, 568. — Distribution de l'électricité depuis le point de contact jusqu'à 180 degrés de ce point, 569. — Tableau comparatif des résultats de l'expérience et du calcul, 571. — Autre tableau comparatif de la tension que présente le petit globe à 180 degrés pendant le contact, et de celle observée sur le gros globe après la séparation, 572. — Deux sphères inégales et électrisées que l'on sépare, éprouvent des changemens qui diffèrent pour chacune d'elles, 572. — Le petit globe est résineusement électrisé dans le point qui répondait au lieu du contact, 573. — Cet effet n'a lieu que jusqu'à une certaine distance qui dépend du diamètre des globes partageans, 575. — Les corps mis en contact ont la même étendue, mais des figures différentes, 576. — Les conducteurs les plus longs ont une plus grande capacité électrique, 576. — Les corps diffèrent par l'étendue de leur surface et leur configuration, 577. — Expériences de Coulomb à cet égard, 578. — Manière dont l'électricité se répartit dans une série de globes égaux mis en contact, 579. — Série de globes mis en contact avec un autre globe d'un plus grand diamètre, 580. — Explication de l'action des pointes, 582.

— Puits de Beccaria, 584. — Rouet électrique, 585. — La lumière et le bruit qui accompagnent l'étincelle sont dus à l'air ambiant, 586. — Électricité dans le vide, 586. — Manière dont se développe la lumière électrique, 587. — Thermomètre de Kinnersly, 588. — Les changemens de densité de l'air influent sur le développement de l'électricité, expériences de M. Dessaignes, 589. — Expérience qui prouve que les métaux ne sont point absolument bons conducteurs de l'électricité, 591. — Causes des diverses nuances que présente la couleur de l'étincelle, 591.

— Dans une bouteille de Leyde, la quantité de fluide qui s'accumule sur la face en communication avec le principal conducteur, est plus grande que celle qui s'échappe de la face opposée, 592. — Cette inégalité peut être prouvée par expérience, 593. — Charge par cascade, 594. — Explication de la bou-

feille de Leyde , suivant la théorie de Coulomb , 595. — Cause d'où dépend la grande capacité de cet appareil , 595.

— Théorie de l'électrophore , 596. — Théorie du condensateur , 598. — Doubleur d'électricité , 599.

— Manière de charger les batteries par cascades , 600. — Explication relative à la manière dont est percée une feuille d'étain placée dans un cahier de papier , 602. — Expériences qui prouvent que l'air résiste moins au fluide vitré qu'au fluide résineux , 604. — Manière dont l'électricité enflamme les corps , 605. — Lampe à air perfectionnée , 607. — Opinion de M. Monge , sur la cause du bruit du tonnerre , 608. — La foudre accompagne toujours la formation d'un grand nuage , 609. — Le roulement du tonnerre peut être conçu comme produit par la rentrée de l'air dans le vide , 610.

— Premières applications de l'électricité aux corps organisés , 611. — Expériences de Van-Marum , 611. — Raison qui probablement a fait supposer que l'électricité devait accélérer la circulation , 612. — Tentatives que l'on a faites pour acquérir quelques notions à cet égard , 613. — Incertitudes de ces divers résultats , 614. — Emploi de l'électricité comme remède , 615. — Obstacles qui s'opposeront toujours au succès de l'électricité , 616. — Règles générales relatives à l'emploi de ce remède , 617.

— Des poissons électriques , 618. — Structure anatomique de l'organe électrique de ces animaux , 618. — Recherches de M. Humbolt , 619. — Détails sur la pêche de ces poissons par les Indiens , 620. — Expériences de M. Humbolt . 621. — Remarques de MM. Gay-Lussac et Humbolt , 622. — L'électricité des poissons électriques ne produit aucun effet chimique , 622.

— Principes de la théorie du galvanisme , 624. — Influence des intermédiaires humides , 625. — Construction de la pile non isolée , 625. — Effets qu'elle produit , 626. — Dans une pile isolée , la somme des électricités est nulle , 627. — Construction d'une pile isolée , 628. — Cet appareil possède les deux électricités , 629. — Effets qu'il produit , 629.

— Propriétés physiques du potassium et du sodium , d'après MM. Gay-Lussac et Thénard , 630. — Découverte de l'ammo-

nium, *hydrure ammoniacal de mercure*, 631. — Recherches de MM. Gay-Lussac et Thénard, 632. — Proportions des parties constitutantes de cette substance, 634.

Conditions indispensables pour que la pile produise des effets chimiques, physiologiques et électriques, 635. — Pile sèche de MM. Hachette et Desormes, 637. — Autre appareil, imaginé par M. Biot, 638. — Pile sèche de M. Deluc, 638. — Pile de M. Zamboni, 638. — Quelque nombreux que soient les étages d'une pile ainsi construite, elle ne pourra jamais produire d'actions chimiques, 639.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

ERRATA.

Page iij, ligne 4, entre l'électricité; *lisez*: entre l'électricité.

Page xj, ligne 17, ne lui permettent pas de franchir; *lisez*: ne lui permettent de franchir.

Page 106, ligne 13, en forme X; *lisez*: en forme d'X.

Page 154, ligne première, électromètre excitateur de Lame; *lisez*: de Lane.

Page 359, ligne 5, on parvint; *lisez*: on parvient.

Page 385, ligne 13, complète du circuit; *lisez*: le circuit.

Page 429, ligne 20, 106 pouces cubes; *lisez*: 1,06 pouce cube.

Page 442, on ne fait l'analyse; *lisez*: on en fait l'analyse.

NOTES.

Page 523, ligne 21, dont elle soit susceptible; *lisez*: dont elle est susceptible.

Page 526, ligne 27, et partageant; *lisez*: et partagent.

Page 594, ligne première, interne; *lisez*: externe.

Page 596, ligne 5, au fluide-enchaîné; *lisez*: aux fluides enchaînés.

Page 602, ligne 15, société philomathique; *lisez*: philomatique.

Page 604, ligne 15, qui répondait; *lisez*: qui répond.

Page 639, ligne 13, société philomathique; *lisez*: société philomatique.

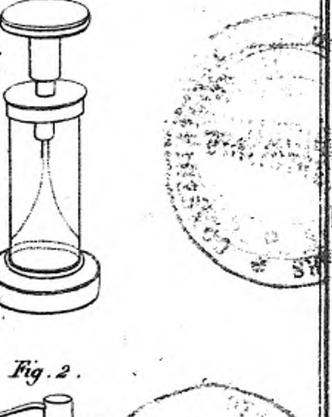
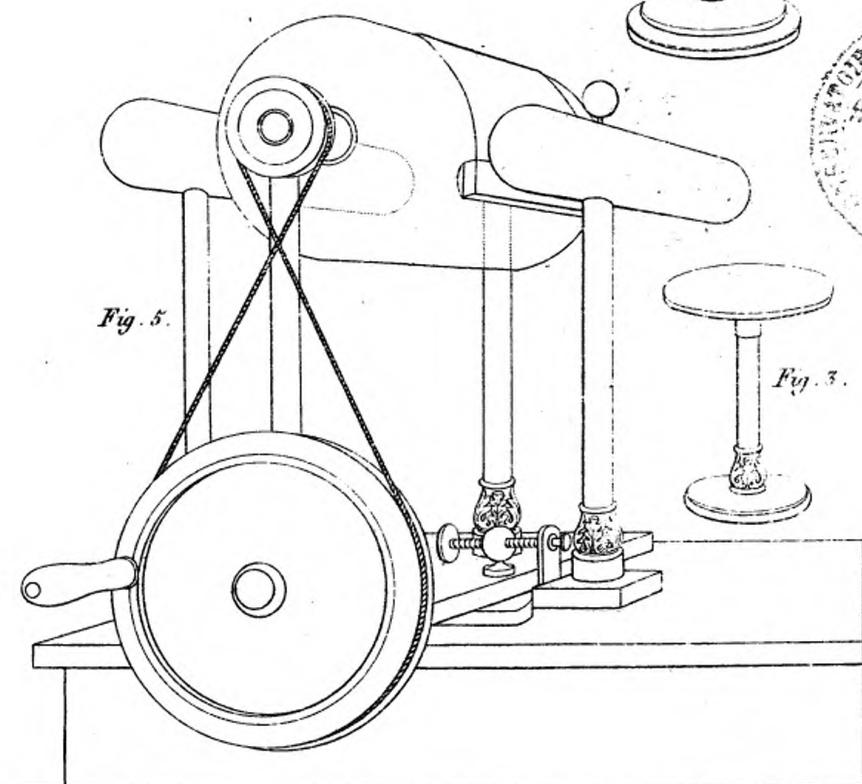
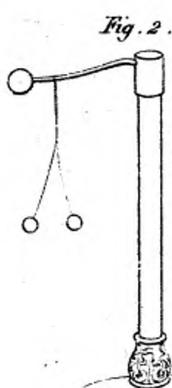
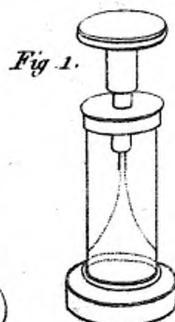
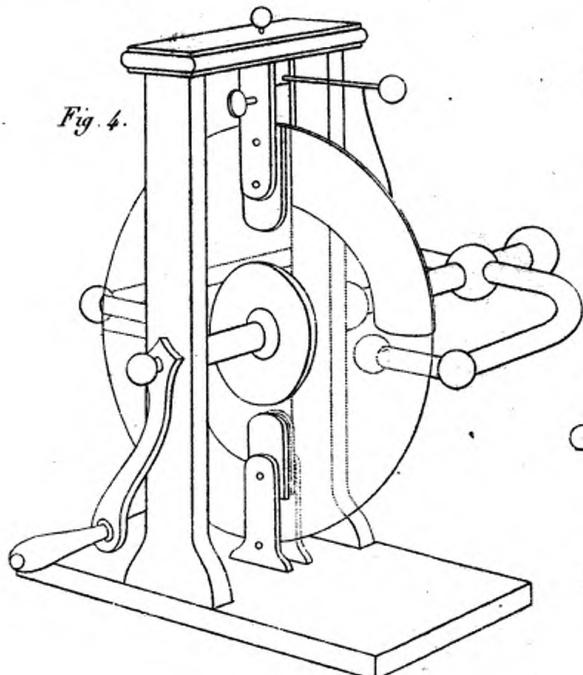


Fig. 9.

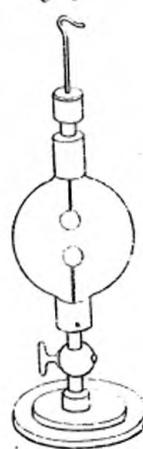


Fig. 8.

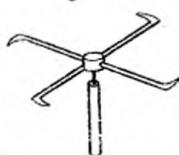


Fig. 7.

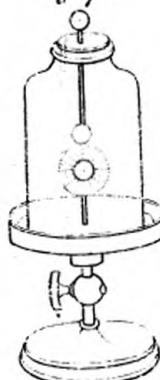


Fig. 6.

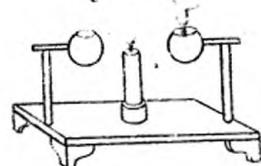


Fig. 10.

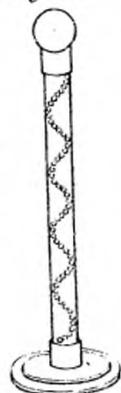


Fig. 12.

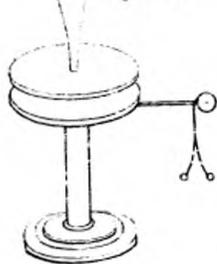


Fig. 11.

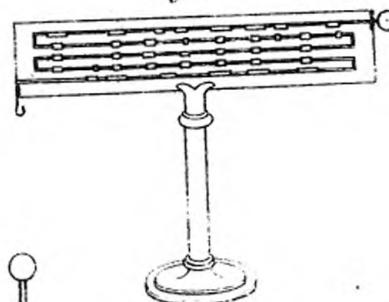


Fig. 13.



Fig. 15.



Fig. 14.

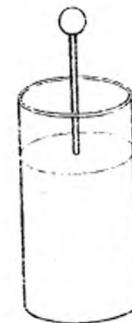


Fig. 17.

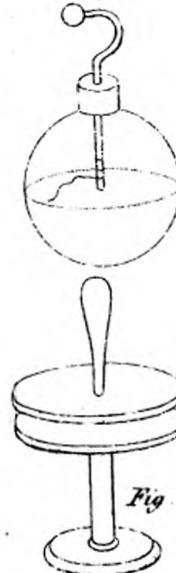


Fig. 16.

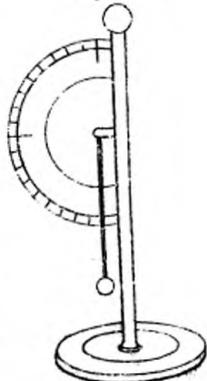


Fig. 19.

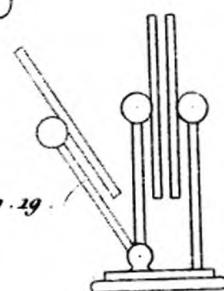


Fig. 18.

Fig. 21.

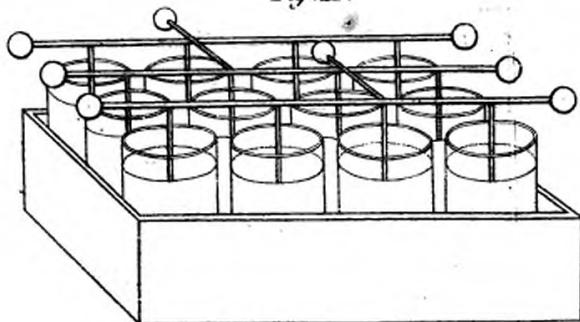


Fig. 20.

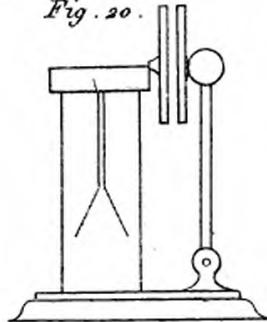


Fig. 23.

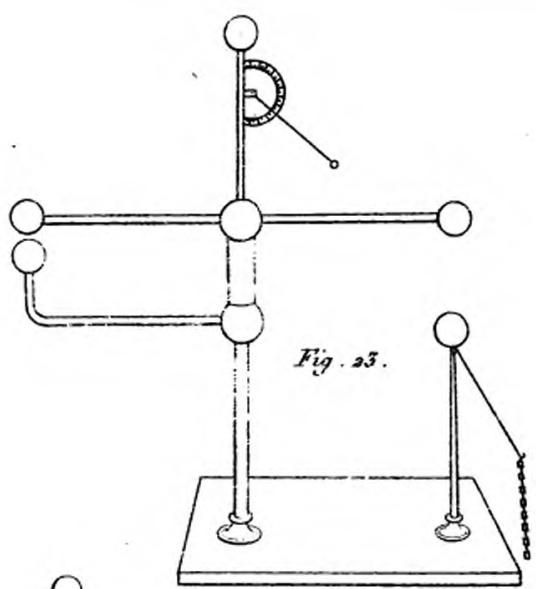


Fig. 22.

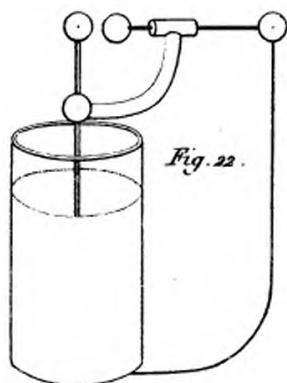


Fig. 27.

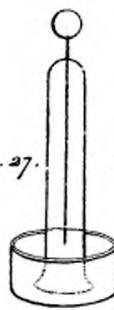


Fig. 26.

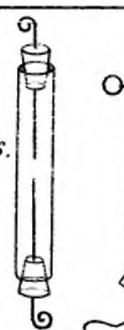


Fig. 25.

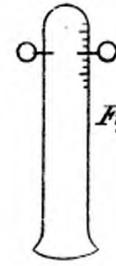


Fig. 24.

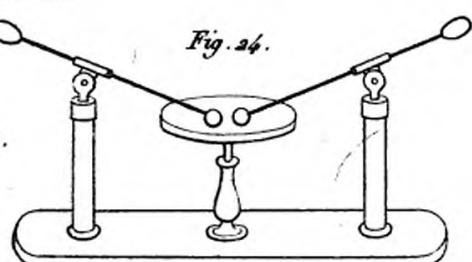


Fig. 30.

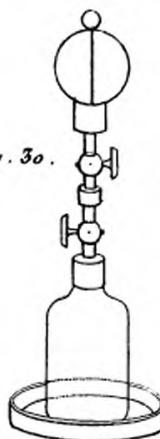
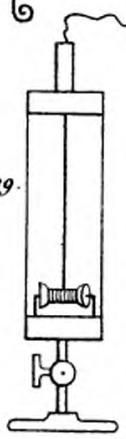


Fig. 29.



A

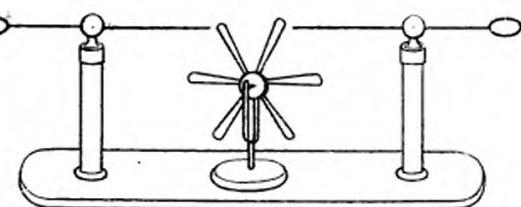


Fig. 28.

Fig. 34.

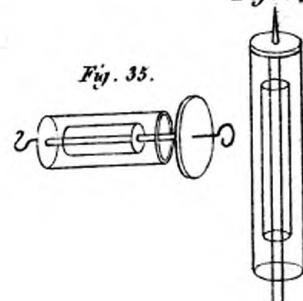


Fig. 35.

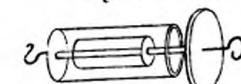


Fig. 33.

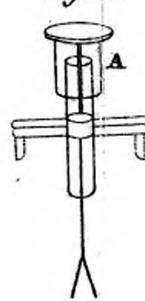


Fig. 32.

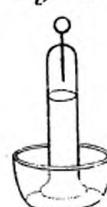


Fig. 31.



Fig. 36.

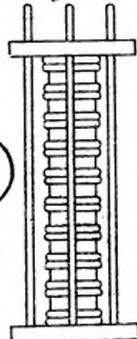


Fig. 38.

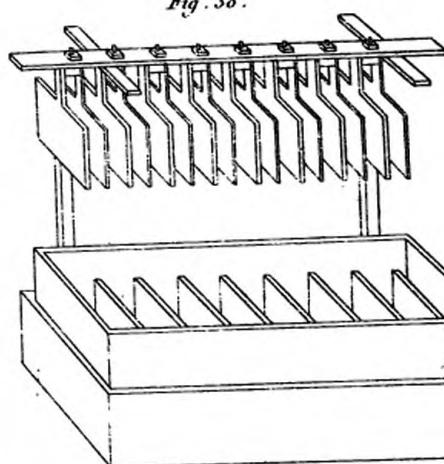


Fig. 41.

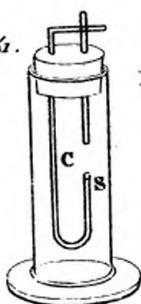


Fig. 40.



Fig. 39.

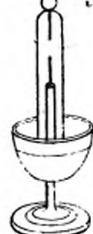


Fig. 43.

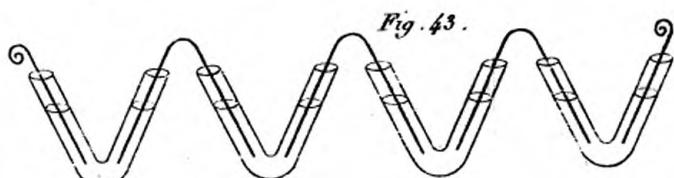


Fig. 42.

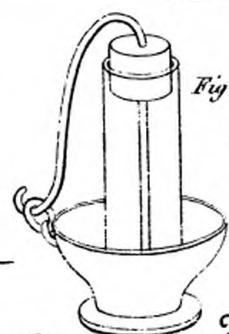


Fig. 44.

Fig. 48.

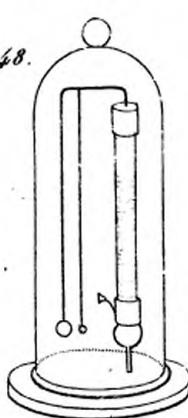


Fig. 46.

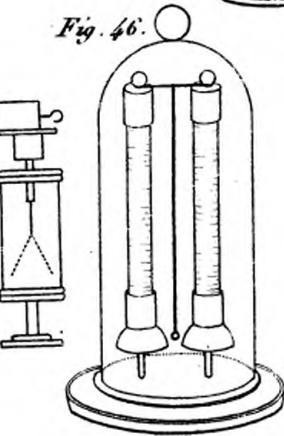


Fig. 45.



Fig. 47.

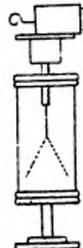


Fig . 2 .

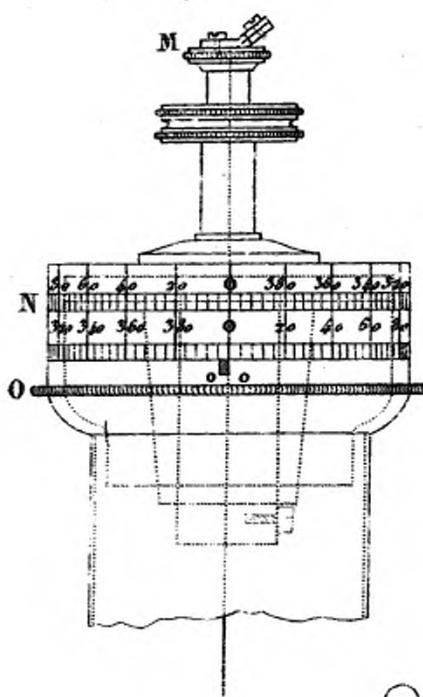
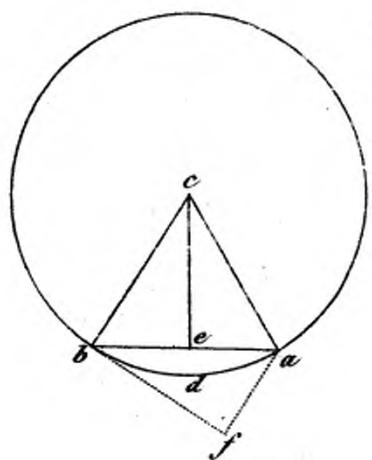


Fig . 3 .

Fig . 1 7^e