

métalliques recourbés tous dans le même sens, terminés en pointe et fixés à une chape commune, mobile sur un pivot (fig. 499). Cet appareil étant posé sur la machine électrique, aussitôt que celle-ci se charge, les rayons et la chape prennent un mouvement de rotation rapide dans la direction opposée

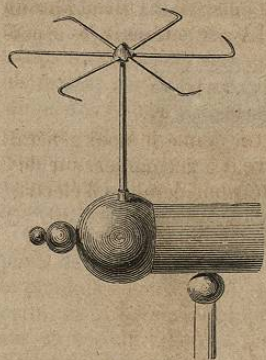


Fig. 499.

aux pointes. Ce mouvement n'est point un effet de réaction comparable à celui du tourniquet hydraulique (84), comme l'ont admis plusieurs physiciens : c'est un effet de répulsion entre l'électricité des pointes et celle qu'elles communiquent à l'air. Le fluide électrique, s'accumulant vers les pointes, s'écoule dans l'air, et comme celui-ci se trouve chargé de la même électricité que les pointes, il les repousse en même temps qu'il en est repoussé lui-même. On recon-

naît, en effet, que le tourniquet n'entre point en mouvement dans le vide, et si l'on approche la main tandis qu'il tourne dans l'air, on ressent un souffle léger dû au déplacement de l'air électrisé.

Quand l'électricité s'écoule ainsi par une pointe, l'air électrisé est assez fortement repoussé pour donner naissance à un courant

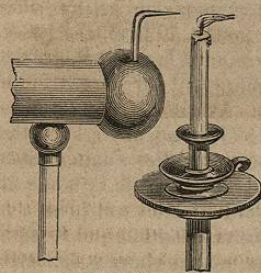


Fig. 500.

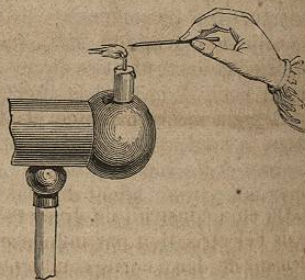


Fig. 501.

qui non-seulement est sensible à la main, mais souffle et peut même éteindre la flamme d'une bougie, du moins avec une puissante machine électrique. La figure 500 montre comment se dispose cette expérience. On obtient encore le même effet en posant la bougie sur l'un des conducteurs et en lui présentant une pointe métallique qu'on tient à la main (fig. 501). Le courant provient, dans ce der-

nier cas, du fluide contraire qui se dégage de la pointe par l'influence de la machine.

CHAPITRE IV.

CONDENSATION DE L'ÉLECTRICITÉ.

646. **Condensateurs, leur théorie.** — On donne le nom général de *condensateurs* à des appareils qui servent à accumuler, sur des surfaces relativement petites, des quantités considérables d'électri-

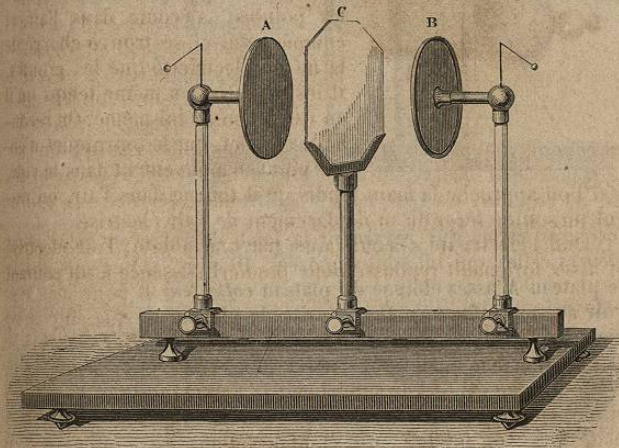


Fig. 502.

cié. On en a construit de diverses sortes, tous fondés sur le principe de l'électrisation par influence (628), et se composant essentiellement de deux corps conducteurs séparés par un corps non conducteur. Nous décrirons d'abord le *condensateur d'Æpinus*.

Cet appareil se compose de deux plateaux circulaires de cuivre A et B (fig. 502), et d'une lame de verre C qui les sépare. Ces plateaux, munis chacun d'un petit pendule électrique, sont isolés sur deux colonnes de verre, et les pieds de celles-ci peuvent être déplacés le long d'une règle de cuivre qui leur sert de support, de manière à écarter ou à rapprocher à volonté les deux plateaux. Lorsqu'on veut accumuler les deux électricités sur les plateaux,

on les met en contact avec la lame de verre, comme le représente la figure 503; puis, au moyen de cordons métalliques, on fait communiquer l'un d'eux, B par exemple, avec la machine électrique, et l'autre avec le sol.

Pour nous rendre compte comment l'électricité s'accumule dans cet appareil, convenons d'appeler, sur les deux plateaux, faces an-

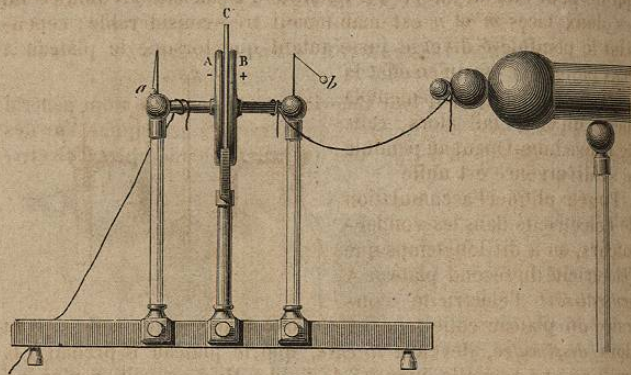


Fig. 503.

tières celles qui regardent la lame de verre, et faces postérieures celles qui lui sont opposées. De plus, supposons d'abord le plateau A assez éloigné du plateau collecteur B pour n'en recevoir aucune influence. Dans ce cas, le plateau B, mis en communication avec la machine électrique, prend une charge maximum qui se distribue également sur ses deux faces, et le pendule *b* diverge fortement. Si l'on supprimait la communication avec la machine, rien ne serait changé; mais qu'on approche lentement le plateau A, son fluide neutre étant décomposé par l'influence de B, l'électricité négative se porte sur la face antérieure *n* (fig. 504), et la positive s'écoule dans le sol. Or, l'électricité négative du plateau A réagissant à son tour sur l'électricité positive du plateau B, le fluide de celui-ci cesse d'être également distribué sur ses deux faces et se rend en partie sur la face antérieure *m*. La face postérieure *p* ayant ainsi abandonné une grande portion de son électricité, sa tension a diminué et ne peut plus faire équilibre à la tension de la machine. Une nouvelle quantité d'électricité s'écoule donc de celle-ci sur le plateau B, où, agissant comme ci-dessus, elle décompose par influence une deuxième quantité de fluide neutre sur le plateau A. De là, nouvelle accumulation de fluide négatif sur la face *n*, e t, par suite, de fluide positif sur la face *m*. Mais à chaque fois

que la machine cède de l'électricité au plateau collecteur, une partie seulement de cette électricité passant sur la face *m*, et l'autre restant sur la face *p*, la tension sur celle-ci va toujours croissant, jusqu'à ce qu'elle égale celle de la machine. A partir de ce moment, l'équilibre s'établit, et l'on est arrivé à une limite de charge qui ne peut être dépassée. La quantité d'électricité accumulée sur les deux faces *m* et *n* est maintenant très-considérable; cependant le pendule *b* diverge juste autant que lorsque le plateau A était éloigné; c'est qu'en effet la tension en *p* est précisément la même qu'elle était alors: celle de la machine. Quant au pendule *a*, sa divergence est nulle.

Pour expliquer l'accumulation de l'électricité dans les condensateurs, on a dit longtemps que l'électricité du second plateau A neutralisait l'électricité con-

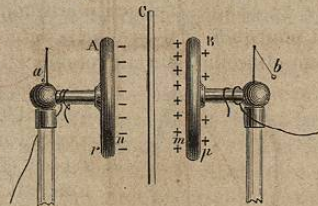


Fig. 504.

traire du plateau collecteur, et que c'était parce que celle-ci était alors *dissimulée*, devenue *latente*, que le plateau B prenait à la machine une nouvelle quantité de fluide. Mais on voit, par ce qui précède, qu'il est inutile d'avoir recours à aucune hypothèse particulière sur l'état de l'électricité, pour donner une théorie complète des condensateurs.

Lorsque le condensateur est chargé, c'est-à-dire lorsque les électricités contraires sont accumulées sur les faces antérieures, on rompt les communications avec la machine électrique et avec le sol, en enlevant les deux chaînes métalliques. Or, d'après ce qui a été dit ci-dessus, le plateau A est chargé de fluide négatif seulement sur sa face antérieure *n* (fig. 504), l'autre face étant à l'état neutre. Au contraire, le plateau B est électrisé positivement sur ses deux faces, mais inégalement: l'accumulation ayant lieu sur la face antérieure *p*, tandis que sur la postérieure *m* la tension égale seulement celle de la machine au moment où l'on a rompu les communications. En effet, le pendule *b* diverge, et *a* reste vertical. Mais si l'on écarte les deux plateaux, on voit les deux pendules diverger (fig. 502); ce qui résulte de ce que les électricités contraires ne réagissant plus d'un plateau à l'autre, le fluide positif se distribue également sur les deux faces du plateau B, et le fluide négatif sur celles du plateau A.

647. **Décharge lente et décharge instantanée.** — Les plateaux étant en contact avec la lame isolante (fig. 503), et les chaînes enlevées, on peut décharger le condensateur, c'est-à-dire

le ramener à l'état neutre, de deux manières : par une décharge lente, ou par une décharge instantanée. Pour le décharger lentement, on touche avec le doigt d'abord le plateau B, c'est-à-dire celui qui contient un excès d'électricité; on en tire alors une étincelle, et toute l'électricité de la face p s'écoulant dans le sol, le pendule b retombe, mais a diverge. En effet, le plateau B, ayant perdu une partie de son électricité, ne conserve sur la face m que celle retenue par l'électricité négative du plateau A. Or, à cause de la distance, la quantité d'électricité retenue en B est moindre que celle de A; ce qui explique pourquoi le pendule a se met à diverger, et pourquoi, si l'on touche actuellement le plateau A, on en tire une étincelle, qui fait retomber le pendule a et diverger b ; et ainsi

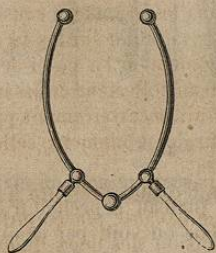


Fig. 505 (h = 41).

de suite, en continuant à toucher alternativement les deux plateaux. La décharge ne s'opère ainsi que fort lentement, et si l'air est sec, elle exige plusieurs heures. Si l'on touchait d'abord le plateau A, qui est le moins électrisé, on ne lui enlèverait point d'électricité, puisque toute celle qu'il possède est retenue par celle du plateau B. Lorsqu'on veut décharger instantanément le condensateur, on met en communication les deux plateaux au moyen de l'excitateur. On nomme ainsi un système de deux arcs de laiton terminés par des boules de même métal et réunis par une charnière. Quand ces arcs sont munis de manches isolants de verre, comme le montre la figure 505, l'appareil se désigne sous le nom d'excitateur à manches de verre; si les arcs n'ont pas de manches (fig. 508), on lui donne le nom d'excitateur simple. Pour faire usage de l'excitateur, on applique l'une de ses boules sur un des plateaux du condensateur, et l'on approche l'autre du second plateau; il jaillit alors une forte étincelle qui provient de la recombinaison des électricités contraires accumulées sur les deux faces du condensateur. Toutefois la recombinaison n'est pas complète, car on peut encore tirer, de la même manière, une deuxième, une troisième étincelle, et même davantage, mais de plus en plus faible. On conclut de là que, lorsque les deux plateaux communiquent entre eux, leurs deux électricités ne peuvent se réunir en totalité. Ce phénomène provient de ce que les deux faces du carreau de verre électrisées par l'influence des plateaux métalliques réagissent à leur tour sur ceux-ci pour retenir leur électricité.

Quand on décharge le condensateur avec l'excitateur, même simple, quoiqu'on tienne celui-ci à la main, on ne ressent aucune

commotion. Cela tient à ce que de deux conducteurs le fluide électrique choisissant toujours le meilleur, la recombinaison des deux électricités s'opère par l'arc métallique, et non par le corps de l'expérimentateur. Mais si, touchant d'une main une des faces du condensateur, on approche l'autre main de la seconde face, la recombinaison s'opère par les bras et par le corps, et l'on ressent une commotion d'autant plus vive, que la surface du condensateur est plus grande et la charge électrique plus forte.

648. **Limite de charge des condensateurs.** — La quantité d'électricité qui peut s'accumuler sur chaque face du condensateur est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la tension de la source et à la surface des plateaux, mais elle décroît quand l'épaisseur de la lame isolante augmente. Dans tous les cas, deux causes limitent la quantité d'électricité qui peut s'accumuler sur les faces du condensateur. La première, c'est que, comme on l'a vu ci-dessus, la quantité d'électricité libre sur le plateau collecteur croissant graduellement, la tension sur ce plateau finit nécessairement par égaler la tension sur la machine, et, à partir de ce moment, celle-ci ne peut rien céder au condensateur.

La deuxième cause est la résistance limitée que présente à la recombinaison des deux électricités la lame isolante placée entre les deux plateaux; en effet, lorsque la tension des deux fluides pour se recombinaison l'emporte sur la résistance de cette lame, elle est trouée, et les fluides contraires se réunissent.

649. **Calcul de la force condensante.** — On nomme *force condensante*, le rapport entre la charge totale que prend le plateau collecteur quand il est influencé par le second plateau, à celle qu'il recevrait s'il était seul; ou, ce qui revient au même, le rapport entre la quantité totale d'électricité du plateau collecteur à celle qui s'y trouve libre; car on a vu que l'électricité qui reste libre sur le plateau collecteur est précisément celle qu'il prend étant seul (646).

Pour calculer la force condensante, soient P la quantité totale d'électricité positive sur le plateau collecteur, N la quantité totale d'électricité négative sur le second plateau, et a l'électricité libre sur le premier, on a $N = mP$ [1], m étant une fraction dont la valeur est d'autant plus voisine de l'unité, que la lame isolante entre les deux plateaux est plus mince. Or, si l'on touche le plateau collecteur, on lui enlève son électricité libre a . Les rôles sont donc changés; c'est le second plateau dont la charge est actuellement la plus grande, mais dans un rapport encore égal à m , la lame isolante étant la même; c'est-à-dire qu'on a

$$P - a = mN \text{ [2], ou } P - a = m^2P \text{ [3],}$$

en remplaçant N par sa valeur donnée par l'égalité [1]. De l'égalité [3] on tire

$$\frac{P}{a} = \frac{1}{1 - m^2},$$

rapport qui n'est autre chose que la force condensante cherchée. Quant à la valeur de m , elle se détermine par l'expérience, à l'aide du plan d'épreuve et de la balance de torsion.

650. **Carreau fulminant.** — Le *carreau fulminant* est un con-

densateur plus simple que celui d'Épinus, et plus propre à donner de vives étincelles et de fortes commotions. Il est formé d'un carreau de verre ordinaire entouré d'un cadre de bois. Sur les deux faces de ce carreau sont collées deux feuilles d'étain en regard l'une de l'autre, et laissant entre leurs bords et le cadre un intervalle de 6 centimètres environ. Les deux feuilles d'étain ne communiquent pas entre elles, mais l'une d'elles communique avec le

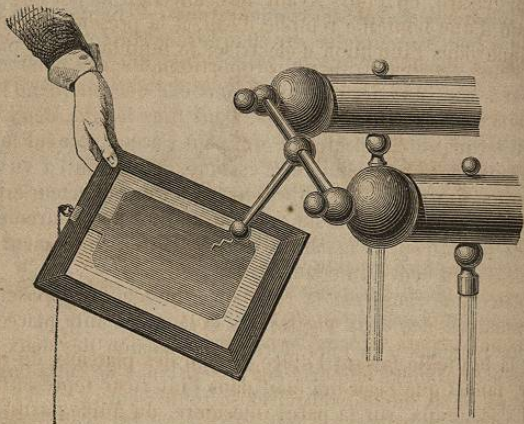


Fig. 506 (l = 42).

cadre par un petit ruban d'étain qui se replie (fig. 506) de manière à être en contact avec un anneau auquel est suspendue une chaîne. Pour charger le carreau fulminant, on présente à la machine électrique la feuille d'étain isolée, c'est-à-dire celle qui ne communique pas au cadre de bois. Comme l'autre feuille est mise, par la chaîne, en communication avec le sol, les deux feuilles se comportent absolument comme les plateaux du condensateur d'Épinus, et il s'accumule sur l'une et sur l'autre une grande quantité d'électricités contraires.

Le carreau fulminant se décharge, comme le condensateur (647), avec l'excitateur simple. Pour cela, tenant le carreau à la main, on applique une des boules de l'excitateur sur l'extrémité de la petite bande d'étain qui appartient à la feuille inférieure; puis, courbant l'excitateur, on approche l'autre boule de la feuille supérieure. Il jaillit alors une vive et bruyante étincelle, due à la recomposition des deux électricités, mais sans que l'opérateur ressente la moindre commotion, car la recomposition s'opère tout entière par l'arc métallique. Si, au contraire, tenant toujours

l'appareil de la même manière, on touche en même temps les deux feuilles d'étain avec les mains, on reçoit une forte commotion, car la recomposition électrique s'opère par les bras et par le corps.

651. **Bouteille de Leyde.** — La *bouteille de Leyde*, ainsi appelée du nom de la ville où elle fut inventée, est due au Hollandais Musschenbroek (les uns disent à Cuneus, son élève), qui la découvrit par hasard, en 1746. Ayant fixé une tige métallique dans le bouchon d'une bouteille remplie d'eau, il la présenta à la machine électrique dans l'intention d'électriser le liquide. Or, la main qui

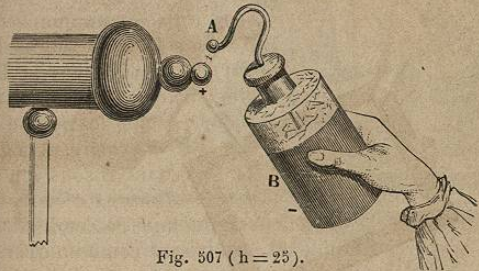


Fig. 507 (h = 25).

tenait la bouteille faisant l'office de l'un des plateaux du condensateur, tandis que l'eau qui était dans l'intérieur représentait l'autre, il s'accumula, sur la paroi intérieure, du fluide positif, et, sur la portion de la paroi extérieure en contact avec la main, du fluide négatif. En effet, ayant approché une main de la tige métallique, tandis que de l'autre il tenait toujours la bouteille, Musschenbroek recut, dans les bras et dans la poitrine, une commotion tellement forte, qu'il écrivait à Réaumur, peu de temps après, qu'il ne recommencera pas pour le royaume de France.

Cependant, cette expérience une fois connue, on s'empressa de toutes parts de la répéter. L'abbé Nollet, professeur de physique à Paris, remplaça, le premier, l'eau qui était dans la bouteille par des feuilles chiffonnées d'étain, de cuivre, d'argent ou d'or. Déjà un physicien anglais avait reconnu qu'en recouvrant l'extérieur de la bouteille d'une feuille d'étain, les commotions étaient beaucoup plus vives. La bouteille de Leyde prit donc peu à peu la forme qu'on lui donne aujourd'hui, mais on en ignorait encore la théorie; c'est Franklin qui la fit connaître, le premier, en faisant voir que la bouteille de Leyde est, ainsi que le carreau fulminant, un véritable condensateur.

Représentée dans la figure 507, au moment où on la charge, la bouteille de Leyde se compose d'un flacon de verre mince dont la grandeur varie suivant la quantité d'électricité qu'on veut accu-

muler. L'intérieur est rempli de feuilles de cuivre ou d'or battu. Sur la paroi extérieure est collée une feuille d'étain B qui recouvre aussi le fond, mais qui doit laisser le verre à nu jusqu'à une assez grande distance du goulot. On adapte au col un bouchon de

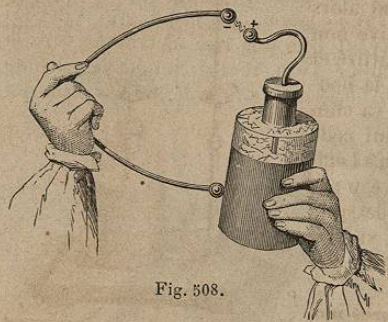


Fig. 508.

liège dans lequel passe, à frottement dur, une tige de cuivre recourbée en forme de crochet, et terminée par un bouton A; à l'intérieur, cette tige communique avec les feuilles d'or ou de cuivre qui remplissent la bouteille: ces feuilles se désignent sous le nom d'*armature intérieure*, et la feuille d'étain B sous celui d'*armature extérieure*.

La bouteille de Leyde se charge, comme le condensateur d'Æpinus et le carreau fulminant, en faisant communiquer l'une des armatures avec le sol, et l'autre avec une source électrique. Pour cela, on la tient à la main par l'armature extérieure, et l'on présente l'armature intérieure à la machine électrique: le fluide positif s'accumule alors sur les feuilles d'or, et le fluide négatif sur l'étain. C'est le contraire qui aurait lieu si, tenant la bouteille par le crochet, on présentait l'armature extérieure à la machine. Du reste, la théorie de la bouteille de Leyde est identiquement la même que celle qui a été donnée pour le condensateur, et tout ce qui a été dit de celui-ci (646) s'applique à la bouteille, en substituant ses deux armatures aux plateaux A et B de la figure 503.

Comme le condensateur, elle se décharge lentement ou instantanément. Pour la décharger instantanément, on la tient à la main, comme le représente la figure 508, et l'on met en communication les deux armatures à l'aide de l'excitateur simple, en ayant soin de toucher *d'abord* l'armature qu'on tient à la main, sinon on reçoit la commotion. Pour la décharger lentement, on l'isole sur un gâteau de résine, et l'on touche alternativement, avec la main ou avec une tige de métal, l'armature intérieure, puis l'armature extérieure, et ainsi de suite, tirant à chaque contact une étincelle faible.

Pour rendre plus sensible la décharge lente, on dispose la bouteille de Leyde comme le représente la figure 509. La tige est droite et munie d'un petit timbre; près de la bouteille est une

tige métallique portant un second timbre semblable au premier, et un petit pendule électrique formé d'une boule de cuivre suspendue à un fil de soie. Cela posé, la bouteille n'étant point fixée à la planchette *m*, on la prend à la main par l'armature extérieure, et on la charge en la présentant à la machine électrique; puis on la remet sur la planchette. L'armature intérieure contenant alors un excès d'électricité positive non neutralisée, le pendule est attiré et vient heurter le timbre de la bouteille; repoussé aussitôt, il va choquer le second timbre et lui cède son électricité; mais revenu à l'état neutre, il est attiré de nouveau par le premier timbre, et ainsi de suite pendant plusieurs heures, si l'air est sec et la bouteille un peu grande.

652. **Bouteille à armatures mobiles.** — La bouteille à armatures mobiles sert à démontrer que, dans

la bouteille de Leyde et dans tous les condensateurs, en général, ce n'est pas uniquement sur les armatures que résident les deux électricités contraires, mais principalement sur les faces du verre qui les sépare. Cette bou-

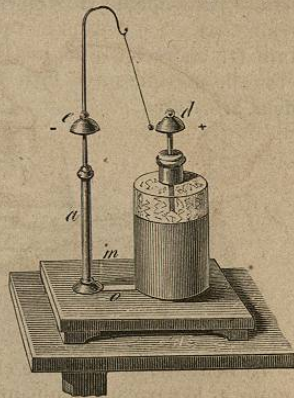


Fig. 509.

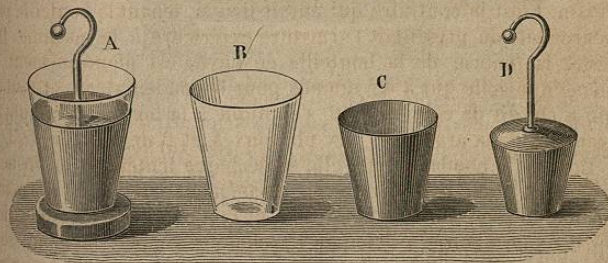


Fig. 510 (h = 20).

teille, dont les différentes pièces peuvent se séparer, se compose d'un grand vase conique de verre B (fig. 510), d'une armature extérieure de fer-blanc C, et d'une armature intérieure de même matière D. Ces pièces, placées les unes dans les autres, comme le montre la figure A, constituent une bouteille de Leyde complète. Après l'avoir électrisée comme la bouteille ordinaire et

isolée sur un gâteau de résine (fig. A), on enlève avec la main l'armature intérieure, ensuite le vase de verre, puis enfin l'armature extérieure, et l'on dispose toutes ces pièces les unes à côté des autres, comme le représente le dessin ci-dessus. Or, les deux armatures se trouvent évidemment ramenées ainsi à l'état neutre. Cependant, si, remettant l'armature C sur le gâteau de résine, on place dedans le vase de verre, et dans celui-ci l'armature D, on reconstitue une bouteille de Leyde qui donne une étincelle presque aussi forte que si l'on n'avait pas déchargé les deux armatures.

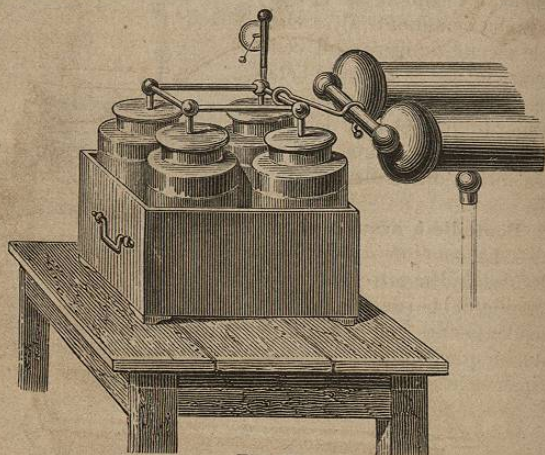


Fig. 511.

Pour rendre compte de ce phénomène, on admet ordinairement que les deux électricités, obéissant à leur attraction réciproque, abandonnent les armatures pour se porter sur les deux faces du verre, desquelles elles repassent ensuite sur ces mêmes armatures au moment où on les met en communication. Mais, ainsi qu'on l'a déjà vu pour la décharge des condensateurs (647), le phénomène doit plutôt s'expliquer par l'électrisation par influence que prennent les parois intérieure et extérieure du verre en présence des armatures, électrisation en vertu de laquelle ces parois réagissent à leur tour sur les armatures pour les électriser de nouveau, aussitôt qu'on les remet en place.

653. **Jarres et batteries électriques.** — Une jarre est une grande bouteille de Leyde à goulot assez large pour qu'on puisse coller sur sa paroi interne une feuille d'étain qui sert d'armature

intérieure. La tige qui traverse le bouchon est droite et terminée, à la partie inférieure, par une chaîne métallique qui la met en communication avec la feuille d'étain formant l'armature intérieure.

Une batterie est une réunion de plusieurs jarres placées dans une caisse de bois (fig. 511), et communiquant ensemble, à l'intérieur, au moyen de tiges de métal, et extérieurement par une feuille

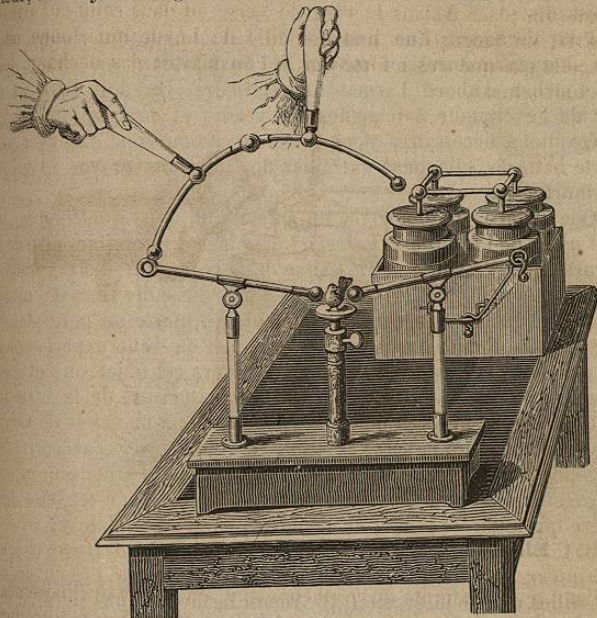


Fig. 512.

d'étain qui revêt le fond de la caisse et se trouve en contact avec les armatures extérieures des jarres. Cette même feuille d'étain se prolonge latéralement jusqu'à la rencontre de deux poignées métalliques fixées sur les parois de la caisse. La batterie se charge, comme le montre la figure ci-contre, en faisant communiquer les armatures intérieures avec la machine électrique, et les armatures extérieures avec le sol par le bois même de la caisse et de la table sur laquelle est placée la batterie, ou mieux par une chaîne métallique fixée à l'une des poignées de la caisse. Un électromètre à cadran, fixé à l'une des jarres, sert à indiquer la charge de la batterie. Malgré la grande quantité d'électricité accumulée dans l'appareil, l'électromètre ne diverge que fort lentement et d'un