

sont placées dans une caisse de bois dont l'intérieur est garni d'une feuille d'étain, qui met en communication toutes les armatures intérieures et qui communique elle-même avec la poignée métallique A.

Pour charger la batterie, on met l'anneau D en communication avec

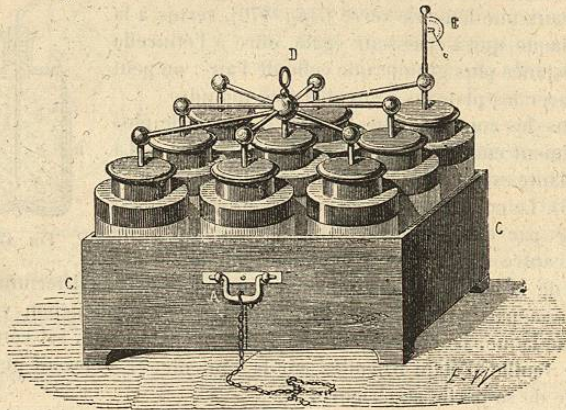


Fig. 475. — Batterie électrique.

une machine électrique, et la poignée A en communication avec le sol par une chaîne métallique. Un électromètre de Henley, placé en E, permet de se rendre compte des progrès que fait la charge.

694. Décharge successive d'un condensateur. — Un condensateur à lame de verre ayant été chargé comme nous l'avons dit, et les communications avec la machine et avec le sol ayant été interrompues, si l'on approche le doigt du plateau A qui contient de l'électricité libre (fig. 476), on en tire une petite étincelle : aussitôt le pendule de ce plateau tombe au repos, et celui du plateau B diverge. — On voit, en effet, que le contact du doigt a dû enlever au plateau A une partie de l'électricité positive qu'il contenait, et qui attirait l'électricité négative à la face interne de B : dès lors, une partie de l'électricité négative de B a dû devenir libre, et produire la divergence du pendule de ce côté. — En touchant maintenant le plateau B, on obtient de même

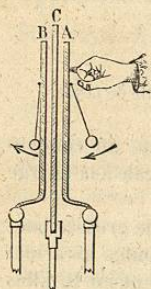


Fig. 476.

une petite étincelle, et le pendule de B retombe, tandis que celui de A diverge. L'explication précédente est encore applicable, puisque les rôles des deux plateaux sont simplement intervertis. — En continuant à toucher alternativement l'un et l'autre plateau, on obtient des étincelles de plus en plus faibles. Théoriquement, on ne doit jamais arriver ainsi

à décharger complètement le condensateur, puisqu'on n'enlève, à chaque contact, qu'une fraction de la charge restante (*).

L'expérience peut s'effectuer d'une manière semblable avec une bouteille de Leyde, placée sur un support isolant. — On peut aussi faire en sorte que la décharge successive s'effectue d'elle-même, à l'aide d'une disposition ingénieuse qui est due à Franklin (fig. 477). La tige de la bouteille porte un timbre C, et la panse communique avec un autre timbre A. Une petite balle métallique B, isolée par un fil de soie, est placée entre les deux timbres : elle est successivement attirée par C et A, et décharge la bouteille par une série de petites étincelles. On obtient ainsi un carillon continu, jusqu'à ce que la bouteille soit à peu près déchargée.

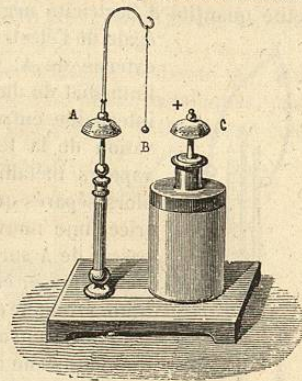


Fig. 477. — Carillon.

695. Décharge instantanée. — La décharge instantanée s'obtient en établissant une communication par un corps conducteur, entre les deux armatures d'un condensateur chargé. C'est ce qu'on peut faire en appliquant une main sur l'une des armatures, et venant toucher l'autre armature avec l'autre main ; mais la combinaison des électricités contraires à travers le corps humain produit une commotion qui est souvent pénible. — On préfère se servir d'un excitateur (fig. 478), formé de deux arcs métalliques articulés à charnière, et dont les extrémités libres sont terminées par des boules. Quand on veut opérer sur des condensateurs fortement chargés, on isole les arcs métalliques par des manches de verre M, M'.

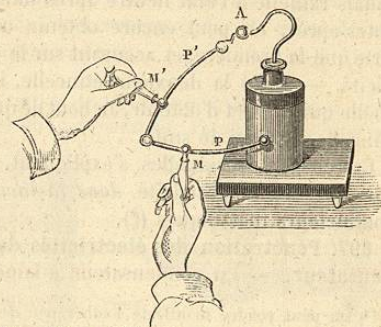


Fig. 478. — Décharge de la bouteille de Leyde.

Voici comment on peut analyser le phénomène de la décharge instantanée. — Supposons que, après avoir chargé un condensateur à plateaux, on mette l'une des boules F de l'excitateur en contact avec le plateau B (fig. 479), et qu'on approche lentement l'autre boule G du

(*) On trouvera, dans les problèmes d'électricité, le calcul des quantités d'électricité qui interviennent dans les décharges successives d'un condensateur sphérique.

plateau A. L'équilibre électrique ne peut plus subsister : sous l'influence de l'électricité libre de A, il doit apparaître en G de l'électricité négative, et, quand la distance devient suffisamment petite, il doit se produire, entre A et G, une étincelle due à la combinaison, à travers l'air, de la petite quantité d'électricité négative induite en G, avec une quantité

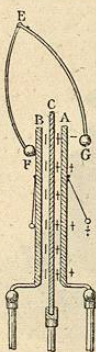


Fig. 479.

égale de l'électricité positive qui est libre sur la face externe de A. Cette première décharge a pour effet immédiat de diminuer la résistance de la couche d'air interposée entre la boule et le plateau, tant par l'élévation de la température que par l'entraînement de vapeurs métalliques; les plateaux A et B, n'étant plus alors séparés que par une couche à peu près conductrice, une nouvelle quantité d'électricité positive peut passer de A sur B, l'électricité négative se déplaçant en sens inverse, en sorte qu'il se produit ainsi une série ininterrompue d'étincelles, jusqu'à ce que les deux plateaux arrivent au même potentiel. — On s'explique ainsi que l'étincelle de la décharge instantanée soit beaucoup plus sonore et beaucoup plus brillante que celles de la décharge successive. On observe d'ailleurs que la couleur de l'étincelle varie avec la nature des métaux qui forment les surfaces en présence.

leur de l'étincelle varie avec la nature des métaux qui forment les surfaces en présence.

696. Charges résiduelles. — Un condensateur à lame de verre, n'est jamais ramené à l'état neutre après une seule décharge; quelques minutes après, on peut encore obtenir une deuxième étincelle, moins forte que la première, et accusant sur le condensateur un *résidu* d'électricité. — Après la deuxième étincelle, il reste encore une charge résiduelle qui permet d'obtenir, au bout de quelques instants, une troisième étincelle, et ainsi de suite.

Ces charges résiduelles s'expliquent, comme on va le voir, par la pénétration de l'électricité *dans la lame isolante* qui sépare les deux conducteurs métalliques (*).

697. Pénétration des électricités dans la lame isolante d'un condensateur. — Un condensateur à lame de verre étant chargé, si l'on

(*) On peut rendre manifeste l'adhérence de l'électricité pour les corps mauvais conducteurs, par l'expérience des *figures de Lichtenberg*. — On touche, avec un corps chargé d'électricité positive, divers points d'un gâteau de résine, de manière à y tracer une figure invisible, un cercle, par exemple. On trace ensuite, avec un corps chargé d'électricité négative, une autre figure, par exemple deux diamètres. Si l'on projette alors sur le gâteau un mélange de soufre et de minium pulvérisés, on voit les deux figures apparaître, l'une avec la couleur jaune du soufre, l'autre avec la couleur rouge du minium. Ce résultat s'explique en remarquant que, au moment de la projection de la poudre, le contact des grains les uns avec les autres a chargé le soufre d'électricité négative, et le minium d'électricité positive : le soufre s'est porté sur les points du gâteau où l'électricité positive était restée adhérente; le minium, sur les points chargés d'électricité négative.

éloigne du verre les plateaux métalliques (fig. 471), et qu'on touche ensuite successivement les deux plateaux A et B, on voit les deux pendules retomber. Cependant, si l'on applique de nouveau les plateaux sur la lame de verre, on tire encore du système une vive étincelle. C'est donc *sur le verre* que se trouvaient, en plus grande partie, les électricités contraires.

On peut encore le démontrer avec une bouteille de Leyde (fig. 480) dont les armatures A et B sont formées par des pièces métalliques, pouvant se détacher du bocal de verre intermédiaire C. — On charge cette

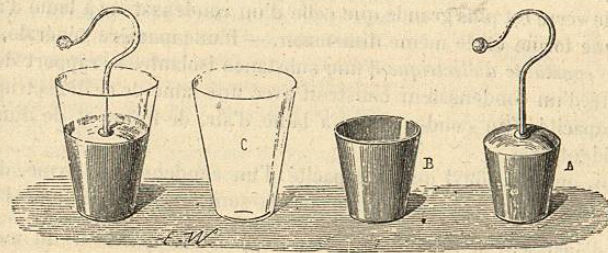


Fig. 480. — Bouteille à armatures mobiles.

bouteille, et on la place sur un support isolant; on enlève avec la main l'armature intérieure, ce qui conduit son électricité dans le sol; on retire ensuite le vase de verre C, et l'on met l'armature extérieure B en communication avec le sol. Si l'on recompose alors la bouteille, on peut encore obtenir une décharge très forte.

Pour mettre en évidence la pénétration des deux électricités à l'intérieur de la lame isolante, pendant la charge du condensateur, Faraday a construit un

condensateur (fig. 481) avec deux plaques métalliques *a* et *b*, séparées par deux lames épaisses de blanc de baleine C et D appliquées l'une contre l'autre. Le système étant chargé, on rompt les communications avec la machine et avec le sol, et l'on tire une étincelle avec l'excitateur. Si l'on examine les plaques métalliques *a* et *b* immédiatement après cette décharge, on les trouve à l'état neutre; si l'on abandonne ensuite à lui-même le système isolé, on trouve, sur les plaques, des *charges de retour* plus faibles, mais de même sens que les charges primitives. — Ces charges de retour sont d'autant plus considérables, qu'on a plus longtemps abandonné l'appareil à lui-même avant d'effec-

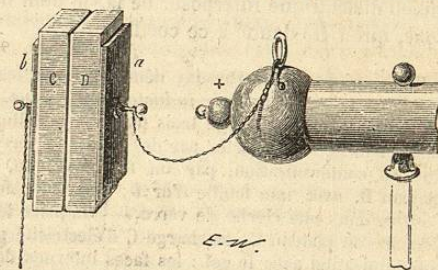


Fig. 481.

tuer la décharge. Donc, pendant la charge et dans les instants suivants, les deux électricités contraires, s'attirant mutuellement, avaient pénétré progressivement dans la lame isolante, à une profondeur assez grande pour ne plus leur permettre d'intervenir dans la décharge.

698. Influence de la nature de la lame isolante. — Pouvoir inducteur spécifique du diélectrique. — La lame isolante d'un condensateur ne joue pas seulement le rôle d'une sorte de barrière, s'opposant à la combinaison des électricités accumulées sur les deux armatures. L'expérience montre, en outre, que la capacité d'un condensateur à lame de verre est plus grande que celle d'un condensateur à lame d'air, de même forme et de même dimension. — D'une manière générale, on appelle *constante diélectrique* d'une substance isolante, le rapport de la capacité d'un condensateur construit avec une lame de ce diélectrique, à la capacité d'un condensateur à lame d'air, de forme et de dimensions identiques.

Ainsi, on a vu (692) que la capacité d'un condensateur fermé, dans lequel les deux armatures, de surface S , sont séparées par une lame d'air, d'épaisseur e très petite, est $C = \frac{S}{4\pi e}$; la capacité C' du même

condensateur, à lame de verre, est donnée par l'expression $C' = k \frac{S}{4\pi e}$,

le coefficient k étant plus grand que l'unité : c'est la *constante diélectrique*, caractéristique du verre qui a été employé. — On peut dire encore que, au point de vue de la capacité, le condensateur à lame de verre se comporte comme un condensateur à lame d'air dans lequel la distance des armatures serait réduite dans le rapport de k à 1.

Ce résultat peut s'expliquer en admettant que, à une même distance, l'*influence* exercée entre deux conducteurs varie avec la nature du milieu diélectrique interposé. De là, le nom de *pouvoir inducteur spécifique*, qui a été donné à ce coefficient k .

Une expérience de Faraday démontre que les divers corps diélectriques n'ont pas le même *pouvoir inducteur spécifique*.

L'appareil se compose de trois plateaux métalliques A, C, B (fig. 482), placés parallèlement et supportés par des pieds de verre mobiles. Le plateau A est mis en communication, par un fil métallique, avec une feuille d'or a ; le plateau B, avec une feuille d'or b ; ces deux feuilles sont *isolées l'une de l'autre*, dans une cloche de verre. — On place les plateaux A et B à la même distance du plateau C, on charge C d'électricité positive, A et B étant mis en communication avec le sol : les faces internes de A et B prennent alors une charge négative, mais les feuilles a et b restent à l'état neutre, et l'on n'observe entre elles ni attraction, ni répulsion. Enfin, on supprime les communications de A et de B avec le sol, et les choses restent dans le même état. — On voit que C joue, soit par rapport à A, soit par rapport à B, le rôle d'inducteur : il développe, dans l'un et dans l'autre, à une même distance, des charges négatives égales.

Or, si l'on approchait alors A de C, il y aurait dans A une nouvelle décomposition, faisant apparaître dans la feuille a de l'électricité *positive*. D'autre part, l'accumulation d'électricité négative dans le plateau A devenant plus grande que primitivement, la distribution de l'électricité positive sur C serait modifiée; par suite, une partie de l'électricité négative primitivement retenue sur la face interne du plateau B étant mise en liberté, on verrait apparaître dans la feuille b de l'électricité *négative*. Dès lors, il se produirait une *attraction* entre les feuilles d'or. — On observerait encore le même effet d'*attraction*, mais avec des *charges inverses*, si l'on éloignait A de C. — On peut d'ailleurs vérifier ces résultats par l'expérience, et ces essais préliminaires peuvent donner une idée du degré de sensibilité de l'appareil.

Voici maintenant l'expérience de Faraday. — Les deux plateaux A et B étant à une même distance de C, et l'appareil ayant été chargé comme il a été dit, on interpose entre A et C une plaque de gomme laque, *sans modifier les distances* des plateaux métalliques. On observe alors une *attraction* entre les feuilles d'or; celles-ci retombent verticalement, dès qu'on enlève la plaque de gomme laque. — La substitution de la plaque de gomme laque, à une couche d'air de même épaisseur, a donc *modifié* l'induction exercée par le plateau C sur le plateau A. Or, Faraday a constaté que la feuille a prenait, dans l'expérience ainsi faite, une charge *positive*; il en résulte que la gomme laque a un *pouvoir inducteur plus grand* que celui de l'air. — Il en est de même du verre. — Enfin, de tous les corps sur lesquels ont porté les expériences de Faraday, c'est le mica qui a le *pouvoir inducteur* le plus considérable.

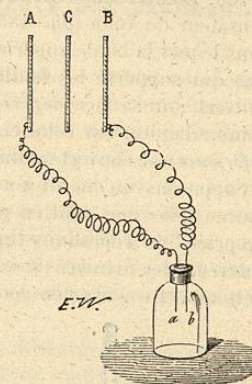


Fig. 482.
Expérience de Faraday.

699. Condensateurs étalons, pour la mesure des capacités. — Pour évaluer expérimentalement la capacité d'un condensateur, tel qu'une bouteille de Leyde, l'armature extérieure étant reliée au sol, on compare (672) la capacité de son armature intérieure à celle d'un *étalon de capacité*, qui est ordinairement le microfarad (669) ou une de ses subdivisions.

Mais, pour obtenir, au moyen d'un conducteur unique, de forme sphérique, un étalon de capacité d'un microfarad, le calcul montre qu'il faudrait donner à la sphère un rayon de 9 kilomètres : l'emploi de condensateurs permet, au contraire, de réaliser un pareil étalon sous un petit volume. — Les *condensateurs étalons* sont formés de lames de mica, superposées; sur chacune des faces de ces lames, sont collées des feuilles d'étain. Toutes les feuilles d'ordre impair communiquent ensemble, d'un côté de la pile de lames, et constituent le collecteur; les feuilles d'ordre pair sont réunies entre elles, de l'autre côté : on les met en communication avec le sol, par les conduites d'eau. On règle le nombre des

lames, de manière que la capacité du collecteur soit d'un microfarad, ou d'une subdivision du microfarad (*).

700. Électroscope condensateur de Volta. — L'électroscope condensateur de Volta (fig. 485) est un électroscope à feuilles d'or (676), dans lequel la boule supérieure est remplacée par un condensateur. La tige qui supporte les feuilles se termine par un plateau métallique A, couvert sur sa face supérieure d'une couche mince d'un vernis à la gomme laque : sur celui-ci, on pose un second plateau B, dont la face inférieure est couverte d'une couche du même vernis.

Supposons qu'on ait à reconnaître la nature de l'électricité d'une source telle que, tout en n'ayant qu'un potentiel très petit, elle ait la propriété de reproduire instantanément l'électricité qui lui aura été enlevée, de manière à conserver toujours ce même potentiel (**). Mettons cette source en communication avec la face inférieure du plateau A, et touchons le plateau supérieur B avec la main. Les couches de vernis qui forment la lame isolante du condensateur n'ayant qu'une épaisseur très petite, la capacité électrique du plateau A est considérable; par suite, quoique le potentiel V de la source ait une très petite valeur, la charge $q = CV$, que prend le plateau A, peut acquérir une valeur appréciable. — Supprimons maintenant les communications avec la source et avec le sol, et enlevons le plateau B au moyen de son manche de verre : l'électricité qui était accumulée sur le plateau A, n'étant plus maintenue contre la couche de vernis, se répandra sur la tige et sur les feuilles. On observera alors une divergence, et l'on pourra constater ensuite la nature de la charge de l'instrument, en approchant un corps chargé d'une électricité connue.

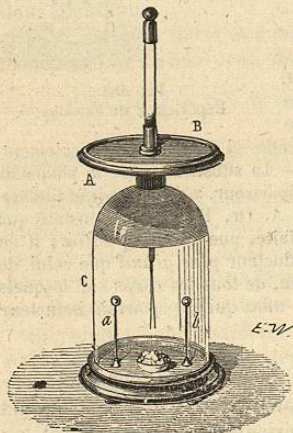


Fig. 485.
Électroscope condensateur de Volta.

tater ensuite la nature de la charge de l'instrument, en approchant un corps chargé d'une électricité connue.

(*) On peut, comme l'a indiqué M. Bouty, remplacer les feuilles d'étain par des couches d'argent infiniment minces, déposées chimiquement sur les deux faces du mica. En employant des lames de mica très minces, on construit des étalons dont la capacité est d'un microfarad, et dont le volume est celui d'un livre de petit format.

(**) Cette propriété est celle qui caractérise les sources d'électricité que nous étudierons dans le chapitre III, et qu'on désigne sous le nom de *sources voltaïques*.

VIII. — ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. — EFFETS DES DÉCHARGES.

701. Énergie potentielle d'un corps électrisé. — Quand on charge un conducteur au moyen d'une machine de Ramsden ou d'une machine de Holtz, si le mouvement est uniforme, le travail moteur de la force musculaire, appliquée à la manivelle, est égal au travail résistant des forces électriques mises en jeu dans l'appareil (24). Or ces forces électriques sont dues à la répulsion exercée par l'électricité déjà accumulée dans le conducteur, sur l'électricité qui continue à affluer : ce sont, par rapport au conducteur, des forces *intérieures*. On peut donc dire que l'électrisation d'un conducteur correspond à un *accroissement de son énergie potentielle* (51).

Réciproquement, quand un conducteur se décharge, les forces électriques intérieures agissent comme des forces motrices; par conséquent, la décharge d'un conducteur électrisé correspond à une *diminution de son énergie potentielle* (51). — L'énergie potentielle qui a disparu dans le conducteur se retrouve en quantité égale, à l'état d'énergie *actuelle*, dans les milieux que traverse successivement la décharge, soit sous forme de vibrations sonores, soit sous forme de vibrations lumineuses ou calorifiques.

Or, si l'on effectue la décharge au moyen d'un fil métallique long et fin, l'étincelle est très faible, et l'énergie se retrouve, à peu près tout entière, sous forme de vibrations calorifiques, dans le fil lui-même : si ce fil est placé dans un calorimètre, on peut mesurer la quantité de chaleur dégagée; le produit de cette quantité de chaleur, en petites calories, par l'équivalent mécanique de la petite calorie, 41 700 000, représente, en *ergs*, l'énergie potentielle électrique W que le conducteur avait acquise par l'électrisation, et qu'il a perdue par la décharge. — Cette énergie W ne dépend d'ailleurs pas uniquement de la quantité d'électricité mise en jeu dans la décharge. De même que, dans la chute d'une certaine quantité d'eau, la perte d'énergie dépend à la fois de la masse de l'eau et de la hauteur de chute; de même, l'énergie potentielle d'un conducteur électrisé, c'est-à-dire l'énergie qui apparaît à l'état actuel dans le phénomène de la décharge, dépend à la fois de *sa charge* et de *son potentiel*. — On démontre que l'énergie W du conducteur, évaluée en *ergs*, a pour mesure le demi-produit de sa charge Q par son potentiel V, ces deux quantités étant évaluées en unités électrostatiques C.G.S. : c'est-à-dire que l'on a

$$W = \frac{VQ}{2}$$