

$$V_{n-1} - V_n = q \left(\frac{1}{OA_{n-1}} - \frac{1}{OA_n} \right).$$

En additionnant toutes ces égalités membre à membre, il vient

$$V - V_n = q \left(\frac{1}{OA} - \frac{1}{OA_n} \right).$$

Or, quand le point A_n se rapproche du sol, ou des parois de l'enceinte communiquant avec le sol, on voit que, d'une part, le terme $\frac{1}{OA_n}$ tend vers zéro; d'autre part, le potentiel V_n tend également vers zéro; à la limite, l'égalité précédente peut s'écrire

$$V = \frac{q}{OA}.$$

Donc, dans un champ produit par un élément unique, chargé d'une quantité d'électricité q , le potentiel à une distance x de cet élément est exprimé, en grandeur et en signe, par $V = \frac{q}{x}$.

664. Potentiel en un point d'un champ produit par une couche sphérique uniformément électrisée. — Lorsqu'une quantité d'électricité Q est uniformément distribuée sur une *couche sphérique* de rayon R (soit à la surface d'une sphère conductrice pleine, soit sur une mince enveloppe conductrice, de forme sphérique), on sait que l'action de cette couche sphérique sur un point extérieur quelconque est la même que si toute la charge Q était accumulée au centre (651, 2°). — On est ainsi ramené au cas précédent (665), c'est-à-dire que, en tout point *extérieur*, situé à une distance x du centre, la valeur du potentiel est $\frac{Q}{x}$.

En particulier, si $x = R$, c'est-à-dire si le point est pris *sur la surface même* de la sphère, la valeur du potentiel est $V = \frac{Q}{R}$.

En tout point pris à l'intérieur de la sphère, le potentiel conserve cette même valeur $\frac{Q}{R}$, puisque la force électrique en ces points est nulle (651, 1°), et que, par suite, le potentiel conserve une valeur constante (660, Rem.).

665. Potentiel en un point d'un champ produit par un système quelconque de corps électrisés. — Quels que soient les corps électrisés (conducteurs ou non) qui produisent le champ, on peut toujours les considérer comme composés d'éléments dont les charges sont respectivement $q, q', q'' \dots$ et dont les distances à un point déterminé A du

champ sont respectivement $x, x', x'' \dots$. Si l'on suppose que l'unité de masse électrique positive se déplace du point A jusqu'au sol, les travaux des forces électriques élémentaires, dues à chacun des éléments électrisés, sont respectivement $\frac{q}{x}, \frac{q'}{x'}, \frac{q''}{x''} \dots$; et le travail électrique total, c'est-à-dire le potentiel au point A , est égal à la somme algébrique des travaux élémentaires. On a donc :

$$V = \frac{q}{x} + \frac{q'}{x'} + \frac{q''}{x''} + \dots \quad \text{ou} \quad V = \sum \frac{q}{x} (*).$$

666. Capacité électrique d'un conducteur, dans des conditions déterminées. — Si l'on considère un système déterminé de conducteurs électrisés, occupant à proximité les uns des autres des positions déterminées, et en équilibre électrique, le potentiel a , pour chacun d'eux, une valeur déterminée, la même en tous les points d'un même conducteur (661), mais différente d'un conducteur à un autre. — Imaginons qu'on vienne à doubler ou tripler les masses électriques $q, q', q'' \dots$ réparties sur les divers éléments de surface de chacun d'eux. En un point quelconque, la valeur du potentiel, définie par l'expression $V = \frac{q}{x} + \frac{q'}{x'} + \frac{q''}{x''} + \dots$ deviendra double ou triple de ce qu'elle était primitivement; l'équilibre subsistera d'ailleurs entre ces nouvelles charges, puisque, dans toute l'étendue de chaque conducteur, le potentiel sera encore constant, et, par suite, la force électrique sera nulle. — Donc, si l'on considère l'un des conducteurs en particulier, on peut dire que, dans les divers états d'équilibre que l'on peut réaliser en faisant varier

(*) Le potentiel *absolu* en un point doit être considéré comme défini par la somme $\sum \frac{q}{x}$, dans laquelle on ferait intervenir, non seulement les masses électriques placées à l'intérieur de l'enceinte dont les parois conductrices reliées au sol limitent le champ étudié, mais encore les masses électriques extérieures à l'enceinte. — Ainsi défini, le potentiel absolu serait la mesure du travail électrique qui correspondrait au déplacement de l'unité d'électricité positive, depuis le point considéré jusqu'à l'infini. Dans la région de l'espace infiniment éloignée de toutes les masses agissantes, le potentiel absolu serait zéro.

En un point quelconque du champ étudié, la valeur du potentiel absolu comprendrait deux sommes de termes : l'une V , relative aux masses intérieures, n'est autre que la valeur du potentiel tel qu'il a été défini (659); l'autre U , relative aux masses extérieures inconnues, a la même valeur pour tous les points du champ, mais cette valeur est inconnue. — En un point du sol, la première somme étant nulle, la valeur du potentiel absolu du sol serait simplement représenté par U .

On ne connaît donc jamais les potentiels absolus $V + U$ des divers points du champ; mais les *différences de potentiel*, qui interviennent seules dans les phénomènes électriques (662, Rem.), sont accessibles aux mesures.

On peut donc toujours considérer un potentiel comme caractérisé par l'excès V , positif ou négatif, de ce potentiel sur celui du sol, choisi comme *zéro* de potentiel, de même qu'une température est définie par l'excès positif ou négatif de cette température sur celle de la glace fondante, choisie comme *zéro* de température.

la charge du système, deux potentiels successifs V_1 et V_2 de ce conducteur sont toujours proportionnels aux charges Q_1 et Q_2 de ce conducteur lui-même. On a donc

$$\frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_2}{V_2} = C, \quad \text{que l'on peut écrire} \quad \frac{Q_2 - Q_1}{V_2 - V_1} = C.$$

Ce rapport constant C , de l'accroissement $Q_2 - Q_1$ de la charge à l'accroissement $V_2 - V_1$ du potentiel, est ce qu'on nomme la *capacité électrique du conducteur considéré*, en présence des autres conducteurs du système : elle a pour mesure la *quantité d'électricité qu'il faut fournir à ce conducteur, dans ces conditions, pour accroître son potentiel d'une unité*.

On a considéré, d'une manière semblable, la *capacité calorifique* d'un corps (528) comme mesurée par la quantité de chaleur qu'il faut lui fournir pour élever sa température d'un degré. — Mais la capacité calorifique d'un corps, numériquement égale au produit pc de sa masse par la chaleur spécifique de la substance qui le constitue, ne dépend d'aucun autre élément; c'est une quantité constante pour un même corps. Au contraire, la capacité électrique d'un conducteur ne dépend ni de sa masse, ni de la substance dont il est formé, mais de ses dimensions extérieures; enfin, ce qu'il importe surtout de remarquer, c'est que la capacité électrique d'un même conducteur varie, comme nous le verrons (690), avec la forme et la position des autres conducteurs qui peuvent se trouver en présence; ce n'est donc plus, en général, une quantité constante, caractéristique du conducteur lui-même.

Pendant, quand un conducteur est assez éloigné de tout autre conducteur et du sol, pour qu'il ne s'exerce aucune action d'influence, sa capacité électrique ne dépend que de sa forme et de ses dimensions.

667. Capacité électrique d'un conducteur sphérique, éloigné de tout autre conducteur. — Soit une sphère conductrice de rayon R , chargée d'une quantité Q d'électricité, et soustraite à toute influence. La charge Q est distribuée uniformément sur la surface, et le potentiel

en un point quelconque de la sphère est $V = \frac{Q}{R}$ (664). En remplaçant V

par cette valeur, dans l'expression de la capacité $C = \frac{Q}{V}$, il vient $C = R$;

c'est-à-dire que *la capacité électrique d'une sphère est exprimée par le nombre qui mesure son rayon*.

668. Unités électrostatiques de potentiel et de capacité, dans le système C.G.S. — Dans le système C.G.S., l'unité électrostatique de potentiel est une unité dérivée : c'est le *potentiel d'une sphère conductrice d'un centimètre de rayon, soustraite à toute influence, et chargée de l'unité électrostatique C.G.S. de masse électrique*. — On voit en effet que si, dans la relation $V = \frac{Q}{R}$, on fait $R = 1$ et $Q = 1$, on a $V = 1$.

Dans ce même système, l'unité électrostatique de capacité est aussi une unité dérivée : c'est la *capacité d'une sphère conductrice, d'un centimètre de rayon, éloignée du sol et de tout autre conducteur*. — En effet, la capacité d'une sphère placée dans ces conditions étant égale à son rayon, si l'on a $R = 1$, on a aussi $C = 1$.

669. Unités pratiques de potentiel et de capacité électrique : volt; farad, microfarad. — On a trouvé commode, pour des raisons semblables à celles qui ont été exposées à diverses reprises, d'employer pour la mesure des potentiels une *unité pratique de potentiel*, qui a été appelée *volt*, et dont la valeur est $\frac{1}{500}$ de l'unité électrostatique

C.G.S. qui vient d'être définie. — On verra plus loin qu'un élément de pile Daniell, dont le pôle négatif est relié au sol, et dont le pôle positif est relié à un conducteur, communique à ce conducteur un potentiel dont la valeur diffère peu d'un volt.

On a pris également une *unité pratique de capacité*, dont la valeur a été choisie de telle sorte qu'elle corresponde au coulomb (645) et au volt; elle a reçu le nom de *farad*. Ce serait la capacité d'un conducteur qui, chargé par un coulomb, serait porté au potentiel d'un volt. — Avec ces trois unités pratiques, la formule $Q = CV$ est donc encore applicable, Q étant évalué en coulombs, C en farads et V en volts.

Enfin, le farad étant une capacité extrêmement considérable, on construit, pour mesurer les capacités des conducteurs, des *étalons de capacité* ayant pour valeur un *microfarad* (millionième partie du farad) ou même les subdivisions du microfarad, ainsi qu'on le verra plus loin (699).

Pour nous faire une idée de la valeur énorme du farad, prenons la formule $C = \frac{Q}{V}$; faisons $Q = 1$ coulomb, c'est-à-dire 5×10^9 unités électrostatiques, et $V = 1$ volt, c'est-à-dire $\frac{1}{500}$ d'unité électrostatique; la valeur correspondante de C étant 1 farad, on voit que le farad vaut, en unités électrostatiques de capacité, $5 \times 10^9 \times 500 = 9 \times 10^{14}$. Le farad serait donc la capacité d'une sphère conductrice de rayon égal à 9×10^{14} centimètres, ou 9 millions de kilomètres. — Le rayon de la Terre étant d'environ 6 300 kilomètres, la capacité du globe terrestre n'est qu'une petite fraction du farad, environ $0^{\text{ar}},0007$, ou 700 microfarads.

670. Partage des charges entre deux conducteurs de capacités déterminées, reliés par un fil conducteur long et fin. — Lorsque deux conducteurs éloignés l'un de l'autre, de capacités C et C' , ont été respectivement électrisés aux potentiels V et V' , leurs charges respectives sont $Q = CV$, $Q' = C'V'$. Si on les met en communication par un fil métallique fin et long, un nouvel état d'équilibre s'établit, de manière que le potentiel prenne une même valeur V_1 en chaque point du

conducteur unique constitué par les deux conducteurs et le fil de communication. Les charges respectives des deux conducteurs sont alors CV_1 et $C'V_1$. Si l'on a égard à ce que la quantité d'électricité répartie sur le fil est négligeable, on a, en exprimant que la charge totale n'a pas varié,

$$CV + C'V = CV_1 + C'V_1,$$

d'où l'on déduit

$$V_1 = \frac{CV + C'V}{C + C'}.$$

En particulier, si le second conducteur était primitivement à l'état neutre, l'expression du potentiel final serait $V_1 = V \frac{C}{C + C'}$.

Si les deux conducteurs étaient primitivement au même potentiel V , le potentiel final aurait la même valeur $V_1 = V$; c'est-à-dire que, après l'établissement de la communication, chacun des conducteurs conserverait sa charge initiale.

Enfin, dans le cas général où les deux conducteurs sont primitivement à des potentiels inégaux, si l'on suppose $V > V_1$, on voit que, après la communication, une fois le nouvel état d'équilibre établi, la charge du premier conducteur a diminué de $CV - CV_1$; celle du second conducteur s'est accrue d'une quantité égale $C'V_1 - C'V$. Il y a donc eu passage d'électricité positive, du conducteur qui était au potentiel le plus élevé sur le conducteur qui était au potentiel le moins élevé, jusqu'à ce que le potentiel ait pris sur les deux conducteurs une même valeur intermédiaire. — Ce phénomène électrique peut donc être assimilé, d'une manière plus précise que nous ne l'avions fait précédemment (658), soit à l'écoulement qui se produit quand on fait communiquer deux réservoirs contenant un même liquide à des niveaux différents, soit à l'échange de chaleur qui a lieu quand on met en contact deux corps à des températures différentes.

671. Mesure expérimentale des potentiels. — Principe de la méthode. — Pour mesurer le potentiel V d'un conducteur électrisé, de capacité C , il suffira de le mettre en communication, par un fil métallique fin et long, avec un conducteur de très petite capacité C' , préalablement à l'état neutre; par exemple, avec une sphère métallique de très petit rayon. — Une fois l'équilibre établi, le potentiel commun au

conducteur et à la sphère, $V_1 = V \frac{C}{C + C'}$, ne diffère pas sensiblement de V , puisqu'on suppose C' négligeable par rapport à C . Donc, si l'on connaît C' , la charge prise par la sphère $Q' = C'V_1$, ou sensiblement $Q' = C'V$, peut servir à mesurer le potentiel V du conducteur, tel qu'il a été défini par le travail électrique (659). — C'est, en définitive, l'expérience à laquelle il avait été fait allusion (658).

En particulier, si l'on opérât avec une sphère d'un centimètre de rayon, on aurait $C' = 1$: alors, la charge Q' étant évaluée en unités électrostatiques C.G.S., sa valeur numérique exprimerait aussi le potentiel V du conducteur, en unités électrostatiques C.G.S.

672. Mesure des capacités électriques. — Principe de la méthode. — Pour mesurer la capacité C d'un conducteur; le principe de la méthode consiste à l'électriser d'abord à un certain potentiel V , que l'on mesure comme il vient d'être dit. On le met ensuite en communication, par un fil métallique fin et long, avec un autre conducteur, préalablement à l'état neutre, et dont la capacité C' est connue (par exemple, avec un étalon de capacité): la charge primitive du premier conducteur se partage alors entre les deux conducteurs, jusqu'à ce qu'ils arrivent à un même potentiel V_1 , que l'on mesure encore. On a alors $V_1 = V \frac{C}{C + C'}$; d'où l'on tire

$$C = C' \frac{V}{V - V_1}.$$

673. Déformation des surfaces de niveau, quand on introduit un conducteur dans le champ électrique. — Interprétation des phénomènes d'influence. — Lorsqu'on introduit un conducteur S dans le champ d'un système de corps électrisés, les surfaces de niveau primitives doivent subir une *déformation*, puisque les points de l'espace qui sont occupés alors par le conducteur, et qui étaient antérieurement à des potentiels différents, doivent se mettre au même potentiel. — Dans certains cas particulièrement simples, on peut déterminer, par le calcul, la forme que prennent les nouvelles surfaces de niveau.

La figure 455 représente, en traits pleins, à l'échelle de $\frac{1}{10}$, les sections méridiennes des surfaces de niveau, primitivement sphériques (celles-ci figurées en traits ponctués), lorsqu'on introduit, dans le champ d'une très petite sphère A , chargée de 200 unités d'électricité positive, une sphère conductrice S de 20^{mm} de diamètre, dont le centre est placé à 50^{mm} du point A (*). On remarquera que, une fois le nouvel état d'équilibre établi, les surfaces de niveau correspondantes aux potentiels 6, 5, 3, se sont écartées de part et d'autre du conducteur S ; la surface de potentiel 4, qui passait primitivement par le centre S , s'est déplacée vers la gauche et s'est dédoublée pour s'appliquer sur les deux régions opposées B et C de la surface du conducteur sphérique. — L'examen de la figure va nous permettre d'interpréter toutes les particularités que nous avons constatées dans les phénomènes d'influence (655).

Voyons d'abord comment varie la force électrique, aux différents points de la surface du conducteur S (662). En un point de la région C , la force électrique, normale à la surface de niveau 4, est dirigée vers l'extérieur du conducteur, de la surface 4 à la surface 3, dans le sens où le potentiel va en diminuant; en un point de la région B , la force est dirigée vers l'intérieur de S , de la surface 5 à la surface 4. Les surfaces 5 et 4 étant plus rapprochées que

(*) La figure représenterait aussi, en véritable grandeur, les sections méridiennes des surfaces de niveau, si l'on supposait le point A chargé de 20 unités d'électricité positive.

ne le sont les surfaces 4 et 5, la force électrique en un point de la région B est plus grande qu'au point correspondant de la région C; en tout point D, où la surface de niveau 4 présente trois nappes, DE, DB, DC, il est impossible que la force électrique soit à la fois normale à ces trois nappes; donc, en ce point D, la force électrique est *nulle*. — La force électrique étant ainsi déterminée en chaque point de la surface S, on en peut déduire la loi de distribu-

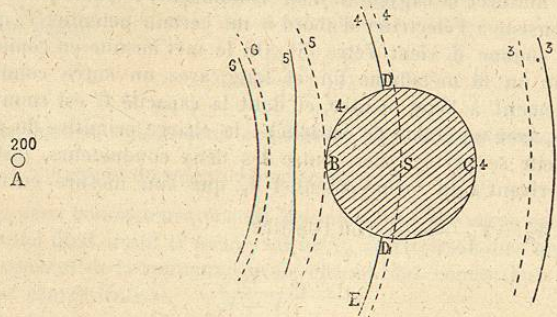


Fig. 455.

tion de l'électricité (654. Rem.). On sait en effet que la densité électrique, en chaque point de la surface d'un conducteur, est proportionnelle à la force électrique; elle est positive ou négative, suivant que la force est dirigée à l'extérieur ou à l'intérieur. Les régions C et B, séparées par la ligne neutre D, sont donc électrisées, l'une *positivement*, l'autre *négativement*; mais, en chaque point de la région B, la densité négative doit être, en valeur absolue plus grande que la densité positive au point correspondant de la région C. Les *quantités d'électricité* développées par influence sont néanmoins *égales*, la région positive C ayant une étendue plus grande que la région négative B. Tous ces faits ont été constatés par l'expérience (655).

La tension électrostatique, proportionnelle au carré de la densité (655), est, en un point de la région B, plus grande que la tension électrostatique au point correspondant de la région C. L'excès des tensions électrostatiques aux divers points de B, sur les tensions aux divers points de C, tend donc à *déplacer le conducteur influencé S* vers le corps influent. — C'est ce que l'on observe lorsque le conducteur influencé est une balle de sureau isolée par un fil de soie (658, fig. 454).

Avant l'introduction du conducteur S dans le champ de la sphère conductrice électrisée A, la distribution de l'électricité sur cette sphère était uniforme. Dans l'état d'équilibre représenté par la figure 455, il n'en est plus ainsi: les surfaces de niveau 4, 5, 6...; qui occupaient primitivement l'espace SA, se sont resserrées dans un espace plus petit BA; la force électrique, et par conséquent la densité électrique, ont donc *augmenté* aux points du conducteur A qui sont les plus voisins du conducteur influencé. — On le constaterait en répétant l'expérience que représente la figure 431, et en touchant successivement divers points de la sphère avec un plan d'épreuve: en un point de la sphère voisin du conducteur influencé, le plan d'épreuve prendrait une charge plus grande qu'au point diamétralement opposé.

Si le conducteur influent était mobile, la résultante des tensions électrosta-

tiques en tous les points de sa surface tendrait à le déplacer vers le conducteur influencé supposé fixe. — C'est ce que l'on constate en présentant à un corps conducteur un pendule isolé, chargé d'une électricité quelconque: on observe une attraction.

674. Cas où le conducteur induit est mis en communication avec le sol. — Après que le conducteur influencé a été mis en communication avec le sol, la déformation des surfaces de niveau est beaucoup plus prononcée (fig. 456). La surface du conducteur sphérique S est au potentiel 0; les sur-

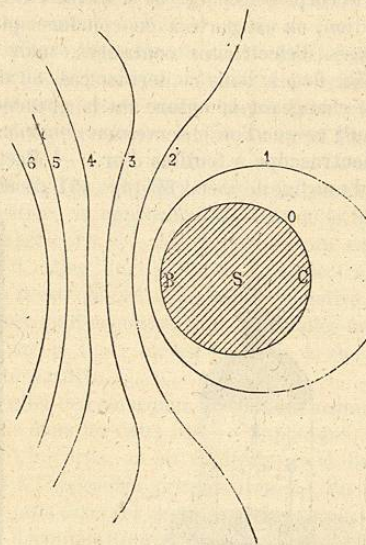


Fig. 456.

faces 1, 2, 3, 4, 5, 6... se resserrent dans la région de l'espace BA. — Puisque, en tous les points de la surface de S, la force est dirigée vers l'intérieur, de la surface 1 à la surface 0, la densité γ doit être négative. A une charge inductrice positive de 200 unités, correspondrait, sur le conducteur sphérique BC relié au sol, une charge induite négative de 40 unités. — Du reste, en chaque point de la région B, la densité négative a acquis, après la communication avec le sol, une plus grande valeur absolue, puisque, dans l'espace AB, les surfaces de niveau sont plus resserrées sur la figure 456 que sur la figure 455. — Tous ces faits ont été constatés par l'expérience (656).

V. — ÉLECTROSCOPES. — ÉLECTROMÈTRES.

675. Électroscopes. — Emploi du pendule électrique comme électroscope. — On donne le nom général d'*électroscopes* aux appareils

qui servent : 1° à reconnaître si un corps est électrisé; 2° à déterminer la nature de son électricité.

De tous les électroscopes, le pendule électrique est le plus simple. — Pour reconnaître si un corps est électrisé, on l'approche d'un pendule à l'état neutre : s'il y a attraction, c'est que le corps est électrisé. — Pour déterminer la nature de cette électricité, on charge le pendule d'une électricité connue, et on lui présente le corps : s'il y a répulsion, c'est que le corps est chargé de la même électricité que le pendule; s'il y a attraction, on est porté à en conclure que le pendule et le corps sont chargés d'électricités contraires, mais on peut être induit en erreur (658, Rem.). Dans ce dernier cas, on doit recommencer l'expérience, en changeant la nature ou la grandeur de la charge du pendule, jusqu'à ce que l'on observe une *répulsion*.

676. Électroscope à feuilles d'or. — L'électroscope à feuilles d'or se compose d'une tige de métal BB' (fig. 457), portant à sa partie inférieure

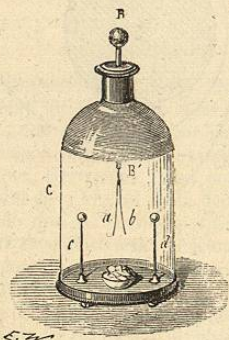


Fig. 457. — Électroscope à feuilles d'or.

deux feuilles d'or *a, b*. Cette tige est fixée dans la tubulure d'une cloche de verre *C*, couverte d'un vernis isolant, et placée sur un plateau métallique : deux colonnes métalliques *c, d* sont fixées sur le plateau, en regard des feuilles d'or. L'air intérieur est maintenu sec, par des fragments de chlorure de calcium.

Si, l'instrument étant à l'état neutre, on approche de la boule *B* un corps électrisé, on observe une divergence des feuilles. On comprend, en effet, qu'il y a dans la tige développement d'électricité par influence : l'électricité repoussée par le corps s'accumule dans les feuilles, et détermine entre elles une répulsion. En outre, les feuilles elles-mêmes, agissant par influence sur les colonnes métalliques *c, d*, sont attirées par elles, et la sensibilité de l'instrument est ainsi augmentée. — Si

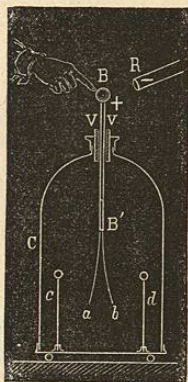


Fig. 458.

l'on éloigne le corps, la divergence cesse; l'expérience ainsi faite sert donc uniquement à constater que le corps était électrisé.

Pour savoir de quelle électricité un corps est chargé, on charge préalablement l'électroscope d'une électricité connue. Pour cela, on en approche, par exemple, un bâton de résine électrisé négativement, et l'on touche du doigt le bouton *B* (fig. 458); l'électricité positive de la tige et des feuilles d'or, attirée par la résine, est maintenue en *B*, tandis que l'électricité négative est repoussée dans le sol. Pendant cette opération, les feuilles d'or demeurent verticales; mais si l'on enlève le doigt, et qu'on éloigne ensuite le bâton de résine, les feuilles divergent, parce qu'une partie de l'électricité positive, primitivement retenue en *B*, se répand sur elles : l'instrument reste ainsi chargé d'électricité positive, c'est-à-dire d'une électricité contraire à celle du corps qu'on a employé pour le charger.

L'électroscope étant ainsi chargé d'une électricité connue, et, dans le cas actuel, d'électricité positive, on approche *lentement* de la boule *B* le corps qui est l'objet de l'expérience. — S'il détermine un rapprochement des feuilles, c'est qu'il attire une partie de leur électricité dans la boule; on en conclut qu'il est chargé d'électricité négative. — S'il augmente la divergence, c'est qu'il repousse dans les feuilles une partie de l'électricité répandue sur la tige; on est conduit à en conclure qu'il est chargé d'électricité positive.

Remarque. — Il est essentiel de remarquer que la conclusion ne présente pas la même certitude dans les deux cas. — Supposons, en effet, qu'en approchant lentement le corps, on ait vu diminuer la divergence des feuilles; en continuant à l'approcher progressivement, on verra les feuilles arriver au contact, puis diverger de nouveau, et de plus en plus fortement, à cause de la décomposition de l'électricité neutre de la tige, sous l'influence du corps qu'on lui présente. Dès lors, si l'on avait approché le corps trop brusquement, il aurait pu se faire qu'on n'observât que la divergence, et qu'on fût induit en erreur sur la nature de l'électricité du corps. On ne peut donc pas conclure avec certitude, d'après l'observation d'une *divergence seule* : il est préférable de charger l'électroscope d'une électricité contraire, et de faire la contre-épreuve. — Enfin, l'observation d'un *rapprochement seul* ne peut pas non plus être concluante; car, si le corps soumis à l'expérience était à l'état naturel, il produirait aussi ce même résultat.

En résumé, il n'est permis de regarder la conclusion comme certaine, que si elle a été fournie par un *rapprochement observé, suivi d'une divergence*; ce résultat peut toujours être obtenu, en choisissant convenablement la source qui sert à charger l'électroscope.

677. Mesure des charges électriques. — Si l'on veut transformer l'électroscope à feuilles d'or en un *électromètre* servant à mesurer la charge d'un conducteur, il suffira, comme dans l'expérience de Faraday

(fig. 457), de mettre la boule de l'électroscope en communication avec un cylindre métallique creux, convenablement isolé, dans lequel on introduira, à une profondeur suffisante, le corps dont on doit mesurer la charge. La charge induite sur la surface extérieure du cylindre et sur les feuilles d'or est alors égale à la charge du corps inducteur (640). — Tant que la divergence des feuilles n'est pas très grande, on peut considérer la charge induite, et par conséquent la charge du corps soumis à l'expérience, comme proportionnelle à l'angle d'écart. Pour mesurer cet angle, au moins approximativement, on peut disposer, derrière les feuilles d'or, un cadran divisé.

678. Mesure des potentiels. — Electromètre à quadrants. — On donne plus particulièrement le nom d'*électromètres*, aux appareils qui servent à mesurer les *potentiels* des corps électrisés.

La balance de Coulomb pourrait servir d'électromètre. — Sir W. Thomson a imaginé un appareil fondé sur un principe analogue, auquel il a donné le nom d'*électromètre absolu*, qui permet de déterminer, en unités C.G.S., la valeur du potentiel d'un conducteur (*).

Nous nous contenterons de montrer ici comment on peut déterminer le *rapport des potentiels* de deux corps électrisés, au moyen d'un appareil qui a été également imaginé par sir W. Thomson, et qui a reçu le nom d'*électromètre à quadrants*. — La figure 459 représente cet appareil, sous la forme que lui a donnée M. Mascart.

Une plaque mince d'aluminium *mn* (fig. 460), taillée en forme de 8, est suspendue par deux fils de cocon, dont les extrémités F s'enroulent sur un treuil D (fig. 459). Cette plaque est disposée horizontalement à l'intérieur d'une sorte de boîte formée par quatre quadrants *a, b, a', b'*, fixés par quatre tiges isolantes à la base supérieure du cylindre métallique qui renferme l'appareil. Les quadrants *a* et *a'* sont reliés, par des fils de cuivre couverts de soie, avec un bouton métallique isolé A; les quadrants *b* et *b'* sont de même reliés au bouton B, par un autre fil qui ne touche pas le premier.

Dans le procédé de mesure le plus habituellement employé, on porte les deux paires de quadrants à des potentiels égaux et de signes contraires $+V_1$ et $-V_1$, en mettant respectivement en communication les deux boutons A et B avec les deux pôles d'une pile constante, dont l'élément du milieu est relié au sol (Note de la page 608). — Une troisième borne métallique isolée C communique avec la plaque mobile, par l'intermédiaire du fil métallique E qui est attaché à cette borne, et du fil métallique G qui est fixé à la plaque; ces fils plongent tous deux dans une capsule H contenant de l'acide sulfurique.

Pour comparer entre eux les potentiels de divers conducteurs, on les

(*) On trouvera, dans les problèmes placés à la fin du volume, quelques développements sur l'emploi de la balance de Coulomb pour la mesure des potentiels et pour la mesure des charges, et aussi sur le principe de l'électromètre absolu.

met successivement en communication, par un fil métallique long et fin, avec la borne C. Selon que chacun de ces potentiels est positif ou négatif, la charge acquise par la plaque *mn* est positive ou négative, et par suite la plaque est repoussée ou attirée par celui des groupes de secteurs qui est chargé positivement. On mesure la déviation par

la méthode précédemment indiquée (478), en observant de loin, avec une lunette, les divisions d'une règle vues dans le miroir M (*). — Or la théorie montre que, lorsque l'équilibre est établi, la torsion imprimée au système *biflaire* qui supporte la plaque, est *proportionnelle au potentiel V* du conducteur avec lequel la plaque est en communication. On prendra donc, pour

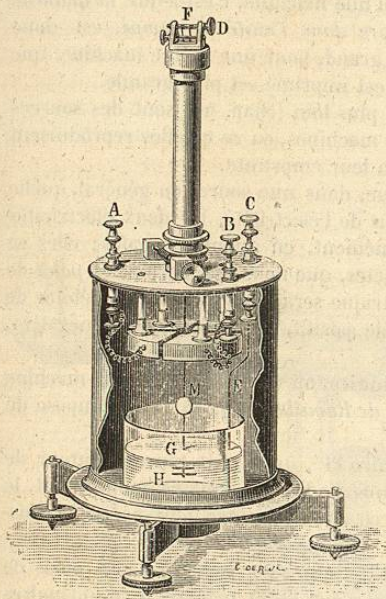


Fig. 459.

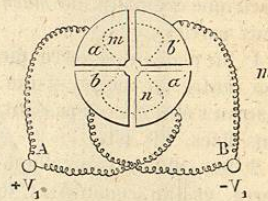


Fig. 460.

rapport numérique des potentiels, le rapport des angles de déviation.

Si l'on connaît, une fois pour toutes, la déviation qui correspond, pour l'instrument, à un potentiel d'un volt par exemple, on pourra obtenir, en volts, la valeur même des potentiels des conducteurs soumis à l'expérience.

VI. — MACHINES ÉLECTRIQUES.

679. Sources électriques. — On appelle *source électrique*, un système de corps capable de produire de l'électricité, de manière à arriver à un potentiel déterminé, et capable, en même temps, de reproduire

(*) Le fil métallique G porte des lames transversales, qui plongent dans l'acide sulfurique, et qui servent à amortir les oscillations.

l'électricité qui pourra lui être enlevée, de manière à se rétablir toujours au même potentiel.

Dans les *machines électriques*, que nous allons étudier dans ce chapitre, la reproduction de l'électricité ne se fait pas instantanément : elle exige une dépense successive de travail, consommé pour produire le mouvement de la machine. — Le *débit* d'une machine, c'est-à-dire la *quantité d'électricité qu'elle peut reproduire dans l'unité de temps*, est donc limité; le débit est d'autant plus grand, pour une même machine, que la vitesse du mouvement qui lui est imprimé est plus grande.

Les *piles*, que nous étudierons plus loin (chap. III), sont des sources électriques plus parfaites que les machines, en ce qu'elles reproduisent instantanément l'électricité qu'on leur emprunte.

Il est essentiel de remarquer que, dans une source en général, quelle que soit la cause de la production de l'électricité, les deux électricités se développent toujours simultanément, en quantités égales; elles se portent dans deux régions distinctes, que nous appellerons les *pôles* de la source. — Toute source électrique sera donc capable de débiter de l'électricité positive, par son pôle positif, et de l'électricité négative, par son pôle négatif.

680. Machine électrique ordinaire, ou de Ramsden. — La machine électrique ordinaire, ou *machine de Ramsden* (fig. 461), se compose de deux parties :

1° Un plateau de verre circulaire PP', qu'on fait tourner autour de son centre au moyen d'une manivelle G : pendant ce mouvement, le plateau s'électrise en passant successivement entre deux paires de coussins fixes, BB. B'B'.

2° Des cylindres métalliques, C, C', qui sont isolés par des pieds de verre, et qui constituent le *collecteur* de la machine; ces cylindres portent, à leurs extrémités voisines du plateau, deux fers à cheval métalliques, ou *mâchoires*, F, F', qui embrassent le plateau, et qui sont garnis de pointes tournées du côté du verre. — Pendant le mouvement, le collecteur s'électrise par l'*influence* du plateau de verre, comme nous allons le montrer.

Considérons, pendant la rotation, les points du plateau qui viennent de franchir l'une des paires de coussins : ils sont chargés d'électricité positive. Lorsqu'ils arrivent entre les branches du fer à cheval suivant, ils donnent lieu, en tout point du collecteur, à une force électrique dont la direction générale est FC, F'C'. L'équilibre ne peut donc pas exister : l'électricité neutre du collecteur est décomposée; il apparaît de l'électricité positive dans la région du collecteur qui est la plus éloignée du plateau, et de l'électricité négative dans les fers à cheval F et F', où cette électricité s'écoule par les pointes, en donnant lieu à une lueur violacée, visible dans l'obscurité. — De là résulte : 1° que le collecteur se charge d'électricité *positive*; 2° que les points du plateau qui ont

franchi les fers à cheval sont ramenés à l'état neutre. — Ces mêmes points, en passant dans la paire suivante de coussins, s'électrisent de nouveau, et ainsi de suite.

La chaîne métallique M sert à conduire dans le sol l'électricité négative

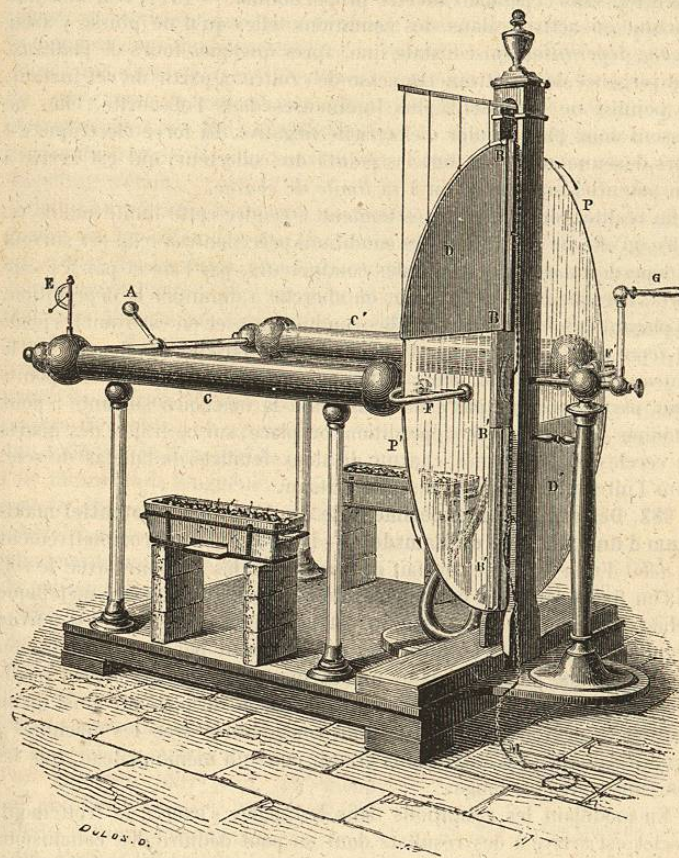


Fig. 461. — Machine électrique de Ramsden.

tive dont se chargent les coussins. — Le collecteur est donc le *pôle positif* de la machine; les coussins constituent le *pôle négatif*.

681. Limite de charge de la machine. — Sur le collecteur de la machine, on place généralement un petit pendule électrique E (fig. 461), qu'on désigne sous le nom d'*électromètre de Henley*; il se compose