

des charges initiales différentes : nous déterminerons ainsi des valeurs  $q'$ ,  $q''$ ,... de la charge communiquée à B, et les potentiels correspondants  $V'$ ,  $V''$ .... L'expérience montre que les charges sont proportionnelles aux potentiels qu'elles ont fait naître.

On peut écrire cet énoncé

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

Donc :

Pour un corps déterminé, le quotient d'une charge par le potentiel qu'elle fait naître est constant.

Si l'on fait l'expérience pour d'autres corps, ou seulement pour le même corps en changeant les conditions, par exemple en mettant un autre corps dans le voisinage, on trouve que ce rapport varie avec les conditions de l'expérience.

Le rapport entre la charge électrique communiquée à un corps et le potentiel correspondant est donc caractéristique de ce corps, dans les conditions où il se trouve, au point de vue des phénomènes électriques qui nous occupent : il a reçu le nom de *capacité électrique*.

On a fait choix d'une unité de capacité : c'est la capacité d'un corps dont le potentiel varie de 1 unité pour une variation de la charge égale à 1 unité.

Nous retrouverons ultérieurement des indications relatives à la capacité.

830. — Sans vouloir faire une comparaison rigoureuse que ne permet pas le manque de connaissances sur la nature de la chaleur et celle de l'électricité, il est intéressant de signaler des analogies entre les phénomènes qui se rapportent à ces agents hypothétiques. C'est ainsi que l'on peut rapprocher les notions suivantes :

Différence de potentiel et différence de température.

Quantité d'électricité et quantité de chaleur.

Capacité électrique et chaleur spécifique.

Les analogies sont trop nettes pour qu'il soit nécessaire d'insister.

On peut également faire une comparaison matérielle, plus grossière, mais qui peut être utile dans quelques cas, en assimilant un corps isolé auquel on communique une charge électrique à un vase cylindrique dans lequel on verse un liquide : la quantité de liquide introduite représente la quantité d'électricité ; la variation de la cote de la surface libre <sup>1</sup> est analogue à la variation de potentiel ; dans l'un et l'autre cas, il y a proportionnalité entre ces variations. Enfin la capacité électrique serait

1. On appelle *cote* d'un point, la distance verticale de ce point à un plan horizontal choisi arbitrairement et servant de plan de comparaison. Souvent les cotes sont prises ainsi au-dessus du niveau de la mer.

représentée par la section du vase, section qui est égale, en effet, au quotient d'un certain volume par la hauteur de liquide correspondante.

831. **Répartition de l'électricité dans les corps conducteurs.** — Nous devons examiner un certain nombre de questions dont la connaissance générale est utile, mais sur lesquelles il n'est pas nécessaire d'insister, d'autant qu'elles sont étudiées assez complètement dans les cours élémentaires.

Occupons-nous d'abord de la distribution de l'électricité ; pour étudier cette question on se sert du *plan d'épreuve*, petit disque de clinquant, ou mieux petite sphère métallique portée à l'extrémité d'un manche isolant. Pour rechercher si un point est électrisé et dans quelle proportion, on applique la partie métallique du plan d'épreuve en ce point, puis on la retire et on porte le plan d'épreuve dans la balance de Coulomb, ce qui permet de savoir s'il est électrisé et de déterminer quelle est sa charge. On opère de même sur d'autres points, et les charges correspondantes du plan d'épreuve renseignent sur les charges existant sur le corps aux divers points touchés successivement. Coulomb a démontré en effet que le plan d'épreuve prend en chaque point d'un corps une charge proportionnelle à celle qui y existe ; pour faire cette démonstration, il appliquait le plan d'épreuve sur une sphère électrisée, déterminait l'effet dans la balance de torsion ; puis recommençait l'épreuve après avoir mis en contact la sphère électrisée avec une sphère isolée de mêmes dimensions et l'avoir retirée, ce qui ne laissait sur la première que la moitié de la charge primitive : il vérifiait que l'indication fournie par la balance correspondait bien aussi à une charge moitié moindre sur le plan d'épreuve.

832. — Au point de vue de la répartition de l'électricité, les résultats sont très différents suivant qu'il s'agit de corps conducteurs ou de corps isolants ; occupons-nous d'abord des premiers, pour lesquels nous indiquerons seulement les résultats principaux.

L'électricité se porte toujours à la surface des corps conducteurs ; de très nombreuses expériences peuvent mettre ce fait en évidence, nous nous bornerons à en citer une.

On prend une sphère métallique creuse (fig. 397), montée sur un pied de verre, et on l'électrise : en la touchant extérieurement avec un plan d'épreuve qu'on porte à la balance de torsion ou simplement qu'on approche d'un pendule électrique, on reconnaît que le plan d'épreuve est électrisé. On recom-

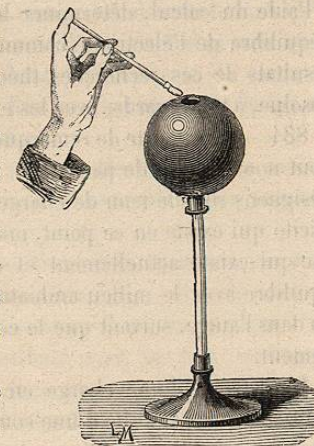


Fig. 397.

mence l'expérience en touchant la sphère à sa partie interne : après le contact, le plan d'épreuve n'est pas électrisé. La charge électrique de la sphère se manifeste donc seulement à la surface du corps : il n'y a pas d'électrisation à l'intérieur.

833. — Coulomb, employant la méthode générale que nous avons indiquée, a étudié comment l'électrisation est répartie à la surface des corps conducteurs, et il a indiqué les résultats en imaginant que l'électricité forme une couche dont l'épaisseur est en chaque point proportionnelle aux charges trouvées. Voici quelques-uns des résultats qu'il a obtenus :

Sur une sphère, l'épaisseur de la couche électrique est partout la même, comme il était aisé de le prévoir par raison de symétrie.

Sur un cylindre terminé par deux hémisphères, la couche à peu près uniforme sur la partie cylindrique, augmente d'épaisseur sur les hémisphères.

Sur les corps ovalaires ou ellipsoïdaux, la couche a une épaisseur constamment variable, étant la plus grande aux points qui constituent ce qu'on appelle les sommets du grand axe de ces corps.

D'une manière générale, l'épaisseur en chaque point d'un corps est proportionnelle à la *courbure* de la surface en ce point : on mesure cette courbure par la somme des inverses des rayons des méridiens principaux (403) qui existent en ce point.

Si le corps s'allonge de plus en plus, l'électricité s'accumulera progressivement vers le sommet le plus courbe; en particulier dans le cône, elle se réunirait entièrement au sommet.

Disons que, en partant de la loi des répulsions électriques, on a pu, à l'aide du calcul, déterminer les conditions qui doivent exister lors de l'équilibre de l'électricité communiquée à un corps bon conducteur. Les résultats de ces recherches théoriques se sont trouvés en concordance absolue, à tous égards, avec les expériences que nous venons de résumer.

834. — Il importe de remarquer que l'épaisseur de la couche électrique dont nous venons de parler est une donnée fictive, puisque ce que nous désignons sous le nom de charge en un point n'est pas la quantité d'électricité qui existe en ce point, mais seulement la différence entre la quantité qui existe actuellement et celle qu'il y aurait si le corps était en équilibre avec le milieu ambiant, cette différence existant dans un sens ou dans l'autre, suivant que le corps est électrisé positivement ou négativement.

L'existence d'une charge en un point d'un corps électrisé ne peut subsister que par suite d'une condition qui s'oppose au rétablissement de l'équilibre; cette condition, c'est la pression de l'air, corps isolant. La question mérite d'être précisée, et nous en profiterons pour montrer une fois pour toutes quelles modifications doit subir le raisonnement, suivant qu'il s'agit de l'électrisation positive ou de l'électrisation négative.

Supposons d'abord que le corps considéré soit électrisé positivement, c'est-à-dire que, en chaque point, il contienne plus d'électricité que le milieu ambiant. Considérons en un point une molécule d'électricité : elle subit des répulsions de toutes les molécules qui l'entourent; mais elle en subit moins du côté de l'air que du côté du corps qui contient plus d'électricité qu'à l'état neutre : la résultante des actions doit donc être dirigée de manière à éloigner la molécule considérée du corps, par suite, de diminuer l'électrisation du corps et d'augmenter celle de l'air : il y a donc une tendance vers le rétablissement de l'équilibre électrique, tendance qui ne peut être suivie d'effet, parce que, l'air étant mauvais conducteur, quand il est sec comme nous le supposons, ne permet pas le déplacement de la molécule électrique.

Supposons, au contraire, le corps chargé négativement, c'est-à-dire contenant en chaque point moins d'électricité que l'air ambiant : une molécule électrique située dans l'air au contact du corps est soumise à des répulsions, de la part de toutes les molécules électriques qui l'entourent, mais plus du côté de l'air que du côté du corps qui est moins électrisé : l'action résultante est donc dirigée de l'air vers le corps et se manifeste par une tendance de la molécule électrique à passer de l'air au corps, c'est-à-dire par une tendance vers le rétablissement de l'équilibre électrique, tendance qui ne peut être suivie d'effet parce que la molécule est empêchée de se déplacer à cause de la propriété isolante de l'air.

On désigne, dans les deux cas, sous le nom de *tension*, la force en vertu de laquelle l'équilibre électrique se rétablirait si la présence de l'air, mauvais conducteur, ne s'y opposait. On comprend aisément, sans qu'il soit nécessaire d'insister, que cette tension est d'autant plus grande qu'il y a une plus grande différence entre la quantité d'électricité du corps au point considéré et celle de l'air, c'est-à-dire que la charge du corps est plus considérable au point que l'on étudie.

Les indications sur la répartition des charges électriques à la surface des corps conducteurs renseignent donc sur la répartition des tensions aux différents points.

835. **Répartition de l'électricité dans les corps mauvais conducteurs.** — La répartition de l'électricité dans les corps mauvais conducteurs se fait tout autrement que dans les corps bons conducteurs : les modifications dans la répartition de l'électricité n'ont pas lieu seulement à la surface, elles se manifestent à l'intérieur des corps mauvais conducteurs. Pour cette raison, ces corps sont souvent désignés sous le nom de *diélectriques*.

Des expériences nombreuses de Matteucci et de Faraday notamment ont mis le fait en évidence; nous citerons seulement les suivantes :

On met et on laisse pendant assez longtemps en communication avec

un corps électrisé un corps mauvais conducteur, un bloc de stéarine, par exemple, par l'intermédiaire d'une large plaque métallique qui touche ce dernier par une grande surface. On rompt la communication et on décharge superficiellement la stéarine, soit en touchant les divers points avec les mains ou avec un conducteur, soit mieux encore en plongeant le bloc dans l'alcool. Le corps, examiné avec le plan d'épreuve, ne présente aucune manifestation électrique. Mais ces manifestations apparaissent de nouveau si on abandonne à lui-même le corps pendant un certain temps; ces manifestations témoignent des modifications électriques qui s'étaient propagées à l'intérieur et qui se propagent vers l'extérieur, en sens contraire, quand la surface est revenue à l'état neutre.

On électrise fortement un bâton de résine en le mettant en contact pendant un temps assez long avec un corps possédant une grande charge positive; puis la communication étant rompue, on frotte le bâton avec une peau de chat qui produit l'électrisation négative. C'est en effet celle-ci dont on reconnaît l'existence soit à l'aide du plan d'épreuve, soit en approchant le bâton d'un pendule électrique. Le bâton est alors abandonné à lui-même; après un certain temps, on reconnaît que sa surface est revenue à l'état neutre, et plus tard cette surface présente l'électrisation positive.

L'explication de ce fait est évidemment la même que pour le cas précédent.

Il n'est donc pas absolument vrai de dire que les diélectriques s'opposent au passage de l'électricité : la différence réelle à établir entre ce que nous avons appelé au début les bons et les mauvais conducteurs est la suivante :

Dans les corps bons conducteurs, lorsqu'il y a équilibre électrique, les charges n'existent qu'à la surface; les modifications dans la répartition sont instantanées ou, tout au moins, ont lieu dans un temps excessivement court.

Dans les corps mauvais conducteurs, lorsqu'il y a équilibre électrique, les inégalités de répartition peuvent se manifester dans toute la masse; les modifications de répartition sont très lentes à se produire.

Ces indications pour les corps mauvais conducteurs expliquent le fait, observé par Coulomb, qu'il n'y a pas d'isolant parfait, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de corps qui, interposé par exemple entre la terre et un corps électrisé, maintienne absolument la charge de celui-ci : il y a toujours des pertes et il y a lieu d'en tenir compte dans les recherches de précision.

L'air est un diélectrique et se comporte, à cet égard, de la même façon qu'un support quelconque; aussi faut-il toujours avoir égard aux pertes par l'atmosphère. Ces pertes sont, d'ailleurs, d'autant plus grandes que l'air est moins sec, comme nous l'avons déjà dit.

836. **Champ électrique. Influence électrique.** — Pour ne pas interrompre l'exposé des premières données relatives à l'électricité, nous ne

nous sommes pas arrêté à faire remarquer que, comme pour le magnétisme, il y a une difficulté réelle à admettre qu'un corps électrisé puisse agir *directement*, à distance, sur un autre corps électrisé. Nous sommes donc conduit de même à admettre que la présence d'un corps électrisé en un point détermine dans l'espace environnant, au moins jusqu'à une certaine distance, une modification, de nature inconnue d'ailleurs, la partie de l'espace où cette modification se manifeste constitue ce que l'on appelle un *champ électrique*. Si l'approche d'un corps électrisé A produit une action sur un corps électrisé B, c'est que la présence de A fait naître un champ électrique : l'espace dans lequel est B subit des modifications, et ce sont ces modifications qui sont la cause directe des actions subies par B. Ces considérations sont analogues à celles que nous avons exposées pour le magnétisme (790).

Par analogie avec ce que nous avons vu pour l'influence magnétique, nous sommes porté à penser qu'un corps non électrisé subira des modifications lorsqu'il sera placé dans un champ électrique, c'est-à-dire dans le voisinage d'un corps électrisé : l'expérience montre que ces prévisions sont fondées.

Soit un cylindre métallique vertical BC (fig. 398) porté par des pieds isolants et en divers points duquel sont placés de petits pendules électriques. Plaçons au-dessous une sphère métallique A, également isolée et électrisée. Nous verrons aussitôt les pendules dévier de la verticale aux divers points du cylindre, sauf sur un espace restreint vers le milieu de celui-ci. Ces déplacements des pendules ne peuvent s'expliquer que par l'électrisation des parties du cylindre avec lesquelles les pendules étaient en contact, car l'action de A placée verticalement au-dessous ne peut produire de déplacements horizontaux.

Toute action cesse si on éloigne ou si on décharge la sphère A : l'état électrique du cylindre a donc bien été modifié par la production du champ électrique dû à la présence de A.

Répétons l'expérience et approchons des pendules des corps possédant une électrisation connue pour déterminer la nature de la charge des pendules et par suite celle du cylindre aux divers points. Nous reconnaitrons que les deux extrémités du cylindre sont électrisées contrairement; que l'extrémité B voisine de A présente une électrisation contraire à celle de A, que l'extrémité C présente une électrisation semblable.

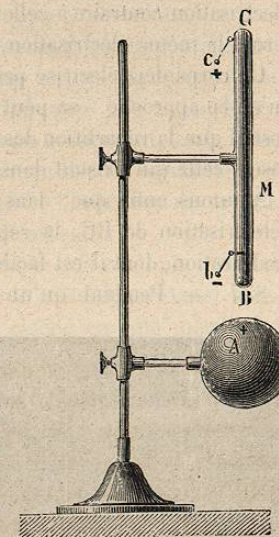


Fig. 398.

On dit, dans ce cas, qu'il y a *électrisation par influence*.

Nous n'insisterons pas sur l'explication de ce phénomène qui est la conséquence de la répulsion réciproque des molécules électriques.

Si, à la suite d'un corps influencé A (fig. 399), nous plaçons de même,

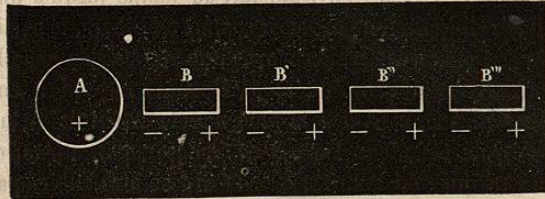


Fig. 399.

d'autres corps conducteurs isolés B, B', la même action se produira, chacun de ces corps s'électrisera par influence et l'orientation des électrisations sera

la même pour tous : les extrémités situées du côté de A auront une électrisation contraire à celle de ce corps, les extrémités opposées présenteront la même électrisation.

Un corps déjà électrisé peut aussi subir l'influence d'un corps électrisé qu'on en approche : on peut se rendre compte des effets produits en supposant que la répartition des charges dues à l'influence s'ajoute, se superpose à celle qui existait dans le corps électrisé.

Ajoutons enfin que, dans l'action d'influence, et par le fait même de l'électrisation de BC, la répartition de l'électrisation dans A subit une modification, dont il est facile de prévoir le sens, d'une manière générale.

837. — Pendant qu'un conducteur BC (fig. 400) est soumis à

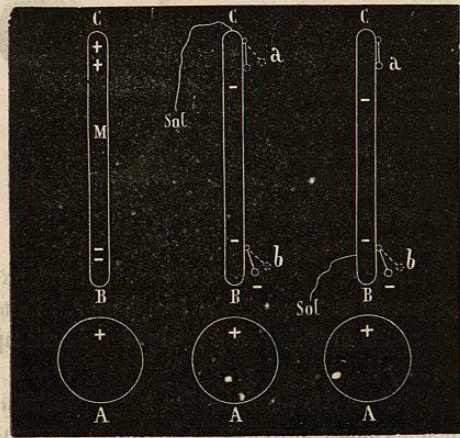


Fig. 400.

l'influence du corps A, mettons-le en communication par un fil métallique avec un corps très éloigné, avec le sol même; nous verrons immédiatement le pendule *a* revenir au repos, quel que soit d'ailleurs le point où la communication a été établie. C'est que, en effet, l'influence s'est produite sur l'ensemble des conducteurs en communication et que la partie où se manifeste l'électrisation semblable à celle de

A est la partie la plus éloignée, qui n'est plus l'extrémité C.

Si alors nous venons brusquement à rompre la communication, le corps

BC ne conservera que l'électrisation contraire à celle de A, électrisation qui se manifestera librement, après qu'on aura éloigné A; le résultat est le même que si BC avait été électrisé directement par frottement ou par contact.

C'est donc là un nouveau procédé pour électriser un corps; il est à remarquer que dans ce cas, d'une part, le corps BC est électrisé contrairement au corps influençant, d'autre part que cette électrisation s'est produite sans modifier en rien l'état de A. Par ces deux caractères, ce mode d'électrisation diffère donc absolument de l'électrisation par contact.

838. — Imaginons qu'on interpose une plaque métallique mince entre le corps influençant et le corps influencé. Si cette plaque est isolée, son effet est à peu près nul : elle a, en effet, subi l'influence, et ses deux faces ont des charges opposées, mais contraires. Ces charges exerceront sur le corps influencé deux actions contraires, mais sensiblement égales à cause de la faible différence de distance, l'écran étant supposé très mince.

Le résultat sera différent si la plaque métallique est en communication avec le sol : elle possède alors seulement une charge contraire à celle du corps influençant et exerce sur le corps influencé une action opposée; cette charge est plus faible que celle du corps influençant, mais elle agit à moindre distance : on peut donc concevoir qu'il y ait exactement compensation, et c'est ce que l'expérience vérifie : l'influence ne se produit pas à travers un conducteur métallique relié au sol.

Il n'est pas nécessaire que la lame métallique soit continue et l'effet est le même si elle est remplacée par une toile métallique. Aussi dans les laboratoires convient-il de placer sous une cloche en toile métallique les électroscopes ou autres appareils délicats situés dans le voisinage des machines ou instruments produisant des décharges intenses.

839. — La connaissance de l'influence électrique permet de se rendre compte de l'attraction exercée par les corps électrisés sur les corps légers.

Lorsqu'on approche un corps électrisé A d'un corps léger B mobile, celui-ci subit l'influence : s'il est isolé, comme dans le pendule électrique, deux charges opposées apparaissent aux points le plus rapproché et le plus éloigné de B. La charge de A produit sur ces deux charges des effets opposés, une attraction sur la charge opposée, une répulsion sur la charge semblable. Mais ces actions ne sont pas égales et la plus grande est celle qui correspond à la moindre distance (822) : c'est donc l'attraction, car la charge de B la plus voisine de A est contraire à celle-ci. Ce sera donc cette action qui l'emportera, et le corps B sera attiré par A.

Si le corps B n'est pas isolé, comme cela a lieu lorsqu'il repose sur le sol ou sur un corps conducteur relié au sol, la charge semblable à celle de A ne subsiste pas sur B; ce corps ne présente que l'électrisation contraire à celle de A. Il y a donc attraction, plus forte même que dans le cas précédent, car il n'y a pas d'action répulsive qui prenne naissance.