

COURS ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ

A L'USAGE

DES CLASSES DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE



PAR

J. JOUBERT

INSPECTEUR GÉNÉRAL DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

144 figures dans le texte.

TROISIÈME ÉDITION REVUE ET CORRIGÉE

PARIS
MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

120, Boulevard Saint-Germain

—
1899

COURS ÉLÉMENTAIRE

D'ÉLECTRICITÉ

CHAPITRE PREMIER

PHÉNOMÈNES FONDAMENTAUX.

1. **Électrisation par frottement.** — Certains corps tels que l'ambre¹, le verre, la résine, etc., acquièrent par le frottement² un état particulier, caractérisé par la propriété d'attirer les corps légers³; en outre, à quelque distance du visage, ils donnent la sensation qu'on éprouve au contact d'une toile d'araignée; plus près encore, ils laissent échapper de petites étincelles avec

1. Nous citons l'ambre en premier lieu, parce que c'est le premier corps sur lequel on ait reconnu ces propriétés. Son nom grec *electron* (ἤλεκτρον) a servi à former le mot *électricité* et ses congénères.

2. On frotte ordinairement le verre avec un morceau de drap bien sec, la résine et le caoutchouc avec une peau de chat; on peut frotter également avec la main à la condition qu'elle soit sèche. On obtient des effets très marqués avec une feuille de papier séchée au feu et frottée avec du drap bien sec.

3. On peut prendre comme corps légers de petits morceaux de papier, des balles en moelle de sureau. On a un appareil très sensible en suspendant une balle de sureau à l'extrémité d'un fil (*fig. 1*) ou en la fixant à l'extrémité d'une aiguille légère de paille ou de verre, mobile sur un pivot vertical. Ces deux petits instruments sont connus sous le nom de pendule électrique et d'aiguille électrique.

un crépitement particulier. On dit alors qu'ils sont *électrisés*, et on donne le nom d'*électricité* à la cause, inconnue d'ailleurs, de ces phénomènes.

La plupart des autres corps ne donnent rien si on les tient à la main ; mais ils s'électrisent par le frottement, si on les tient par un manche de verre ou de résine. Ainsi un cylindre de cuivre tenu par un manche de verre et frappé avec une peau de chat¹ attire vivement les corps légers. Il en serait de même d'un morceau de bois. On peut donc dire que tous les corps, au moins les corps solides, peuvent s'électriser par le frottement.

2. Bons et mauvais conducteurs. — Il y a entre les corps de la première catégorie et ceux de la seconde une différence essentielle. Le morceau de verre frotté en un point n'attire les corps légers que par ce point ; le morceau de métal, frappé en un point, les attire par tous ses points. Réciproquement, touché avec le doigt en un point, le bâton de verre électrisé ne perd son électricité qu'au point touché ; le morceau de métal électrisé la perd simultanément en tous ses points.

Pour les corps de la première catégorie, l'électricité reste donc localisée au point où elle a été développée, sans pouvoir cheminer d'un point à un autre ; pour ceux de la seconde, au contraire, elle peut avec la plus grande facilité passer d'un point aux points voisins. C'est ce qu'on exprime en disant que les corps de la deuxième catégorie sont *bons conducteurs de l'électricité* et les corps de la première, *mauvais conducteurs*.

3. Communication de l'électricité par contact. — Non seulement l'électricité se répand dans toute l'étendue d'un conducteur, mais aussi sur un second conducteur, tenu par un manche de verre par exemple, et qu'on

¹. Avec un métal, on réussit mieux en frappant légèrement qu'en frottant avec la peau de chat.

met en communication avec le premier. Les deux conducteurs, séparés ensuite, sont tous deux électrisés.

De là un second moyen d'électriser un corps conducteur : le mettre un instant, en le tenant par un manche de verre, en contact avec un corps déjà électrisé. La communication de l'électricité de l'un à l'autre est toujours accompagnée d'une étincelle qui se produit un peu avant que le contact réel ait lieu.

4. Supports isolants. — Le corps humain et la plupart des matériaux qui constituent le sol, les métaux, le bois, les diverses espèces de pierres, appartiennent à la classe des bons conducteurs. Quand on frotte une barre de métal tenue à la main, l'électricité développée se répand sur la barre, sur le corps de l'opérateur, sur le sol, en réalité sur un conducteur indéfini ; la quantité ne peut être qu'insensible en chaque point. L'interposition d'un corps mauvais conducteur limite le conducteur et l'*isole* de tous les autres¹.

On se sert le plus souvent de supports isolants en verre. Le verre n'isole bien que par les temps secs ; par les temps humides, la surface du verre condense la vapeur d'eau contenue dans l'air et devient conductrice. La paraffine isole mieux, mais elle manque de solidité².

L'air appartient nécessairement à la classe des isolants, puisqu'un corps peut rester électrisé au milieu de l'air. Il en est de même de tous les gaz et de toutes les vapeurs, y compris la vapeur d'eau.

1. On voit pourquoi il suffit de toucher avec le doigt un conducteur électrisé pour lui faire perdre toute son électricité. C'est ce qu'on appelle mettre le conducteur en communication avec le sol.

2. Une expérience intéressante consiste à faire monter une personne sur un tabouret muni de pieds isolants. Frappée au moyen d'une peau de chat par une autre personne, elle s'électrise et devient capable d'attirer les corps légers et de donner des étincelles.

5. Attractions et répulsions électriques. — Deux espèces d'électricités. — Soit un pendule formé d'une balle de sureau soutenue par un fil isolant, un fil de soie par exemple (*fig. 1*). Approchons un corps électrisé, la

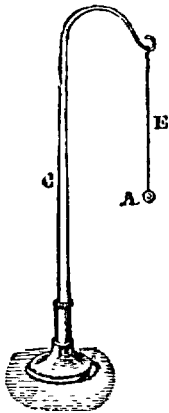


Fig. 1.

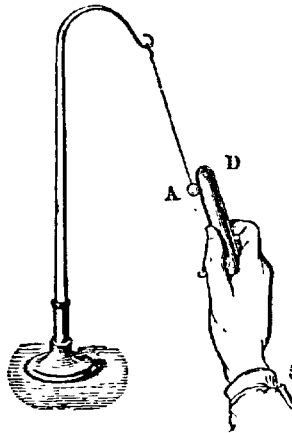


Fig. 2.

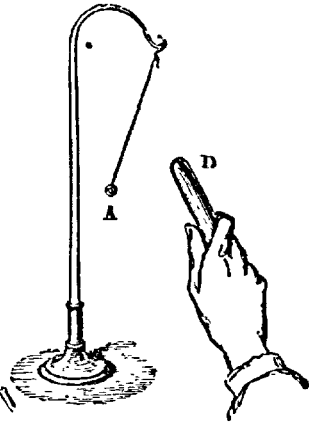


Fig. 3.

balle est attirée (*fig. 2*); mais si on la laisse venir au contact du corps électrisé et partager son électricité, elle est ensuite vivement repoussée et fuit obstinément le corps électrisé (*fig. 3*).

Répetons l'expérience sur deux pendules, A et B; sur le pendule A, avec un bâton de verre frotté par du drap, sur le pendule B, avec un bâton de résine frotté par une peau de chat.

On constate que le pendule A qui a partagé l'électricité du verre et qui est repoussé par lui, est attiré par la résine électrisée, et que le pendule B qui a partagé l'électricité de la résine et est repoussé par elle, est attiré par le verre électrisé. L'état du verre n'est donc pas le même que celui de la résine; en d'autres termes, l'électricité du verre et celle de la résine sont *d'espèces différentes*. L'expérience montre d'ailleurs que tout autre

corps électrisé se comporte vis-à-vis des deux pendules A et B, ou comme le verre ou comme la résine : il attire l'un et repousse l'autre. On en conclut qu'il y a *deux espèces d'électricités et qu'il n'y en a que deux*. Pour les distinguer nous appellerons *électricité positive* celle du verre et *électricité négative* celle de la résine.

Nous sommes finalement conduits à la loi fondamentale suivante : *Deux corps chargés de même électricité se repoussent et deux corps chargés d'électricités contraires s'attirent*¹.

6. Loi de Coulomb. — Unité d'électricité. — Des procédés simples permettent de mesurer l'action qui s'exerce entre deux petites sphères électrisées, deux balles de sureau, par exemple, action répulsive ou attractive suivant qu'elles sont chargées de même électricité ou d'électricités contraires. On constate que pour des charges données, l'action *varie en raison inverse du carré de la distance*, c'est-à-dire qu'à une distance de 2, 3... centimètres, elle est 4 fois, 9 fois... plus petite qu'à un centimètre. Pour une distance donnée, elle varie d'ailleurs avec la charge des balles. Si la charge d'une des sphères restant invariable, ainsi que la distance, on fait varier la charge de l'autre de manière que l'action devienne 2, 3, 4 fois plus grande on dira que pour celle-ci la *quantité d'électricité* ou la *masse électrique* est devenue 2, 3, 4 fois plus grande.

On est par suite conduit à prendre comme *unité de quantité d'électricité* ou de *masse électrique*, celle que doit posséder une petite sphère pour qu'agissant sur une sphère égale, également chargée et placée à un

1. Deux parties mobiles d'un même conducteur électrisé se repoussent comme chargées de même électricité. Ainsi deux balles de sureau suspendues aux extrémités d'un fil conducteur plié en deux et en communication avec un conducteur électrisé, diver-

centimètre de distance, elle la repousse avec une force égale à l'unité, c'est-à-dire à une dyne.

Il résulte de cette définition de la masse et de la loi de la distance, que si m et m' représentent les charges des deux sphères et r leur distance en centimètres, l'action f qui s'exerce entre elles, exprimée en dynes, a pour valeur

$$f = \frac{mm'}{r^2},$$

cette action étant répulsive ou attractive suivant que les deux charges sont de même signe ou de signes contraires. C'est la loi de Coulomb.

Nous emploierons plus souvent, sous le nom *d'unité pratique*, une autre unité appelée *coulomb*, laquelle est un multiple de la première et correspond à une quantité d'électricité 3.10^9 fois plus grande².

Bien que nous ne connaissions rien de la nature de l'électricité, nous sommes donc en état de mesurer, par l'action qu'elle est capable d'exercer, une quantité d'électricité.

Nous verrons plus loin (9) que des quantités d'électricité de même espèce s'ajoutent comme s'il s'agissait d'un corps matériel, sans augmentation ni diminution et que des masses électriques de noms contraires se

gent (*fig. 14*). C'est la même raison qui fait épanouir un plumet formé de bandes de papier léger et redresser les cheveux d'une personne placée sur un tabouret isolant et électrisée.

2. La quantité d'électricité qui correspond au coulomb est immensément plus grande que celle qui correspond à l'unité fondamentale CGS. On s'en fera une idée en remarquant que deux sphères chargées chacune d'un coulomb et placées à 1 kilomètre de distance se repousseraient avec une force de $\frac{9 \cdot 10^{18}}{10^{10}} = 9 \cdot 10^8$ dynes ou environ 900 kilogrammes.

comportent comme des quantités de même espèce mais de signes contraires et qu'elles s'ajoutent à la manière des quantités algébriques. Ainsi, deux charges, égales en valeur absolue, l'une positive, l'autre négative, s'annulent si on les réunit. Réciproquement, deux charges qui, réunies, s'annulent, sont égales en valeur absolue et de signes contraires; on les appelle *charges équivalentes*.

7. Développement simultané des deux électricités.

— Dans l'électrisation par frottement, le corps frottant et le corps frotté sont tous deux électrisés; l'expérience montre que l'un prend une charge positive, l'autre une charge négative, et que ces deux *charges de signes contraires sont équivalentes*.

L'expérience peut se faire au moyen de deux disques, l'un de verre, l'autre de métal, le disque de métal étant isolé (*fig. 4*). Frottés l'un contre l'autre, le disque de verre prend une charge positive, le disque de métal une charge négative; maintenus en contact, ils n'ont aucune action sur un pendule et

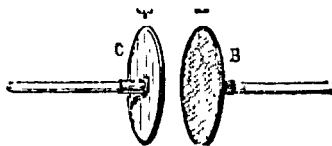


Fig. 4.

se comportent comme un corps à l'état neutre; mais l'électrisation devient manifeste dès qu'on les sépare.

Les deux électricités se présentent donc, dans le frottement de deux corps, comme des manifestations complémentaires qui ne peuvent exister l'une sans l'autre.

C'est un premier exemple d'une loi absolument générale : *On ne peut produire ou détruire une quantité quelconque d'électricité, sans produire ou détruire une quantité équivalente d'électricité contraire.*

CHAPITRE II

DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ.

8. Localisation de l'électricité à la surface extérieure des conducteurs. — *Dans un conducteur en équilibre, l'électricité n'existe jamais qu'à la surface extérieure.*

Voici les principales expériences qui permettent de vérifier cet important théorème :

1° Une sphère isolée A étant chargée d'électricité, on la recouvre de deux hémisphères B et C de plus grand

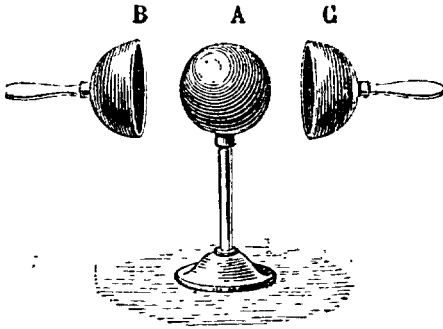


Fig. 5.

diamètre tenus par des manches isolants. Une fois les hémisphères réunis, on les abaisse de manière à toucher la sphère en un point, puis on les relève et on les sépare en évitant tout contact avec la sphère : on trouve les deux hémisphères électrisés et

la sphère à l'état neutre. Au moment du contact, les hémisphères et la sphère formaient un conducteur unique et toute l'électricité a passé sur la surface extérieure.

2° Un conducteur creux de forme quelconque présente une ouverture permettant d'introduire dans la cavité une *sphère d'épreuve* (fig. 6). On appelle ainsi un petit appareil formé d'une balle de sureau fixée à l'extrémité d'une tige de verre. Le conducteur étant électrisé, si on touche avec la sphère un point de la surface extérieure, on l'emporte chargée d'électricité ; au contraire, si à travers l'ouverture, on touche un point de

la surface intérieure, on retire toujours la sphère d'épreuve à l'état neutre.

3° Faraday avait fait construire une chambre à parois conductrices supportée par des pieds isolants et assez grande pour qu'un observateur pût s'y enfermer avec des appareils. Quelque charge qu'on donnât à la chambre, il était impossible, à l'intérieur, de constater la moindre trace d'électricité sur la surface, ni de déceler avec les instruments les plus délicats la moindre action électrique.

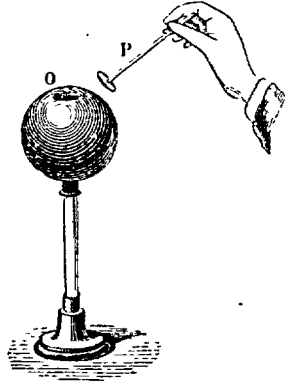


Fig. 6.

Il n'est pas nécessaire que la surface du conducteur soit parfaitement continue. L'expérience de Faraday peut se répéter avec une cage d'oiseau par exemple, formée d'un simple grillage. En suspendant au contact de la paroi, à l'intérieur et à l'extérieur, des balles de sureau, on voit les pendules extérieurs diverger, tandis que les pendules intérieurs restent immobiles¹.

9. Cylindre de Faraday. — Cette propriété de l'électricité de se porter toujours à la surface extérieure des conducteurs va nous fournir un instrument précieux pour la mesure des charges électriques.

Considérons la sphère creuse de la figure 6. Si on introduit dans la cavité un conducteur électrisé, une sphère d'épreuve A par exemple, et qu'on la mette en communication avec les parois, toute l'électricité pas-

1. La cage mise en communication avec une source puissante pourrait donner de fortes étincelles à l'extérieur; un oiseau placé à l'intérieur ne sentirait absolument rien, même s'il s'appuyait contre les barreaux.

sera sur la surface extérieure. Qu'on recommence l'expérience, la nouvelle charge viendra sur la surface se superposer à la première. On pourra mesurer chaque fois l'action exercée par la sphère sur une balle de sureau électrisée placée à une distance fixe.

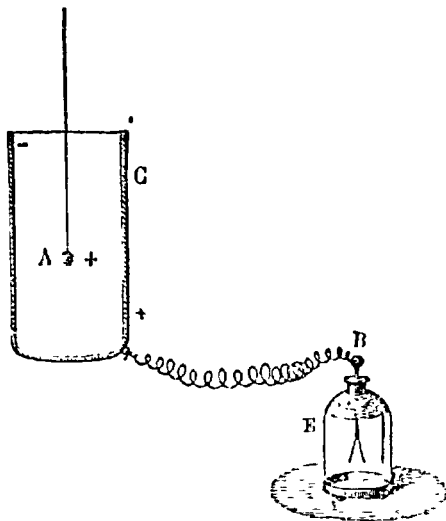


Fig. 7.

L'expérience montre que si on répète l'opération avec des charges égales, l'action et par suite la charge devient double après la seconde, triple après la troisième, et ainsi de suite; et que si on introduit des charges de signes contraires, la charge, telle qu'elle se déduit de l'action exercée, est de même grandeur et de

même signe que leur somme algébrique. Supposons par exemple qu'on ait introduit successivement, dans un ordre quelconque, 10 charges de même valeur absolue, 6 positives et 4 négatives, la charge finale sera positive et égale à 2.

Pour la mesure courante des charges, on remplace la sphère par un cylindre, et on a l'appareil connu sous le nom de *cylindre de Faraday*.

Pour juger de la charge de la surface du cylindre, on met celui-ci en communication avec un électroscope. Cet appareil (fig. 7) se compose essentiellement d'une tige isolée terminée à sa partie supérieure par un bouton B et à sa partie inférieure par deux feuilles d'or qui pendent parallèlement tant qu'elles sont à l'état

neutre, mais qui divergent dès qu'elles sont électrisées (5).

L'instrument peut être gradué une fois pour toutes en déterminant les écarts qui correspondent à des charges du cylindre qui soient entre elles comme les nombres 1, 2, 3, 4, 5¹... Pour abrégier le langage, nous conviendrons d'appeler écart double, triple... celui qui correspond à une charge double, triple...

10. Distribution de la couche superficielle. — Méthode du plan d'épreuve. — La méthode du *plan d'épreuve* de Coulomb, permet d'étudier facilement la distribution de la couche superficielle sur un conducteur quelconque. Le plan d'épreuve est un petit disque métallique d'un ou deux centimètres de diamètre tenu par une tige de verre. On applique le petit disque tangentiellement au point considéré de la surface; celui-ci se substitue momentanément à l'élément de surface qu'il recouvre et prend la quantité d'électricité qui était sur cet élément. Si on le retire alors bien normalement, il emporte la charge qu'il a reçue, et l'effet est le même que si l'on avait découpé sur la surface l'élément qu'il a recouvert et qu'on l'eût emporté avec sa charge. Il ne reste plus qu'à mesurer la charge du plan d'épreuve et c'est ce qu'on fait facilement en l'introduisant, comme il vient d'être dit, dans le cylindre de Faraday.

Pour comparer les charges en deux points A et B, on applique successivement le plan d'épreuve en ces deux points ².

1. Pour avoir des charges égales de la sphère d'épreuve, il suffit de l'appliquer sur le bouton d'une bouteille de Leyde (32) dont l'armature extérieure est en communication avec le sol. On obtiendrait des charges égales et contraires avec un condensateur plan à armatures symétriques, en touchant successivement avec la balle chacune des armatures, l'autre armature étant au sol (34).

2. Pour tenir compte de la déperdition, on fait une première mesure en A, puis une seconde en B, et enfin une troisième en A,

L'expérience faite avec une sphère éloignée de tout autre conducteur, montre, comme l'indiquait la symétrie, que la charge est la même en tous les points.

Sur un ellipsoïde de révolution (*fig. 8*), la charge au pôle est à celle de l'équateur comme l'axe du pôle est à celui de l'équateur ; ainsi si les deux axes sont dans le rapport de 4 à 1, la première charge est 4 fois plus grande que la seconde. On exprime ce résultat en disant que la *densité* est 4 fois plus grande au pôle qu'à l'équateur.

On entend alors par *densité* la charge par unité de surface. Cette manière de parler correspond à la conception

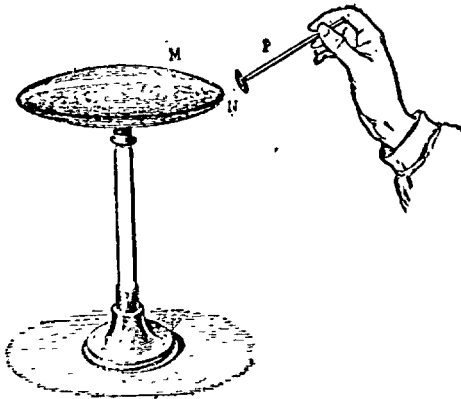


Fig. 8.

tout à fait symbolique qui consisterait à considérer l'électricité comme un corps matériel, réparti à la surface en une couche mince extrêmement mobile sous une épaisseur qui dépendrait en chaque point de la forme géométrique de cette surface.

On trouve ainsi que sur un conducteur quelconque, la densité est très petite ou nulle sur toutes les parties rentrantes, maximum au contraire sur toutes les parties proéminentes ou aiguës.

11. Pouvoir des pointes. — En même temps que la densité augmente en un point, une nouvelle propriété se manifeste en ce point : la tendance pour l'électricité d'abandonner le conducteur pour se porter sur les par-

en laissant écouler le même temps entre les contacts successifs ; on compare la charge obtenue en B à la moyenne des charges obtenues en A.

ticules d'air environnantes. C'est ce qu'on appelle le *pouvoir des pointes*. Un conducteur muni d'une pointe ne peut garder d'électricité ; celle-ci s'échappe par la pointe, jusqu'à ce que le corps soit ramené à l'état neutre. Si le conducteur est en communication avec une source qui lui restitue sa charge d'une manière continue, l'écoulement de l'électricité est également continu et se manifeste par des phénomènes lumineux visibles dans l'obscurité et par un mouvement de l'air qu'on appelle le vent électrique. Si la pointe laisse échapper de l'électricité positive, elle donne lieu à une aigrette violacée visible seulement dans l'obscurité ; elle est terminée par une petite étoile brillante, quand l'électricité est négative. Quant au vent électrique, il est dû à la répulsion qui s'exerce entre la pointe électrisée

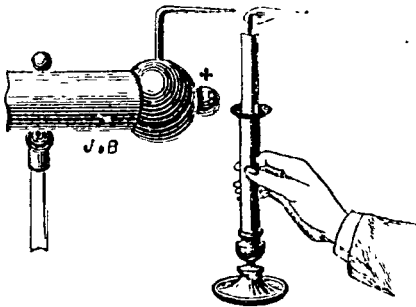


Fig. 9.

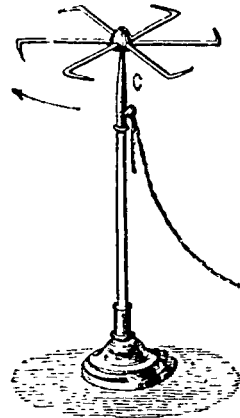


Fig. 10.

et les particules d'air sur lesquelles elle a déchargé son électricité. Le vent électrique peut souffler une bougie (*fig. 9*). Si la pointe est rendue mobile, elle tend à fuir en sens contraire ; telle est l'expérience du tourniquet électrique (*fig. 10*). L'appareil est formé d'une étoile mobile sur un pivot et dont les rayons terminés en pointe sont recourbés à angle droit tous dans le même sens ; la rotation a lieu dans le sens indiqué par les flèches.

CHAPITRE III

INFLUENCE ÉLECTRIQUE.

12. Électrisation par influence. — *Tout corps placé dans le voisinage d'un corps électrisé est lui-même électrisé.*

Soit, par exemple, une sphère de cuivre isolée, nous la frappons avec une peau de chat, elle s'électrise; en même temps tous les corps de la salle où l'on opère sont électrisés, les murs, les meubles, les personnes présentes. On dit qu'ils sont *électrisés par influence*.

Soit A le corps influençant, que nous supposons chargé d'une quantité $+M$ d'électricité positive. Nous avons, outre le corps électrisé, à considérer trois sortes de conducteurs. (*fig. 11*) : 1° les parois de la salle, les

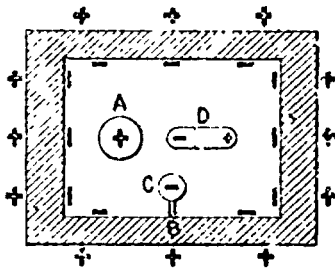


Fig. 11.

quelles constituent un conducteur fermé B; 2° des corps C en communication avec les parois; 3° des corps D isolés des parois par des corps mauvais conducteurs.

Le conducteur fermé B peut être isolé ou en communication avec le sol. Dans les deux cas, la surface intérieure se charge

uniquement d'électricité négative et en quantité précisément égale à $-M$, c'est-à-dire équivalente à celle de A. Quant à la surface extérieure, elle prend dans le premier cas une charge positive $+M$; dans le second, elle reste à l'état neutre.

Quelle que soit la position du corps influençant A, les charges intérieures et extérieures restent les mêmes; quant à la distribution de la charge, elle varie sur la

surface intérieure avec la position de A, mais ne change pas sur la surface extérieure; la distribution extérieure est celle que comporte la forme du conducteur (10).

Soit maintenant un conducteur C en communication avec la paroi. Ce conducteur, au point de vue électrique, fait en réalité partie de la paroi. Comme elle, il sera uniquement chargé d'électricité négative et sa charge ne sera évidemment qu'une fraction de la quantité totale développée.

Considérons enfin le conducteur isolé D. Il prend à la fois les deux électricités et en quantités équivalentes (7). Sa surface présente deux plages séparées par une ligne sans électricité qu'on appelle la *ligne neutre*; la plage antérieure, la plus voisine du corps influençant A est chargée d'électricité négative, c'est-à-dire de signe contraire à celle de A; la plage postérieure, la plus éloignée, d'électricité positive ou de même signe.

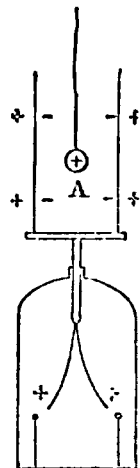


Fig. 12.

Telle est la loi générale de l'influence¹.

Voici maintenant les vérifications expérimentales.

13. Vérifications expérimentales. — Pour représenter le conducteur fermé constitué par la salle, il nous suffit de prendre le cylindre de Faraday. Supposons-le isolé et en communication avec l'électroscope. Le corps influençant sera par exemple une sphère A chargée d'électricité positive (fig. 12).

Dès qu'on approche la sphère du cylindre, les feuilles

1. Nous avons supposé les conducteurs B et D à l'état neutre; s'ils étaient préalablement électrisés, l'influence s'exercerait de la même manière, seulement pour avoir la densité en chaque point, il faudrait superposer à la charge primitive existant en ce point celle qui y aurait été développée par influence le corps étant à l'état neutre.

de l'électroscope divergent. La divergence va d'abord en augmentant ; mais sitôt que la sphère est à quelque distance au-dessous de l'orifice, l'écart reste invariable quelle que soit la position de la boule : l'ouverture n'a plus d'influence et le cylindre se comporte comme un conducteur fermé. En même temps on peut constater avec le plan d'épreuve que la surface intérieure du cylindre est chargée d'électricité négative et la surface extérieure d'électricité positive. On peut vérifier par le même moyen que la distribution sur la surface extérieure est indépendante de la position de la sphère, ce qui résulte d'ailleurs de l'immobilité des feuilles d'or pendant qu'on déplace la sphère ; mais qu'il n'en est pas de même de la distribution intérieure : l'électricité négative s'accumule dans les parties les plus voisines de la sphère A.

14. — Reste à démontrer que les charges intérieure et extérieure sont équivalentes et que chacune d'elle est égale en valeur absolue à celle de A. La démonstration de la première partie résulte évidemment de ce fait que, lorsqu'on retire du cylindre la sphère A, les feuilles d'or retombent et que toute trace d'électrisation disparaît ; et celle de la seconde, de cet autre fait que l'écart des feuilles d'or ne varie pas quand on met la sphère en contact avec la surface intérieure. A ce moment la sphère et le cylindre forment un conducteur unique, l'électricité de la sphère et celle de la surface intérieure passent à l'extérieur et comme elles ne modifient pas la quantité déjà existante, elles étaient en quantités équivalentes.

1. La charge développée par influence sur la surface extérieure du cylindre isolé étant la même que celle qui s'y trouve après le contact et agissant seule à l'extérieur, il est indifférent, pour la mesure des charges (9), d'établir ou non ce contact. En particulier, dans l'étude de la distribution (10), il suffira d'introduire

15. — L'effet final est donc le même que si la sphère avait cédé simplement sa charge au cylindre. Nous avons supposé la sphère A conductrice; si elle était isolante, le simple contact avec la surface intérieure ne suffirait plus pour lui faire perdre sa charge; mais on obtiendrait le même résultat en armant de pointes la surface intérieure du cylindre (*fig. 13*): l'électricité négative développée sur la surface intérieure s'échapperait par ces pointes (11) et viendrait neutraliser l'électricité positive adhérente à la surface de la sphère.

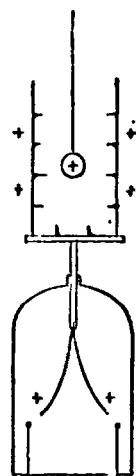


Fig. 13.

16. — Nous avons supposé le cylindre isolé. Pendant que la sphère est à l'intérieur mettons-le en communication avec le sol, l'électricité de la surface extérieure disparaît et les feuilles d'or retombent. Il en serait de même d'un pendule qui pendrait le long de la surface extérieure; enfin, un pendule qu'on en approche n'est

chaque fois, *sans toucher*, le plan d'épreuve dans le cylindre. Le plan d'épreuve retiré, le cylindre se trouve à l'état neutre, prêt pour une nouvelle opération, et n'a pas besoin d'être déchargé, comme lorsque le contact a eu lieu.

Si on introduit simultanément dans le cylindre plusieurs corps électrisés d'une manière quelconque, conducteurs ou non, la quantité d'électricité développée sur la surface extérieure est la somme algébrique des quantités introduites; elle est nulle si ces quantités sont équivalentes. On vérifiera ainsi l'équivalence des charges développées dans le frottement réciproque de deux corps (7). Remarquons enfin que la couche extérieure restera insensible à toutes les modifications qu'on pourra produire à l'intérieur du cylindre. On pourra déplacer les corps introduits, les mettre en contact entre eux ou avec les parois, ramener à l'état neutre des quantités équivalentes, développer de nouvelles charges par le frottement etc., la charge de la surface extérieure restera invariable.

point attiré. L'action est donc nulle sur tout point extérieur au cylindre non isolé¹.

Rompons la communication avec le sol et amenons la sphère au contact de la paroi; les feuilles restent encore au repos, puisque la charge de la sphère et celle de la surface intérieure sont équivalentes.

Si on avait retiré la sphère sans toucher au conducteur B, l'électricité négative de B aurait passé sur la surface extérieure et donnerait dans l'électroscope la même divergence que précédemment; seulement les feuilles seraient négatives.

17. — Pour les autres vérifications nous n'avons plus besoin du cylindre de Faraday. Les parois de la salle forment le conducteur B.

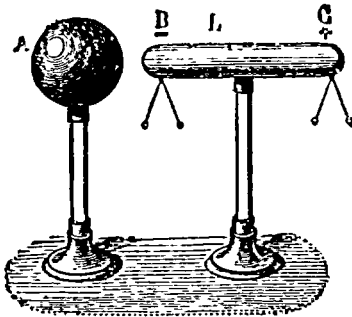


Fig. 14.

D'une sphère électrisée positivement A, approchons un cylindre isolé (fig. 14). Il faut montrer que sa surface se divise en deux plages séparées par une ligne neutre, la plage B la plus voisine de A étant chargée d'électricité négative et la plus éloignée C, d'électricité positive. C'est ce qu'il est

facile de constater au moyen du plan d'épreuve. Sur la ligne neutre, toujours plus voisine de B que de C, le

1. Il résulte de là qu'un conducteur fermé en communication avec le sol est un écran parfait qui arrête toute action entre l'intérieur et l'extérieur. Nous savons déjà (8, 3^e) que toutes les masses extérieures sont sans action sur l'intérieur; l'expérience du cylindre nous montre que les masses intérieures n'ont aucune action sur un point de l'extérieur.

Les parois d'une salle étant toujours des conducteurs en communication avec le sol, on voit que les corps électrisés placés dans une salle n'ont aucune action sur les corps placés dans une salle voisine.

INFLUENCE ÉLECTRIQUE.

plan d'épreuve ne prend pas d'électricité; mais sa charge en électricité négative, va en croissant de L vers B, et sa charge en électricité positive en croissant de L à C. On peut se dispenser de l'emploi du plan d'épreuve en suspendant aux différents points du cylindre des pendules doubles; la paire qui correspond à la ligne neutre reste immobile; les autres divergent d'autant plus qu'elles sont plus voisines des extrémités. Les balles de la plage antérieure sont repoussés par la résine électrisée, celles de la plage postérieure par le verre électrisé. Les charges des deux plages sont évidemment équivalentes, car si on supprime l'influence, par exemple en éloignant la sphère du cylindre, celui-ci revient à l'état neutre.

18. — Pour avoir le troisième cas, il suffit de mettre le cylindre BC (*fig.* 15) en communication avec le sol. Si on le touche avec le doigt par exemple, en

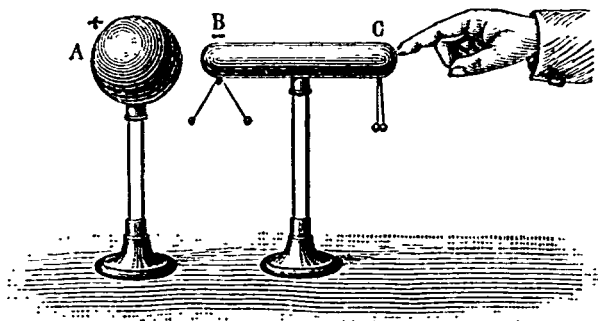


Fig. 15.

un point quelconque, les pendules de l'extrémité C retombent et ceux de l'extrémité B divergent davantage; c'est-à-dire que l'électricité de même signe que le corps influençant, autrement dit l'électricité positive, disparaît, et la quantité d'électricité de signe contraire augmente. L'effet est le même quel que soit le point touché, qu'il appartienne à la plage B ou à la plage C.

Rompons la communication avec le sol, le cylindre reste chargé d'électricité négative, même après la suppression de l'influence. De là un nouveau moyen de charger un conducteur; c'est le troisième : on peut le charger par frottement; — par contact avec un autre corps électrisé; — ou bien par l'influence de ce corps électrisé à la condition de le mettre un instant en communication avec le sol. Par le contact, on a de l'électricité de même signe; par l'influence, de l'électricité de signe contraire.

19. Influence sur les corps mauvais conducteurs. — Les phénomènes sont moins nets avec les corps mauvais conducteurs. Un corps mauvais conducteur soumis à l'influence semble se comporter comme un assemblage de petits conducteurs séparés par un milieu isolant et dont chacun subirait l'influence à la manière d'un conducteur isolé, c'est-à-dire se chargerait des deux électricités, d'électricité contraire à celle du corps influençant dans la partie la plus voisine, d'électricité de même espèce dans la partie la plus éloignée. Si on supprime l'influence après un temps très court, le corps revient à l'état neutre; mais si elle a duré quelque temps, le corps peut conserver deux plages électrisées en sens contraire, la plage négative étant toujours la plus voisine du corps influençant supposé positif.

L'influence s'exerce à travers les corps mauvais conducteurs solides ou liquides, comme à travers l'air. Ils ne font pas écran comme les corps conducteurs (16). Ainsi, si le cylindre de Faraday était rempli avec un liquide mauvais conducteur comme l'huile, le pétrole ou la benzine, toutes les choses restant égales d'ailleurs, il n'y aurait rien de changé quant au signe et quant à la quantité de l'électricité développée.

20. Étincelle. — L'influence joue un rôle capital en électricité, car elle intervient nécessairement dans tous les phénomènes.

Elle précède évidemment l'étincelle que nous avons vue se produire chaque fois qu'il y a communication d'électricité d'un conducteur à un autre. Supposons par exemple qu'on approche le doigt d'un corps chargé d'électricité positive, le doigt en communication avec le sol se charge d'une quantité d'électricité négative d'autant plus grande que la distance est plus petite et, avant le contact, les deux électricités se neutralisent à travers l'air.

Si au lieu du doigt on présente au conducteur une pointe tenue à la main, celle-ci laisse échapper de l'électricité contraire jusqu'à ce que le corps influençant soit ramené à l'état neutre. En présence d'une source d'électricité, la pointe influencée donne les phénomènes lumineux déjà décrits (41).

21. Attraction des corps légers. — De même, dans l'expérience de l'attraction des corps légers, l'électrisation par influence précède l'attraction et en réalité l'action ne s'exerce jamais qu'entre corps électrisés.

22. Pendules isolé et non isolé. — Quand la balle de sureau qui constitue le pendule est suspendue par un fil conducteur, de lin ou de coton par exemple, et par suite en communication avec le sol, elle se charge seulement d'électricité contraire à celle du corps influençant et est vivement attirée; quand elle est suspendue par un fil de soie isolant, elle prend les deux électricités et l'attraction est due seulement à la différence des actions qu'exerce le corps influençant sur les deux masses électriques égales; cette différence est toujours en faveur de l'attraction, la masse attirée étant toujours la plus voisine; mais elle ne devient sensible qu'à une distance relativement assez petite.

Quand il s'agit seulement de reconnaître si un corps est électrisé, le pendule non isolé est plus sensible que le pendule isolé ; mais l'emploi de ce dernier est nécessaire quand on veut reconnaître si le corps est électrisé positivement ou négativement. On communique par contact l'électricité de ce corps à la balle de sureau, et on cherche si la balle est repoussée par le verre ou par la résine.

L'expérience doit être faite avec précaution : le bâton de verre ou de résine doit être approché de loin et très doucement, si on ne veut pas être induit en erreur. Supposons par exemple que la boule soit positive et qu'on en approche un bâton de verre électrisé ; la charge développée par influence se superposant à la charge primitive (12), il arrive qu'en approchant progressivement le bâton de verre, la charge de la partie antérieure de la balle d'abord positive finit par devenir négative et assez grande en valeur absolue pour qu'à petite distance la répulsion se change en attraction. En approchant le bâton de verre brusquement, on pourrait ne constater que ce dernier effet, et en tirer une conclusion fautive.

23. Électroscope. — L'électroscope est beaucoup plus sensible ; nous avons décrit (9) la partie essentielle de l'électroscope à feuilles d'or (*fig.* 16). Outre la tige qui porte les feuilles d'or, l'instrument comprend habituellement deux conducteurs fixes qu'on appelle les *bornes*, placés symétriquement par rapport aux feuilles d'or et en communication avec le sol.

Ces bornes, en se chargeant par influence d'électricité contraire à celles des feuilles d'or, augmentent la divergence et par suite la sensibilité de l'instrument. Elles empêchent en outre les feuilles écartées trop brusquement, de venir se coller contre la cage de verre dont il est difficile ensuite de les détacher. L'appareil

est souvent enveloppé d'une seconde cage, percée d'un trou qui laisse passer librement la tige et qui contient des matières desséchantes pour garantir les parois extérieures de la cloche de l'humidité de l'air.

Pour reconnaître qu'un corps est électrisé, il suffit de l'approcher du bouton : les feuilles divergent immédiatement. Pour reconnaître la nature de l'électricité, on procède de la manière suivante. Pendant que le corps est approché, on touche un instant le bouton avec le doigt, les feuilles retombent ; on retire le doigt, puis le corps, elles divergent de nouveau, chargées évidemment

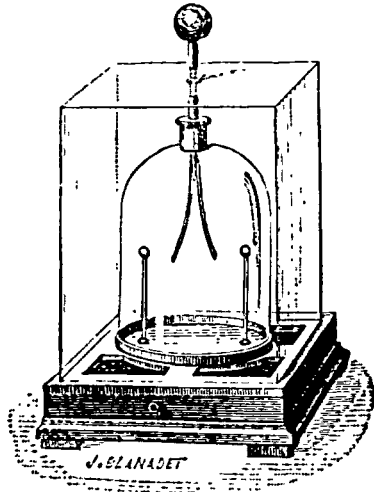


Fig. 16.

d'une électricité contraire à celle du corps. On approche ensuite, à grande distance et très lentement, un corps chargé d'électricité connue, un bâton de résine frotté par exemple, qui est toujours négatif. Il agit par influence, développe de l'électricité positive dans la partie la plus voisine et dans les feuilles d'or des quantités d'électricité négative qui vont en croissant au fur et à mesure qu'on approche. Si la divergence des feuilles augmente, elles étaient déjà négatives et le premier corps était chargé positivement ; si, au contraire, elles étaient primitivement positives et par suite le corps essayé négatif, la divergence va en diminuant, s'annule, puis se manifeste de nouveau. En retirant doucement le bâton de résine, on repasse en sens inverse par la même succession de phénomènes.