

416. **Le Soleil est la source de tout mouvement à la surface de la Terre.** — L'ensemble des considérations qui précèdent, et dont Robert Mayer a fait ressortir la valeur, conduit à envisager le soleil comme la source de toute énergie, à la surface de notre globe.

L'animal trouve, dans la combustion des matériaux de ses aliments, l'énergie nécessaire à ses mouvements (414). Or, un grand nombre d'animaux sont exclusivement herbivores : ceux qui sont carnivores se nourrissent d'animaux qui ont pris eux-mêmes au règne végétal les éléments de leurs tissus. Dès lors, toutes les substances qui interviennent, comme combustibles, dans la respiration des animaux, sont empruntées aux végétaux, soit directement, soit indirectement. — D'autre part, les végétaux empruntent à la chaleur solaire l'énergie nécessaire à la formation de ces substances combustibles elles-mêmes (415). — C'est donc la chaleur solaire qui est la source des mouvements effectués par les animaux : les végétaux constituent des intermédiaires, qui gardent en réserve l'énergie fournie par le soleil, et la fournissent à leur tour aux animaux qu'ils alimentent.

Quant aux mouvements effectués par nos machines à feu, ils empruntent à la même origine l'énergie qui y est mise en jeu. — Pour les machines alimentées par la combustion du bois, la chose est évidente, d'après ce qui vient d'être dit. — Les machines qui sont alimentées par la combustion de la houille ne font qu'emprunter, au combustible enfoui dans le sol, l'énergie que la chaleur solaire avait accumulée dans les végétaux des siècles passés.

C'est la chaleur solaire qui transforme en vapeur les eaux des mers, des lacs ou des fleuves, et qui contribue ainsi à la formation des nuages; l'énergie accumulée par la vaporisation, dans ces masses d'eau suspendues au sein de notre atmosphère, reparait à l'état d'énergie sensible, quand elles retombent sous la forme de pluie ou de neige, et viennent former les torrents, les rivières, les fleuves qui descendent vers la mer. — C'est la force vive de ces cours d'eau que nous utilisons, pour mettre en mouvement nos machines hydrauliques.

C'est encore la chaleur solaire qui produit, dans notre atmosphère, ces mouvements continuels qui constituent les vents, et qui transportent l'air d'une région du globe à une autre. — Quand l'homme utilise cette force vive de translation de l'air, pour gonfler les voiles des navires ou pour faire tourner les ailes des moulins, il ne fait encore qu'employer, pour un travail utile, une énergie dont l'origine est tout entière dans la force vive des radiations émises par le Soleil.

LIVRE TROISIÈME

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

CHAPITRE PREMIER

ÉLECTRICITÉ STATIQUE

1. — PRINCIPES FONDAMENTAUX.

417. **Électrisation des corps par le frottement.** — On sait, depuis une époque fort reculée, que l'ambre jaune ou succin (*ἤλεκτρον*), lorsqu'on le frotte, acquiert la propriété d'attirer les corps légers, tels que les barbes de plume, ou les petits fragments de papier; cette propriété fut attribuée à une cause spéciale, qui prit le nom d'*électricité*.

En 1550, Gilbert, médecin de la reine Élisabeth d'Angleterre, reconnut la même propriété dans un grand nombre d'autres corps, comme la résine, le soufre, le verre; toutes ces substances s'*électrisent* quand on les frotte, c'est-à-dire qu'elles deviennent capables d'attirer les corps légers. — D'autres substances, comme les métaux, le liège, le bois, tenues à la main et frottées, ne paraissaient pas s'*électriser*: nous allons voir que ces exceptions ne sont qu'apparentes.

418. **Corps conducteurs de l'électricité.** — Au commencement du dix-huitième siècle, le physicien anglais Gray fut conduit à envisager les phénomènes à un point de vue tout nouveau. — Ayant frotté un tube de verre fermé par un bouchon, il constata que le verre communiquait au bouchon la propriété d'attirer les corps légers. Il planta alors dans le bouchon une tige de sapin, terminée par une boule d'ivoire : en recommençant l'expérience, il vit également la boule d'ivoire s'*électriser*. Enfin, en suspendant à la tige de sapin une longue corde de chanvre terminée par une boule métallique, il vit encore cette boule acquérir la même propriété. — Tout se passait donc, dans ces expériences, comme si l'électricité était due à une sorte de fluide, que le frottement aurait fait apparaître, et qui se serait ensuite répandu dans

les corps mis en contact avec celui qui avait été frotté. — Telle fut l'origine de cette dénomination de *fluide électrique*, qui prit place dans la langue scientifique, et sur laquelle nous reviendrons.

Nous appellerons *corps conducteurs* les corps, tels que le bois, l'ivoire, le chanvre, les métaux, qui paraissent n'opposer à la propagation de l'électricité, ou du fluide électrique, qu'une résistance insensible.

419. **Le sol et le corps humain sont des corps conducteurs.** — Dans l'expérience de Gray, on constata, en outre, que la boule métallique perdait son électricité dès qu'on venait à lui faire toucher le sol. Le sol devait donc être considéré comme un corps conducteur, dans lequel s'était répandue l'électricité développée, et où la présence de cette électricité était devenue insensible, en raison des énormes dimensions de la Terre par rapport à la boule.

Enfin, la boule électrisée perdait encore son électricité lorsque, sans la mettre directement en contact avec le sol, on venait à la toucher avec la main. Le corps de l'opérateur avait donc joué le rôle d'un corps conducteur, établissant la communication entre la boule métallique et le sol lui-même.

420. **Corps mauvais conducteurs.** — Revenons maintenant sur les expériences fondamentales qui nous ont servi à constater le développement de l'électricité par le frottement.

Quand on frotte l'extrémité d'un bâton de résine, les points frottés s'électrisent, mais les autres points du bâton ne manifestent pas trace d'électricité. La résine est donc un *corps mauvais conducteur*, c'est-à-dire qu'elle oppose au passage du fluide électrique une résistance, l'empêchant de se répandre dans toute son étendue. — C'est grâce à cette propriété que nous pouvons constater la présence de l'électricité dans le bâton de résine, tout en le tenant à la main par son autre extrémité. Si la résine était conductrice, l'électricité développée s'y propagerait jusqu'à la main de l'opérateur, et irait se perdre dans le sol.

Parmi les *corps mauvais conducteurs*, nous citerons la résine, le verre, le soufre, le caoutchouc, la soie, le papier, etc. — Dans tous ces corps, il est toujours facile de constater la présence de l'électricité développée par le frottement.

L'air lui-même est un corps mauvais conducteur; il est clair, en effet, que si l'air était conducteur, l'électricité développée à la surface des corps se perdrait dans l'atmosphère, et les phénomènes électriques nous seraient probablement inconnus. — Cependant l'air devient plus ou moins conducteur lorsqu'il est humide; c'est ce qui rend parfois les expériences d'électricité difficiles à réaliser.

421. **Tous les corps sont électrisables par le frottement.** — Les métaux étant conducteurs, pour savoir si le frottement peut ou non les électriser, il est indispensable de placer, entre eux et la main de l'opérateur, un *corps mauvais conducteur*, afin que, s'il

vient à se développer de l'électricité, elle ne puisse pas se perdre dans le sol. — Or, si l'on frotte un cylindre métallique A (fig. 276), en le tenant par un manche de verre M, on constate que le métal acquiert la propriété d'attirer les corps légers, et cette propriété se manifeste, non seulement aux points frottés, mais sur tous les points du cylindre. — Le frottement a donc produit de l'électricité. Cette électricité s'est répandue sur toute la surface du métal; mais le manche de verre lui a opposé une barrière infranchissable. — Le manche de verre prend alors le nom de *corps isolant*.

En général, *tous les corps sont électrisables par le frottement*, mais ceux qui sont conducteurs ne peuvent conserver leur électricité qu'à la condition d'être *isolés* du sol par un corps mauvais conducteur.



Fig. 276.

422. **Distinction des deux espèces d'électricités.** — En 1735, les expériences du physicien français Du Fay montrèrent que, suivant les cas, le frottement peut développer des électricités de deux espèces différentes. — Pour répéter ces expériences, nous emploierons, comme corps léger, un *pendule électrique* (fig. 277), c'est-à-dire une petite balle de moelle de sureau A, suspendue à un fil de soie E, fixé lui-même à un support de verre C. La soie et le verre constituant des supports isolants, la balle de sureau gardera l'électricité qui pourra lui être communiquée.

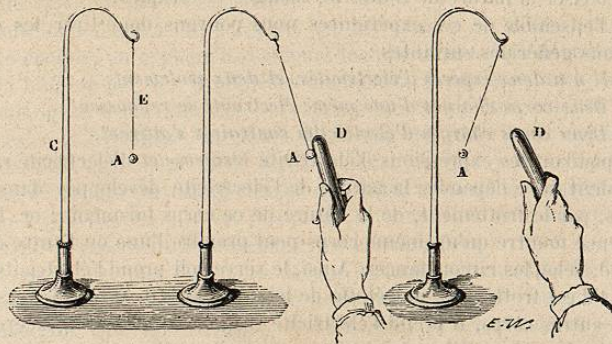


Fig. 277.

Distinction des deux électricités.

Fig. 278.

Approchons d'abord de la balle de sureau un bâton de résine D, frotté avec du drap. Elle est attirée; mais, dès qu'elle a touché la résine (fig. 277), elle est *repoussée*, comme le représente la figure 278. Or, en touchant la résine, la balle de sureau a pris une partie de son électricité; cette expérience montre donc que deux corps, chargés de l'élec-

tricité de la résine, se repoussent. — Approchons maintenant, de la balle ainsi électrisée par la résine, un bâton de verre frotté avec un morceau de drap : elle est *attirée*. L'électricité du verre est donc différente de celle de la résine. — Pour distinguer entre elles ces deux électricités, nous les appellerons provisoirement *électricité vitrée* et *électricité résineuse*.

Nous pouvons maintenant reprendre cette expérience, en opérant avec les deux mêmes corps dans un ordre inverse. — Nous toucherons d'abord la balle de sureau avec la main, pour conduire dans le sol l'électricité qu'elle avait reçue. Nous en approchons alors le bâton de verre électrisé : la balle de sureau viendra toucher le verre, et, après ui avoir pris une partie de son électricité, elle sera *repoussée*; donc deux corps chargés d'électricité vitrée se repoussent, aussi bien que deux corps chargés d'électricité résineuse. — Au contraire, la balle ainsi chargée d'électricité vitrée est *attirée* par la résine.

On peut constater enfin que, si l'on prend un corps quelconque, électrisé par frottement, et si on le présente successivement à deux pendules, dont l'un aura été chargé d'électricité vitrée, et l'autre d'électricité résineuse, ce corps exerce toujours une répulsion sur l'un de ces pendules et une attraction sur l'autre, c'est-à-dire qu'il manifeste toujours, soit les propriétés de l'électricité *vitrée*, soit les propriétés de l'électricité *résineuse*. — Il n'y a donc pas lieu de distinguer une troisième électricité, et les deux dénominations précédentes suffisent pour caractériser la nature de toutes les charges électriques.

De l'ensemble de ces expériences nous pouvons donc tirer les conclusions générales suivantes :

- 1° Il y a deux espèces d'électricités, et deux seulement;
- 2° Deux corps chargés d'une même électricité se repoussent;
- 3° Deux corps chargés d'électricités contraires s'attirent.

Cependant les expressions d'électricité *résineuse* et d'électricité *vitrée* semblent faire dépendre la nature de l'électricité développée dans un corps, par le frottement, de la nature de ce corps lui-même; or, l'expérience montre qu'un même corps peut prendre l'une ou l'autre électricité, selon les circonstances. Ainsi, le verre poli prend l'électricité vitrée, s'il est frotté avec une étoffe de laine; mais, s'il est frotté avec certains autres corps, il prend l'électricité résineuse. Aussi remplacerons-nous l'expression d'électricité vitrée par celle d'électricité *positive*, et l'expression d'électricité résineuse par celle d'électricité *negative*. — Ces dénominations, empruntées à une théorie de Franklin dont nous dirons quelques mots plus loin, n'auront pour nous qu'une signification purement conventionnelle.

423. **Deux corps frottés l'un contre l'autre prennent des électricités contraires.** — En frottant un bâton de verre avec un morceau de drap, nous avons constaté que le verre s'électrise. Mais le

drap ne s'électrise-t-il pas aussi? L'expérience, telle que nous l'avons faite, ne permet pas de répondre à cette question; car, le drap étant conducteur et étant tenu à la main, l'électricité qui pourrait s'y développer se perdrait dans le sol.

Modifions donc l'expérience, et prenons un morceau de drap tendu sur un plateau de bois B (fig. 279), supporté lui-même par un manche de verre isolant. Prenons également un

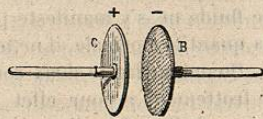


Fig. 279.
Deux corps frottés prennent des électricités contraires.

plateau de verre C, supporté par un manche pareil. Après avoir frotté les deux plateaux l'un contre l'autre, approchons-les tour à tour d'un pendule que nous aurons chargé, par exemple, d'électricité négative : ce pendule est attiré par le verre et repoussé par le drap. Donc, le frottement n'a pas seulement développé

de l'électricité positive dans le verre; il a aussi développé de l'électricité négative dans le drap. — En général, deux corps frottés l'un contre l'autre acquièrent simultanément des électricités contraires (*).

424. **Hypothèse des fluides électriques. — Théorie de Franklin et théorie de Symmer.** — Nous avons vu (418) comment la propagation de l'électricité dans les corps conducteurs a conduit, dès les premières expériences, à considérer l'électricité elle-même comme due à un *fluide* particulier, capable de se répandre dans les corps qui ne lui opposent pas de résistance.

Cette hypothèse a été acceptée par les savants du siècle dernier. A cette époque, on expliquait d'ailleurs les phénomènes de la chaleur ou de la lumière par des hypothèses analogues, hypothèses abandonnées depuis qu'on a pu rattacher ces phénomènes à des mouvements vibratoires. — L'hypothèse du *fluide électrique* est sans doute destinée à disparaître également de la science. Mais, aucune autre n'ayant pu jusqu'ici rendre un compte exact des faits, on peut la conserver, au moins provisoirement, en raison de la simplicité avec laquelle elle permet de représenter l'ensemble des phénomènes.

Avant d'aller plus loin, nous devons indiquer comment la théorie du fluide électrique a été complétée, pour interpréter les deux faits fondamentaux que nous venons de constater, savoir : le *développement d'électricités contraires* dans deux corps frottés l'un contre l'autre, et

(*) On a pu dresser des tableaux dans lesquels les corps sont placés dans un ordre tel, que chacun d'eux prend l'électricité positive, s'il est frotté par l'un des corps qui le suivent, et l'électricité négative, s'il est frotté par l'un des corps qui le précèdent. Voilà l'un de ces tableaux :

1. Peau de chat.	4. Plumes.	7. Soie.
2. Verre poli.	5. Bois.	8. Gomme laque.
3. Drap de laine.	6. Papier.	9. Verre dépoli.

les attractions ou répulsions produites par les corps électrisés. — Deux théories différentes ont été émises, l'une par Franklin, l'autre par le physicien anglais Symmer.

D'après la théorie de Franklin, tous les corps, quand ils sont à l'état naturel, c'est-à-dire quand ils ne manifestent pas trace d'électrisation, contiennent cependant une quantité déterminée de fluide électrique. Quand plusieurs corps à l'état naturel sont en présence, l'existence de ce fluide ne s'y manifeste pas, parce que, chacun d'eux en contenant sa quantité normale, il ne tend à se produire entre eux aucun échange. — Quand on frotte deux corps l'un contre l'autre, Franklin admet que le frottement a pour effet de faire passer une partie du fluide électrique de l'un dans l'autre, en sorte que, au moment où on les sépare, le premier contient moins de fluide qu'il n'en contenait à l'état naturel : il est à l'état négatif. Le second en contient plus qu'il n'en contenait à l'état naturel : il est à l'état positif. — On démontre, par le calcul, que les effets d'attraction ou de répulsion, qui se produisent entre des corps contenant ainsi des quantités plus ou moins grandes de fluide électrique, peuvent s'expliquer par les actions qui tendent à faire passer le fluide des uns aux autres.

D'après Symmer, tous les corps contiennent naturellement deux fluides électriques, d'espèces contraires : on les désigne sous les noms de fluide positif et fluide négatif, dénominations empruntées à la théorie de Franklin, mais qui n'ont plus ici qu'un sens conventionnel. — Avant d'avoir été frottés, les corps contiennent le fluide positif et le fluide négatif en quantités égales dans tous leurs points : on dit qu'ils sont alors à l'état neutre. — Le frottement a pour effet de faire passer sur l'un d'eux une partie du fluide positif de l'autre, et sur le second une partie du fluide négatif du premier : par suite, au moment de la séparation, l'un des corps manifeste, d'une manière prédominante, les propriétés du fluide positif; l'autre, les propriétés du fluide négatif. — Enfin, pour expliquer les attractions ou les répulsions qui se produisent entre les corps électrisés, il suffit d'admettre que les molécules d'un même fluide se repoussent entre elles, et que les molécules des fluides de noms contraires s'attirent.

Pour l'interprétation des phénomènes électriques, c'est la théorie de Symmer, c'est-à-dire la théorie des deux fluides, qui présente le plus de facilités.

II. — LOIS DES ACTIONS ÉLECTRIQUES. — DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ. — DÉPERDITION.

425. **Énoncé des lois de Coulomb.** — Coulomb a étudié, par des expériences précises, les lois suivant lesquelles varient les actions, attractives ou répulsives, qui s'exercent entre deux petites sphères

chargées d'électricité, quand on fait varier, soit la distance qui les sépare, soit les quantités d'électricités qu'elles possèdent. Voici les résultats de ces expériences.

Lorsque les deux sphères, chargées d'électricités de même nom, sont placées successivement à différentes distances, les forces répulsives sont en raison inverse des carrés des distances.

Supposons maintenant qu'on ait d'abord mesuré la force répulsive qui s'exerce, à une certaine distance, entre deux petites sphères conductrices, chargées d'une même électricité : si, en touchant l'une d'elles avec une autre sphère égale, on lui enlève la moitié de sa charge, on constate que la force répulsive, à la même distance, devient moitié moindre : si l'on enlève également à l'autre sphère la moitié de sa charge, la force répulsive est encore diminuée de moitié, c'est-à-dire qu'elle devient, à la même distance, quatre fois moindre qu'elle n'était au commencement. En continuant ainsi, on trouve, d'une manière générale, que les forces répulsives exercées à une même distance, entre des sphères chargées d'électricités de même nom, sont proportionnelles aux produits des quantités d'électricité que possèdent les deux sphères.

Les mêmes lois sont applicables aux forces attractives développées entre des sphères chargées d'électricités contraires.

Les vérifications expérimentales de ces lois étant d'autant plus exactes que les dimensions des sphères sont plus petites par rapport à la distance qui les sépare, on considère ces lois elles-mêmes comme applicables aux actions qui s'exercent entre des éléments électriques infiniment petits, placés à des distances finies les uns des autres.

426. **Balance de torsion.** — La balance de torsion, imaginée en 1785 par Coulomb pour établir les lois des attractions et des répulsions électriques, est représentée par la figure 280.

Une tige de gomme laque *bod*, qui porte en *b* une boule en moelle de sureau dorée, est soutenue par un fil d'argent au centre d'une cage de verre cylindrique, dont l'air est desséché par du chlorure de calcium. L'extrémité supérieure du fil d'argent est fixée dans un bouton métallique *f*, qui peut tourner au centre du tambour *t*; on peut évaluer la rotation de *f* en observant le déplacement du repère *r* sur une graduation tracée sur le tambour *t*. Ce tambour *t* est mobile, à frottement dur, sur le tambour fixe *t'*. — Une boule métallique *a*, isolée par une tige de verre, peut être introduite dans la cage à la hauteur de *b*, de telle sorte que la balle

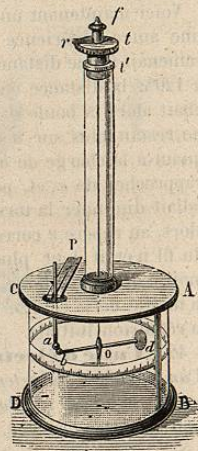


Fig. 280.
Balance de Coulomb.

de sureau *b* vienne toucher la boule *a*, et prendre sa place, quand celle-ci s'est écartée. Dans le même plan horizontal, la cage porte une division en degrés, dont le zéro est situé en face de *a*.

Pour régler la balance on enlève d'abord la boule *a*; on amène le repère *r* vis-à-vis le zéro de la graduation *t*; enfin, en soulevant le tambour *t*, de manière qu'il tourne librement à l'intérieur du tambour *t'*, on fait en sorte que la balle de sureau *b* arrive à se placer vis-à-vis le zéro de la graduation de la cage, c'est-à-dire à la place que viendra occuper la boule *a*. — L'appareil étant ainsi préparé, on électrise la boule *a* et on l'introduit dans la cage; l'électricité se partage entre les deux boules conductrices *a* et *b*, et la boule *b* est repoussée. Dans l'une des expériences de Coulomb la distance angulaire des deux boules était de 56°; la torsion du fil était donc de 56°, et comme on sait que la force de torsion est proportionnelle à l'angle de torsion, la force répulsive qui s'exerçait entre les deux boules, à une distance représentée par 56, était équilibrée par une force de torsion que l'on pouvait représenter par le même nombre. En tournant alors le bouton *f* en sens inverse du déplacement de la balle de sureau, on ramenait la distance angulaire à n'être plus que 18°; l'observation du repère *r* montrait qu'il avait fallu tourner le bouton *f* de 126°; la torsion totale du fil était donc 18° + 126° = 144°. La force répulsive, qui s'exerçait entre les deux boules chargées comme précédemment, mais à une distance représentée par 18, était équilibrée donc par une force de torsion représentée par 144. — Or, dans la deuxième expérience, la distance 18 était la moitié de la distance 56 dans la première expérience; la force de répulsion 144 était quatre fois plus grande que la répulsion primitive 56. — La loi des distances était donc ainsi vérifiée.

Voici maintenant un exemple de vérification de la loi des charges. — Dans une autre expérience de Coulomb, la boule *b* ayant été chassée à 48°, on la ramenait à une distance angulaire de 28°, par une rotation du bouton égale à 120°; la distance étant 28, la répulsion était 28 + 120 = 148. — On touchait alors la boule *a* avec une boule identique *a'*; quand on retirait *a'*, il ne restait plus sur *a* qu'une charge égale à la moitié de la charge initiale; quant à la charge de *b*, elle n'avait pas été modifiée; on voyait la balle *b* se rapprocher de *a*, et, pour ramener la balle *b* à la distance initiale de 28°, il fallait diminuer la torsion du fil, par une rotation du bouton dans le sens *ab*; alors, au repère *r* correspondait la division 44 du cercle gradué *t*; la torsion du fil n'était donc plus que 28° + 44° = 72°, c'est-à-dire sensiblement la moitié de 148. — Donc, à distance égale, la charge de l'une des boules devenant la moitié de la charge initiale, la force répulsive n'était plus que la moitié de la répulsion initiale.

427. **Unité d'électricité.** — On prend comme unité d'électricité la charge d'un élément conducteur, qui, agissant sur un second élément chargé de la même quantité, et placé à un centimètre de distance, produit une répulsion égale à une dyne.

Si deux corps conducteurs de petites dimensions sont chargés, l'un de *q* unités d'électricité, l'autre de *q'* unités, et si leur distance est égale à *r* centimètres, la force sera répulsive ou attractive, suivant que les charges seront de même signe ou de signes contraires; la valeur de la force, en dynes, sera donnée par l'expression

$$f = \frac{qq'}{r^2}$$

Cette formule est la traduction des lois de Coulomb.

428. **Application des lois de Coulomb à l'étude de la distribution de l'électricité dans les corps conducteurs.** — Dans les corps mauvais conducteurs, l'électricité reste limitée au voisinage des points où elle a été développée: il n'y a donc pas lieu d'étudier la distribution de l'électricité dans ces corps.

Les corps conducteurs, au contraire, opposent une résistance presque nulle au mouvement de l'électricité: en admettant alors que les éléments électriques de même nature se repoussent en raison inverse du carré de la distance (425), on démontre que, une fois l'équilibre établi, il ne peut y avoir d'électricité qu'à la surface du conducteur. — Quant à la distribution de l'électricité sur la surface, elle dépendra de la forme de cette surface. En s'appuyant sur les lois de Coulomb, on a pu calculer la distribution de l'électricité dans quelques cas simples: les résultats du calcul sont conformes à ceux que fournit l'expérience, en sorte que chacun d'eux doit être considéré comme une nouvelle confirmation de la loi élémentaire. — Cette remarque faite, nous nous contenterons d'indiquer quelques-uns des résultats obtenus.

429. **L'électricité se porte à la surface des corps conducteurs.** — Prenons une sphère métallique A (fig. 281), isolée par un

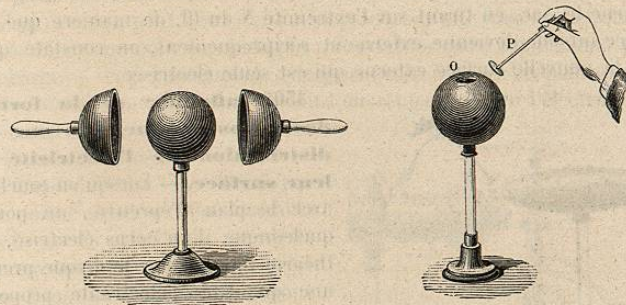


Fig. 281.

Fig. 282.

pieu de verre, et deux hémisphères creux B et C, qui peuvent s'appliquer exactement sur la sphère et qu'on maintient avec des manches isolants. Électrisons la sphère A, en la mettant en communication avec la machine électrique, et couvrons-la ensuite avec les hémisphères: en retirant les hémisphères, nous constaterons qu'ils sont électrisés, tandis que la sphère a perdu son électricité. — L'électricité s'était donc portée tout entière à la surface.

Soit de même une sphère métallique creuse (fig. 282), percée d'une petite ouverture *O* : si l'on électrise cette sphère et qu'on touche l'un des points de la surface extérieure avec un petit disque de clinquant ou *plan d'épreuve*, isolé au bout d'une tige de gomme laque *P*, on constate que le disque se charge d'une quantité sensible d'électricité. Si l'on fait la même expérience pour un point intérieur, on ne constate pas trace d'électricité sur le plan d'épreuve. — Ces deux expériences sont dues à Coulomb.

Voici encore une expérience ingénieuse, qui est due à Faraday. — Un cercle métallique isolé *A* (fig. 285) soutient un petit sac de mousseline, dont la forme est

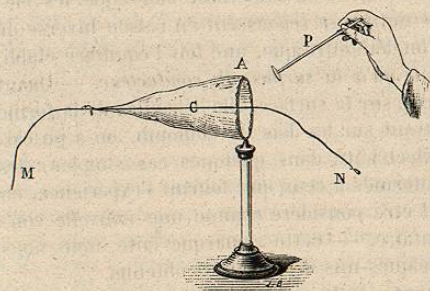


Fig. 285. — Expérience de Faraday.

à peu près celle des filets à papillons : un fil de soie *MN* traverse le sac et est attaché à son sommet. Si l'on électrise le cercle métallique, on constate, au moyen du plan d'épreuve, que la surface extérieure du sac est électrisée, la surface intérieure ne donnant pas trace d'électricité; si alors on retourne le sac, en tirant sur l'extrémité *N* du fil, de manière que la surface interne devienne externe et réciproquement, on constate que c'est la nouvelle surface externe qui est seule électrisée.

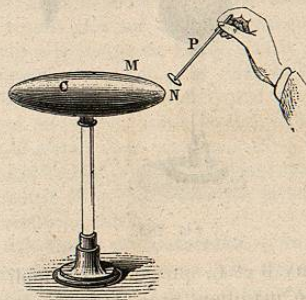


Fig. 284. — Étude de la distribution de l'électricité sur un corps conducteur.

Il en résulte que, si l'on touche successivement, avec un même plan d'épreuve, deux points *M* et *N* d'un conducteur isolé et électrisé (fig. 284), et si l'on détermine, à chaque fois, les valeurs des actions répul-

sives que le plan d'épreuve exerce, à une distance constante, sur une petite sphère contenant une charge constante de la même électricité, ces actions seront proportionnelles aux charges des points touchés. — En répétant la même opération sur un certain nombre de points, on aura une idée de plus en plus précise de la distribution de la charge sur le corps soumis à l'expérience.

Cette méthode, appliquée par Coulomb à des corps de formes diverses, a donné, entre autres, les résultats suivants :

Sur une *sphère*, la quantité d'électricité est la même en tous les points de la surface; résultat évident *a priori*, par raison de symétrie.

Sur un *ellipsoïde*, les quantités d'électricité accumulées aux extrémités des axes sont proportionnelles aux longueurs de ces axes.

Sur un *disque circulaire*, l'électricité s'accumule vers les bords.

451. **L'électricité tend à se perdre par les pointes.** — D'après ce qu'on vient de voir de la distribution de l'électricité sur un ellipsoïde, on peut prévoir que, si le grand axe de l'ellipsoïde s'allonge indéfiniment par rapport aux autres, c'est-à-dire si le corps se termine par une pointe, la charge électrique doit s'accumuler presque tout entière vers cette extrémité. Or, en général, quand une certaine quantité d'électricité est répandue à la surface d'un corps, ses éléments exercent les uns sur les autres une répulsion, en vertu de laquelle l'électricité tend à s'échapper dans l'air : à l'extrémité d'une pointe, cette *tension* doit devenir capable de vaincre la résistance de l'air, et l'électricité doit s'écouler successivement dans l'air qui entoure la pointe.

C'est ce qu'on peut constater en adaptant, sur une machine électrique en activité, une pointe métallique : la machine perd rapidement toute sa charge — C'est pourquoi on a toujours soin d'éviter les pointes et les arêtes vives, dans les appareils où l'on veut conserver l'électricité, et de limiter ces appareils par des surfaces arrondies.

L'écoulement de l'électricité, par une pointe placée sur une machine électrique en activité, se manifeste par une aigrette lumineuse, visible dans l'obscurité. En outre, comme l'air environnant se charge alors de la même électricité que la pointe, il se produit une répulsion entre la pointe et l'air. En plaçant la main près de l'extrémité de la pointe, on sent un courant d'air très vif; si on présente la flamme d'une bougie à ce courant d'air (fig. 285), on le voit courber, et souvent l'éteindre.

Si la pointe est mobile, et qu'elle puisse obéir à la force répulsive

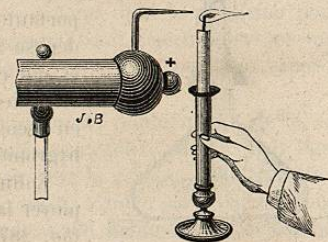


Fig. 283. — Écoulement de l'électricité par une pointe.

qui s'exerce entre elle et l'air électrisé, on la voit se mouvoir en sens inverse. — Ce sont là les conditions réalisées dans le *tourniquet électrique*. Cet appareil, représenté par la figure 286, se compose de plusieurs tiges métalliques horizontales, terminées toutes par des pointes courbées dans le même sens; le système de ces tiges est mobile sur un pivot métallique, qui est mis en communication avec la machine électrique. L'appareil se met en mouvement en sens inverse de la direction des pointes, c'est-à-dire dans le sens



Fig. 286. — Tourniquet électrique.

des flèches qu'indique la figure.

452. **Notions générales sur la déperdition de l'électricité.** — L'expérience montre qu'un conducteur électrisé, lors même qu'il ne présente aucune arête vive, et lors même qu'il est porté par un pied isolant, ne peut jamais conserver indéfiniment sa charge : il éprouve une *déperdition* progressive.

Cette déperdition tient, comme l'a montré Coulomb, à plusieurs causes. — Et d'abord, il y a déperdition par les *supports* : le verre, la gomme laque, la résine, ne sont pas absolument dépourvus de conductibilité; la perte ne peut être considérée comme négligeable que si les supports sont à la fois très longs et très fins, et si la charge est suffisamment faible. — Il y a toujours aussi déperdition *par l'air*, soit à cause du renouvellement de l'air à la surface du conducteur électrisé, soit parce que l'air possède lui-même une certaine conductibilité, variable avec son état hygrométrique. La perte par l'air n'est jamais nulle, même s'il est absolument sec; pour un même état hygrométrique, elle est, à chaque instant, proportionnelle à la grandeur de la charge.

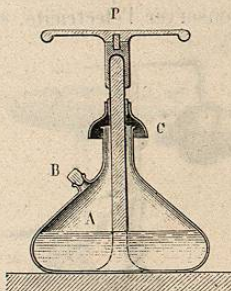


Fig. 287. — Support isolant de M. Mascart.

Une autre cause de déperdition, plus importante, réside dans l'humidité qui se dépose à la surface des supports de verre, et qui conduit l'électricité dans le sol. On remédie le plus souvent à cet inconvénient en recouvrant le verre d'une substance peu hygrométrique, telle que la gomme laque. — Enfin, il est encore bien préférable d'employer la disposition indiquée par M. Mascart (fig. 287). Le pied de verre qui supporte le plateau métallique P, ou tout autre conducteur que l'on veut isoler, est constamment desséché par l'acide sulfurique A, qui l'entoure. Un couvercle en ébène C ferme le flacon qui renferme l'acide sulfurique.

III. — DÉVELOPPEMENT D'ÉLECTRICITÉ PAR INFLUENCE.

453. **Expérience fondamentale.** — Il se produit un développement d'électricité *par influence*, dans un corps primitivement à l'état naturel, toutes les fois que ce corps est mis en présence d'un corps électrisé.

Soit un cylindre métallique BC (fig. 288) et une sphère A, supportés l'un et l'autre par des pieds de verre. Chacune des extrémités du cylindre BC porte un couple de petits pendules, formés de balles de sureau suspendues à des fils conducteurs de lin. — Si la sphère A a été chargée, par exemple, d'électricité positive, dès qu'on la met en présence du cylindre, on voit les pendules de chaque couple s'écarter l'un de l'autre. Il y a donc, à chacune des deux extrémités B et C du cylindre, développement d'électricité. Pour déterminer la nature des électricités développées, on constate, par exemple, qu'un bâton de résine électrisé négativement, et approché *lentement* des pendules de l'extrémité B, les repousse; on constate ensuite qu'un bâton de verre, chargé d'électricité positive et

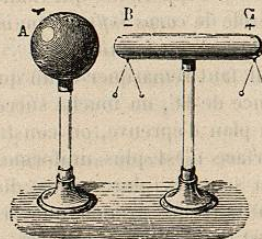


Fig. 288. Développement d'électricité par influence.

approché *lentement* des pendules de l'extrémité C, les repousse également (*). — Donc, des deux électricités dont la réunion constituait l'état neutre, l'électricité *negative*, attirée par A, s'est accumulée vers l'extrémité B; l'électricité *positive*, repoussée par A, s'est portée vers l'extrémité C. Entre les deux régions chargées d'électricités contraires, se trouve une ligne à l'état neutre. — L'attraction de A pour le fluide négatif de B s'exerce à plus courte distance que la répulsion pour le fluide positif de C, l'électricité négative doit s'accumuler sur une plus petite étendue de surface; la ligne neutre est donc plus rapprochée de B que de C.

Il est facile de voir que la décomposition du fluide neutre de BC est *limitée*. Considérons, en effet, une molécule négative située sur la ligne neutre; elle est sollicitée à se mouvoir vers la gauche, par l'attraction de la sphère électrisée positivement; mais, d'autre part, elle est sollicitée en sens inverse : 1° par la répulsion du fluide négatif déjà accumulé sur B; 2° par l'attraction du fluide positif de C. — Ce serait l'inverse pour une molécule positive de la ligne neutre. — Il résulte de là que les molécules positives et négatives de la ligne neutre seront en

(*) On verra plus loin (458, Rem.) pourquoi il est nécessaire que le bâton de résine ou le bâton de verre soient approchés *lentement* des pendules sur lesquels ils doivent agir par répulsion.