

R 856

.A5

LB

1900

PREMIÈRE PARTIE

PRÉCIS D'ÉLECTRICITÉ

Par M. Félix Lucas

AVANT-PROPOS

Ce qui peut tuer peut aussi guérir. Les venins et les poisons, convenablement préparés et dosés, deviennent, entre les mains du médecin, des médicaments précieux. De même la foudre meurtrière, asservie par l'homme sous le nom d'électricité, met à notre service ses vertus curatives, toujours prête à obéir à nos ordres pourvu qu'ils soient compatibles avec les lois qui la régissent.

Ces lois, c'est aux pionniers de la science, expérimentateurs et théoriciens, qu'il appartient de les rechercher, les découvrir et les formuler. Bien que nul ne puisse entrevoir encore les limites inaccessibles du domaine à explorer, l'œuvre accomplie déjà est cependant considérable. Il mérite vraiment l'admiration cet édifice actuel de la science électrique, sur le fronton duquel sont inscrits les noms immortels des Franklin, des Galvani, des Volta et des Faraday. Le médecin ne doit pas aujourd'hui rester étranger à cette science ; il peut et doit mettre à profit les prodigieuses ressources qu'offre à la thérapeutique le plus puissant et le plus souple des agents naturels.

M. le professeur d'Arsonval a écrit, dans la préface du traité d'électrothérapie du docteur Bordier : « Espérons
« que, dans un avenir prochain, nous ne verrons plus
« aucun clinicien avoir des connaissances au-dessous de
« celles de l'infirmier, en face d'un appareil électrothé-
« rapeutique. » C'est exprimer avec trop de pessimisme une
légitime espérance ; c'est reprocher à ceux qui ne savent

pas assez peut-être de ne savoir absolument rien. Restons dans la note vraie en disant simplement que le médecin a grand intérêt aujourd'hui à se remémorer et à compléter ses connaissances en matière de science électrique ; c'est à cela que peut lui servir le *Précis d'Electricité* qui constitue la première partie de cet ouvrage.

La seconde partie, consacrée aux *Appareils et instruments électro-médicaux*, indique les moyens de produire l'électricité sous diverses formes caractérisées par des modalités distinctes ; — décrit les balances spéciales (ampèremètres, voltmètres, etc.), qui servent à doser, pour ainsi dire, et à mesurer l'électricité ; — énumère les ingénieux instruments (excitateurs, électrodes, endoscopes, etc.) qui permettent d'utiliser méthodiquement la protéiforme énergie électrique.

L'électrothérapie, fille de l'empirisme, repose essentiellement sur les recherches physiologiques et sur l'expérimentation clinique. C'est, par conséquent, la compilation méthodique et critique des observations faites par les physiologistes et par les cliniciens qui a dû constituer la base essentielle de la troisième partie de cet ouvrage intitulée *Applications thérapeutiques*, dans laquelle s'affirme la puissance curative de l'électricité.

Nous avons rassemblé bien des matières dans ce volume, en nous efforçant d'unir la clarté à la concision ; s'il est vraiment utile au public médical, nous nous estimerons grandement récompensés de nos efforts.

FÉLIX ET ANDRÉ LUCAS.

INTRODUCTION

Ce Précis d'Electricité s'adressant au public médical, c'est-à-dire à des hommes techniques d'une haute culture intellectuelle, il convient d'établir ses assises sur la grande loi moderne, essentiellement philosophique, de la conservation de l'énergie. C'est à des anatomistes et à des médecins que sont dues plusieurs découvertes importantes en électricité ; les aperçus historiques offriront donc ici un intérêt tout spécial. Les études médicales n'ont laissé ou ne laissent au praticien ou à l'étudiant que peu de loisirs à consacrer aux mathématiques ; ce n'est donc qu'avec la plus grande sobriété que nous pourrions recourir, lorsqu'il le faudra bien, aux formules d'algèbre, en les choisissant aussi courtes et simples que possible. Remémorer au lecteur les connaissances qu'il a déjà possédées et les compléter sur des points importants, tel est le but de ce Précis d'Electricité ; il doit être à la fois élémentaire et théorique, pour contribuer à la vulgarisation d'une science qui doit mettre à la disposition du médecin un agent physique aussi souple qu'énergique.

Nous divisons ce Précis en trois chapitres, respectivement consacrés à l'électricité statique, aux courants voltaïques ou galvaniques et aux courants d'induction.

CHAPITRE PREMIER

ÉLECTRICITÉ STATIQUE

Coup d'œil historique. — Loi de Coulomb. — Distribution électrique. — Potentiel électrique. — Définition mathématique. — Méthode expérimentale. — Unités de masse électrique et de potentiel. — Electrification par influence. — Capacité d'un conducteur. — Machines électriques. — Condensateurs. — Énergie électrique. — Batteries électriques. — Décharge d'un condensateur. — Effets physiologiques de l'électricité statique.

1. *Coup d'œil historique.* — Le radical grec du mot *électricité* est ἤλεκτρον, nom du succin ou ambre jaune; simple remarque faite pour évoquer le souvenir de cette découverte, si modeste en apparence, qu'un morceau d'ambre jaune acquiert par le frottement la propriété d'attirer les corps légers. Cette découverte, attribuée à Thalès de Milet, remonte à 600 ans avant l'ère chrétienne; Théophraste en a fait mention dans son *Traité des pierres précieuses*; elle a constitué pendant plus de deux mille ans l'unique phénomène d'électricité connu des anciens. Gilbert, physicien anglais, a montré, au seizième siècle, que la propriété de s'électriser par frottement, appartient aussi à la résine, au soufre, au verre et à la plupart des pierres précieuses. Ainsi se généralisait un peu l'importante notion de l'*attraction électrique*.

Au milieu du dix-septième siècle, Otto de Guéricke, bourgmestre de Magdebourg, entreprit une série d'expériences au moyen d'un globe de soufre qu'il faisait rapidement tourner autour d'un de ses diamètres, tandis

qu'un aide appliquait les mains sur sa surface pour exercer un frottement énergique ; la première *machine électrique* se trouvait inventée. En présentant à ce globe tournant quelques corps légers, l'habile expérimentateur constata que ces corps, d'abord attirés par le soufre, s'éloignaient de lui après avoir touché sa surface ; ainsi fut découvert le phénomène nouveau de la *répulsion électrique*. En opérant dans l'obscurité, Otto de Guéricke observa l'apparition d'une *étincelle électrique* lorsqu'il approchait le doigt du globe électrisé. Ayant eu l'idée de mettre en contact avec ce globe une des extrémités d'une corde de chanvre suspendue par des fils de soie, il constata que cette corde acquérait ainsi la propriété d'attirer les corps légers ; de là cette nouvelle découverte fort importante, que la vertu attractive peut se propager dans certains corps. Otto de Guéricke laissait donc à sa mort, survenue en 1686, la voie largement ouverte aux investigations de la science.

A la suite de nombreuses expériences, le physicien anglais Gray proposa, en 1727, de classer les corps en *mauvais conducteurs* et *bons conducteurs* de l'électricité ; les premiers peuvent s'électriser par le frottement et s'opposent à la propagation du *fluide électrique*, ce qui permet d'en faire des *isoloirs* ; les seconds laissent, au contraire, facilement passer le fluide et ne paraissent pas s'électriser par le frottement. Gray, ayant d'autre part beaucoup étudié les *lueurs*, *aigrettes* et *étincelles électriques*, ainsi que les craquements et crépitations qui les accompagnent, a eu dès 1734 cette intuition prophétique qu'il pouvait y avoir identité de nature entre l'électricité et la foudre.

Le physicien français Dufay, contemporain et émule de Gray, a, de son côté, découvert la *dualité électrique*, c'est-à-dire la différence et même l'antagonisme des deux

électricités que l'on obtient en frottant avec un morceau de laine, d'une part, une baguette de verre poli et, d'autre part, un bâton de résine ; de là la division en électricité *vitree* ou *positive* et électricité *résineuse* ou *negative*, qui a servi de base à la théorie des deux fluides. Gray avait eu l'idée de transmettre l'électricité d'un bloc de résine au corps d'un enfant couché sur des cordons de soie tendus horizontalement ; Dufay procéda à des expériences du même genre, en électrisant une personne montée sur un plateau de bois suspendu par des cordons isolants, et excita l'admiration générale en tirant des étincelles du corps de cette personne ; on remplace aujourd'hui le plateau de balance par un *tabouret isolant*.

Pour compléter ce rapide aperçu historique, nous rappellerons qu'en 1744 le médecin allemand Ludolf démontra la présence de la chaleur dans l'étincelle électrique en lui faisant enflammer l'éther.

Récapitulons, en les précisant, les faits qui résultent de ces anciennes expériences.

Deux corps électrisés par frottement, rapprochés l'un de l'autre, s'attirent s'ils sont chargés d'électricités contraires et se repoussent s'ils sont chargés de la même électricité. Il est naturel d'admettre que ces actions mutuelles s'exercent entre les fluides électriques eux-mêmes ; par conséquent *les fluides de même nom se repoussent, tandis que les fluides de noms contraires s'attirent*. Il est à remarquer que le frottement de deux corps développe simultanément les deux fluides, qui se portent respectivement l'un sur le corps frotté et l'autre sur le corps frottant ; dans les nombreux cas où l'on n'observe qu'un seul fluide, c'est parce que l'autre est reçu par un corps non isolé qui le transmet à la terre et le laisse ainsi perdre dans le *réservoir commun*.

2. *Loi de Coulomb.* — Les masses électriques obéissent à la loi de l'attraction universelle découverte par Newton; de là le théorème suivant :

La force agissant entre deux très petites masses électriques est dirigée suivant la ligne droite qui les joint : elle est proportionnelle au produit de ces deux masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance.

Coulomb a découvert expérimentalement cette loi fondamentale en électrisant des petites sphères en moelle de sureau et en mesurant leurs actions mutuelles au moyen de la *balance de torsion*. On admet que les masses électriques peuvent se mouvoir librement sur la surface et à l'intérieur des corps dits *conducteurs*; la loi de Coulomb permet de démontrer que *l'électricité se porte toujours à la surface de ces corps*; c'est ce que l'on peut vérifier expérimentalement de plusieurs manières; il suffit, par exemple, de recouvrir par deux hémisphères isolés la surface d'une sphère électrisée et de retirer ensuite ces deux hémisphères pour enlever complètement l'électricité de la sphère. Partant de cette observation, on peut assimiler une charge électrique à une couche très mince d'électricité répandue sur la surface du conducteur. Pour un conducteur sphérique la couche est évidemment uniforme, c'est-à-dire d'épaisseur constante; l'électricité accumulée en un point quelconque de la surface, étant repoussée par celle de tous les autres points, tend à s'échapper normalement à la sphère, mais elle est arrêtée par l'air sec, qui est mauvais conducteur; cet effort auquel l'air résiste constitue ce que l'on appelle la *pression électrostatique* au point considéré; on démontre mathématiquement que *la pression électrostatique est proportionnelle au carré de l'épaisseur de la couche électrique.*

3. *Distribution électrique.* — La distribution de l'électricité à la surface d'un conducteur n'est pas uniforme si cette surface n'est pas sphérique; l'épaisseur de la couche électrique, et, par suite, la pression électrostatique, qui est proportionnelle au carré de cette épaisseur, varient d'un point à un autre; s'agit-il par exemple, d'un ellipsoïde de révolution très allongé, l'épaisseur de la couche est beaucoup plus grande aux sommets aigus qu'à l'équateur; supposons que l'axe de révolution s'allonge de plus en plus, la pression électrostatique aux sommets ira en croissant et finira par vaincre la résistance de l'air, en sorte que l'électricité s'échappera en formant une *aigrette* ou *effluve électrique*. Coulomb a étudié expérimentalement la distribution de l'électricité sur des conducteurs de formes diverses; il employait, à cet effet, un *plan d'épreuve*, petit disque de clinquant fixé à l'extrémité d'une tige isolante de gomme laque; en appliquant ce disque sur la surface électrisée et le retirant ensuite, on emporte avec lui la charge correspondant à la petite aire qu'il a recouverte; il ne reste donc qu'à mesurer la charge de ce plan d'épreuve, ce que l'on peut faire au moyen d'une balance de torsion. Poisson a, de son côté, résolu mathématiquement plusieurs problèmes de distribution électrique. Le calcul et l'expérience donnent des résultats concordants.

4. *Potentiel électrique.* — Prenons un conducteur électrisé d'une forme quelconque et mettons un de ses points en communication, au moyen d'un long fil métallique de faible diamètre, avec un électromètre à feuilles d'or, appareil simple et trop connu pour qu'il soit utile de le décrire ici. Nous pourrions constater ce fait capital que *l'écart des feuilles d'or est toujours le même, quel que soit le point du conducteur que touche l'extrémité libre*

du fil métallique. Si, par exemple, on prend pour conducteur un ellipsoïde de révolution très allongé, un point de l'équateur, où la densité électrique ou épaisseur de la couche est un minimum, donnera le même écartement des feuilles que l'un des sommets du grand axe, où la densité électrique est un maximum. Ces expériences nous révèlent l'existence d'un état particulier d'un conducteur électrisé, état qu'elles caractérisent, tout en montrant qu'il est mesurable, et que l'on a appelé le *potentiel de ce conducteur électrisé*.

Le *potentiel* est pour un état électrique, une caractéristique analogue à celle qu'est la *température* pour un état calorifique. Mettons en présence l'un de l'autre deux corps chauds à températures inégales; celui qui a la température la plus élevée cédera de la chaleur à l'autre. Prenons deux conducteurs électrisés à potentiels inégaux et mettons-les en communication par un fil métallique, celui dont le potentiel est le plus élevé cédera de l'électricité à l'autre et les deux potentiels deviendront égaux. Ajoutons que le passage de l'électricité à travers le fil conducteur, passage presque instantané, constitue un *courant électrique*, phénomène fondamental de l'électrodynamique ou science de l'électricité en mouvement; nous voyons dès à présent que la *différence de potentiel*, à laquelle on donne souvent le nom de *force électromotrice*, doit être considérée comme la cause qui peut faire mouvoir le fluide électrique.

5. *Définition mathématique.* — La loi de Coulomb concernant les attractions et répulsions électriques s'exprime par la formule

$$\varphi = -\frac{mm'}{r^2}$$

dans laquelle m et m' désignent les deux masses électriques

infiniment petites que l'on met en présence, (en regardant chaque masse comme positive ou comme négative, suivant que son électricité est vitrée ou résineuse).

r désigne la distance des deux masses électriques; φ désigne leur action mutuelle, considérée comme négative s'il y a répulsion et comme positive s'il y a attraction.

Si l'on prend pour valeur de m' l'unité de masse positive, l'action attractive ou répulsive de la masse m sur cette unité sera représentée par

$$\varphi = -\frac{m}{r^2}$$

et dépendra de la distance r que l'on peut regarder comme une variable. En un mot cette action φ est une fonction de r ; elle a pour fonction primitive

$$\frac{m}{r}$$

Cela posé, supposons qu'au lieu d'une seule masse agissante m , il y en ait un système quelconque $m, m', m'' \dots$, dont les distances à la masse-unité considérée soient respectivement $r, r', r'' \dots$; nous pourrions former la somme

$$V = \frac{m}{r} + \frac{m'}{r'} + \frac{m''}{r''} + \dots$$

à laquelle on donne le nom de *fonction potentielle* ou de *potentiel* du système des masses agissantes relativement à la masse-unité. Ce potentiel est une *fonction-de-point*, dont la valeur dépend de la position, ou, en d'autres termes, des coordonnées rectangulaires x, y, z de la masse-unité; on démontre aisément que les trois dérivées partielles de cette fonction relativement à x, y, z expriment les valeurs des trois composantes, parallèlement aux axes des coordon-

nées, de l'action totale exercée par les masses agissantes sur la masse unité.

En faisant varier la position (x, y, z) de cette masse-unité, on fait aussi varier, en général, la valeur du potentiel. Le lieu géométrique des points de l'espace pour lesquels le potentiel conserve une valeur constante est désigné sous le nom de *surface de niveau*; on démontre que *la force électrique correspondant à un point quelconque d'une surface de niveau est normale à cette surface.*

On peut prendre comme système $m, m', m'' \dots$, de masses agissantes les masses qui forment la couche électrique superficielle d'un conducteur électrisé. On démontre que la surface de ce conducteur est une surface de niveau, à laquelle correspond une valeur déterminée du potentiel; cette valeur est celle de ce que nous avons appelé le *potentiel du conducteur électrisé.*

On démontre en outre que la valeur constante du potentiel à la surface se conserve intégralement à l'intérieur du conducteur, dont le volume pourrait être, pour ce motif, appelé *volume de niveau.* En d'autres termes, la fonction

$$V = \sum \frac{m}{r}$$

conserve une valeur constante pour tous les points situés à l'intérieur du conducteur électrisé.

Dans le cas particulier où ce conducteur est sphérique, on peut déterminer la valeur de son potentiel en prenant celle de la fonction V pour le centre de la sphère; toutes les distances r devient alors égales au rayon R de cette sphère, en sorte que l'on a

$$V = \frac{\sum m}{R};$$

et comme la somme des masses m est égale à la charge

électrique M du conducteur, on obtient la formule très simple

$$V = \frac{M}{R}$$

qui se traduit en langage ordinaire par le théorème suivant : *Le potentiel d'un conducteur sphérique électrisé est égal au rapport de sa charge à son rayon.*

6. Méthode expérimentale. — Ces considérations théoriques, abrégées autant que possible et réduites à leur plus simple expression, ont le grand avantage de mettre en relief la nature intime du potentiel, de le définir avec une précision rigoureuse et de conduire directement au théorème qui fait connaître sa valeur pour les conducteurs sphériques. Mais comme elles peuvent échapper ou déplaire à un lecteur peu familiarisé avec les mathématiques, il convient de ne pas les regarder ici comme indispensables et d'indiquer une méthode expérimentale qui puisse leur être substituée.

Reprenons l'électroscope à feuilles d'or que nous pouvons mettre en communication, au moyen d'un fil métallique, avec un conducteur électrisé. Si nous doublons, triplons..., la charge de ce conducteur, (ce qui a pour effet de doubler, tripler, en un point quelconque, l'épaisseur mesurable de la couche électrique), l'écart indiqué par l'électromètre correspondra à une charge double, triple..., des feuilles d'or; par conséquent *le potentiel d'un conducteur électrisé quelconque est proportionnel à la charge de ce conducteur.*

Supprimant la communication du conducteur avec l'électromètre, faisons-le communiquer, au moyen d'un fil métallique, avec un conducteur sphérique non électrisé; l'électricité du conducteur chargé passera, en partie et

avec une grande rapidité, sur la sphère métallique, de façon que l'équilibre électrostatique s'établisse; les deux conducteurs (non sphérique et sphérique) posséderont alors le même potentiel. Nous pourrons, au moyen du plan d'épreuve, mesurer la charge réduite du premier conducteur et connaître son rapport à la charge primitive; si le potentiel de la sphère nous était connu, il suffirait de le multiplier par l'inverse de ce rapport pour obtenir le potentiel primitif du conducteur non sphérique. Si même nous augmentions la charge totale du système des deux conducteurs de manière à rendre au premier sa charge primitive, en produisant un nouvel équilibre électrostatique, il nous suffirait de connaître le potentiel du conducteur sphérique pour connaître le potentiel, absolument égal, que le conducteur non sphérique possédait dans son état primitif. Par conséquent *la mesure du potentiel d'un conducteur électrisé de forme quelconque peut se ramener à la mesure du potentiel d'un conducteur sphérique convenablement électrisé.*

Nous n'avons maintenant à nous occuper que des conducteurs sphériques. Prenons-en deux, ayant des rayons différents et portant des charges électriques quelconques; mettons-les en communication par un fil métallique, de manière à établir entr'eux l'équilibre électrostatique. Au moyen du plan d'épreuve, nous mesurerons la densité ou épaisseur de la couche électrique pour l'un de ces conducteurs et nous obtiendrons sa charge totale en multipliant cette densité par sa surface sphérique; nous agirons de même pour l'autre conducteur; nous pourrons ensuite constater que le rapport des deux charges est égal au rapport des rayons. Par conséquent *lorsque des conducteurs sphériques électrisés ont le même potentiel, leurs charges sont proportionnelles à leurs rayons.* Il est évident que la connaissance de la charge et du rayon d'un conduc-

teur sphérique suffit pour déterminer complètement son état électrique et, par conséquent, son potentiel; nous venons de voir que pour que ce potentiel reste invariable lorsque la charge et le rayon varient en même temps, il faut et il suffit que le rapport de ces deux variables reste constant; nous retrouvons donc ce théorème, déjà énoncé plus haut: *Le potentiel d'un conducteur sphérique électrisé est égal au rapport de sa charge à son rayon.*

Si le rayon de la sphère augmente indéfiniment, le rapport dont il s'agit tend vers zéro, quelle que soit la charge supposée constante: il en résulte que l'on peut considérer comme nul le potentiel du globe terrestre. Ainsi s'explique cette propriété du *réservoir commun* d'enlever toute électrisation aux conducteurs mis en communication avec le sol.

7. *Unités de masse électrique et de potentiel.* — On peut énoncer la loi de Coulomb, relative à l'action mutuelle de deux masses électriques sous la forme suivante. *Le produit des deux masses électriques est égal au produit de leur action mutuelle par le carré de la distance qui les sépare.* Dans le cas particulier où les deux masses sont parfaitement égales et de même signe, leur produit équivaut au carré de l'une d'elles et l'on voit que *la valeur commune de deux masses électriques égales et positives est égale au produit de la distance qui les sépare par la racine carrée de leur force répulsive.* Nous pouvons donc définir l'unité de masse électrique celle qui agissant à l'unité de distance sur une masse identique exerce sur elle une répulsion égale à l'unité de force.

Dans le système dit CGS (initiales des mots centimètre, gramme, seconde), on adopte pour unité de longueur le centimètre, pour unité de temps la seconde, et pour unité de force la dyne qui agissant sur la masse d'un gramme

lui communiquerait une accélération d'un centimètre par seconde. Il en résulte que l'unité CGS électrostatique est celle d'une masse électrique qui agissant à un centimètre de distance sur une masse identique la repousserait avec la force d'une dyne. Comme cette unité représente une quantité d'électricité excessivement petite, on la multiplie par le nombre 3×10^9 pour obtenir une unité *pratique* à laquelle on donne le nom de *coulomb*. Le coulomb vaut, par conséquent trois milliards d'unités CGS.

Puisque le potentiel d'une sphère électrisée a pour mesure le rapport de sa charge à son rayon, on peut prendre comme unité CGS de potentiel celui d'un conducteur sphérique ayant un rayon d'un centimètre et portant une charge égale à l'unité CGS de masse électrique. L'unité *pratique* de potentiel a reçu le nom de *volt*; elle est 300 fois plus petite que l'unité CGS.

8. *Electrisation par influence.* — Lorsqu'un corps est placé dans le voisinage d'un corps électrisé, il s'électrise lui-même *par influence*. La découverte de ce phénomène remonte à 1738, elle est attribuée à Canton.

Le phénomène est surtout sensible lorsqu'il s'agit d'un corps conducteur. Si le corps influencé est primitivement à l'état neutre, les quantités d'électricité positive et d'électricité négative qui deviennent actives sont égales en valeur absolue, en sorte que la charge totale est nulle; les deux plages positive et négative se trouvent séparées, sur la surface de ce corps, par une ligne *neutre* dépourvue d'électricité.

Lorsqu'un conducteur isolé présente une cavité intérieure, il suffit d'introduire dans cette cavité (figure 1); une masse électrique m pour obtenir l'électrisation par influence. Supposons, pour fixer les idées, que cette masse m soit positive. La surface intérieure S' du conducteur se

chargera d'une couche d'électricité négative tandis que la surface extérieure S se chargera d'une couche d'électricité positive. Les charges de ces deux surfaces S et S' sont égales en valeur absolue, et cette valeur est celle de m . La

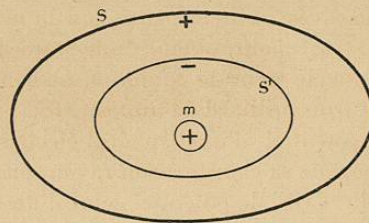


Fig. 1.

charge négative de la surface intérieure S' et la masse influençante m se font équilibre pour tout point extérieur; il en résulte que la distribution électrique sur S' dépend de la position de m ; il en résulte aussi que l'action exercée par le système sur un point extérieur se réduit à celle de la charge positive de S ; cette charge est en équilibre spontané sur la surface extérieure du conducteur, en sorte que sa distribution est indépendante de la position de la masse inductrice m .

Il est clair qu'une cavité entièrement close, comme celle qu'indique la figure théorique ci-dessus ne permettrait pas de réaliser les expériences. On fait disparaître cette difficulté en prenant pour corps influencé un cylindre métallique creux (figure 2), appelé *cylindre de Faraday*, à l'intérieur duquel il est facile d'introduire une petite sphère influençante m , attachée par un fil de soie ou munie d'un petit manche isolant. On peut mettre la surface extérieure S en communication avec un électroscope à feuille d'or. Dès que la sphère m commence à pénétrer dans le cylindre, les feuilles de l'électromètre commencent à diver-

ger ; l'écart atteint son maximum dès que m est à une certaine distance de l'orifice ; on constate alors que cet écart reste invariable lorsque l'on déplace m à l'intérieur du cylindre, et même lorsqu'on lui fait toucher la surface S' . Le contact de m est de S' a pour effet de neutraliser la

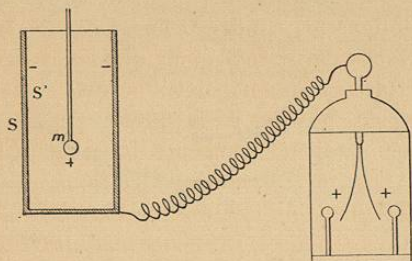


Fig. 2.

sphère influençante, dont la charge positive se combine avec la charge négative de S' ; la charge positive de S subsiste seule, en sorte que les choses sont les mêmes que si la sphère avait simplement cédé sa charge au cylindre. En retirant la sphère du cylindre, la chargeant de nouveau, la réintroduisant et lui faisant encore toucher la surface S' , on communiquera sa nouvelle charge au cylindre. Comme cette opération peut être indéfiniment renouvelée, nous possédons un moyen simple d'accumuler sur le cylindre conducteur une charge de plus en plus grande d'électricité.

Nous avons supposé que la sphère m était conductrice ; on peut aussi employer une sphère isolante pour obtenir les effets d'induction sur le cylindre. Dans ce cas, le simple contact de cette sphère avec la surface intérieure S' ne suffirait pas pour obtenir sa neutralisation ; mais on peut arriver au même résultat, sans recourir au contact, en

armant la surface S' de pointes très fines, analogues à des pointes d'aiguilles. Une pointe peut être assimilée à un ellipsoïde de révolution très allongé, en sorte que, la pression électrostatique étant excessive à son extrémité, l'électricité s'échappe dans l'air ambiant et produit ce que l'on appelle le *vent électrique*. Par conséquent il suffira d'introduire la sphère m dans le cylindre de Faraday, sans lui faire toucher la surface intérieure S' , pour que l'électricité négative de cette surface s'échappe par les pointes et vienne neutraliser l'électricité positive de la sphère. On pourra, comme précédemment, répéter plusieurs fois l'opération et accumuler une charge croissante d'électricité positive sur la surface extérieure S du cylindre de Faraday.

Dans cette expérience, l'influence ou *induction électrique* ne contribue pas réellement à la production de l'électricité ; la charge que l'on accumule sur la surface extérieure S du cylindre n'est, en définitive, que la somme des charges successives qu'il faut donner extérieurement à la sphère inductrice. On peut, au moyen de *l'électrophore*, employer une charge initiale que l'on ne renouvelle pas pour obtenir par influence une quantité indéfinie d'électricité. L'invention de l'électrophore remonte à 1776 ; elle est attribuée au Suédois Wilke. Cet appareil se compose d'un gâteau de résine, coulé dans un moule cylindrique de bois ou de métal, et d'un plateau à surface métallique muni d'un manche isolant. On électrise négativement le gâteau de résine en le battant avec une peau de chat, pour qu'il puisse remplir le rôle d'inducteur. Posons le plateau sur ce gâteau ; il s'électrisera par influence ; il suffit de le toucher avec le doigt pour faire jaillir une étincelle et enlever ainsi son électricité négative. Enlevons ensuite ce plateau en le tirant par son manche isolant ; il emporte avec lui une charge d'électricité positive, disponible au gré de l'opérateur et pouvant, par exemple, être transmise à un

collecteur. Redevenu neutre, le plateau peut, par la même petite manœuvre, recevoir une nouvelle charge positive qui sera transmise au collecteur. L'opération peut être répétée un grand nombre de fois sans qu'il soit nécessaire de réélectriser le gâteau de résine. On peut donc ainsi se servir d'une petite quantité d'électricité pour en produire une quantité pour ainsi dire indéfinie. On serait tenté de croire à une véritable création d'électricité, n'exigeant aucune dépense d'énergie extérieure; c'est là cependant une chose impossible; il suffit, pour dissiper l'illusion trompeuse, de remarquer que les déplacements nécessaires du plateau exigent de la part de l'opérateur un certain travail mécanique qui représente la dépense d'énergie extérieure indispensable pour la production de l'énergie électrique.

Terminons cette étude de l'électrisation par influence, par une observation très générale.

Mettons en présence les uns des autres plusieurs conducteurs communiquant tous avec le sol, à l'exception d'un seul auquel nous donnerons une charge quelconque. Lorsque l'équilibre est établi, le conducteur isolé a un potentiel déterminé, tandis que tous les autres ont un potentiel nul. On démontre, dans ce cas, que *chacun des conducteurs communiquant avec le sol est chargé d'électricité contraire à celle du conducteur isolé et que sa charge n'est qu'une fraction de la charge de ce dernier.*

9. Capacité d'un conducteur. — On appelle *capacité* d'un conducteur *la charge nécessaire pour rendre son potentiel égal à l'unité lorsque tous les conducteurs qui l'entourent sont mis en communication avec le sol.*

Cette capacité électrique dépend non seulement de la forme du conducteur, mais encore des formes et situations relatives de tous les conducteurs avoisinants.

Désignons cette capacité par C. Pour multiplier le po-

tentiel, actuellement égal à l'unité, par le nombre quelconque V, il suffirait de multiplier par ce même nombre la densité superficielle en chaque point (ce qui n'altérerait pas l'équilibre du système); on remplacerait ainsi la charge primitive C par la charge M égale à CV. La capacité peut donc se définir, en considérant un état d'équilibre quelconque, par *le rapport de la charge du conducteur à son potentiel.*

La capacité d'un conducteur ne dépend absolument que de sa forme, lorsqu'il est suffisamment éloigné de tout autre conducteur pour que l'influence électrique ne puisse par s'exercer. Si ce conducteur est *sphérique*, de rayon R, sa charge M correspond au potentiel $\frac{M}{R}$, en sorte que *sa capacité* (rapport de la charge au potentiel) *est égale à son rayon R.* Pour porter cette sphère au potentiel unité, il faut lui donner une charge contenant autant d'unités CGS d'électricité qu'il y a de centimètres dans la longueur de son rayon.

L'unité CGS de capacité est la capacité d'un conducteur auquel une charge égal à l'unité CGS d'électricité ferait acquérir l'unité CGS de potentiel. On emploie dans la pratique une unité 900 milliards de fois plus grande, à laquelle on donne le nom de *farad*; c'est la capacité d'un conducteur auquel la charge d'un coulomb ferait acquérir le potentiel d'un volt. On appelle *microfarad* la millionième partie d'un farad, soit 900.000 unités CGS.

La capacité du globe terrestre est de 637.200.000 CGS ou de 708 microfarads.

10. Machines électriques. — Ces machines se ramènent à deux types, *machines à frottement* et *machines à induction.*

Les premières sont à peu près abandonnées aujourd'hui,