

Le champ électrostatique en physiologie.

Par M. Léon Morokhowetz,

Professeur de Physiologie à l'Université Impériale de Moscou.

1. Les méthodes d'exploration.

A mesure que les progrès rapides de l'électrodynamique en général et des courants de haute tension et de haute fréquence en particulier se font tous les jours sentir davantage, l'action exercée par le champ électrique dû à ces courants sur les êtres vivants attire de plus en plus l'intérêt du physiologiste, du médecin et du naturaliste.

Il est indispensable, pour explorer le champ électrostatique, d'avoir à sa disposition un critérium sûr, des méthodes et des appareils éprouvés. Comme nous l'apprend l'histoire de l'électricité animale, la patte de grenouille peut être mise au premier rang parmi les appareils électroscopiques, attendu qu'elle atteint un degré de sensibilité supérieur aux électromètres et à la plaque photographique.

1. **Electroscope physiologique de Galvani.** Les succès extraordinaires obtenus par l'électrodynamique ont fait oublier les premières expériences de Galvani sur le champ électrostatique, expériences qui amenèrent à la grande découverte du galvanisme. Ces expériences sont ignorées à notre époque même de ceux qui travaillent dans la même voie.

En effet la patte de grenouille, qui ensuite reçut le nom de rhéoscope physiologique, n'avait présenté entre les mains de Galvani qu'un électroscope.

Le groupe des électroscopes physiologiques peut être partagé en plusieurs types, savoir:

1°. **Electroscope-A**, représente le type fondamental. Galvani n'a point indiqué la manière de préparer la patte de grenouille pour s'en servir

comme galvanoscope. Mais comme on peut le voir sur le tableau VII. fig. 15 du premier ouvrage de Galvani de 1791 (fig. 1.) et comme il s'en suit de l'ouvrage de Volta de 1792 (pp. 39 & 59), il ne s'agissait dans la préparation de Galvani que des pattes postérieures liées d'un côté entre elles par la partie antérieure du bassin et de l'autre—par les nerfs sciatiques avec la partie correspondante de la colonne vertébrale. Les viscères, la peau et les autres tissus inutiles se rejettent. Parfois Galvani coupait sa préparation dans le sens de la

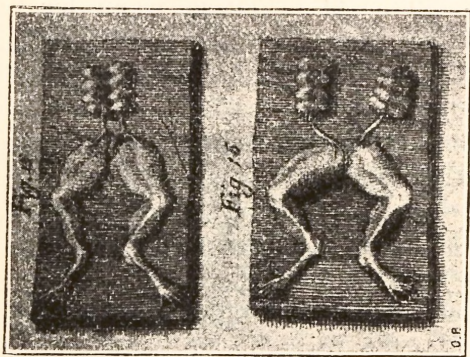


Fig. 1.

longueur, tabl. VII. fig. 16. De nos jours B. Danilewsky se sert d'une de ces moitiés munie d'une partie de la colonne vertébrale. Quelquefois le fémur lui servait de manche, étant dépourvu de tous ses muscles (b, p. 516).

2°. Electroscope-B, se compose des mêmes parties que le précédent, la colonne vertébrale exceptée. Nous le voyons pour la première fois chez Galvani—tab. VII, fig. 13; aujourd'hui il est connu sous le nom de patte galvanoscopique. Cependant on le prépare ordinairement sans fémur. C'est sous cette forme-là que du Bois-Reymond lui donne le nom de «Stromprüfender Schenkel» — «jambe galvanoscopique».

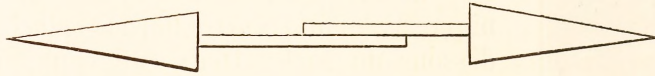


Fig. 2.

3°. Electroscope-C est composé par J. Loeb de deux jambes galvanoscopiques dont les nerfs sont mis en contact et dont les pattes s'étendent dans des directions diamétralement opposées (fig. 2). J. Loeb se sert aussi de deux électroscopes de cette espèce en les plaçant en croix.

4°. Electroscope-D, de Leduc, Rouxeau et Dauly, représente véritablement l'électroscope-C: on dispose une grenouille sur la planchette du miographe de Marey et le nerf sciatique sur l'excitateur habituel, tandis que le tendon d'Achille correspondant est attaché au levier inscripteur.



Fig. 3.

5°. Electroscope-E fut construit pour la première fois par Galvani pour ses expériences célèbres sur le champ électrostatique. Il est composé de l'électroscope-A en combinaison avec deux conducteurs métalliques tabl. V, fig. 4, dont l'un, d'après Volta, en forme de crochet, passait au travers de la colonne vertébrale ou pénétrait dans le canal vertébral et l'autre partait des pattes, pour se diriger vers la terre ou dans l'air ¹⁾.



Fig. 4.

Galvani donna à cet électroscope une forme plus commode: il suspendit l'électroscope-A par un crochet métallique dans un flacon renfermant des dragées à sa partie inférieure, tandis que le crochet qui soutenait la préparation se trouvait fixé dans les dragées du flacon supérieur, tab. V, fig. 6 (fig. 3). Les perfectionnements apportés dans la suite à cet électroscope consistent en ce que l'on fit passer le crochet par le bouchon dans le flacon où les pattes étaient immergées dans une couche de fluide (fig. 4), ou enfin que l'on fit communiquer les pattes par un conducteur avec un puits,

¹⁾ ...per le rane preparate al modo appunto del Sig. Galvani, che è di lasciar attaccate par i soli nervi crurali diligentemente snudati le gambe alla spina dorsale, o a parte di essa soltanto, troncato tutto il resto del corpo, e di conficcare uno spillo, od altro uncinetto metallico nel tubo stessa vertebrale, sia traforando l'osso da banda a banda, sia introducendo lo spillo tutt'al lungo della midolla (Volta, p. 39).

comme cela a eu lieu dans les célèbres expériences de Galvani sur l'électricité atmosphérique, tab. VI, fig. 7 (fig. 5).

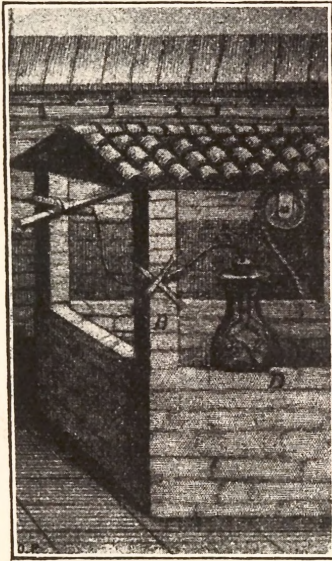


Fig. 5.

6. Electroscope-F est l'électroscope-E perfectionné par nous (p. 118). Sur un socle en ébonite est placée une tige en laiton dont la moitié inférieure, enfermée dans un tube d'ébonite, passe par le socle vers la borne (fig. 6). Le tube en ébonite est entouré d'un manteau de laiton qui communique avec une autre borne, placée également au dessous du socle. Deux anneaux, munis d'arrêts horizontaux se fixent par des vis, l'un sur la partie supérieure de la tige et l'autre sur la partie inférieure. L'arrêt de l'anneau supérieur présente une pointe, sur laquelle on monte le canal vertébral de la préparation, en même temps que l'arrêt inférieur soutient le bassin. Les pattes s'appuient sur une feuille d'étain qui couvre la surface du socle et qui communique avec le manteau de laiton. Le socle est muni en dessous d'un commutateur à l'aide duquel on peut changer la direction du courant en le dirigeant tantôt vers les pattes, tantôt vers les nerfs. L'une des bornes communique avec le sol, l'autre avec l'explorateur, (fig. 6, a) présentant une boule métallique ou un arrêt etc. montés sur une manivelle isolante. Le support muni de la préparation se couvre d'une cloche de verre qui porte en dedans, un morceau de papier à filtrer imbibé d'eau. Cette forme d'électroscope de Galvani est une des plus sensibles parmi toutes celles énumérées plus haut: sa sensibilité reste invariable durant plusieurs heures.

2. Le Téléphone, dès qu'il fut inventé trouva son application dans l'électroscopie en général. En 1884 Th. Edison l'utilisa dans la télégraphie aérienne où un conducteur en cercle chargé influençait un second cercle semblable, éloigné du premier. Toutes les variations dans l'intensité électrique du premier cercle sont entendues par le téléphone mis en communication avec le second cercle. M. J. Katowitch, de notre Institut, a fait usage du téléphone dans ses recherches sur le champ électrostatique (p. 16). Dès lors, depuis 1890 nous nous servons du téléphone dans le même but et, de préférence, de celui de Siemens avec l'électro-aimant de Hughes. Nous le trouvons plus sensible que les autres et nous l'employons de deux manières dans l'exploration du champ électrostatique:

1^o en unissant l'une des bornes du téléphone de Siemens à l'explorateur et l'autre au sol par une conduite d'eau—téléphone à sol;

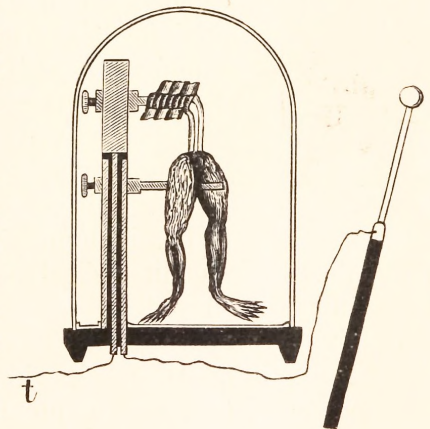


Fig. 6.

2° le deuxième type ne diffère du précédent qu'en ce que le bout de la bobine ne communique pas avec le sol, mais reste librement suspendu dans l'air—c'est le téléphone à l'air; sa sensibilité est moins grande, mais, dans beaucoup de cas, il peut nous rendre de grands services.

Pour augmenter la sensibilité des téléphones en général il faut se servir d'un explorateur dont la capacité soit aussi grande que possible. Parfois, on doit éviter de prendre le téléphone dans la main; il est préférable de le maintenir à l'aide d'un support isolé ou de le suspendre à l'oreille par une courroie jugulaire, comme cela a lieu dans les téléphones spéciaux de Siemens ou de Ader.

3. Les électroscopes simples doivent être d'une sensibilité excessive en raison des fins auxquelles nous les destinons. Nous nous servons de l'électroscope à feuilles d'or de Bennet dont nous augmentons la sensibilité en faisant communiquer sa monture métallique avec le sol. Quand les circonstances l'exigent, nous nous servons de l'électroscope de Bohnenberger modifié par Fechner. Dans beaucoup de cas on est forcé d'éloigner l'électroscope de l'influence immédiate du champ électrostatique et de diriger l'électricité vers lui par l'intermédiaire d'un fil et de l'explorateur.

4. L'électromètre à quadrants de Edelmann ne s'employait que dans les cas exceptionnels; mais ceux de Braun étalonnés en dizaines et centaines de milles volts nous sont d'une plus grande utilité.

5. L'électromètre capillaire de Lippmann peut aussi parfois nous rendre de grands services.

6. Les lampes à incandescence sont en général à recommander pour démontrer et étudier l'intensité du champ électrostatique.

7. Les tubes de Geissler, de Crooks, de Tesla et de Mac Ferland Moor de grandeurs différentes nous apportent aussi leur concours dans nos études. Les tubes de Geissler mesurant 6—7 cmt. et ceux de Mac Ferland sont les plus sensibles.

8. Les plaques et les papiers photographiques dans bien de cas peuvent nous être d'une grande utilité.

2. Exploration du champ électrostatique.

1. Le champ électrostatique dû aux machines électriques à frottement a déjà été étudié par Galvani. Ce champ se laisse facilement reconnaître quand l'intensité du champ varie instantanément en raison du changement d'intensité de l'électricité sur les conducteurs des machines, provoqué par le tirage des étincelles.

C'est par ces expériences que Galvani a commencé ses recherches célèbres. L'électroscope-A placé sur un diélectrique se contracte après chaque étincelle tirée d'une machine à frottement placée non loin de l'électroscope (fig. 7). Les mêmes contractions avaient lieu quand Galvani prenait dans la main la colonne vertébrale, tandis que les pattes restaient posées sur le conducteur. Entre les mains de Galvani, l'électroscope-F fut un des plus sensibles. Cet

appareil, même lorsque le temps était calme et clair, indiquait la présence d'électricité atmosphérique, tandis que rien de particulier ne se produisait sur l'électroscope ordinaire. Galvani obtenait des contractions très fortes quand l'électroscope-F se trouvait à une distance de la machine de plus de 100

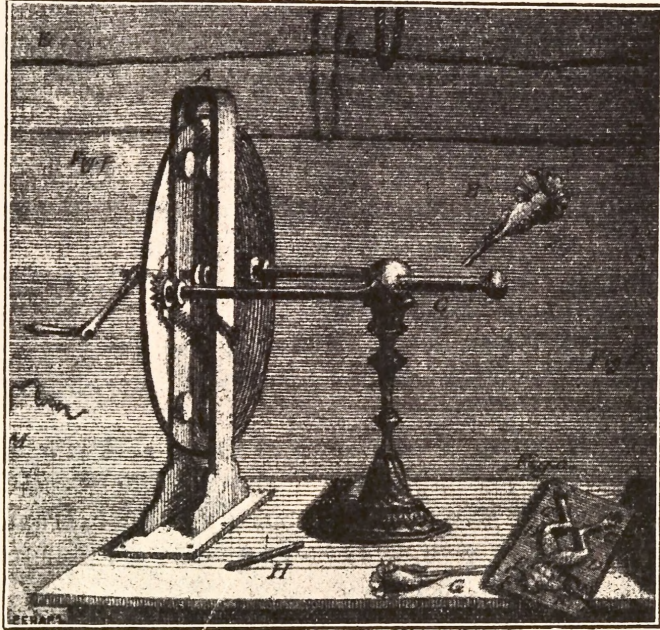


Fig. 7.

aunes et que le bout libre du conducteur était placé dans la sphère même de l'action de la machine (p. 5 & 6, tab. V, fig. 3). Volta, à son tour, fut frappé de la sensibilité de la patte de grenouille (p. 40). En lui donnant le nom d'électromètre animal (p. 79), Volta reconnut qu'un électroscope de cette nature était un des plus sensibles entre tous.

Pour obtenir une série d'étincelles assez fortes au moyen de la machine de Ramsden, nous mettions les coussins en communication avec une boule placée à une distance plus ou moins proche du conducteur de la machine. Dans une autre série d'expériences, nous supprimions les conducteurs et nous joignons les coussins et les peignes avec les boules d'un excitateur ordinaire, entre lesquelles on faisait passer les étincelles. Tous les types d'électroscope animal mentionnés plus haut se contractent chaque fois au moment de l'apparition de l'étincelle et l'effet de la contraction dépend de l'intensité de la charge des boules et de la distance entre l'excitateur et l'électroscope. En pareil cas l'électroscope-F est de beaucoup préférable à cause de sa sensibilité. En menant l'explorateur dans différentes directions il est facile de suivre à l'aide de l'électroscope, placé bien loin de la machine, les variations d'intensité du champ et de déterminer chaque fois la surface sphérique limitée avec potentiel nul. Plus nous approchons l'explorateur de l'excitateur, plus l'intensité du champ devient forte et plus les contractions des

pattes deviennent grandes, se transformant enfin en tétanus. Le téléphone est alors plus commode et plus sensible que notre électroscope-F d'un quart à un tiers environ, selon la distance. On observe les mêmes phénomènes au moment de la décharge d'une bouteille de Leyde, comme cela fut constaté pour la première fois par Galvani. D'un autre côté, Volta a démontré que les quantités insignifiantes d'électricité fournies par un électrophore étaient capables de provoquer des mouvements de pattes très appréciables. Ce même électroscope répond facilement par des contractions à l'électricité qui se dégage par le frottement de nos pieds sur le plancher, pendant les mouvements respiratoires, comme la chose fut observée pour la première fois par Volta sur l'électroscope ordinaire; il arrive même que les journaux périodiques font allusion à ce phénomène (voir par exemple «le Petit Journal» du 17 Janvier 1898) quand il s'agit d'expériences de science amusante: il suffit de frotter des pieds le tapis d'une chambre pour passer une étincelle à son voisin ou pour allumer un bec de gaz. Pour que de semblables expériences, dues au frottement de la peau et des vêtements, réussissent, il est indispensable que la peau soit suffisamment humide. C'est à l'aide de notre électroscope-F que ces phénomènes se font le mieux observer.

2. En pareils cas, les machines d'influence sont d'un intérêt plus grand et d'un usage plus commode. En 1893 Leduc a fait une série d'observations au moyen d'une machine de Wimshorst à deux plateaux de verre, de 70 cm., animée par un dynamo. Il avait suspendu à chacun des pôles de la machine une bouteille de Leyde par son armature interne; l'armature externe d'une des bouteilles était mise au moyen d'une chaîne en communication avec le sol et l'autre — avec une pointe métallique mousse tenue par un manche de verre. Dès que les boules de l'excitateur s'approchent à une distance convenable et qu'une série d'étincelles continue en apparence se produit, un champ variable se manifeste autour de la pointe isolée.

Par suite de leur haut potentiel, la puissance inductrice de ces courants est tellement grande, qu'il n'est point nécessaire, pour exciter les nerfs, de mettre l'électrode en rapport avec la machine; il suffit de l'attacher à une prise de terre, pour qu'à distance elle devienne le siège de courants induits, suffisants pour provoquer l'excitation des nerfs. On peut même, à l'aide de ces courants, exciter les nerfs sensitifs et moteurs sans électrodes et sans conducteurs (Dauly, p. 35).

Même à une distance allant jusqu'à quatre mètres de la machine Rouxeau et Leduc obtiennent les contractions musculaires quand ils touchent avec une tige métallique le crochet qui supporte le nerf. Si la tige métallique reste en contact avec le crochet, les muscles se contractent chaque fois que l'étincelle jaillit entre les excitateurs. En pareil cas le muscle en communication avec le myographe de Marey trace une courbe formée de dents très prononcées où se trouvent toutes les intermittences de l'étincelle (Dauly, p. 35).

(A suivre).

Le champ électrostatique en physiologie.

Par M. Léon Morokhowetz,

Professeur de physiologie à l'Université Impériale de Moscou.

(Suite — voir p. 15)

De plus, l'observateur étant placé entre la machine et la grenouille, si l'on approche la main de l'animal comme pour le montrer de l'index, les muscles commencent à se contracter à une distance pouvant atteindre jusqu'à un mètre. Que l'on approche ou éloigne la main, tous ces mouvements sont inscrits sur le myographe par la patte galvanoscopique.

Dauly a confirmé les résultats des expériences de Leduc et Rouxeau. Dauly, à son tour, a dénudé le nerf sciatique d'une grenouille et l'a suspendu à un crochet de cuivre, qui, isolé de l'appareil, venait plonger d'autre part dans un verre contenant du mercure. L'expérimentateur déduit de ses observations: 1^o que la patte se contractait, si elle communiquait avec le mercure ou avec un crochet métallique, et que 2^o si elle ne communiquait pas avec les métaux, elle ne se contractait que quand elle était touchée du doigt. Les mêmes phénomènes ont été observés par Dauly dans les conditions suivantes: l'armature externe d'une des bouteilles de Leyde de la machine étant mise en communication avec le sol ou une conduite d'eau du laboratoire, celle de l'autre était reliée au moyen d'une chaîne à un plateau métallique vertical d'un pied carré environ, porté par un support isolant. C'était en quelque sorte un prolongement de la machine qui pouvait être porté plus ou moins loin de celle-ci, suivant les besoins. Un second plateau analogue au premier, que l'on pouvait en éloigner plus ou moins selon que l'on désirait affaiblir dans une mesure plus ou moins grande l'intensité de l'excitation, était relié par un conducteur à l'excitateur en usage. Par le fait nous sommes ici en présence du condensateur à air et à large surface, qui servait à Gergens en 1872, puis à Tiegel, comme nous le verrons plus loin. On a ainsi un agent d'excitation expérimentale maniable et dont on peut facilement graduer l'intensité. Cela devient presque aussi simple qu'avec le rhéocorde pour les courants continus, ou le chariot de Du Bois Reymond pour les courants faradiques (Rouxeau, p. 4).

Récemment J. Loeb (a, p. 483) se servait de la machine de Golz-Toeppler avec une distance de décharge de 2 à 5 cm. En plaçant son électroscope-C, posé sur une planche de verre à des distances et dans des directions différentes, Loeb a pu constater que les contractions des pattes dépendaient non seulement de la distance entre l'électroscope et l'excitateur, mais aussi de la position relative des axes longitudinales des préparations par rapport à l'excitateur. Si ces axes sont parallèles, l'on peut observer des contractions même à 1 mètre de distance de l'excitateur. Dans ces conditions, d'après Loeb, il est préférable de se servir de deux électroscopes semblables, disposés en croix. En

plaçant ces électroscopes à droite ou à gauche du milieu de la distance explosive. Loeb observa que les contractions des pattes parallèles à l'axe de l'excitateur faiblissaient peu à peu, tandis que celles des pattes perpendiculaires allaient au contraire en augmentant d'intensité. L'accroissement des contractions dans ce dernier cas, même s'il s'agit de la patte la plus éloignée a également lieu si l'on place un conducteur *a* (fig. 8) devant le pôle opposé qui l'influence.

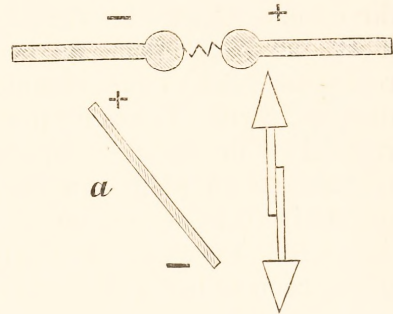


Fig. 8.

3. Nos expériences avec la vieille machine de Rahmsden d'un diamètre de 60 ctm., ainsi qu'avec celle de Wimshorst—de 75 ctm., en combinaison ou non avec les bouteilles de Leyde, nous amenèrent généralement aux mêmes résultats. Les électroscopes tant physiologiques que physiques démontrèrent que le champ électrostatique dû à ces machines, possède dans tous les cas le même caractère. En faisant communiquer les pôles des machines avec l'excitateur, entre les boules duquel se produit une série d'étincelles, l'on obtient un champ électrostatique variable qui se présente sous la forme de deux sphères. Ces

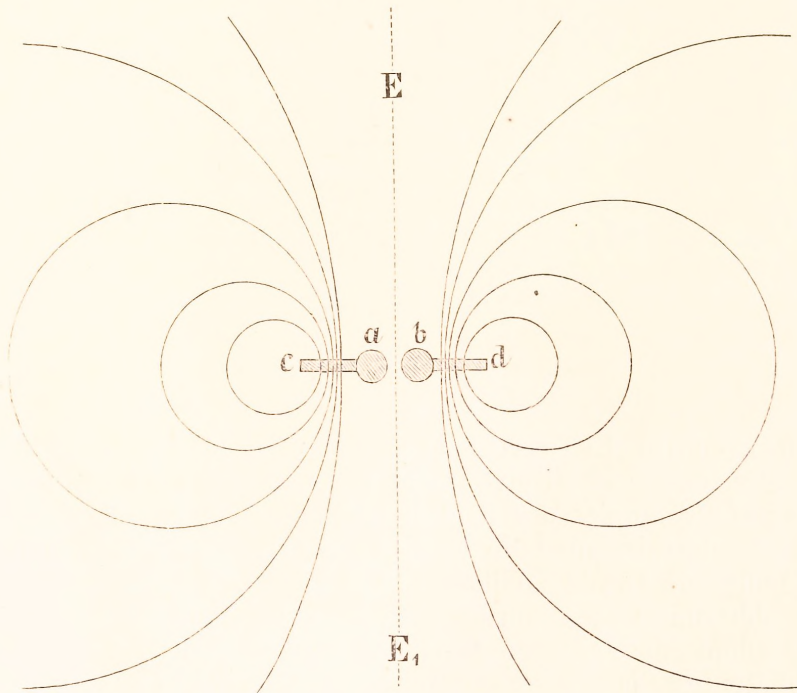


Fig. 9.

sphères ne peuvent être simultanément que de signe contraire et leurs points correspondants numériquement que d'un même potentiel. En étudiant soigneusement ces sphères, il est facile de montrer, comme il le fallait prévoir, que chacune des sphères se compose de surfaces excentriques et sphériques de

niveau, qui se présentent sous la forme de courbes sur un plan vertical passant le long de l'excitateur (fig. 9). En s'éloignant des points *c* et *d* on observe l'abaissement du potentiel jusqu'à zéro; cette chute s'effectue brusquement du côté de la région explosive et lentement dans les autres directions. Ainsi la région explosive se trouve dans un milieu neutre qui n'est que l'expression de la somme algébrique des potentiels de signes différents, et que nous nommons «espace équatorial» du potentiel nul, pour le distinguer de l'espace périphérique du même potentiel. Le plan équatorial EE_1 , divise ces espaces en deux moitiés symétriques. Le champ électrostatique en plan sera donné par la fig. 10, où *ef* représente la machine à frottement et *ab*—l'excitateur. En dehors des sphères électriques—dans les espaces équatoriaux et périphériques, les électroscopes physiques, comme les électroscopes physiologiques, restent dans le calme; mais que l'on entre dans la sphère de l'un des pôles, les électroscopes se mettent aus-

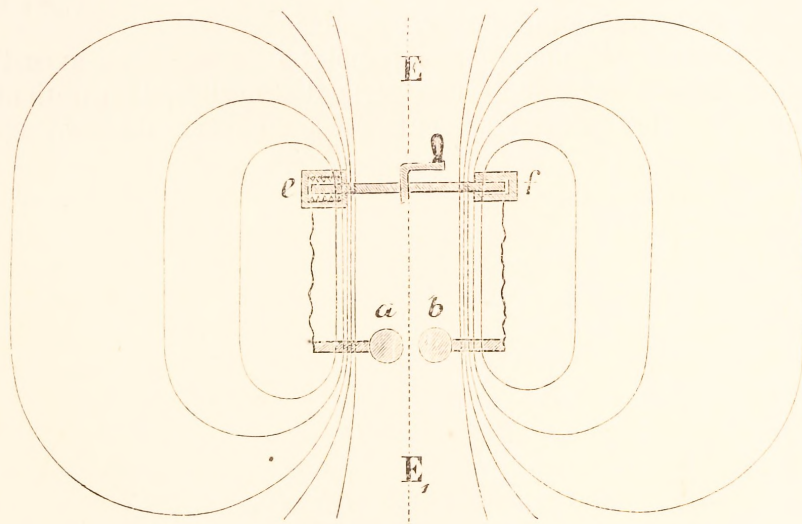


Fig. 10.

sitôt en mouvement. En vertu de ce qui précède, la plus grande partie du disque de la machine se trouve dans l'espace neutre, ainsi que les extrémités de l'excitateur munies des boules. L'intensité de la sphère s'affaiblit rapidement avec le décroissement de la distance explosive, surtout quand on éloigne les bouteilles de Leyde auxiliaires.

Pour déterminer les surfaces de niveau, nous avons mis à profit les circonstances dont nous avons parlé, en nous servant d'électroscopes de sensibilités différentes, et en examinant pour tous les cas les limites des sphères où les électroscopes restent sans action. Ce sont surtout le téléphone à air et à sol qui nous rendirent de grands services dans ces études. D'autre part, en reliant une branche de l'excitateur par un conducteur en fil assez long avec un plateau métallique ou un ballon en laiton mousse porté par un support isolant, on obtient une sphère électrique qui consiste en des surfaces concentriques de niveau.

4. L'étude du champ électrostatique dû aux bobines d'induction a été commencé, autant que je sache, en 1844 par du Bois Reymond (p. 429) quand il prit en considération l'action unipolaire d'un inducteur. En répétant les expériences de du Bois Reymond, W. Zahn, dans le laboratoire de H. Helmholtz en 1869, aperçut les contractions de la patte galvanoscopique—l'électroscope-B, posée sur une plaque de verre, dont la superficie inférieure était couverte d'une couche de staniol, reliée à un des pôles de la bobine induite d'inducteur de du Bois Reymond. Si l'en touche le nerf du doigt, on voit la patte tomber en tétanus, surtout quand on fait communiquer l'autre pôle avec le sol; mais les mêmes phénomènes se font voir sans le contact du doigt, si la batterie du circuit primaire est suffisamment forte. L'on obtient des contractions non moins fortes, si l'on prend d'une main le pôle libre, et que l'on approche l'autre du côté de la patte. Il est préférable, ajouterons-nous, de procéder aux expériences de W. Zahn à l'aide d'un isoloir de Mascart, muni d'un disque métallique recouvert d'une plaque sèche en ébonite plus large que lui, et destinée à porter les préparations soumises à l'expérience. L'un des pôles est relié au disque métallique et l'autre communique avec le sol. W. Zahn donnait, comme il fallait s'y attendre, l'induction électrostatique pour explication de ses expériences, et sous ce rapport ces dernières sont identiques à celles de Leduc, Dauly et Rouxeau, mentionnées plus haut. En effet, dans ce cas comme dans le précédent, les préparations des pattes ne se trouvent aucunement en contact immédiat avec les électrodes¹⁾.

E. Tiegel en 1878 fit des expériences analogues avec l'inducteur de Ruhmkorff, mais dans une autre direction. En faisant communiquer les pôles des bobines induites avec l'excitateur, entre les boules duquel jaillissaient des étincelles, E. Tiegel constata à une distance de deux ctm. des boules les contractions d'une jambe galvanoscopique (l'électroscope-B), placée sur une plaque de verre; si l'on touche du doigt la jambe galvanoscopique placée à une distance de 10 ctm. des boules, ou bien l'humeur entourant la patte, mais surtout la coupe transversale du nerf à l'aide d'une aiguille, on fait tomber la patte en tétanus.

C'est alors que E. Gergens profita de la méthode de E. Tiegel et, afin de doser pour ainsi dire l'action de l'induction électrostatique, eut recours au condensateur vertical aérien d'Epenus, dans lequel il avait supprimé la plaque de verre intermédiaire. L'un des plateaux du condensateur, disons disque inducteur, était mis en communication avec l'un des pôles de la bobine induite: l'autre plateau—disque induit pouvait être plus ou moins éloigné du premier à l'aide d'un chariot et portait l'électricité induite par un conducteur en fil au lieu indiqué.

Nous trouvons à propos de mentionner ici notre excitateur à disques de grandeurs différentes. L'excitateur est fixé à l'aide de charnières sur des isolateurs en verre, glissant le long du chariot. Les disques peuvent être placés sur le même isolateur simultanément, avec ou sans excitateur, et tourner autour de l'axe vertical (fig. 11).

¹⁾ „Auf diese Weise waren zwei Untersuchungsstellen hergestellt, eine durch die isolirender Glassplatte, die andere durch die zweiten Schenkel und Hand befindliche Luft“ avait dit W. Zahn (p. 258).

E. Tiegel, à son tour, se servit de l'appareil de E. Gergens en reliant l'un des pôles de la bobine induite au disque inducteur, et l'autre au sol. La jambe galvanoscopique, placée sur une plaque de verre, était mise en communication avec le disque induit, et la patte appartenant à la même préparation—avec le sol. Le résultat de cette combinaison n'est véritablement que l'électroscope de Galvani, comme l'électroscope *E* ou *F*. Dans ces conditions, l'on n'observe bien entendu que des phénomènes déjà décrits.

Les expériences faites par J. Magini en 1888, ne sont au fond qu'une suite à celles des auteurs précédents. Un des pôles des bobines induites de du Bois Reymond ou de celles de Ruhmkorff est muni d'un fil de cuivre mesurant jusqu'à 6 ctm. de long, dont le bout libre est couvert d'une mince plaque de verre; à cette extrémité du fil on approche la jambe galvanoscopique de sorte que le nerf librement posé se dirige vers le fil. A chaque coup de l'interrupteur,

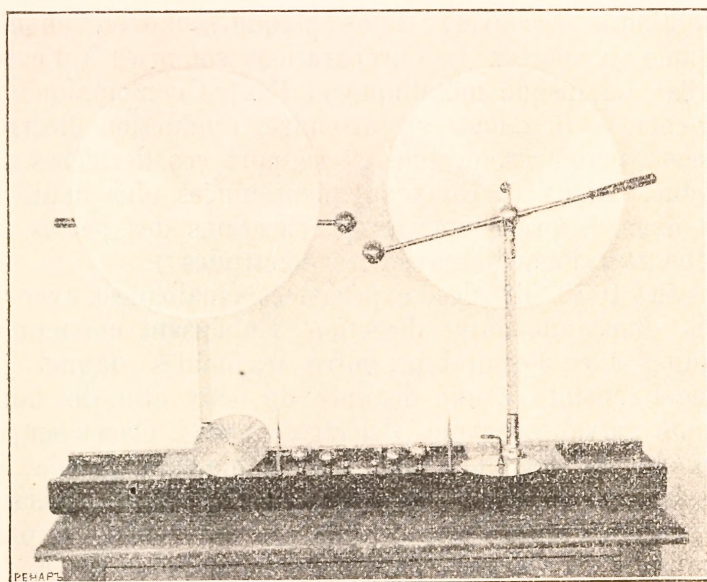


Fig 11.

on observe des contractions de la patte, même à une distance de 10 ctm. Magini constata des contractions identiques, en disposant le nerf immédiatement sur les spires de la bobine induite ou en le séparant d'elles par quelques couches de papier ou de soie. Si les courants sont relativement faibles, l'on n'observe des contractions que si le nerf est parallèle aux spires de la bobine.

Nous pouvons ajouter que les contractions des pattes augmentent d'intensité, même à une courte distance de l'appareil, si l'on touche la patte du doigt ou si on le fait communiquer avec le sol. Quant à la disposition des nerfs par rapport aux spires, nous sommes obligés de constater que les préparations de grenouilles en sont tout-à-fait indépendantes: que les nerfs soient placés parallèlement ou perpendiculairement aux spires les pattes se contractent également dans les deux cas.

B. Danilewsky se servait généralement dans ses expériences ¹⁾ des mêmes méthodes et des mêmes appareils que ses prédécesseurs. C'est ainsi qu'il fit usage d'une modification de l'électroscope-A de Galvani déjà mentionné par nous: il se composait de la jambe, du pied et du nerf sciatique; l'os de la cuisse restait pour qu'on pût fixer la préparation sur un support ou pour le tenir dans la main; le bout central du nerf restait en communication avec un morceau de la colonne vertébrale. L'électroscope, dans certains cas, était suspendu verticalement à un support en bois isolé, ou bien posé horizontalement sur une planchette de paraffine. Dans quelques expériences, il suffisait, d'après B. Danilewsky, de tenir la préparation par l'os de la cuisse dans la main, isolée ou non, mais il était préférable de faire communiquer l'électroscope avec le sol. (b, p. 518, 538). Quelquefois B. Danilewsky, comme Galvani, Rouxau, Dauly et Tiegel, remplaçait la colonne vertébrale par de l'étain battu, par un morceau de papier assez grand, imbibé d'eau (b, p. 519), ou même par un grand conducteur métallique (b, p. 527), en les joignant au bout central du nerf. Pour ce qui est des inducteurs, B. Danilewsky se servait aussi des bobines de du Bois Reymond et de Ruhmkorff. Cependant les inducteurs, dans les expériences de Danilewsky, étaient si puissants qu'ils donnaient des étincelles d'une longueur de 10, 25 ctm. et plus (b, p. 517, 536).

Dans un champ électrique faible, la patte garde un repos absolu, mais il suffit de toucher à la préparation et particulièrement au nerf, d'un conducteur ou tout bonnement du doigt, pour que les contractions apparaissent aussitôt. Dans un champ assez fort il n'y a qu'à en approcher la main, comme cela avait lieu chez Rouxau et Dauly, ou bien une plaque métallique réunie par un fil au sol, pour que les contractions s'effectuent (b, p. 517, 538). B. Danilewsky considère la disposition suivante comme très commode: la préparation est fixée sur l'un des côtés d'une planchette de paraffine épaisse, tandis que le côté opposé porte une plaque métallique qui est réunie au sol (b, p. 250). En reliant cette seconde plaque directement avec le pôle de la bobine par un fil, au lieu de les faire communiquer par le sol, comme cela avait lieu dans les recherches de ses prédécesseurs, B. Danilewsky obtint, entre ces deux plaques inductrices, liées chacune à un pôle, un champ assez fort pour provoquer la contraction des pattes sans les toucher (b, p. 517, 520). Néanmoins dans l'espace séparant les deux plaques inductrices éloignées de 50 cm à 1 mètre l'une de l'autre, les contractions ne s'observent que sur certains points. Conformément aux recherches de J. Loew, B. Danilewsky constata que la patte ne se contractait pas du tout au milieu de cet espace, mais qu'il suffisait d'un petit déplacement du côté de l'une des plaques pour provoquer des contractions. Cette «sphère indifférente» ou «neutrale» se déplace du côté de la plus petite plaque, si les plaques sont de grandeurs différentes (b, p. 525). Outre cela, plus l'intervalle entre les plaques est petit, plus les contractions sont faibles, et plus il est difficile de mettre exactement la préparation dans la sphère indifférente. Si l'on approche les électrodes en forme de boules qui remplacent ici

¹⁾ L'article succinct de B. Danilewsky avait paru en russe dans le *Messenger de la Médecine* au mois de décembre 1896.

les plaques inductrices, les contractions s'affaiblissent considérablement et cessent quand les boules se touchent (b, p. 526). Enfin B. Danilewsky se sert de la même jambe galvanoscopique pour déterminer la forme et les dimensions de la sphère physiologiquement active du champ électrique, qui croît avec la grandeur des plaques et l'intensité des courants dans les bobines (b, p. 535, 520). La patte se contracte aussi dans le voisinage de la bobine (b, p. 525), comme l'a déjà observé Magini; cependant B. Danilewsky observa qu'entre deux inducteurs semblables et parallèlement disposés, alimentés par l'inducteur de Ruhmkorff, il pouvait exister une sphère «indifférente» (b, p. 527). En général, dans une sphère «indifférente», l'électroscope commun garde son immobilité et les tubes de Geissler ne luisent pas (b, p. 526). La patte se contracte non seulement près des plaques inductrices, mais aussi, comme dans le cas de Magini, à une distance de 20 à 40 cm du fil faisant communiquer la plaque inductrice avec le pôle de la bobine (b, p. 521). B. Danilewsky observa les contractions des pattes même à une distance de 50 cm. à 3 mètres et plus de la plaque unie à un pôle de la bobine, tandis que l'autre pôle était mis en communication avec le sol (b, p. 517, 536).

Dans ses recherches B. Danilewsky obtenait en faisant usage du téléphone les mêmes résultats qu'avec la patte galvanoscopique (c, p. 6201).

5. Dans nos recherches sur le champ électrostatique dû aux inducteurs nous nous servons des plus petits inducteurs de du Bois Reymond avec une résistance de 150 ohms de la bobine induite, comme des grands appareils de Ruhmkorff donnant des étincelles d'une longueur de 25 centimètres et plus. En variant la force électromotrice d'un Daniel à 105 volts d'un courant d'éclairage dans le circuit primaire et la résistance dans le circuit secondaire, il est facile de montrer à l'aide de notre explorateur uni à l'électroscope F ou au téléphone, que même dans les cas donnés le champ électrostatique est de même nature que celui des machines électrostatiques, représenté par la fig. 9, où *c* et *d* sont maintenant les pôles de la bobine induite. Si l'on explore le champ autour d'un excitateur en action, chacun de ses pôles est entouré de surfaces excentriques et équipotentielles. D'autre part un conducteur sphérique, par exemple, éloigné de l'excitateur, mais uni par un fil à un pôle de l'excitateur, ou à un pôle de la bobine induite, se couvre de surfaces sphériques de niveau.

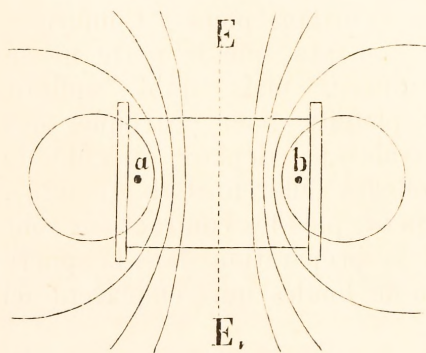


Fig. 12.

potentiel s'effectue progressivement jusqu'au pôle uni à la terre.

Quand à ce qui regarde les pôles mêmes de la bobine induite, il est indispensable de prendre en considération le mode de son enroulement.

1. Inducteurs cloisonnés, dont la bobine induite se compose d'une série de bobines plates, séparées par des cloisons isolantes mais unies par des fils. Les bouts libres *a* et *b* de ces inducteurs engendrent des surfaces de niveau sphériques et excentriques (fig. 12), et des surfaces concentriques, si l'un des pôles est mis en communication avec le sol. Dans le premier cas, le plan équatorial passe transversalement par le milieu de la bobine; dans le second, la chute du

2. Inducteurs ordinaires, munis de bobines induites enroulées par couches de fils allant d'un bout à l'autre des appareils. Il est nécessaire d'y distinguer rigoureusement le bout extérieur du bout intérieur de la bobine induite. Dans ces bobines, le bout intérieur engendre un champ électrostatique d'une tension plus faible que celle du bout extérieur. Comme la physique nous l'apprend, ce phénomène dépend de la condensation électrique par la masse métallique de la bobine. Dans ces conditions, le plan équatorial se déplace vers le bout intérieur. Chacun peut aisément se convaincre de la différence d'action des deux pôles: il suffit d'en approcher un doigt ou une aiguille unie à la terre, pour apercevoir, dans un cas, une étincelle vive, et dans l'autre une étincelle faible ou même tout-à-fait nulle.

Les pôles des bobines cloisonnées se comportent à cet égard d'une façon parfaitement identique, si les bouts analogues des sections sont unis entre eux; dans le cas contraire, les bouts extérieurs sont aussi plus forts que les bouts intérieurs; généralement, il est préférable de relier les bouts extérieurs des sections extrêmes avec les bornes des bobines induites. Cependant, dans les deux cas, indépendamment du mode d'enroulement des bobines, les contours et les limites des champs dépendent aussi des formes et des dimensions des allonges conductrices, liées aux bouts des bobines induites ouvertes: plus le conducteur est petit et pointu, plus le champ correspondant est faible; généralement, plus les conditions sont favorables à la déperdition de l'électricité d'un pôle, plus le plan équatorial se déplace du côté de ce pôle, pour enfin prendre sa place, quand le pôle est uni à la terre. Pour l'étude du champ électrostatique provoqué par les pôles libres d'une bobine, il est préférable d'utiliser une batterie voltaïque aussi faible que possible; sinon tous les objets d'alentour peuvent influencer immédiatement la patte, le téléphone, etc...

En menant l'explorateur, muni d'une petite boule, le long de la bobine, il est facile d'apercevoir toutes les nuances qui s'observent dans la tension des champs: les pattes se contractent, le téléphone se met à sonner, les feuilles d'un électroscope tombent en frémissement, en s'écartant et en s'approchant de temps en temps. Néanmoins l'intensité de ces phénomènes dépend avant tout de la tension de la partie du champ où se trouve l'explorateur. Mais tous ces phénomènes disparaissent instantanément, si les pôles de la bobine induite sont mis en court-circuit: le champ électrostatique n'existe plus, comme cela fut aussi constaté par Poggendorff en 1863 (p. 308); l'explorateur même, mis en contact avec les parties métalliques nues du circuit primaire ou secondaire, n'excite plus nos électroscopes physiques ou physiologiques.

Il résulte de tout ce qui précède que la tension du champ atteint son maximum quand le circuit secondaire est ouvert; au contraire, la tension s'abaisse à mesure que la distance explosive diminue, pour devenir presque nulle par court-circuit. Au surplus quand l'inducteur est assez fort, le téléphone seul résonne encore à une très courte distance de la bobine, de même, si on touche le fil du court-circuit ou les parties dénudées du circuit secondaire. Dans ce cas les inducteurs ressemblent aux machines électrostatiques mises en court-circuit; la tension du champ due aux machines électrostatiques s'abaisse à son tour avec le décroissement de la résistance entre les pôles des machines.

Contrairement à J. J. Thomson (p. 257), qui considérait l'introduction de papier mouillé dans le circuit de la machine électrostatique comme un moyen d'éliminer son action électrostatique, nous pensons avec N. Tesla (p. 256) et O. Lehmann (p. 48), que, si faible que soit semblable résistance, la machine est nécessairement et toujours une source d'électricité libre pour toute la longueur du circuit.

Cependant la bobine ouverte n'est pas seule susceptible de provoquer un champ électrostatique; si nous considérons que les inducteurs assez forts, fermés par un fil gros et court, comme il en a été fait mention plus haut, engendrent un champ faible, nous nous voyons amenés à nous demander quelle résistance il convient d'intercaler entre les pôles de la bobine induite, pour obtenir un champ électrostatique sensible aux électroscopes physiques et physiologiques? Des observations que nous voyons dans l'histoire, il résulte que dans ce but il est indispensable d'introduire une résistance égale à celle de la bobine donnée: plus la résistance est grande, plus le champ électrostatique est fort. Pour éviter la self-induction, il est préférable d'introduire entre les pôles de la bobine une résistance linéaire ou liquide, telle que des cordons, des bandes de papier à filtrer imbibées d'eau acidulée ou non, de chlorure de sodium, de sulfate de zinc, etc., ou des tubes de verre contenant quelque liquide. Il va sans dire que l'on peut également mettre à contribution les organismes végétaux et animaux vivants et morts, ainsi que leurs parties, qui possèdent, comme on le sait, une haute résistance. Enfin, les tubes de Geissler, de Crookes et autres analogues peuvent être intercalés, pour jouer le rôle de résistance, entre les bornes de la bobine induite avec le même succès. Dans tous les cas dont nous avons parlé, plus la résistance introduite est grande, plus le champ électrostatique est puissant.

Si les conditions restent les mêmes, mais que l'on se serve des inducteurs cloisonnés, le plan équatorial passe par le milieu de la bobine et de l'objet induit en qualité de résistance; des deux côtés du plan équatorial se trouvent les sphères d'action déjà décrites (fig. 12). Au contraire, dans le circuit secondaire des inducteurs non cloisonnés, l'espace équatorial ne se présente que dans la région de résistance, l'air y compris, et le plan équatorial est déplacé du côté du pôle qui communique avec le bout intérieur de la bobine induite. Dans ces conditions la chute du potentiel commence à partir du pôle réuni au bout extérieur d'enroulement, et continue tout le long de la bobine jusqu'à l'autre bout du fil d'enroulement.

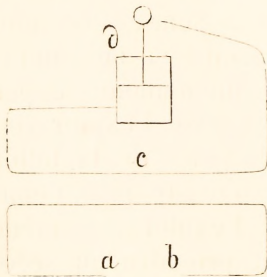


Fig. 13.

6. Il est très important de rappeler que Riess (p. 351) en 1840 observa la charge d'un conducteur non fermé sous l'influence d'une chaîne électrique parallèle (fig. 13); Masson & Bréguet (p. 129), durant l'année suivante, notèrent la transformation des courants induits dans une bobine ouverte en électricité statique dont ils chargèrent un condensateur; de même Sinsteden en 1846 constata (a, p. 353) dans des conditions analogues non seulement l'apparition d'étincelles, mais encore la divergence des feuilles d'un électroscope. Fuchs enfin (p. 213) étudia à l'aide d'un électromètre de Hankel la charge électrostatique des bouts d'un inducteur ouvert de du Bois Reymond.

Conformément à l'exposé, H. Helmholtz, en 1869 (p. 531) observa: que, parmi les phénomènes manifestés dans les inducteurs ouverts ou fermés à l'aide d'un conducteur d'une résistance élevée, par exemple, par un nerf, il n'existe qu'une différence de quantité; que, dans ce dernier cas, le courant passe plus vite et que les bouts de la bobine joints à un diélectrique ne représentent ici que des condensateurs—cette idée avait déjà trouvé place dans les travaux de Masson & Bréguet et de Sinsteden (a, p. 365). Ces données de H. Helmholtz, d'un côté, et nos expériences décrites plus haut, de l'autre, viennent éclaircir d'une façon parfaite les observations de E. du Bois Reymond, observations qui, depuis 1844, restèrent isolées jusqu'à nos jours, mais qui furent expliquées par E. du Bois Reymond même, tout-à-fait conformément à la théorie de la charge électrostatique. Dans ses expériences, du Bois Reymond (p. 429) reliait les pôles de la bobine induite d'un inducteur isolé par un conducteur humide, sur lequel il posait transversalement les nerfs de deux jambes galvanoscopiques—électroscope-D. Bien que les nerfs fussent percés perpendiculairement à l'axe et entourés par une ligature, entre les conducteurs et leurs muscles, les pattes se contractaient aussitôt qu'on les touchait.

(A suivre).

B I B L I O G R A P H I E.

1. Analyses.

Veliky, W., Professeur de physiologie à l'Université Impériale de Tomsk. **De l'innervation de la rate** (Comptes rendus de la Société des Naturalistes et des Médecins de Tomsk, 1896—7).

Dans un de ses cours de démonstration, où l'auteur voulait montrer sur un chat éthérisé et assoupi par l'hydrate de chloral la contraction de la rate sous l'influence de l'irritation immédiate de cet organe par un courant d'induction, le hasard lui fit constater le fait suivant:

Lorsque, la paroi de l'abdomen ayant préalablement été ouverte, la rate fut retirée par la plaie avec beaucoup de précaution, elle était fortement contractée et de couleur rose tendre. Afin d'obtenir un effet bien tranché, l'auteur attendit quelque temps qu'elle se dilatât pour l'irriter ensuite. Comme la dilatation s'opérait lentement, il eut l'idée de l'irriter mécaniquement en la touchant légèrement du manche de bois de son scalpel. L'effet fut surprenant.

On vit la rate se gonfler fortement dans tous les endroits où l'irritation avait eu lieu et des striures apparaître sous forme de petites protubérances et de bourrelets qui se localisaient dans les régions soumises à l'irritation. Si l'une des moitiés seule subissait l'irritation, cette moitié se gonflait partout d'une manière égale et le sang y affluait fortement, indépendamment de l'autre moitié qui n'éprouvait aucun changement. Si, au contraire, la surface entière de la rate subissait le contact, le volume de cet organe atteignait le triple de son volume à l'état contracté.

Le champ électrostatique en physiologie.

Par M. Léon Morokhowetz,

Professeur de physiologie à l'Université Impériale de Moscou.

(Suite — voir p. 15 et 100).

En déplaçant les nerfs le long du conducteur humide, du Bois Reymond constata que plus les nerfs se trouvaient éloignés du milieu du conducteur, plus les contractions étaient fortes; mais ces contractions s'apaisent peu à peu, si on déplace les nerfs vers le milieu. Plus le conducteur intercalé est long, plus l'espace d'indifférence est vaste ¹⁾. M. Schiff (p. 586) en 1872, ayant confirmé ces expériences, remarqua que la chute rapide du potentiel vers le milieu du conducteur présentait un passage naturel—même s'il s'agit de phénomènes physiologiques—des machines électrostatiques aux inducteurs. En effet Koosen (p. 212) en 1859 réussit à démontrer qu'un fil, plus court que celui de la bobine induite de Ruhmkorf et réunissant les bouts de cette dernière, était un siège d'électricité libre: deux points quelconques de ce fil liés à l'électromètre à décharge engendrent des étincelles d'autant plus vives que la distance entre les points choisis est plus grande. Cependant la tension de l'électricité libre croît avec la longueur du fil et devient assez forte quand la longueur du fil intercalé dépasse cinq fois celle du fil de la bobine induite. Poggendorff, en répétant les expériences de Koosen, trouva à son tour (p. 309) que les mêmes phénomènes étaient mieux accusés, si l'on intercalait entre les bornes de la bobine induite des cordons de 5 à 6 pieds imbibés d'eau. Il démontra aussi qu'en reliant les bouts d'une bobine induite aux bouts d'une autre, dont le fil ne dépasse pas en longueur la moitié du fil de la première, l'on pouvait tirer des étincelles de la seconde: Poggendorff explora à l'aide d'un électroscope l'intensité des différents points du circuit secondaire; il y observa même des points indifférents et la présence d'électricité libre sur la surface de la bobine induite.

Un intérêt tout particulier nous est offert par les expériences de Poggendorff (1864) sur l'électricité libre d'un conducteur métallique nu, intercalé dans le circuit secondaire. Une bobine de fil isolé était intercalée comme résistance entre les bouts de la bobine induite; une petite partie du fil de cette bobine était dénudée et placée en arc sous une cloche à vide: le fil en arc luisait pendant l'action de l'inducteur, surtout quand on appliquait à la cloche

¹⁾ Die Zuckung ist um so kräftiger, je näher den Elektroden der Nerv aufgelegt wird. Sie bleibt auch dann nicht aus, wenn er auf das Metall selbst zu liegen kommt. Den Indifferenzpunkt in der Mitte des unvollkommen schiessenden feuchten Leiters findet man begreiflich um so leichter, je länger derselbe ist (p. 434).

un morceau de staniol ¹⁾ (p. 315). A cet égard il faut considérer Poggendorff comme le prédécesseur de Mac Ferland Moor. Pourtant les tubes de Mac Ferland Moor présentent plus d'avantages que la disposition de Poggendorff. Intercalés dans le circuit ou placés le long du circuit, les tubes de Mac Ferland Moor se mettent à luire: plus un champ électrostatique est faible, et plus il est nécessaire d'approcher les tubes du conducteur; dans des cas extrêmes le contact est même indispensable. Au lieu de couvrir les tubes de staniol ou de lier un de leurs pôles à la terre, il est préférable dans bien des cas de les tenir dans la main.

Quand aux tubes de Geissler et de Crookes intercalés dans le circuit secondaire, on sait que leurs bouts sont un siège d'électricité libre. Hittorf en 1869 (p. 30) démontra à l'aide d'un électroscope que les bouts de ses tubes étaient chargés d'électricité de signes contraires, alors que le milieu des tubes était neutre. G. Wiedemann même tirait non seulement des étincelles en approchant le doigt du tube, mais encore il chargeait l'électroscope dont les feuilles d'or se mettaient à frémir à chaque changement de tension de l'électricité sur les parois des tubes. En entourant un tube de Hittorf d'un anneau de staniol qu'il menait le long de ce tube et mettait de temps à autre en communication pour un instant avec l'électroscope, G. Wiedemann constata entre les pôles la présence d'une zone équatoriale indifférente (p. 505). Si l'on unit un des pôles au sol, le plan équatorial se déplace sur ce pôle comme nous l'avons mentionné plus haut (p. 12).

En 1897 J. Tarkhanov (p. 740) observa les contractions d'une jambe galvanoscopique dans le champ électrostatique, dû aux tubes de Crookes. On observe des tétanus du muscle même à une distance d'un demi-mètre du tube et jusqu'à 3—6 mètres de distance, si l'on touche le nerf. A l'aide d'une patte, J. Tarkhanov détermina tout le champ électrique disposé autour du tube de Crookes. Si l'on possède une patte galvanoscopique très excitable, pendue en l'air et placée à une distance du tube insuffisante pour provoquer la contraction, il suffit d'approcher la main de la patte à une distance de 2 à 5 cm., pour provoquer sans aucun attouchement le tétanus.

Nos expériences sur les tubes de Geissler, de Crookes et d'autres encore, démontrent que, dans ce cas, ainsi que dans le cas où une haute résistance est intercalée entre les bornes d'un inducteur, le plan équatorial passe par le milieu des tubes et des bobines induites, et que des deux côtés de ce plan se trouvent des surfaces excentriques équipotentiellles.

¹⁾ Spannt man unter der Glocke eines Extrateilers der Luftpumpe, der mit den nöthigen isolirten Zuleitern versehen ist, einen blanken Kupferdraht bogenförmig aus, verdünnt die Luft in gehörigen Grade, und bringt nun die Vorrichtung in den Kreis des mit seiner Hülfssrolle versehenen Inductoriums, so sieht man, so wie man dieses in Thätigkeit versetzt, den Draht hell leuchten und eben so helle Strahlen gegen die Glocke aussenden. Verstärkt wird die Erscheinung, wenn man die Glocke äusserlich mit einem dem Draht entsprechenden Stannolstreifen bekleidet und denselben ableitend berührt (p. 315). Dieses Seitenlicht, wie ich es nennen will..... tritt übrigens am intensivsten auf, wenn man das Inductorium Funken in der Luft geben lässt und daneben einen Theil der Verbindungsdrähte in ein partielles Vacuum versetzt hat. Je weiter man die Pole auseinander rückt, je intensiver wird das Licht und natürlich auch die Spannung auf den Drähten, dit J. Poggendorff. (p. 316).

Ainsi en partant du cas fondamental d'induction, où les pôles des bobines sont unis par un conducteur à résistance minime, nous pouvons élever progressivement la capacité électrostatique d'une bobine induite par l'introduction d'une résistance toujours croissante jusqu'à interruption complète du circuit secondaire.

D'après les recherches de Sinsteden, Helmholtz, Schiller, Mouton, etc... il est admis que le courant induit d'une bobine ouverte est partout le même excepté aux bouts de la bobine, qui dans ce cas jouent le rôle de condensateurs, ce qui amenait à penser que la capacité électrostatique de la bobine induite demeurerait constante. Néanmoins, selon R. Colly ¹⁾, la capacité est représentée non seulement par les bouts de la bobine, mais aussi par la bobine entière, et cela à cause de la différence des potentiels entre les spires, ainsi qu'entre les couches des spires; c'est pourquoi «la charge statique» s'amasse au dedans de la bobine (p. 8). Sous ce rapport l'histoire même nous offre une confirmation expérimentale de cette conclusion. Sinsteden (b, p. 465) enveloppait les bobines induite et inductrice d'une couche de staniol isolée par du papier verni et, en reliant ces couches de staniol par un conducteur, il observait l'apparition de vives étincelles. Frappé de la puissance électrostatique de l'inducteur, Sinsteden mit en pareil cas l'appareil au rang des machines électrostatiques.

D'après nos expériences il suffit d'une bande mince de cuivre ou de zinc d'une largeur de 2 cm., munie d'une pointe et placée sur ou autour de la bobine induite ouverte en forme d'anneau: même les plus petites de nos bobines produisent alors des étincelles piquantes et douloureuses, quand on approche la main. Si l'on déplace cet anneau le long de la bobine, la différence de tension entre les bouts et le milieu se démontre avec le même succès que dans les cas déjà décrits. Au reste il suffit d'une plaque métallique de 10 à 16 cm. carrés, munie d'une pointe et placée sur la bobine induite, pour obtenir des étincelles et pour mettre en mouvement les feuilles d'un électroscope. D'autre part les tubes de Geissler ou de Mac Ferland Moor dont un des bouts est tenu par la main ou réuni au sol, luisent d'autant plus, que l'inducteur est plus puissant et qu'on les éloigne davantage du plan équatorial, ce qui fut d'ailleurs expliqué plus haut (v. p. 8, 12).

Mais en dehors des critères précités, comme le téléphone et la patte de grenouille, l'interrupteur à marteau de tout appareil de du Bois Reymond, quelles qu'en soient les dimensions, nous permet de juger de la force du champ dû à la bobine secondaire ouverte. En effet, le craquement de l'interrupteur et par conséquent l'amplitude de l'oscillation du marteau faiblissent et s'amortissent complètement, dès que les bouts de la bobine ouverte sont

¹⁾ Что касается цѣпи разомкнутой, то я здѣсь становился на точку зрѣнія моихъ предшественниковъ в. Helmholtz'a, Шиллера и друг., которые предполагали индукціонный токъ одинаковымъ во всѣхъ частяхъ цѣпи, и только концы послѣдней соединенными какъ бы съ обкладками нѣкотораго конденсатора, вводя такимъ образомъ понятіе о такъ называемой электростатической емкости индукціонной bobины полагая ее притомъ постоянной. Но въ дѣйствительности емкость представляютъ не только концы, но вся bobина, вследствие разности потенциаловъ между оборотами и главнымъ образомъ между слоями оборотовъ, отчего внутри bobины скопляются статическія заряды, dit Colly (pag. 8).

mis en court-circuit. Mais le jeu du marteau recommence avec l'interruption du circuit secondaire. Ce n'est pas l'interrupteur seul qui éprouve l'influence de la bobine induite ouverte, mais bien le circuit primaire dans toute sa longueur. En explorant le champ autour du circuit primaire, il est facile de se convaincre que le téléphone à sol résonne non seulement pendant l'attouchement, à l'aide de l'explorateur, des parties dénudées du circuit primaire, mais aussi à quelque distance de ce dernier. Cette influence s'étend de même sur le liquide de la pile qui alimente le circuit primaire. Dans ce cas il est

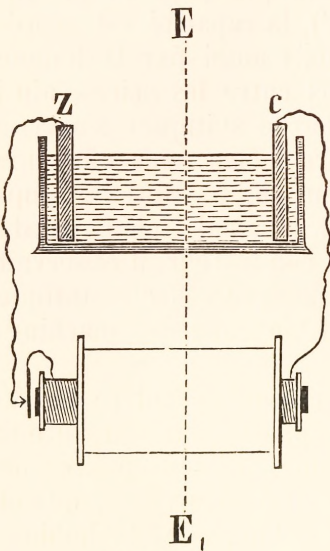


Fig. 14.

préférable de se servir d'une auge de verre remplie de liquide chromique, aux bouts de laquelle on place les électrodes de zinc et de charbon (fig. 14). En menant l'explorateur d'un bout de l'auge à l'autre sur la surface du liquide ou dans le liquide même, on observe une chute du potentiel vers le plan équatorial EE_1 , passant par le milieu de l'auge. A peine le circuit secondaire est-il mis en court-circuit, que les phénomènes décrits disparaissent. Par contre ces phénomènes augmentent d'intensité, quand on approche la main de la bobine secondaire ouverte et encore mieux, si on la place dessus. Chose digne d'intérêt! Retirez la bobine secondaire: le téléphone, cela va sans dire, garde le silence. Mais il suffit d'empoigner solidement la bobine primaire pour que tous les mêmes phénomènes se renouvellent. Les électroscopes physiologiques restent dans ce cas sans action.

Certainement, même avec une seule bobine primaire on pourrait provoquer un champ électrostatique assez puissant, si l'on réussissait à élever la self-induction de ce circuit. Mac Ferland Moor nous en donne justement un exemple en tous cas remarquable (p. 637). Son interrupteur ¹⁾ fonctionne dans un tube vide (fig. 15). Dans le champ obtenu grâce à cette disposition, le téléphone sonne, la patte se contracte et les tubes de Geissler ou de Mac Ferland Moor luisent même quand on les prend à la main par un pôle et quand on approche l'autre du circuit, sans les poser entre *a* et *b*. Pourtant L. Hermann démontra en 1888 (p. 217) que la bobine primaire seule, alimentée par un courant assez fort, pouvait provoquer la contraction d'une patte, dont le nerf fermait un anneau de chair de grenouille placé autour de la bobine. A chaque coup de marteau de l'interrupteur, la patte se contracte. Nos recherches prouvèrent que ces expériences faites à l'aide des plus petits appareils de Mac Ferland Moor réussissaient parfaitement. On obtient les mêmes résultats avec la bobine secondaire du petit appareil de du Bois Reymond, mise en circuit avec deux

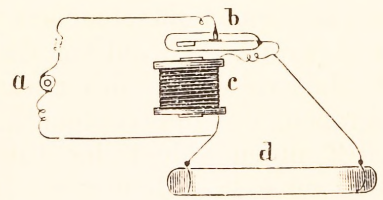


Fig. 15.

¹⁾ J. Poggendorff construisait déjà un interrupteur analogue en 1855 (b, p. 156, 159, 162).

couples où le courant est interrompu par la main à l'aide d'un fil plongé dans du mercure recouvert d'une couche d'alcool. Mais en se servant des nouveaux interrupteurs, de Wehnelt-électrolytique et de l'Allgemeine Electricität-Actien-Gesellschaft in Berlin (interrupteur à turbine), on peut utiliser avec le même succès les bobines primaires même des plus petits inducteurs de du Bois Reymond. Après avoir couvert les bobines d'ébonite et de verre, il est facile de montrer par l'explorateur uni à l'électroscope-F, ou par d'autres électroscopes, que la surface des bobines est le siège d'électricité libre. C'est pourquoi il suffit de placer sur les bobines, en interposant une couche d'ébonite et de verre, soit un morceau de chair de grenouille ou de staniol, soit la main de l'expérimentateur, etc..., pour qu'au contact de l'explorateur la patte de l'électroscope-F se contracte. Il n'y a pas besoin dans ce cas que la chair ou le staniol, etc., entoure les bobines en forme d'anneau, comme cela avait lieu dans les expériences de L. Hermann; de même il n'est pas indispensable que le nerf des préparations dans l'expérience de L. Hermann touche en ses deux points les objets disposés sur les bobines. En outre le nerf dans les expériences de L. Hermann peut être bandé entre les points d'application, et les contractions se produisent néanmoins. Enfin si le fil dont le nerf est bandé touche les objets disposés sur la bobine, les contractions des pattes s'observent également. Dans tous ces cas-là, il est nécessaire que la patte soit, d'une manière ou d'une autre, reliée au sol, ou à un conducteur de grande capacité. Si on pose la patte, dans l'expérience de L. Hermann, sur une plaque sèche en ébonite, les contractions cessent, mais elles recommencent au moment de l'interruption du circuit, si l'on touche la patte.

Dès lors il est évident, comme le démontrent pour la première fois Masson et Bréguet (p. 129), qu'en mettant en communication les parties du circuit primaire et du circuit secondaire chargées d'électricité contraire, on peut obtenir des coups vigoureux et faire luire les tubes de Geissler, de Mac Ferland Moor, de Tesla et autres. Outre cela, il suffit dans la plupart des cas de toucher les différents points des circuits primaires ou secondaires de l'inducteur par l'un des pôles d'un tube, tenu dans la main ou mis en communication avec le sol par l'autre pôle, pour provoquer la lueur dans les tubes. En général toutes les parties métalliques des circuits primaire et secondaire d'un inducteur en fonction présentent un siège d'électricité libre. Ainsi Sinsteden (a, pp. 358 et 366) a déjà trouvé que le noyau en fer doux d'un électro-aimant en action se chargeait d'électricité libre en telle abondance qu'on pouvait en tirer des étincelles et obtenir de vives piqûres. Mc. Kendrick, en 1869 (p. 219), excitait dans les mêmes conditions la patte de grenouille, en disposant les nerfs de la préparation de l'électroscope-B sur une branche, et le muscle sur l'autre branche du noyau. En effet, le téléphone, ainsi que tous les électroscopes physiologiques et physiques, nous font voir que les noyaux des électro-aimants, des inducteurs et des autres appareils analogues se chargent d'électricité libre, dont l'intensité dépend entièrement de l'interruption du circuit.

D'autre part Hittorf, O. Lehmann, Moser, Rimington, J. et E. Thomson, Worthington virent luire les tubes de Geissler même sans électrodes dans le champ électrostatique dû à l'inducteur, et sans le toucher. Il est également

vrai que même les petits inducteurs de du Bois Reymond provoquent autour d'eux un champ assez fort pour faire luire les tubes de Geissler, de Tesla et de Mac Ferland Moor. Enfin tous les objets d'alentour se chargent d'électricité libre, dont l'intensité varie selon le jeu de l'interrupteur de l'inducteur.

Il est presque inutile de mentionner que dans le cas des expériences de H. Hertz, nous avons aussi des champs électrostatiques variables des deux côtés de la région explosive, comme cela se voit sur la fig. 9, p. 10; mais dans cette région la décharge oscillante provoque en même temps des ondes électriques. Dans ce cas l'excitateur a reçu une forme spéciale et le nom de vibreur de H. Hertz. C'est en plongeant les bouts de l'excitateur dans de l'huile minérale que l'on obtient les meilleurs résultats. Actuellement il existe de nombreux vibrateurs applicables à des cas différents, mais nous pro-

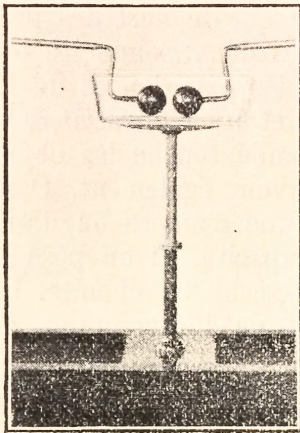


Fig. 16.

posons de modifier l'excitateur primaire de H. Hertz en courbant ses bouts munis de boules et en les plongeant dans un vase d'huile minérale (fig. 16) placé sur la table de notre excitateur déjà décrit. En général tout ce que nous avons dit à propos du champ électrostatique, dû à la bobine secondaire ouverte, est entièrement applicable au cas présent. En effet, dans la région explosive—au milieu de la naissance des ondes électriques—tous nos électroscopes gardent le silence; mais à mesure qu'on s'éloigne du plan équatorial la tension du champ électrostatique s'accroît et nos électroscopes réagissent, les tubes se mettent à luire de plus en plus, etc..

Maintenant passons aux expériences de H. Hertz. On place vis-à-vis du vibreur, parallèlement, le résonnateur de H. Hertz, construit identiquement au premier. Dans ce but on peut se servir de deux excitateurs décrits plus haut, p. 104 (fig. 11). Ritter (p. 53) dans ces circonstances se servait de pattes galvanoscopiques dont le nerf avait été disposé sur deux fils qui étaient liés aux deux bouts intérieurs du résonnateur. A chaque étincelle qui apparaissait entre les boules du résonnateur, la patte se contractait, et si le nerf n'était mis en communication qu'avec un seul bout du résonnateur, la contraction était d'autant plus forte.

Nous proposons dans ce genre d'expériences d'envisager deux cas différents. Plaçons dans un cas le vibreur et le résonnateur à proximité l'un de l'autre. Dès l'instant où le vibreur entre en action, on voit la patte se contracter; ces contractions se font voir même si l'on éloigne assez les boules du vibreur pour que les ondes électriques n'aient point lieu. Les contractions se manifestent également si on garde un disque sur le vibreur et un sur le résonnateur, c'est-à-dire si on rétablit les conditions des expériences de Gergens et de Tiegel, décrites dans la page 103. Nous voyons là par conséquent l'action de la charge électrostatique des disques du vibreur. Dans le second cas plaçons le résonnateur assez loin pour que, pendant l'absence des étincelles entre les boules du vibreur, on ne voie pas la patte se contracter par suite de la tension électrostatique des

disques du vibreur; dès l'apparition d'étincelles dans ces conditions, les ondes électriques provoquent la charge électrostatique du résonnateur, en vertu de quoi les étincelles jaillissent maintenant entre les boules du résonnateur et en même temps la patte tombe en mouvement.

Personne parmi les physiciens n'avait reconnu ici l'influence immédiate des ondes sur les nerfs; H. Hertz disait même (p. 198) que la patte cessait d'être utile dans des expériences de ce genre ⁴⁾. D'autre part J. Loeb en 1897 confirma que les ondes électriques n'agissaient point sur les pattes galvanoscopiques (a, p. 483). Nos recherches démontrèrent aussi qu'au sein même de la naissance des ondes, ainsi que des deux côtés du plan équatorial (fig. 9), les électroscopes physiologiques et physiques restaient en repos et que les tubes de Geissler et de Mac Ferland Moor ne luisaient point. Mais il n'y a qu'à passer dans les sphères des champs électrostatiques (fig. 9) pour que le tableau change d'aspect: les électroscopes se mettent en mouvement et les tubes luisent synchroniquement avec l'interruption du circuit primaire. Ces derniers effets peuvent atteindre leur maximum si les boules de l'excitateur sont assez éloignées l'une de l'autre pour que les ondes cessent d'apparaître.

7. En passant à l'étude des champs électrostatiques variables de haute tension et de haute fréquence, il est indispensable de faire remarquer que J. Poggendorff avait observé, comme nous en avons fait mention, p. 205, la décharge d'une bobine, montée en série dans le circuit secondaire; d'autre part, pendant la même année 1856, J. Poggendorff (a, p. 326) et W. Grove (p. 2) avaient étudié la décharge de la bobine secondaire par une bouteille de Leyde. Néanmoins les observations de O. Lodge (b, p. 442) sur la décharge de la machine électrostatique par deux bouteilles de Leyde (fig. 17) dont les armatures extérieures étaient liées par un conducteur, servirent de base aux recherches de N. Tesla (p. 11) et de d'Arsonval (p. 52) publiées simultanément en 1891. Dans les expériences de ces savants, il n'y a qu'une décharge qui se produise dans le circuit secondaire muni de bouteilles de Leyde et de solénoïde (fig. 18). Dans ces conditions non seulement le solénoïde *c* disposé horizontalement ou verticalement, soit d'une petite dimension, soit d'une grande pour y placer un homme, présente un siège de courant à haute fréquence, mais on y observe aussi des phénomènes déjà décrits plus haut. Tout autour du solénoïde se fait voir un champ électrostatique qui varie à l'apparition de chaque étincelle éclatant entre *a* et *b*. Plus on s'approche du plan équatorial *EE*₁, plus le champ électrostatique devient faible; ainsi l'explorateur, lié au téléphone à sol ou à l'électroscope-F, ne permet point d'apercevoir d'électricité libre même sur les spires dénudées voisines du plan

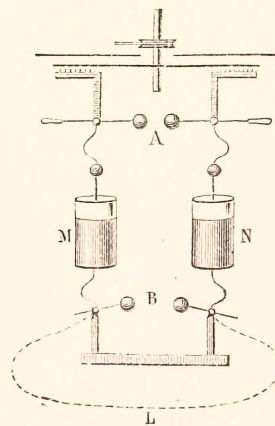


Fig. 17.

⁴⁾ Auf befreundeten Rath habe ich auch versucht, im secundären Leiter die Funkenstrecke durch einen stromprüfenden Froschschenkel zu ersetzen; es scheint aber dieses unter anderen Verhältnissen so empfindliche Mittel unter den gegenwärtigen zu versagen, dit H. Hertz (p. 198).

EE_1 . Le champ électrostatique devient de plus en plus puissant vers les bouts du solénoïde, en dehors et en dedans de ce dernier. Avec le même succès on y peut se servir de tubes de Geissler et de Mac Ferland Moor en les menant le long du solénoïde ou en touchant les spires avec un de leurs pôles, tandis que l'autre est tenu dans la main, ou, ce qui est préférable, relié au sol. En faisant descendre l'électroscope ordinaire ou l'électroscope-F, mis en communication par un pôle avec le sol dans le solénoïde placé verticalement, on constate que le champ électrostatique s'affaiblit à partir des bouts jusqu'au milieu du solénoïde. Pour observer en même temps l'effet d'induction électrodynamique et

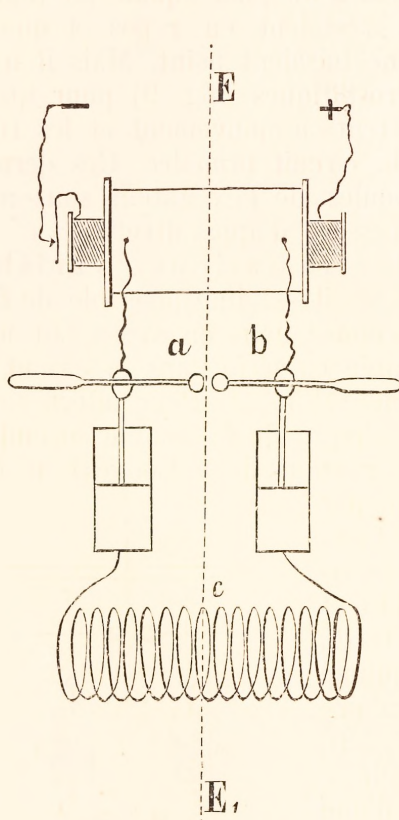


Fig. 18.

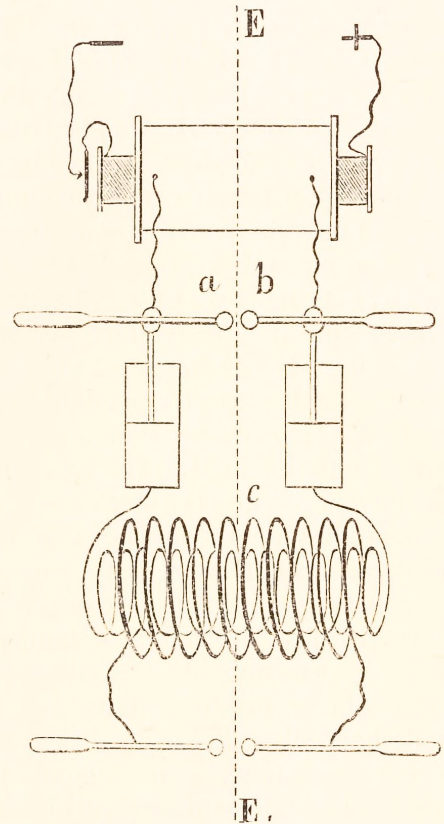


Fig. 19.

la charge électrostatique des spires, on introduit une lampe à incandescence intercalée dans un tour de fil et un tube de Geissler dont un des pôles communique avec le sol; à mesure que les appareils atteignent le milieu du solénoïde, la lampe atteint son maximum de clarté, tandis que les tubes s'éteignent progressivement et vice-versa. Il est aussi facile à démontrer à l'aide de notre électroscope-F, ou même à l'aide de celui de Bennett, que tous les conducteurs placés autour ou en dedans du solénoïde se chargent d'électricité libre à chaque étincelle qui jaillit entre les bouts de l'interrupteur. Conformément à l'exposé, les sensations subjectives sont minimales, même nulles si l'on touche les spires du milieu, mais elles augmentent vers les bouts: les étincelles deviennent vers les bouts du solénoïde plus grandes et plus douloureuses. Pour évi-

ter la piqure de l'étincelle, il est préférable de se servir de crochets tous en métal avec des manches assez gros pour qu'on puisse les empoigner aisément. Les plus grands effets s'obtiennent quand on fait communiquer les spires les plus éloignées du milieu du solénoïde. A mesure que croît la région explosive *ab* (fig. 18), comme il fallait le prévoir, tous les effets que nous avons décrits augmentent et en même temps l'on se rend compte du synchronisme de ces effets et des interruptions du circuit primaire. La tension électrostatique est si grande ¹⁾, qu'une lampe à incandescence placée entre deux expérimentateurs, qui touchent les bouts contraires du solénoïde, s'allume, comme l'ont déjà fait connaître les expériences de N. Tesla et de d'Arsonval.

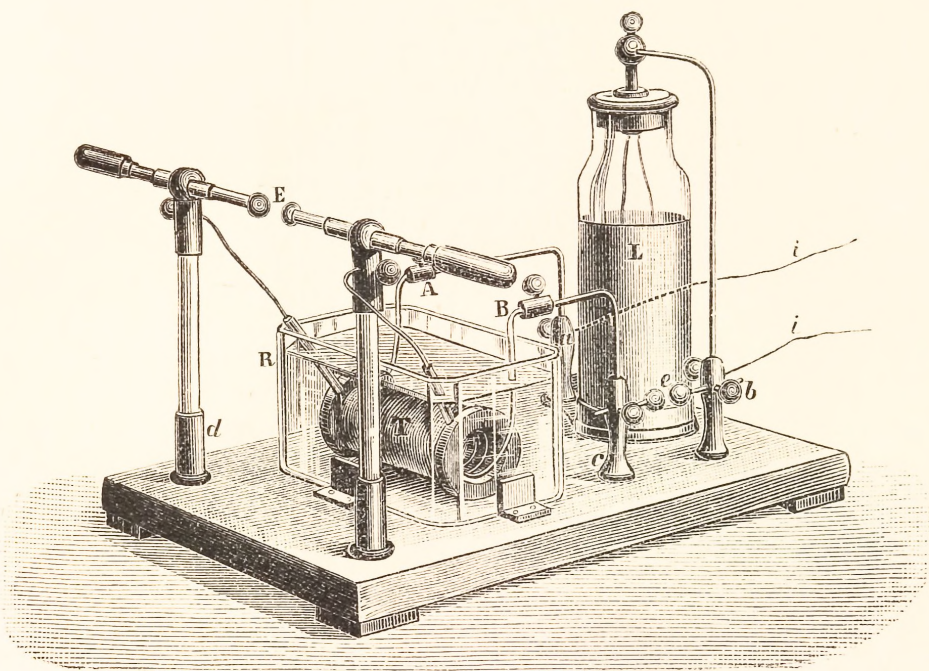


Fig. 20.

Cependant on atteint une plus haute tension et une plus haute fréquence du champ électrostatique en se servant du dispositif de N. Tesla qui ne diffère du précédent que par une bobine de fil fin (fig. 19). Cette bobine est la bobine induite ou secondaire de l'inducteur dit de second ordre, dont la bobine primaire sera représentée par le solénoïde *c* (fig. 18 et 19). On plonge, d'après Tesla, l'inducteur de second ordre dans une auge remplie d'huile de pétrole. Le modèle de Ducretet et Lejeune, mécaniciens à Paris, offre beaucoup d'avantages (fig. 20). Le dispositif est mis en communication par les conducteurs *i* et *i* avec la bobine secondaire de l'inducteur de premier ordre. Cependant le dispositif de Elster Geitel, exécuté par F. Ernecke à Berlin, est encore préférable à cause de son inducteur de second ordre qui consiste

¹⁾ Mit solchen Mitteln versehen, erschliesst sich dem Forscher ein neues unbekanntes Feld: Es werden mit hoher Wechselzahl und hohem Potential kräftige elektrostatistische Effecte hervorgebracht, dit N. Tesla (a, p. 12).

en une bobine primaire large et courte RX (fig. 21) embrassant la bobine secondaire mince et allongée BK_2 .

Outre les dispositifs précités, nous nous sommes servis de modèles plus puissants et de constructions différentes.

«Plus le potentiel s'élève, plus l'inducteur acquiert les propriétés d'une machine électrostatique», dit Tesla (p. 132). En effet, l'inducteur ouvert de second ordre en fonction engendre des champs électrostatiques maintes fois

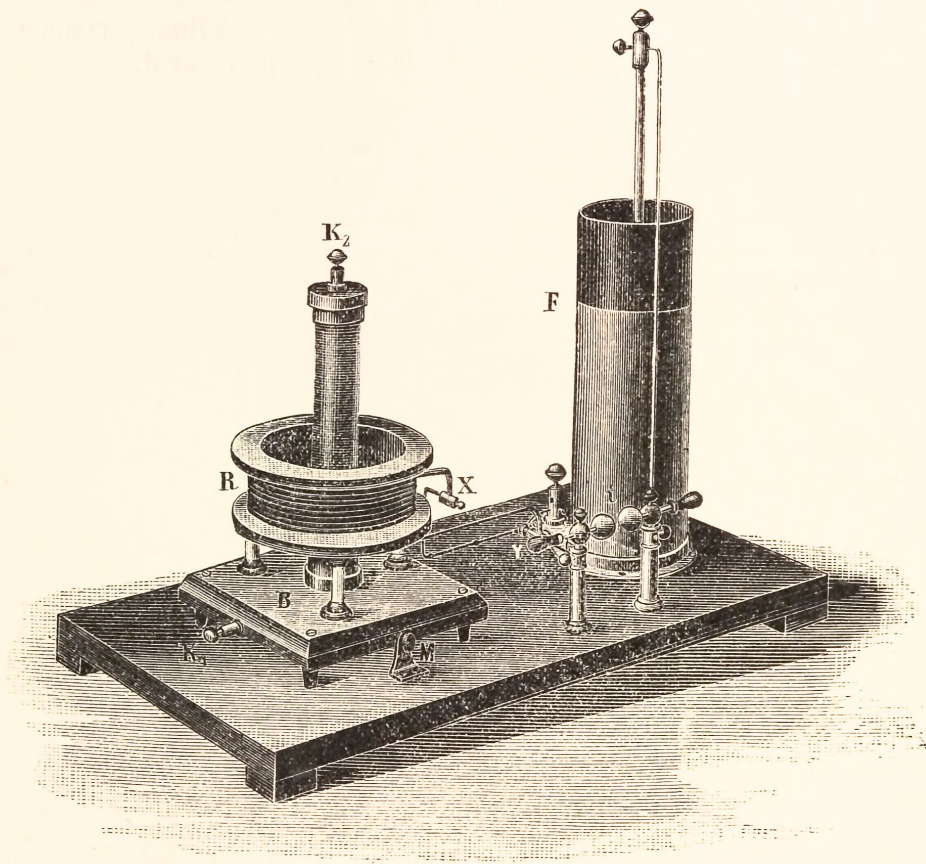


Fig. 21.

décrits plus haut, pp. 104, 105 et 20. Ici comme auparavant, les champs variables de signes contraires se séparent par le même plan équatorial, qui passe par le milieu du dispositif entier (fig. 18). De même, si on relie un des pôles de la bobine secondaire au sol, et l'autre à un ballon ou un disque métallique isolé, on provoque un champ variable, possédant des contours déjà décrits (p. 101) et dans lequel les électroscopes physiologiques et physiques, ainsi que les tubes de Geissler et autres, se comportent d'une manière que nous connaissons déjà (p. 101—6).

8. Si le champ électrostatique est assez faible, pour que la source d'électricité libre n'influe point à distance sur nos électroscopes, il faut, pour

démontrer la charge électrostatique, la toucher immédiatement du nerf de la patte galvanoscopique qui est en rapport avec le sol.

Depuis les recherches de du Bois Reymond de 1842 sur l'action des inducteurs, ces effets sont connus sous le nom d'actions unipolaires. Du Bois Reymond constata qu'il pouvait se produire une contraction dans une patte galvanoscopique, même quand le circuit est rompu, quand par exemple la préparation forme le bout d'un circuit d'induction et que l'autre bout du circuit est en rapport avec le sol, ou, plus facilement encore, quand un point de la préparation même communique avec le sol, tandis que l'autre pôle est suspendu en l'air. C'est à ces phénomènes que du Bois Reymond a donné le nom d'unipolare Inductionszuckung. Ces phénomènes ont successivement été étudiés par Pflüger (p. 126, 410), Grünhagen (p. 153), Zahn (p. 252), Rosenthal (a. p. 216, b, p. 62), Schiff (p. 568) et Hering (p. 219). Pflüger (p. 128) et Rosenthal (b. p. 62) augmentent considérablement les effets unipolaires en faisant communiquer les bouts libres de l'inducteur avec un homme ou un conducteur isolé d'une capacité considérable.

Dans nos recherches, comme nous l'avons cité à plusieurs reprises, nous fîmes usage en dehors des tubes électroscopiques et des électroscopes communs, de l'électroscope-F mis en communication par un bout avec le sol, et par l'autre—avec l'explorateur. Le pôle libre de l'inducteur était mis en rapport avec un grand conducteur isolé affectant la forme d'un cylindre de 150 cm. de long et de 40 cm. de large, aux bouts sphériques. L'on obtient des résultats identiques, si la patte est réunie au conducteur et les pôles libres, au sol. Dans ces conditions, les plus petits de nos inducteurs mêmes cités plus haut (p. 106), font réagir tous nos électroscopes tant physiologiques que physiques: les pattes se contractent, les tubes électroscopiques luisent, etc. Ajoutons que les contractions de fermeture ¹⁾, ainsi que celles d'ouverture, se font voir sur la patte galvanoscopique, comme sur l'électroscope-F, avec les mêmes petits inducteurs dont la chaîne primaire est rompue par le marteau de Pflüger ou par une clef à mercure couverte d'alcool. Dans ce dernier cas il est préférable de mettre en communication un bout de la bobine secondaire avec un conducteur isolé, il en a déjà été fait mention, et l'autre bout—avec le nerf des électroscopes physiologiques dont les pattes sont en rapport avec le sol.

L'étude du champ électrostatique dû aux piles galvaniques montées en séries réclame ici notre attention. L'histoire du galvanisme à proprement parler commença par l'étude de la tension électrostatique aux pôles de la pile voltaïque. Une grande part des observations faites à cet effet appartient à Volta lui-même (p. 161, 195). Nous ne citerons pas ici tout ce qui est devenu la propriété du monde savant après les travaux de Volta, d'autant plus qu'il existe un aperçu historique sur cette question dans le dictionnaire de Gehler (p. 573, 827).

¹⁾ Quant à „l'Entdeckung“ de E. Pflüger (p. 410), que „der Schliessungsinductionsschlag..... der unipolaren Wirkung entbehrt“, nous pouvons seulement répéter les mots de du Bois Reymond (e, p. 853): „Keinesweges aber entbehrt der Schliessungsschlag grundsätzlich der unipolare Wirkung“.

L'exploration du champ électrostatique de basse tension, p. ex. d'un couple ou d'une petite pile, demande l'emploi d'un électromètre de Lippmann et de celui à quadrant de Edelman, dont un pôle communique avec le sol. Dans bien des cas l'on peut faire usage de l'électroscope de Fechner et de l'électroscope de Gassiot (fig. 22) qui diffère du précédent en ce que la pile de Zamboni est remplacée par la pile éprouvée, en même temps que la tige *ac* se charge d'électricité vitrée on résineuse.

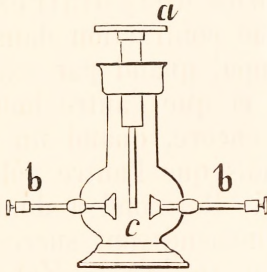


Fig. 22.

En prenant pour base les données de W. Tompson, et en admettant que pour l'obtention d'une étincelle sur l'étendue de 0.01 ctm., 2.33 unités électrostatiques sont indispensables, il faut avoir 700 volts (2.33×300) pour provoquer une étincelle de même dimension à l'aide d'une pile galvanique. En effet, Gassiot en 1844 (p. 283) a construit une pile de 3520 couples qui donnait une étincelle de 0.05 ctm. Les piles de Warenes de la Rue et de H. Müller, de 11000 et de 15000 couples, faisaient jaillir des étincelles d'une longueur de 0.5 ctm. et plus. La pile de Gassiot ouverte fait s'écarter les feuilles de l'électroscope à une distance de 5 à 7 ctm. de ses pôles. Mais à peine la chaîne est elle fermée que tous les effets d'électricité libre cessent. Les piles secondaires offrent plus d'avantages. La pile de G. Planté était composée de 800 accumulateurs et conforme à 1200 couples de Bunsen. Combinée avec un condensateur, la pile secondaire de Planté manifestait tous les effets caractéristiques des machines électrostatiques, c'est pourquoi ce dispositif reçut le nom de « machine rhéostatique ».

L'analogie s'augmente encore quand on observe une pile galvanique dont les pôles sont réunis par un conducteur d'une grande résistance. Il y a cent ans déjà, Ermann (a, p. 204) démontrait que l'électricité libre, révélée par les électroscopes communs, sur les bouts d'une pile voltaïque, disparaissait momentanément quand ces bouts étaient liés à l'aide d'un conducteur. Au contraire plus la résistance du conducteur augmente, plus la divergence des pendules électriques, liés à un des pôles de la pile, est grande (a, p. 206). En fermant la pile voltaïque par un cordon humide, Ermann trouva entre les pôles, au milieu du cordon, un point d'indifférence, et observa que la tension croissait de ce point vers les pôles ¹⁾. Au lieu de cordons humides, Ermann se servait aussi de tubes de verre de 2 à 5 pieds remplis d'eau (b, p. 13). Ses recherches l'amènèrent à admettre qu'en dedans de la pile voltaïque la distribution de l'électricité était la même que dans le cordon, etc. reliant les pôles (a, p. 209).

Cependant la tension de l'électricité libre en pareils cas est si faible, qu'il est nécessaire d'avoir plusieurs couples pour observer l'action unipolaire à

¹⁾ Die Schnur hat also, so zu sagen, zwei Pole und einen Indifferenzpunkt; dann es giebt in der Länge der Schnure einen Punkt, den man berühren kann, ohne dass die Divergenz dadurch vermehrt oder vermindert würde, dit Ermann (a, p. 208).

l'aide d'une patte galvanoscopique. D'après M. Schiff (p. 568), deux Daniels montés en série manifestent déjà leurs actions unipolaires sur la patte. Si l'on examine plus en détail les expériences de M. Schiff, on est obligé de reconnaître que ses expériences de 1872 portaient sur l'action du courant galvanique, mais non sur celui de la charge électrostatique des pôles. Ce n'était pas l'action unipolaire, mais bien — bipolaire. Deux piles à deux Daniels, en série chacune (fig. 23), combinées parallèlement, de manière que les deux pôles identiques d'un côté soient liés séparément à un électrode de zinc amalgamé, sur lesquels on pose le nerf de la patte; les deux pôles du côté opposé sont mis en rapport avec le sol. Au moment du contact du nerf avec les électrodes, on voit la patte se contracter. Contrairement aux conclusions de M. Schiff¹⁾, nos recherches nous ont convaincus que dans ses expériences nous avons

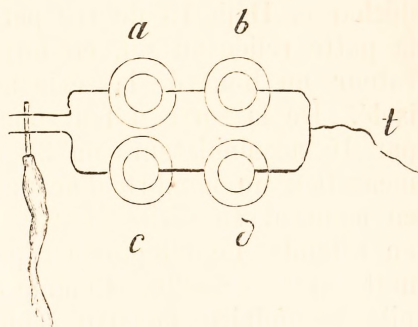


Fig. 23.

affaire au courant galvanique comme différence d'intensité de deux piles, montées en opposition. Un galvanoscope des plus grossiers et qui remplace le nerf dans les expériences d'après M. Schiff, offre d'assez grandes déviations de l'aiguille. Enfin des accumulateurs identiques chargés également ne présentent point les effets observés par M. Schiff.

Dès lors la question de l'action unipolaire reçut une direction nouvelle. Dans cette même année de 1872, F. Fuchs, un des disciples de M. Schiff, d'après l'exemple de Volta, chargeait une bouteille de Leyde à l'aide d'une pile galvanique et la déchargeait par le nerf—méthode qui s'est beaucoup propagée de nos jours, et dans laquelle la manifestation de l'action électrostatique est hors de doute.

Nos expériences démontrèrent que les effets unipolaires prononcés se faisaient voir à partir de 60 couples en série, p. ex., de la pile médicale de Spamer. En général les expériences furent exécutées d'une manière analogue aux expériences avec les inducteurs, p. 107. Un des pôles de la pile est en rapport avec un grand conducteur isolé, déjà décrit p. 215, et l'autre à l'aide d'une clef à mercure—avec la préparation, électroscope-F, dont les pattes sont reliées au sol. En vérité, si la résistance des conducteurs est diminuée et l'isolation des dispositifs plus complète, la contraction des pattes et la vibration du téléphone peuvent avoir lieu même avec 30 couples, mais la divergence des feuilles de l'électroscope ne s'observe qu'avec 100 couples de Spamer.

Les mêmes effets s'observent avec un plus petit nombre d'accumulateurs, surtout si une isolation parfaite des couples et des conducteurs est garantie.

¹⁾ Die bisher beschriebenen Erscheinungen schienen im höchsten Grade dafür zu sprechen, dass auch schwache und sehr schwache galvanische Ketten zu ihren Polen eine Spannung erzeugen. d. h. Electricität anhäufen die einen höchst erregbaren Froschnerven zu reizen vermag, dit M. Schiff (p. 572).

Nous avons construit une pile secondaire de 1120 couples en forme de bandes en arc, dont chaque branche mesure $5 \times 0,7 \times 0,2$ ctm. et est plongée dans de l'acide sulfurique, p. s. 1,120, dans des éprouvettes de 5 ctm. cubes. La pile est composée de 28 séries dont chacune contient 40 couples; en même temps ces séries peuvent être montées en quantité à l'aide du commutateur de J. Poggendorf pour être chargées par un courant de 110 volts, et en série pour la décharge. Déjà 15 de ces petites couples provoquent une faible contraction de la patte reliée au sol, en forme d'électroscope-F, quand on touche avec l'explorateur un bout de la série mentionnée ci-dessus, tandis que l'autre bout reste isolé. De la sorte il faut pour l'action unipolaire à peu près 30 volts, fournis par 15 accumulateurs ou 30 couples galvaniques montées en séries. Avec l'augmentation du nombre d'accumulateurs l'intensité des effets augmente également: en montant en séries plus de 600 couples, on voit la patte fortement tomber en tétanus. Le téléphone répond avec 10—12 couples et l'électroscope de Bennett avec 18—20. Comme une pile galvanique de 100 couples, notre pile secondaire ouverte montre aussi la chute du potentiel du pôle vers le milieu; la même chute s'observe sur un conducteur humide, p. ex., sur un cordon imbibé d'eau et réunissant les pôles des piles. Plus les conducteurs intercalés sont longs, plus l'espace équatorial du potentiel zéro est proche des pôles.

Etant mis au fait de la tension de l'électricité libre sur les pôles des piles ouvertes, il est indispensable de procéder à l'étude de l'induction dans les conditions suivantes. Deux fils bien isolés de 112 ohms de résistance chacun sont embobinés simultanément et parallèlement. Un des fils est intercalé dans le circuit de la pile de Spamer avec une clef à mercure, le second fil communique par un bout avec l'électroscope relié au sol, tandis que l'autre bout reste libre, ou au besoin se met en relation avec notre grand conducteur isolé. Le téléphone, l'électroscope-F et l'électroscope de Bennett répondent déjà aux 15—25 couples de Spamer. Les mêmes effets s'observent quand on remplace la bobine décrite par le câble double bien isolé et non enroulé sur la bobine. Nous nous servîmes dans un cas d'un câble double de 7 mètres de long dont chaque partie contenait 15 fils de la grosseur de 0,65 mm.; dans l'autre cas—d'un câble double de 10 mètres de long, dont chaque partie renfermait 50 fils de la grosseur de 0,16 mm. Pour éviter des objections, nous avons fait des expériences avec non moins de succès en tendant parallèlement deux fils isolés à une distance de 2 ctm. l'un de l'autre sur un parcours de 100 pas à l'aide des isoloirs d'ébonite; un de ces fils comme ci-dessus était intercalé dans le circuit de la pile de 100 couples de Spamer et l'autre, par l'intermédiaire d'un électroscope, communiquait avec le sol.

Il est évident que l'accroissement de capacité de deux conducteurs parallèlement disposés provoque des effets de plus en plus prononcés. C'est pourquoi, au lieu de fils, nous avons suspendu verticalement deux feuilles de zinc de 185×107 ctm. par des cordons de soie; deux angles opposés d'une feuille furent intercalés dans le circuit de la pile et les deux angles semblables de l'autre feuille—dans le circuit de l'électroscope. Les résultats sont les mêmes.

Avec les expériences qui viennent d'être décrites, s'achève la série des études sur les phénomènes analogues à l'induction électrostatique—l'influence,

étudiée pour la première fois par Riess (fig. 24) et dont nous avons fait mention plus haut, p. 108. Dans le cas de Riess nos électroscopes se comportent comme dans celui de l'induction, décrit ci-dessus.

Mais l'analogie ne s'arrête pas là. Utilisons le dispositif qui vient de nous servir et coupons le circuit primaire d'après le schéma de la fig. 25. Nous voyons se manifester l'induction unipolaire de la pile galvanique

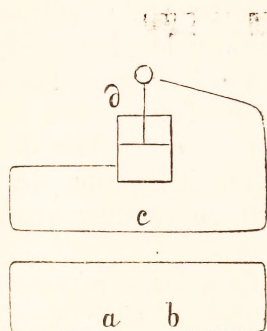


Fig. 24.

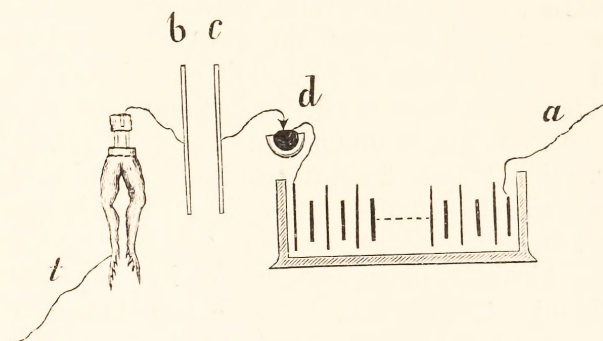


Fig. 25.

ouverte. Plus les conducteurs *b* et *c* sont grands et plus ils sont rapprochés l'un de l'autre, c'est-à-dire plus la capacité d'un conducteur de ce genre est élevée, plus les effets sont grands et plus les électroscopes agissent énergiquement. D'autre part plus la tension de l'électricité sur les pôles de la pile est grande, d'autant les dimensions du condensateur peuvent être réduites pour l'obtention des mêmes effets. Ainsi, p. ex., avec 100 couples de Spamer (110 volts), on peut se servir de deux feuilles de staniol mesurant seulement 8×9 ctm., montées sur une plaque d'ébonite de $40 \times 20 \times 1,75$ ctm., et qui remplacent les armatures du condensateur *bc*, pour qu'en manipulant avec la clef *d*, on puisse provoquer la contraction des pattes, la vibration du téléphone et l'écartement des feuilles de l'électroscope.

Enfin en se servant de notre pile secondaire on peut utiliser des allonges conductrices de dimension et de configuration différentes, comme plaques, boules, etc., ou même se passer des allonges pour voir les mêmes effets avec

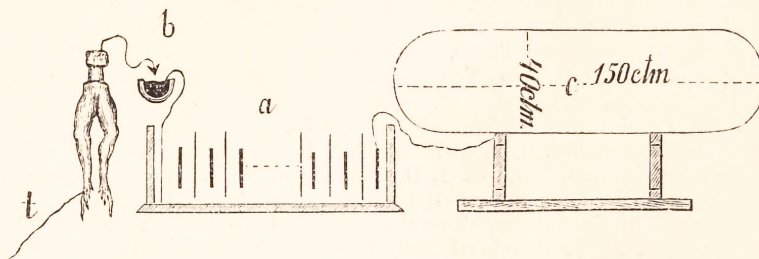


Fig. 26.

500—700 volts; à 1500 volts commencent à luire les tubes de Mc Ferland Moor, si l'on fait communiquer un de leurs pôles au sol, et l'autre à la pile, à l'aide de la clef à mercure (fig. 26) ou mieux du commutateur-inverseur de

Poggendorf, placé au lieu de la clef *b* et rapidement tourné, tandis que l'autre pôle de la batterie communique avec le grand conducteur *c*, décrit plus haut, ou est librement suspendu en l'air. Remplaçons dans notre dispositif (fig. 25) l'armature *b* par un disque métallique et *c*—par notre explorateur (v. p. 30), et nous pouvons répéter toutes les expériences de Galvani, Zahn, Tiegel, Dauly et autres. En plaçant en *b* un conducteur sphérique du diamètre de 40 ctm., nous observons déjà les contractions en présence de 1600 volts dans les préparations de Galvani—électroscope-*A*, disposé le plus près possible du conducteur, ou mieux, séparé de lui par une plaque d'ébonite: à chaque fermeture de la clef, on observe la contraction des pattes, surtout si on les fait communiquer avec le sol. Ces expériences ont plus de succès, si on fait les interruptions à l'aide du commutateur-inverseur de Poggendorf dont un pôle est relié au sol: les pattes tombent en tétanus quand on les touche.

Ainsi il nous est donné ici non seulement d'imiter les expériences de Galvani et des autres, mais en même temps de clore la série des nombreuses recherches commencées il y a cent ans par Luigi Galvani.

BIBLIOGRAPHIE.

- d'Arsonval, A.* a) Exposé des titres et travaux scientifiques. Paris, 1894. b) Annales d'Electrobiologie, d'Electrothérapie et d'Electrodiagnostic, I année, 1898. Paris, p. 1. *du Bois-Reymond, E.* a) Untersuchungen über thierische Electricität. Bd. I. Berlin, 1848. b) *ibid.* Bd. II. Berlin, 1848. c) Gesammelte Abhandlungen. B. I. Leipzig, 1875. d) *ibid.* Bd. II. Leipzig, 1877. e) Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin, herausg. von Reichert u. du Bois Reymond, 1860, p. 857. *Colley, R.* a) Annalen der Physik und Chemie, herausg. v. Wiedemann. № 1. B. 26. 1885. S. 432. *Коллу, Р.* b) Спарядъ для наблюдений медленныхъ электрическихъ колебаний. II. Къ теоріи спаряда Румкорфа. Отдѣльный оттискъ изъ Журнала „Русскаго Физико-Химическаго Общества“, т. XXIII, Сиб. 1891. *Crookes, W.* Strahlende Materie oder der vierte Aggregatzustand. Mit Genehmigung des Verfassers, deutsch herausgegeben von Dr. Heinrich Grotshel. Leipzig. Gwandt Händel. 1894. *Danilewsky, B.* a) „Вѣстникъ Медицины“. 1896, т. I, № 24. b) Archives de physiologie normale et pathologique fondée par Brown-Sequard. V série, tome IX, 21 année, 1897, pp. 511—542. c) Centralblatt für Physiologie, Bd. XI, 1897, pp. 320, 589 et 617. d) *ibid.* 1898, Bd. XII, p. 281. *Dauly, Alex.* Le courant alternatif obtenu à l'aide des machines électrostatiques, ses propriétés physiques et physiologiques. Thèse. Paris, 1894 (№ 458). *Edisson* voir *Blochmann, R., Dr.* Die Entwicklung der asymptotischen Telegraphie der sog. elektrischen Telegraphie ohne Drath. Berlin, 1898. S. 15. *Elster, J. und Geitel, H.* 10 Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig für die Vereinsjahre 1895—7. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. 1897. *Ermann* a) Annalen der Physik von Gilbert. 1801, Bd. 8, S. 197. b) *ibid.* 1802. Bd. 10, S. 10. *Fuchs, Fr.* Wiedemann. Die Lehre von der Electricität. 3 Auf. Bd. 4, Braunschweig, 1885. *Galvani, Aloysii.* De viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bononiae. 1791, 4^o, p. 58 cum tab. 4. *Gassiot, J. P.* The London, Edinburgh and Dublin philosophical Magazine and Journal of Science. 1844. 3 series, vol. XXV, p. 283. *Gehler's, J. S. T.* Physikalisches Wörterbuch, neu bearbeitet von Brandes, Gmelin, Horner, Munke und Pfaff. Bd. IV, 2 Abth. G. Leipzig; Schwickert. 1828. *Gergens, E.* Archiv für die gesammte Physiologie, herausg. v. Pflüger, Jahrg. 13, 1876, S. 61. *Grove, W. R.* The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 1855, vol. IX, 4 series, January—June, p. 1—3. *Grünhagen, A.* Zeitschrift für rationelle Medecin; herausg. von Henle und Meisner, 1865, 3 R., Bd. 24, p. 153. *Helmholtz, H.* Wissenschaftliche Abhandlungen. I. Bd. Leipzig Barth. 1882. S. 526. *Hering* Sitzungsberichte der k. Wiener Akademie. 1884, Abth. III. Bd. LXXXIX, p. 219. *Hermann, L.* Archiv für gesammte Physiologie, herausg. von Pflüger, 1888, Bd. 43, p. 217.

Hertz, H. Gesammelte Werke. Bd. II. Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. 2. Aufl. Leipzig Barth. 1895. S. 196. *Hittorf, W.* Annalen der Physik und Chemie, herausg. v. Poggendorf. 1869, Bd. 136. *McKendrick, J. G.* Journal of anatomy and physiology, vol. III. 1879, p. 219, London and Cambridge. *Koosen, I. H.* Annalen der Physik und Chemie, herausg. v. Poggendorf. 1859, Bd. 107, p. 193. *Kotowitsch (Комовичъ, И. О.)* Материалы по вопросу о нервно-мышечномъ возбужденіи, какъ функций волны раздраженія. Москва, 1890. 8°. p. 60. *Kostine (Косминъ), И.* Къ учению о физиологическомъ дѣйствіи электрическаго поля на двигательный нервъ. Диссерт. Харьковъ. 1898. a) „Русскій архивъ патологій, клинической медицины и бактериологій“. Спб. 1898. *Lehmann, O.* Die Elektrische Lichterscheinung oder Entladungen, etc. Halle a/S. 1898. *Loeb, Jacques.*—a) Pflüger's Archiv, 1897, Bd. 66, S. 483. b) *ibid.* 1897, Bd. 67, S. 483. c) Centralblatt für Physiologie, 1897, Bd. XI, S. 461. *Lodge, O. I.*—a) Neueste Anschauungen über Electricität. Uebersetzt von Helmholtz und du Bois-Reymond. b) Elektrotechnische Zeitschrift. 1899, 10 Jahrgang, S. 442. *Magini, I.* Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, herausg. v. Moleschott, 1888, Bd. XIII, S. 409. *Marianini.* Annales de chimie et physique, 1844, 3 série, t. XI, p. 385. *Masson et Bréquet.* Annales de chimie et de physique. 3 série, t. 4. 1842, p. 129. *Morokhowetz, Léon (Мороховъ, Левъ).* Физико-химическія основы биологическихъ и клиническихъ методовъ исследования. Отдѣлъ II, Москва, 1897. *Moör, Mc Ferland.* Elektrotechnische Zeitschrift. 1896, Bd. 17, S. 637 (тоже Электричество—1897, p. 212), *Pflüger, Ed.* Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus; mit 5 Kupfertafeln. Berlin, Aug. Hirschwald. 8°. XV+502. *Poggendorf, I. C.* Annalen der Physik und Chemie, herausg. v. Poggendorf. 1864, Bd. 121, S. 308 a) *ibid.* 1854, Bd. 94, S. 289. b) *ibid.* 1855, Bd. 95, S. 136. *Réess.* Poggendorf's Annalen, 1840, Bd. 51, S. 351. *Ritter.* Annalen der Physik und Chemie, 1890, Bd. 40, S. 53. *Rosenthal.* a) Elektrizitätslehre für Mediciner. Berlin. 1869. 8°, p. 216. b) Archiv für Anatomie und Physiologie, herausg. v. du Bois Reymond, 1881, S. 62. *Rouveau, Alf.* Archives d'électricité médicale, expérimentale et chimique; par Bergonié, 1895, 3-e année, № 25, p. 1. de la *Rue, Warenes* and *Hugo Müller.* a) Nature, a weekly journal of science. 1878, vol. XVIII. London, p. 525. b) *ibid.* 1879, vol. XX, p. 174. c) *ibid.* 1884, vol. XXIX, p. 325. *Schiff, Maurice.* Recueil de mémoires physiologiques. Vol. I, Lausanne, 1894, p. 568. *Sinstdeden.* a) Poggendorf's Annalen, 1846, Bd. 69, S. 353. b) *ibid.* 1852, Bd. 85, S. 465. *Tarkhanoff, de J.* Comptes-rendus de la Société de Biologie. 1897, t. IV, p. 740. *Tesla, N.* a) Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz, zusammengestellt von de Fodor, E. Wien-Pest-Leipzig. 1894. b) Untersuchungen über Mehrphasenströme und über Wechselströme hoher Spannung und Frequenz; zusammengestellt von Thomas Cammerford Martin, deutsch v. K. Maser. Halle a. S. Knopp. 1895. *Thomson, J. J.* Voir Martin T. Cammerford—p. 404 et Electrical Engineer. 1891, Juni 24. *Tiegel E.* a) Archiv für die gesammte Physiologie, herausg. v. Pflüger, Jahg. 12, 1876, S. 141. b) *ibid.* Jahrg. 14, 1877, S. 330. *Volta, Alessandro, Conte.* Collezione dell'opere; tomo II, parte 1. Firenze, Piatti. 1810. *Wüllner, A.* Lehrbuch der Experimental Physik. 5 Aufl. Bd. III. Leipzig, 1897. *Zahn, W.* Archiv für die gesammte Physiologie, herausg. v. Pflüger. Jahrg. I, 1868, S. 255.

B i b l i o g r a p h i e :

1. Analyses.

Serkovsky, M. Essai d'une nouvelle classification des microbes. Structure des colonies microbiennes. (Archives russes de pathologie, de médecine et de bacteriologie, redigés par le prof. Podvissotsky, 1898, t. VI).

Toutes les classifications microbiennes reconnues actuellement sont fondées sur les caractères morphologiques des microbes. La plupart de ces caractères ne présentant pas dans ces êtres inférieurs de grande stabilité, l'auteur fait remarquer, qu'on ne peut se baser sur ces mêmes caractères pour établir un système. C'est pourquoi il offre une classification particulière des microbes,