rience, ainsi que cela aurait lieu par le frottement ou par la pression. On admet que le phénomène est ici tout simplement dû à la tension électrique, dont la chaleur n'est que la cause occasionnelle. On l'observe dans un très-grand nombre de minéraux. La seconde *pyroélectricité* est beaucoup plus rare et reçoit ordinairement le nom de *pyroélectricité* polaire. Elle ne se montre que dans les substances cristallisées et seulement dans celles qui présentent, ainsi que M. Delafosse l'a observé le premier, une hémiédrie polaire dans leur structure comme dans leur forme. On comprend dès lors qu'elle doit être peu commune. Elle consiste en ce que certains cristaux, chauffés ou refroidis uniformément, manifestent, tant que leur température est croissante ou décroissante, les deux *électricités* à la fois, mais sur des points séparés, situés ordinairement aux extrémités d'un même axe et auxquels on peut donner le nom de pôles électriques. La *pyroélectricité* polaire a été observée d'abord dans les aiguilles de tourmaline et les prismes de topaze. Haüy l'a reconnue ensuite dans plusieurs autres substances, telles que la boracite, la calamine et la prehnite. Cet illustre cristallographe l'a étudiée avec beaucoup de soin, et il a découvert une circonstance importante du fait dont il s'agit, savoir : l'existence d'une corrélation entre la différence de nature des pôles électriques et la différence des formes des parties où ils résident. Un physicien contemporain, M. Becquerel, a aussi soumis la *pyroélectricité* polaire à une étude attentive. Dans les cristaux de tourmaline, comme dans ceux de boracite, il existe toujours une différence de configuration dans les sommets où résident les pôles de noms contraires, bien que ces sommets correspondent à des parties qui, dans la forme fondamentale, sont géométriquement égales. Nous allons justifier cette assertion. Les cristaux de tourmaline appartiennent au système rhomboédrique, et ont, par conséquent, un axe principal de symétrie. Chauffés ou refroidis, ils acquièrent des pôles, au nombre de deux seulement, qui sont situés aux extrémités de l'axe de cristallisation. Cet axe devient donc aussi un axe électrique, et les sommets correspondants diffèrent en général par leur forme, l'un d'eux présentant toujours un plus grand nombre de facettes que l'autre. Dans les cristaux de boracite, dont la forme ordinaire est le cube, on observe toujours huit pôles et quatre axes électriques, qui se confondent avec les diagonales du cube. Ces pôles ne sont identiques que quatre à quatre, de manière que deux pôles contraires sont toujours diamétralement opposés, et l'on observe encore ici que deux sommets occupés par des pôles de noms contraires ne présentent pas la même configuration. Haüy, qui, pour expliquer ces phénomènes d'apparence bizarre, ne pensait pas à admettre une hémiédrie fondée sur des différences de structure moléculaire, considérait les cristaux de tourmaline et de boracite comme dérogeant à la loi générale de symétrie, et cherchait à expliquer cette anomalie par les propriétés électriques. Il supposait que les forces de la cristallisation avaient agi comme à l'ordinaire pour produire les mêmes modifications aux extrémités d'un même axe, mais que cette tendance s'était trouvée contre-balancée par l'action de forces étrangères, qui étaient venues ajouter accidentellement leurs effets à ceux des premières; et ces forces perturbatrices lui paraissaient devoir être celles qui, sous l'influence de la chaleur, produisaient le développement de l'*électricité* polaire. Dès lors, la dérogation à la loi de symétrie n'était plus qu'apparente, et il en était de cette loi comme de celle de l'équilibre appliquée à une aiguille de boussole dont les deux bras seraient parfaitement égaux en poids, et qui cependant ne pourrait se maintenir horizontalement si l'on venait à la soumettre à l'aimantation. Frappé de la concomitance de ces deux faits, l'*électricité* polaire et la dissymétrie, il crut pouvoir les expliquer l'une par l'autre, et par là il ne cherchait réellement qu'à vaincre la difficulté. Mais, comme le remarque M. Delafosse, que nous ne saurions trop citer relativement à cet important sujet, qu'il a véritablement éclairé d'une lumière toute nouvelle, Haüy ne s'est pas aperçu que, d'après sa manière de voir, l'*électricité* polaire restait inexpliquée. Il la rendait même tout à fait inexplicable, car, dans ses idées, tout était parfaitement semblable sous le rapport de la structure aux extrémités des axes électriques. Dès lors, comment concevoir, dans les parties que l'on suppose identiques, une opposition d'effets comme celle qu'y fait naître le mouvement de la chaleur? Elle ne peut évidemment s'expliquer qu'en admettant qu'il y ait, vers les deux sommets, une différence physique consistant, sinon en un changement de nature des molécules, au moins en une relation différente des molécules extrêmes avec les parties de l'espace qu'elles regardent. Or si, au genre de structure adopté par Haüy pour chacune des substances pyroélectriques, on substitue le genre de structure proposé avec tant de raison par M. Delafosse, on reconnaît qu'il existe bien réellement, dans les cubes de boracite comme dans les prismes de tourmaline, une différence physique entre les pôles de noms contraires. En effet, les cristaux de boracite, considérés en eux-mêmes et indépendamment de la *pyroélectricité*, se modifient exactement comme le font les cubes du système tétraédrique; ils appartiennent donc à ce système, et l'on peut, suivant M. Delafosse, les considérer comme formés d'éléments tétraédriques tellement disposés que toutes les files de molécules sont hétéropolaires, et que, dans un des sommets, les molécules se présentent à l'extérieur par leurs pointes, et dans le sommet opposé par leurs bases. Il y a donc une différence physique entre les sommets, et l'on peut s'appuyer sur elle pour expliquer d'abord l'hémiédrie et ensuite l'*électricité* polaire. « En effet, dit M. Delafosse dans un beau travail inséré dans le recueil des *Mémoires des savants étrangers*, cette différence physique une fois admise, les prétendues anomalies de forme disparaissent; l'hémiédrie polaire en dérive tout naturellement : elle n'est qu'une application particulière de la loi générale à certains cristaux dans lesquels la symétrie réelle, basée sur l'identité absolue, diffère de la symétrie apparente, qui se rapporte purement à la forme extérieure. De plus, l'*électricité* polaire, ce phénomène sur la cause duquel Haüy et les physiciens se sont tus jusqu'à présent, est facile à concevoir. On aperçoit clairement la raison physique de cette singulière propriété, quand on songe aux résistances diverses que doivent offrir aux mouvements des fluides qui produisent la chaleur et l'*électricité* de pareilles files de molécules, selon que le fluide parcourt le milieu dans un sens ou dans le sens contraire. On n'est plus surpris de rencontrer des propriétés physiques différentes dans des parties de formes semblables à la vérité, mais où les molécules se présentent dans des situations diverses et opposées. Si l'on réfléchit à cette théorie, on voit que, d'après elle, l'*électricité* polaire et l'hémiédrie de même nom n'ont pas entre elles la relation de cause à effet que Haüy leur supposait; ces phénomènes sont les conséquences d'un même fait primordial, qui a échappé à l'illustre cristallographe, l'existence d'une forme et d'une structure telles qu'il en résulte, dans le cristal, des files de molécules à extrémités dissemblables.

Avant de faire connaître les principaux résultats obtenus par les physiciens qui se sont le plus occupés des cristaux pyroélectriques, il convient de faire remarquer que si l'hémiédrie moléculaire semble être une condition indispensable de la production des phénomènes pyroélectriques, elle ne paraît pas suffire pour la déterminer, et qu'il faut ici, comme dans d'autres cas où se manifestent les propriétés électriques, ajouter comme condition nouvelle que le minéral soit une substance isolante. Ainsi, la polarité électrique ne se manifeste pas, du moins jusqu'à présent, dans les cristaux de cuivre gris et de pharmacosidérite, corps assez bons conducteurs.

M. Becquerel a étudié la *pyroélectricité* polaire chez un certain nombre de corps, au premier rang desquels se place la tourmaline. Il a fait ses expériences à l'aide d'un appareil particulier, consistant en un manchon de verre qui repose sur une plaque de cuivre chauffée au moyen d'une lampe à alcool. Un fil de cocon, fixé à une potence de laiton et portant une chape de papier, descend dans le manchon, qui contient en outre deux tiges verticales de métal, correspondant aux pôles de noms contraires de deux piles sèches, dont les intensités peuvent être considérées comme constantes pendant la durée d'une expérience. On met la tourmaline dans la chape de papier et l'on allume la lampe pour chauffer la plaque et l'air intérieur du manchon, dont on connaît la température au moyen d'un thermomètre convenablement placé. A mesure que l'intérieur du manchon s'échauffe, la température de la tourmaline s'élève, et, aussitôt que celle-ci devient électrique, elle se place entre les deux tiges, les deux pôles inverses en regard, et, si on la dérange de cette position, elle y revient en exécutant une suite d'oscillations, dont le nombre, dans un temps donné, sert à déterminer l'intensité de l'*électricité*. Voici les résultats obtenus avec une tourmaline brune, légèrement translucide, de $0^{m},03$ de longueur et de $0^{m},003$ de diamètre : à 50°, la polarité électrique a commencé à être sensible et le cristal s'est placé entre les deux tiges; elle a continué jusqu'à 150° et même au delà; on a éteint la lampe; la température est montée encore pendant quelques instants, à cause de la chaleur acquise par la plaque métallique; mais ensuite elle est devenue stationnaire : la polarité a disparu alors et a reparu en sens inverse dès que la température a commencé à baisser. Il résulte des études entreprises sur les tourmalines que ce minéral n'est électrique que pendant que sa température varie; quelle que soit cette température, tant qu'elle reste stationnaire, il n'y a aucun signe d'*électricité*. Quand une tourmaline s'échauffe également dans toute sa longueur, elle prend l'*électricité* polaire, c'est-à-dire qu'une de ses moitiés est électrisée positivement et l'autre négativement. Au moyen d'un petit plan d'épreuve, on peut s'assurer que la charge va en diminuant des extrémités au milieu, où se trouve un espace neutre. Pendant le refroidissement, l'état électrique est inverse. Le changement de pôles se fait pendant l'instant où la température reste stationnaire, avant de décroître. Ces faits, que nous avons déjà signalés, ont été découverts par Canton et étudiés par Bergmann. La tourmaline présente ordinairement la forme d'un prisme à six pans, terminé à une extrémité par trois facettes obliques et à l'autre par six. Haüy a remarqué que c'est à la première extrémité que se trouve le fluide positif pendant que l'on chauffe. M. Riess et les physiciens allemands nomment pôle homologue l'extrémité de la tourmaline qui prend le fluide représenté par le même signe que la variation de température, c'est-à-dire qui prend le fluide positif pendant que la température augmente et le fluide négatif pendant qu'elle diminue. Ainsi le pôle à trois faces de la tourmaline est le pôle homologue; l'autre pôle se nomme pôle antilogue; il prend l'*électricité* représentée par le signe contraire à celui qui indique le sens de la variation de température. Quand la moitié seulement du prisme s'échauffe ou se refroidit, cette moitié seule présente l'*électricité* qui lui correspond; l'autre reste à l'état neutre. Il est probable que, dans ce cas, le fluide contraire à celui que l'on observe s'est porté dans les couches intérieures du cristal, où la température est différente de celle qui existe à l'extérieur. Si l'une des moitiés est chauffée pendant que l'autre est refroidie, les deux extrémités présentent la même espèce d'*électricité*. Ce résultat, constaté par Bergmann, découle de ceux qui précèdent. Il y a de grandes différences entre les tourmalines relativement aux propriétés électriques. On en trouve qui ne peuvent devenir électriques par la chaleur et d'autres qui ne le sont que lorsque le changement de température est très-rapide. Enfin, les propriétés pyroélectriques disparaissent à 150°. M. Gaugain a trouvé récemment l'explication de la limite supérieure : à 150°, la tourmaline est un très-bon conducteur de l'*électricité*; si donc les *électricités* s'y séparent, elles se recombinent aussitôt. C'est quelque chose d'analogue à ce qui se passe, sans doute, dans le cuivre gris et dans la pharmacosidérite que nous avions tout à l'heure l'occasion de citer. Canton a découvert que si l'on brise transversalement une tourmaline en voie de refroidissement, chaque fragment présente deux pôles opposés, comme lorsqu'on brise un aimant. Les plus petites parcelles possèdent la faculté de s'électriser par la chaleur. Brewster, ayant pulvérisé une tourmaline, vit les parcelles adhérer à une lame de verre chauffée et se grouper en obéissant à leurs attractions mutuelles, lorsqu'on imprimait de petites secousses à la lame.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que, dans les cristaux pyroélectriques, les pôles étaient toujours placés à l'extérieur, aux deux extrémités d'un même axe; c'est, en effet, le seul cas de *pyroélectricité* qui ait été admis pendant longtemps et celui auquel se rapportent toutes les lois et toutes les observations qui précèdent. Mais on doit à MM. Riess et Gustave Rose la connaissance d'un cas de *pyroélectricité* tout différent, qu'ils ont reconnu dans les cristaux de topaze et de prehnite. Ces cristaux sont des prismes droits, à base rhombe. Là, les pôles électriques ne sont pas tous situés à la périphérie; les uns sont extérieurs, les autres centraux. Si, dans la topaze, qui se clive facilement parallèlement à la base, on observe l'état électrique du rhombe terminal, on trouve que les angles aigus de ce rhombe sont dans l'état naturel, tandis que les angles obtus sont électrisés de la même manière, occupés par conséquent par des pôles de mêmes noms, qui, dans les deux substances, sont des pôles antilogues. Les pôles opposés à ceux-ci se trouvent au centre du rhombe, dans l'axe du cristal. Il y a donc, dans ce cas, deux axes électriques coïncidant chacun avec une moitié de la petite diagonale, et dirigés en sens inverse, de manière que leurs pôles analogues se confondent à l'intérieur. Entre chaque pôle extérieur et le pôle intérieur opposé se trouve un point neutre ou indifférent. Ces centres d'action intermédiaires rappellent les points conséquents qu'on observe quelquefois dans les barreaux aimantés. Ce que nous venons de dire de la base supérieure du cristal serait vrai de la base inférieure, comme aussi de toute section faite entre ces deux bases; en sorte que, dans ces cristaux, ce ne sont plus des pôles isolés, mais des lignes ou séries linéaires de pôles, qui résultent de l'action de la chaleur, et les deux arêtes longitudinales obtuses sont électrisées de la même manière en tous les points, tandis que l'axe central et vertical présente, dans toute sa longueur, une *électricité* contraire à celle des arêtes.

D'après les faits qui précèdent, il y a lieu maintenant de distinguer deux cas différents de *pyroélectricité* polaire : celui des cristaux à pôles tous extérieurs ou extra-polaires, seul cas qui soit en relation nécessaire avec l'hémiédrie polaire ou tétraédrique, et le cas des cristaux à pôles en partie extérieurs et en partie centraux (cristaux centra-polaires), qui dépend sans doute d'une modification particulière de la structure interne, mais ne s'annonce pas, comme le précédent, par des caractères tirés de la configuration extérieure.

La *pyroélectricité* polaire est, comme on vient de le voir, une propriété qui ne se montre que dans un nombre très-restreint de substances cristallisées. Il est une autre propriété électrique beaucoup plus générale, qu'on peut aussi étudier dans les cristaux, et qui témoigne encore de l'influence qu'exercent la forme et la structure moléculaire sur tous les caractères physiques : c'est la conductibilité électrique superficielle, c'est-à-dire le pouvoir conducteur, inégal suivant la direction rapportée aux axes cristallographiques, que possèdent les surfaces des cristaux. M. Wiedemann, qui, en 1849, a mis ce sujet à l'étude, s'est servi d'un procédé très-simple d'expérimentation. On saupoudre une plaque de verre ou de résine d'une poussière très-peu conductrice, telle que celle du lycopode, le minium, etc.; on fixe normalement à une plaque, au moyen d'un support convenable, une aiguille à coudre, la pointe en bas; on électrise cette aiguille en la touchant avec le bouton d'une bouteille de Leyde électrisée positivement. La poudre s'écarte uniformément de la pointe électrisée dans tous les sens; il en résulte une surface nue circulaire, traversée par des rayons. En substituant à la lame de verre la face d'un cristal, une lame de gypse, par exemple, la poussière ne s'écarte plus uniformément dans tous les sens de la pointe; elle s'éloigne surtout dans deux directions diamétralement opposées et moins dans les directions normales à celle-ci. L'aire découverte est à peu près elliptique, et le rapport du grand axe au petit est comme 2 ou 3 est à 1. Cette expérience prouve que, sur le gypse, l'*électricité* se meut plus facilement dans un sens perpendiculaire à l'axe principal que dans toute autre direction. Si l'on opère sur l'*électricité* négative, les figures sont très-petites et mal définies. En soumettant à l'expérience un certain nombre de cristaux, on a reconnu qu'avec la strontiane sulfatée, sur une lame parallèle au clivage, le grand diamètre de la figure électrique se confond avec la petite diagonale du parallélogramme formé par les deux clivages inclinés l'un sur l'autre de 78 degrés. La baryte sulfatée se comporte de même; sur les faces d'un prisme d'arragonite, la figure électrique est allongée dans le sens de l'axe principal. Avec le quartz, l'expérience ne réussit que sur des faces parfaitement unies; la figure produite est nettement allongée normalement à l'axe principal, etc. Enfin, l'*électricité* se répand plus facilement parallèlement à l'axe principal sur l'arragonite, l'apatite, le spath calcaire et la tourmaline; au contraire, elle se propage avec plus de facilité normalement à cet axe sur l'acétate de chaux ou de cuivre, la strontiane sulfatée, la baryte sulfatée, le gypse, le feldspath et le lépidote.

Dans l'année même où M. Wiedemann publiait les résultats que nous venons de rapporter, M. de Senarmont s'occupait d'expériences relatives au même sujet. La méthode employée par le savant français est très-simple : on colle une feuille d'étain percée d'un trou circulaire sur la surface plane d'un corps mauvais conducteur, de manière à la recouvrir entièrement. On place, normalement au centre de l'ouverture circulaire de l'armature et sur la surface même du corps, une pointe métallique isolée, mise en communication avec une source d'*électricité*. Quand celle-ci fonctionne, l'*électricité* ne peut s'écouler qu'en se dirigeant vers la circonférence, sur une surface non conductrice. En supposant cette surface parfaitement homogène, il n'y a pas de raison pour que l'*électricité* se porte sur tel ou tel point de la circonférence; mais il n'en est pas ainsi : par suite d'arrangements moléculaires, les diverses parties superficielles ne possèdent pas la même conductibilité. Dans le principe, on provoquait une explosion entre la pointe centrale et la circonférence métallique, à l'aide d'une petite batterie. La décharge laissait sur le cristal une trace persistante de son passage; cette trace, sur quelques cristaux tels que le gypse, était à peu près normale au clivage sec et vitreux. Ce mode, dans certaines circonstances, donnant des effets qui disparaissent dans les anomalies accidentelles, on opère dans l'air raréfié, sous le récipient de la machine pneumatique. A la vérité, le passage de l'*électricité* sur la surface du cristal ne laisse pas de traces permanentes, mais il se produit dans l'obscurité une lueur qui permet de suivre toutes les particularités du phénomène. Voici ce que l'on observe : avec des cristaux du système régulier, l'*électricité* s'échappe uniformément de la pointe centrale de manière à couvrir la surface du cercle d'une lueur uniforme. L'effet paraît être le même avec des cristaux prismatiques à base carrée et rhomboédrique, mais seulement quand la face d'expérimentation est perpendiculaire à l'axe de symétrie. Avec des cristaux de tout autre système, la lueur se montre suivant deux directions opposées et forme un diamètre lumineux qui se meut dans un azimut fixe ou s'épanouit un peu en éventail et se balance par quelques oscillations légères à droite et à gauche de sa véritable direction. Si le récipient de la machine pneumatique renferme une certaine quantité d'air, on voit de petites étincelles brillantes se mêler à la lueur violacée permanente. Les deux *électricités* n'agissent pas de la même manière. Lorsque la pointe centrale est positive, il se produit des effets bien nets; ces effets sont, au contraire, complètement indéterminés si la pointe est rendue négative. L'*électricité* négative s'est toujours comportée, dans les expériences de M. de Senarmont, à l'égard d'un cristal de nature quelconque, comme l'*électricité* positive sur les cristaux du sys-

tème cubique. Tous les cristaux ne sont pas également propres à produire ces phénomènes, même avec de l'*électricité* positive; il existe, entre les effets, des différences qui sont très-grandes et qu'il faut rapporter soit à l'énergie très-diverse avec laquelle agit la force directrice, soit à l'imperfection de la méthode employée, qui ne permet pas d'observer de légères inégalités. On conçoit que l'état de la surface doit intervenir dans les effets produits : si la surface est unie, comme cela arrive lorsque le clivage est net, l'orientation est régulière; mais elle cesse de l'être, si cette face est rugueuse, striée, rayée, dépolie ou polie artificiellement. Les stries ou aspérités naturelles ne paraissent avoir une influence bien sensible que lorsqu'elles sont très-prononcées. Il est donc nécessaire d'opérer, si l'on veut avoir des résultats comparables, sur des faces naturelles ou nouvellement clivées. M. de Senarmont, qui a soumis à l'expérience un grand nombre de cristaux appartenant à tous les systèmes cristallins, est arrivé aux conséquences suivantes : dans les cristaux du système régulier et dans les corps homogènes, la conductibilité superficielle est égale sur toutes les faces et dans tous les sens; avec des cristaux du système prismatique à base carrée, ou système quadratique, et des cristaux du système hexagonal, la conductibilité est égale en tous sens, sur les faces normales à l'axe de symétrie; sur les faces parallèles à cet axe, il existe une direction de conductibilité maxima, qui lui est parallèle ou perpendiculaire; sur les faces inclinées à cet axe, il existe une direction de conductibilité superficielle maxima, parallèle ou perpendiculaire à la trace de la section principale sur la face que l'on considère; enfin, à l'égard des autres systèmes, une face quelconque possède une direction fixe de conductibilité maxima. Si la face contient dans son plan un ou deux axes de symétrie, la direction de conductibilité maxima ne saurait être prévue. Les études sur la conductibilité superficielle des cristaux aboutissent à cette conséquence, que les corps meilleurs conducteurs de l'*électricité* dans le sens de leur axe principal sont optiquement négatifs, et que ceux qui jouissent de la propriété contraire, à l'exception du feldspath, sont optiquement positifs. Il semblerait résulter de là que l'*électricité* se propage dans les cristaux plus rapidement dans la direction suivant laquelle la propagation lumineuse est relativement la plus rapide; mais, quant à présent, on ne peut savoir à quoi s'en tenir sur ce sujet, car les expériences faites sur la conductibilité superficielle ne permettent d'en tirer aucune conséquence relative à la conductibilité propre de la substance qui constitue les cristaux. Les effets observés paraissent dépendre de la manière dont sont groupées les molécules sur la surface d'expérimentation, puisque le poli ou une altération quelconque la modifie. Par exemple, si les cristaux rudimentaires, lors de leur groupement, présentent leurs angles dans une certaine direction, il est presque certain que ces saillies, invisibles pour nous, faciliteront l'écoulement de l'*électricité* dans cette direction. Ce qui rend probable cette explication, c'est ce fait constaté par M. Becquerel, que le spath d'Islande dépoli cesse d'être électrique par pression, par cela même que sa surface acquiert une légère conductibilité. Il est digne de remarque que les effets de conductibilité superficielle ont de l'analogie avec les propriétés optiques et calorifiques des minéraux, dans ce sens que, dans tous ces phénomènes, on retrouve l'influence des axes de symétrie égaux et inégaux, ce qui prouve que ces phénomènes dépendent uniquement de l'arrangement moléculaire.

— Thérap. L'*électricité*, considérée comme agent thérapeutique, a pris depuis plusieurs années une très-grande importance. Déjà, dans les siècles derniers, les médecins avaient tenté l'emploi de ce moyen; mais les phénomènes physiques incomplétement connus n'avaient permis de construire que des appareils imparfaits, et, après un enthousiasme momentané, ces tentatives avortaient et retombaient dans l'oubli. C'est à notre siècle, et, pour mieux dire, c'est à notre temps que sont dues les seules études sérieuses de l'*électricité* médicale. Tout n'est pas encore fait, bien des lacunes se rencontrent encore à chaque pas; la méthode est cependant créée définitivement et ne peut plus succomber sous les attaques de ses détracteurs, non plus que par les exagérations de ses admirateurs trop passionnés. A ces titres divers, elle mérite donc de nous arrêter un moment.

Au point de vue médical, on distingue trois modes d'application du fluide électrique : 1° l'*électricité* statique ou *électricité* développée par le frottement; 2° le galvanisme ou *électricité* développée au moyen de la pile; 3° l'*électricité* d'induction ou faradisation, du nom qu'a proposé M. Duchenne de Boulogne en souvenir de Faraday. — L'*électricité* statique, la seule qui fût connue autrefois, est aujourd'hui généralement abandonnée. On l'employait sous forme de bain électro-positif ou électro-négatif, le malade étant alternativement mis en rapport avec les coussins de frottement ou avec le conducteur métallique. On traitait de la sorte les rhumatismes, les névralgies, les paralysies; les succès furent d'abord nombreux, une commission de l'Académie royale de médecine de Paris fut nommée pour constater les faits; puis tout à coup l'engouement tomba et la méthode fut abandonnée. — Le galvanisme, découvert en 1789 par Galvani, perfectionné et développé plus tard, en 1800, par le génie de Volta, ne donna pas plus de résultats que l'*électricité* statique au point de vue thérapeutique. C'est l'*électricité* par induction ou faradisation qui est seule employée aujourd'hui. Découverte par Œrsted en 1820, elle fit entre les mains d'Ampère et d'Arago des progrès immenses. En 1830, Faraday découvrit la véritable théorie des courants d'induction. Enfin, en 1836, Masson, en trouvant le moyen de produire, avec la pile, des courants d'induction interrompus, facilita notablement la construction d'appareils médicaux. La première idée qui se présente serait d'étudier d'abord les appareils électriques en eux-mêmes, d'étudier ensuite les effets physiologiques qu'ils produisent, pour arriver finalement à l'étude des cas dans lesquels on doit en faire usage; mais, en dehors de la difficulté qu'elles présentent, des descriptions de machines nous entraîneraient beaucoup trop loin. Nous nous contenterons donc de citer les principaux appareils, ceux qu'on emploie le plus communément et avec le plus d'avantage, et de dire en un mot d'après quels principes ils sont construits. Gaiffe, Breton, Legendre et Morin, Duchenne de Boulogne, Ruhmkorff sont les noms les plus justement connus parmi ceux des constructeurs de machines électriques. L'appareil de Ruhmkorff serait assurément le plus parfait, n'était son volume énorme, son prix très-élevé et même les difficultés qu'on éprouve à s'en servir tant qu'on n'en connaît pas à fond le mécanisme. Du reste, tous ces appareils reposent sur les mêmes principes : l'intermittence des courants et la production de deux courants au moyen de deux fils métalliques d'inégale longueur enroulés tous les deux autour d'un fer doux. Le courant qui se développe dans le fil le plus court est appelé courant de premier ordre; celui qui se produit dans le fil le plus long, le fil superposé, est appelé courant de second ordre. M. Duchenne insiste avec raison sur la nécessité de pouvoir produire avec tout appareil médical ces deux ordres de courants, qui, au point de vue physiologique et thérapeutique, ont des propriétés très-différentes. Le courant de premier ordre agit sur la contractilité musculaire, celui de deuxième ordre sur la sensibilité de la peau et de la rétine. Les intermittences lentes ou rapides produisent aussi des effets physiologiques très-différents et qui ne peuvent se suppléer; tout appareil devra donc pouvoir en fournir à volonté. Enfin la sensibilité des organes et des individus variant à l'infini, tout appareil devra être aussi puissant que possible, et en même temps muni d'un mode de gradation parfaitement exact.

— *Applications de l'électricité et des méthodes d'électrisation.* Pendant longtemps aucune règle précise ne fut donnée, et chacun, au gré du hasard ou de son caprice du moment, appliquait tel ou tel procédé : l'un vantait le bain électrique négatif ou positif, l'autre l'étincelle électrique ou le courant continu. On portait l'*électricité* tantôt sur la continuité des nerfs, tantôt sur leurs rameaux de terminaison. Au milieu de cette anarchie, nulle observation consciencieuse ne fut relevée, nul résultat sérieux ne fut obtenu. M. Duchenne de Boulogne est le premier qui ait travaillé à fond cette grave question. Après de nombreuses et laborieuses recherches, ce minutieux observateur est arrivé à créer une nouvelle méthode qu'il a désignée sous le nom *d'électrisation localisée* et qui l'a mis à même de faire les plus précieuses découvertes dans le champ de la thérapeutique, de la physiologie et de la pathologie. Nous ne donnerons ici qu'une très-rapide esquisse de ses travaux, renvoyant nos lecteurs à l'ouvrage de M. Duchenne, *De l'électricité localisée et de son application à la physiologie, à la pathologie et à la thérapeutique* (1855, 1 vol. in-8°).

La méthode d'électrisation localisée a pour but d'agir sur l'organe malade sans atteindre les organes voisins, et sans exposer surtout le système nerveux tout entier à des excitations, sinon dangereuses, au moins très-inutiles. S'il s'agit d'exciter un muscle, il faut arriver jusqu'à ce muscle sans troubler les muscles voisins, sans intéresser la peau que le courant traverse; et réciproquement, si la peau seule est en question, il faudra concentrer le fluide sur cette membrane et ne pas aller au delà. Tels sont les principes théoriques; passons maintenant à l'application pratique.

1° *Electrisation cutanée.* La faradisation cutanée se fait de trois manières : avec la main, avec des incitateurs métalliques pleins ou avec des fils métalliques. Avec la main, l'opérateur applique sur un point de la peau peu excitable un des conducteurs terminé par une éponge humide : il tient dans une de ses mains l'autre pôle, et de sa main restée libre il fait des frictions sur les parties qu'il veut exciter. Le procédé n'est applicable que sur la face : il n'est pas assez puissant pour les autres régions. La faradisation par les excitateurs pleins s'exécute en promenant plus ou moins rapidement sur la peau des excitateurs de forme cylindrique, olivaire ou conique. Si l'on a besoin de produire sur un point déterminé une vive révulsion, on laisse en place pendant un moment la pointe de l'olive : c'est ce qu'on appelle le *clou électrique*. Le mode d'électrisation porte surtout sur la peau, même avec un courant peu intense; mais il n'est pas assez puissant pour les endroits où la peau est très-épaisse, tels que la paume de la main et la plante des pieds, bien moins encore quand il s'agit d'arriver jusqu'aux muscles. Dans la faradisation par les fils métalliques, ceux-ci sont employés sous forme de vergettes ou de balais, enfoncés dans des cylindres qui se hissent sur des manches isolants. On promène ces balais sur la surface cutanée, ou, s'il y a indication précise, on les maintient sur un même point aussi longtemps que le malade peut le supporter. C'est ce qu'on appelle le *moxa électrique*, moyen très-énergique et qu'on dit avoir été appliqué avec succès dans les cas de tumeurs blanches et d'engorgements ganglionnaires. Les fils métalliques ainsi disposés augmentent considérablement la force des courants électriques et conviennent dans les cas d'anesthésie profonde, surtout aux mains et aux pieds. Quel que soit du reste le mode d'électrisation que l'on emploie, il n'est pas d'agent thérapeutique dont l'action puisse être comparée à celle de la faradisation. Elle seule peut exciter la sensibilité de la peau, soit en procédant rapidement du simple chatouillement à la douleur intense, soit en passant graduellement par tous ces degrés intermédiaires; elle seule peut produire à la peau une excitation que le feu égale à peine, sans désorganiser les tissus, sans même soulever l'épiderme, quelque prolongée que soit l'opération. La sensation qu'elle éveille cesse brusquement et presque toujours complétement, dès que l'excitateur n'est plus en contact avec la peau; enfin l'instantanéité de son action permet de porter rapidement la stimulation électrique sur tous les points de la surface du corps.

2° *Electrisation musculaire localisée.* Des trois espèces *d'électricité*, la faradisation est encore la seule qui convienne à l'électrisation musculaire, parce que c'est la seule qui puisse être bien localisée sur un muscle en particulier. En outre, elle agit sur la contractilité musculaire sans produire cependant les commotions de *l'électricité* statique. On distingue deux modes de faradisation : la faradisation musculaire indirecte, et la faradisation musculaire directe. Pour pratiquer l'une ou l'autre, la peau devra préalablement être humide, ou bien il faut employer des conducteurs humides, tels que des éponges mouillées que l'on place dans des cylindres. Ces conditions remplies, on place les excitateurs sur le trajet des muscles ou des nerfs qui les animent. Si le nerf à atteindre se trouve dans un enfoncement étroit et resserré, ou si le muscle ne présente qu'une surface très étroite, au lieu d'éponge on se sert d'un excitateur métallique plus ou moins mince et pointu, que l'on garnira d'un morceau de peau mouillée. La faradisation musculaire indirecte a pour but de produire des mouvements d'ensemble de tout un membre ou de toute une région; elle s'adresse donc à de gros troncs nerveux ou à des plexus dont il faut savoir très-exactement la situation et le trajet. La faradisation musculaire directe s'adresse aux muscles en particulier ou même à des portions de muscle. Les connaissances anatomiques doivent donc ici être beaucoup plus précises, et l'on comprend qu'il faille une longue habitude pour pouvoir agir avec sûreté et précision. La difficulté s'augmente d'ailleurs de l'inégalité qu'il y a entre tous les muscles. Chaque muscle, chaque filet nerveux a sa sensibilité propre à la douleur et à l'*électricité*. M. Duchenne affirme que si l'on arrive à donner à chaque muscle la dose qui lui convient, on produit une contraction énergique et presque sans douleur. Outre la disposition anatomique des parties, les degrés différents de sensibilité des muscles devront donc être pour le médecin l'objet de sérieuses études, et pour électriser avec fruit et sans danger il faudra sans cesse, pendant l'opération, modifier la graduation de l'appareil et les intermittences des courants suivant la région. De tous les muscles, les plus sensibles à l'excitation électrique sont les muscles de la face.

3° *Faradisation des organes internes et des organes des sens.* Les organes internes, le rectum, la vessie, l'utérus, peuvent être atteints par la faradisation. Pour agir sur le rectum et les muscles de l'anus, on introduit dans cet organe un excitateur olivaire et l'on promène l'autre extérieurement aux environs de l'anus. Pour agir sur la vessie il y a deux procédés. On place dans le rectum le premier excitateur, comme dans le cas précédent, puis on conduit dans la vessie, préablement vidée d'urine, une sonde métallique entourée complétement, sauf à ses deux extrémités, d'une sonde extérieure de caoutchouc. On met cette sonde en rapport avec un des pôles de la pile. Au lieu de placer le premier excitateur dans le rectum, on pourrait encore le promener sur la région hypogastrique. Le second procédé consiste à introduire dans la vessie un excitateur double composé de deux tiges métalliques isolées dans l'intérieur d'une sonde en caoutchouc à double courant : l'action est plus directe et plus énergique. Une fois dans la vessie, les excitateurs métalliques glissent par un mécanisme simple sur la sonde en caoutchouc, leurs extrémités s'écartent et vont de la sorte exciter les parois de la cavité. — Pour faradiser le col de l'utérus et même l'utérus, dans certains cas d'aménorrhée rebelle, on fait usage d'un excitateur double, analogue, au moins comme principe, à celui de la vessie. — Du reste, le rectum, la vessie et l'utérus sont on ne peut moins sensibles aux courants les plus intenses. Le pharynx, le larynx, l'œsophage peuvent aussi être électrisés au moyen d'instruments qui se rapprochent plus ou moins de la sonde œsophagienne. L'excitateur est porté soit dans le pharynx, soit dans l'œsophage, soit sur les cordes vocales, et l'autre pôle est appliqué humide, soit sur la partie postérieure du cou, soit à la région antérieure, s'il s'agit du larynx. Comme pour la vessie, l'excitateur doit être enveloppé avec soin d'une sonde isolante en caoutchouc. Le foie, l'estomac, les poumons, le cœur peuvent être électrisés par le moyen des nerfs pneumo-gastriques : inutile de dire avec quelle prudence on doit agir. L'excitation du diaphragme par l'intermédiaire du nerf phrénique est un des faits les plus intéressants. M. Duchenne a fait voir que dans le cas d'asphyxie, si les muscles intercostaux résistaient à l'emploi de puissants courants extérieurs, on ne devrait pas hésiter à agir sur les nerfs phréniques. Quant aux autres organes contenus dans la cavité abdominale, ils ne peuvent être atteints que très-indirectement. On a tenté d'agir sur les intestins en plaçant un premier conducteur dans la bouche et un second dans le rectum. Mais ce moyen, très-douloureux, a échoué. Un procédé qui est préférable consiste à porter le second excitateur humide sur les parois abdominales. De la sorte on est arrivé, dit-on, à vaincre des constipations très-opiniâtres et même à faire disparaître l'étranglement interne. Quant aux organes des sens, ils sont tous plus ou moins sensibles à la faradisation. Pour la vue, c'est un courant de deuxième ordre qu'il faut employer : on place les excitateurs humides sur le trajet des rameaux de la cinquième paire, et surtout sur la paupière, près de la ligne médiane; pour l'ouïe, on place un des pôles à la nuque et l'autre dans le conduit auditif préalablement rempli d'eau tiède. Un moyen plus direct est d'introduire à l'entrée de la trompe d'Eustache une sonde préalablement entourée d'une sonde de caoutchouc, puis de mettre le second pôle en contact avec cette sonde. Pour le goût, l'odorat, le toucher, un des pôles est placé sur un point fixe, puis l'autre, armé de fils métalliques, est promené sur la langue, dans l'intérieur des fosses nasales ou à la surface de la peau. Pour ce dernier sens, du reste, nous ne pouvons que renvoyer à ce que nous avons dit de l'électrisation cutanée. Pour les autres, la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, nous redirons avec M. Duchenne que l'électrisation doit être faite avec beaucoup de circonspection, car elle retentit vivement sur le cerveau. Elle est en conséquence contre-indiquée dans les cas où l'on doit éviter toute excitation cérébrale. On devra mettre l'appareil au minimum, élever graduellement les doses et ne jamais produire de douleurs. Il sera prudent aussi d'opérer avec un courant à rares intermittences.

— *Faradisation des organes génitaux.* Les organes génitaux de l'homme peuvent aussi dans certains cas être soumis aux excitations électriques. On introduit un des pôles dans le rectum, au niveau des vésicules séminales, et l'autre dans la vessie, ou bien sur un point du périnée, et on établit le courant. On peut aussi employer la fustigation avec les fils disposés en balai. A ces divers moyens d'après lesquels on applique la faradisation on a ajouté dans ces dernières années le bain hydro-électrique, dont l'action générale sur tout l'ensemble du système nerveux doit ici être étudiée. La première condition est de faire usage d'une baignoire isolante, c'est-à-dire d'une baignoire de bois, de caoutchouc, de gutta-percha ou de terre émaillée. Le liquide sera de l'eau simple ou de l'eau acidulée. Le degré de densité du liquide rend l'action des courants plus ou moins énergique. Le maximum d'activité se produit quand l'eau est tout à fait pure, et de la sorte on peut établir une espèce de graduation. Le malade étant placé dans la baignoire, on fait plonger dans le liquide les extrémités des deux réophores, de telle sorte qu'ils ne soient sur aucun point en contact avec aucune partie du corps. Des contractions se produisent aussitôt dans tous les muscles, plus particulièrement dans telle ou telle région, suivant la place qu'on donne aux réophores. Des expériences encore peu nombreuses qui ont été faites de ce mode de traitement, il résulte qu'au bout de dix à quinze minutes les malades sortent du bain sans éprouver de fatigue; que certains cas, qui étaient rebelles à l'électrisation localisée, sont améliorés par les bains électriques; enfin, suivant quelques auteurs, on aurait pu extraire du corps de plusieurs individus les substances métalliques absorbées soit comme médicaments, soit à l'état de vapeurs ou de poussières, dans des ateliers mal aérés. Pour arriver à ce dernier résultat, le sujet tenait dans une main l'un des fils; l'autre fil était en contact avec la baignoire, sur les parois de laquelle les métaux venaient se déposer.

En présence de tous ces phénomènes, de la relation qui existe entre *l'électricité* et l'organisation animale, une question devait se présenter à l'esprit des philosophes et des physiologistes : *Cet agent, si mystérieux dans sa nature et ses propriétés, qu'on appelle l'*ÉLECTRICITÉ*, n'est-il pas identique à l'influx nerveux?* Plusieurs physiologistes n'ont pas hésité à adopter cette manière de voir. S'appuyant