

CHAPITRE III.

APPLICATIONS PHYSIOLOGIQUES, SOIT THÉRAPEUTIQUES.

§ I. Coup d'œil général sur l'application de l'électricité à l'art de guérir, et description des appareils employés.

L'effet que produit sur tout corps organisé, et en particulier sur le corps humain, une décharge électrique, fut, parmi les phénomènes qui sont dus à l'électricité, un de ceux qui attirèrent le plus vite l'attention des savants immédiatement après la découverte de la machine électrique et de la bouteille de Leyde. Ainsi, dès l'année 1748, Jallabert à Genève eut l'idée de soumettre quelques malades à un traitement électrique en tirant des étincelles des différentes parties de leur corps, qu'il approchait du conducteur d'une machine électrique. Il crut reconnaître que l'électrisation activait la circulation du sang, qu'elle était capable de réveiller la sensation endormie et de rappeler au mouvement un organe paralysé, et qu'elle déterminait des mouvements convulsifs involontaires. Il réussit, sinon à guérir, du moins à améliorer considérablement l'état d'un homme qui avait le bras droit paralysé, surtout du sentiment, et dont la main et l'avant-bras étaient atrophiés, en l'électrisant soit par étincelles, soit aussi par de fortes commotions. Plus tard, l'abbé Sans et Sigaud de la Fond obtinrent un assez grand nombre de cas de guérisons de paralysies plus ou moins complètes. En 1781, Mauduyt publia plusieurs observations, desquelles il concluait que l'application de l'électricité était favorable dans les paralysies et dans tous les cas où il convient de fluidifier les liquides et de donner du ton aux solides. Il

appliquait en général l'électricité sous forme de bain électrique, c'est-à-dire en plaçant le patient sur un tabouret isolant et en le mettant en communication avec le conducteur d'une machine électrique. L'effet, s'il y en avait réellement un, ne pouvait provenir que de l'écoulement de l'électricité dans l'air. Aussi a-t-on dès lors, dans ce mode de traitement, tiré des étincelles des différentes parties du corps de celui qu'on veut électriser en en approchant des conducteurs métalliques non isolés, ou simplement la main de l'opérateur, ou encore des brosses formées de nombreux fils métalliques, pour faire sortir l'électricité de plus de points à la fois. C'est surtout pour guérir les paralysies qu'on appliquait ce mode d'électrisation. L'abbé Bertholon, Mazars de Cazelles à Toulouse, Cavallo en Angleterre, et bien d'autres auteurs, citent un assez grand nombre de cas de guérisons opérées par l'électricité, mais bien des cas d'insuccès également. Toutefois, ce qui frappe dans ces travaux, et en particulier dans ceux de Bertholon, ce sont les fausses idées théoriques sur lesquelles on s'appuyait. Le fait est que, loin de se généraliser, l'application médicale de l'électricité était tous les jours plus abandonnée, jusqu'au moment où l'on essaya de l'employer sous forme de courant produit par la pile voltaïque. Mais, avant de passer à ce nouveau mode d'application, nous devons ajouter qu'on avait essayé de se servir de l'électricité condensée, telle qu'elle se trouve par exemple dans une bouteille de Leyde, en faisant passer la décharge à travers une partie du corps. Ces commotions très-fortes ne sont pas innocentes; elles peuvent faire assez de mal en ébranlant tout le système nerveux, comme aussi dans quelques cas on les a vu produire des guérisons remarquables. Ce genre d'action est en diminutif semblable à celui de la foudre, dont la chute est le plus souvent mortelle pour celui qui y est exposé, mais qu'on a vu quelquefois, quoique rarement, produire la guérison de paralysies invétérées. Nous reviendrons sur les effets mêmes de la foudre quand nous nous occuperons de l'influence de l'électricité atmosphérique sur l'organisme vivant. Remarquons seulement que M. Thillaye donna en 1803 un assez grand nombre de préceptes utiles sur l'application médicale de l'électricité

ordinaire; préceptes qui sont suivis encore aujourd'hui, et qui sont extrêmement simples, tels que se servir de brosses métalliques tenues par un manche isolant et mises en communication avec le conducteur de la machine; donner d'abord l'électricité la plus faible, et l'augmenter graduellement jusqu'à la dose que le malade peut supporter; ne pas empêcher, quand on applique l'électrisation, l'emploi d'autres procédés agissant dans le même sens, tels que frictions, vésicatoires, purgatifs, etc.

L'idée d'appliquer le galvanisme, soit l'électricité de la pile, à la thérapeutique, doit remonter jusqu'aux expériences si remarquables de M. de Humboldt sur l'irritation galvanique des fibres musculaires et nerveuses. Mais Aldini, élève de Galvani, est le premier qui se soit occupé directement de l'application du galvanisme à la médecine, à laquelle il consacra la plus grande partie de son ouvrage, publié à Bologne en 1804, sous le titre d'*Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. Galvani avait déjà, il est vrai, dans ses importantes recherches électro-physiologiques, entrevu ce genre d'applications, mais il n'en avait pas poursuivi la réalisation. On trouve dans les travaux d'Aldini, au milieu d'idées théoriques inadmissibles, un assez grand nombre de faits curieux sur les effets de l'électricité dans les nombreux cas pathologiques où l'auteur l'avait appliquée; néanmoins, il n'en résulta pas qu'elle pût prendre rang dans les moyens curatifs généralement adoptés; toutefois, les essais continuèrent. Sarlandières se servit, pour introduire le courant plus sûrement dans l'intérieur du corps, de l'acupuncture, dans le traitement de la goutte, du rhumatisme et des affections nerveuses; il énonça également le premier l'idée, qui fut mise à exécution par Pétrequin, d'employer ce moyen pour le traitement des anévrismes. Deux ou plusieurs aiguilles fines d'acier ou de platine, plantées à travers la tumeur anévrismale, sont mises en rapport avec les deux pôles d'une pile, ce qui produit la coagulation du sang contenu dans la dilatation artérielle qui caractérise l'anévrisme, et par suite la guérison. Cet effet, qui est plutôt un résultat indirect de l'action du courant électrique, puisqu'il dépend de ses propriétés chimiques et non de ses propriétés physiologiques, est du même

genre que l'application du courant au traitement des calculs vésicaux imaginé par Prevost et Dumas; nous nous en occuperons d'une manière spéciale dans le paragraphe que nous consacrons à l'action thérapeutique indirecte de l'électricité.

Nous ne pouvons nous arrêter sur les nombreuses publications où l'on préconisait l'électricité comme moyen curatif. En 1828, Fabré-Palaprat publia une traduction d'un ouvrage de Labaume, précédé d'une préface dans laquelle le traducteur rivalise avec l'auteur sur les merveilleux effets de l'électricité, qui, suivant eux, est un remède souverain pour presque toutes les maladies. Cependant Labaume admet qu'il ne faut pas employer le galvanisme pour les maladies inflammatoires aiguës et les excitations nerveuses; d'un autre côté, Fabré-Palaprat dit avoir réussi à se guérir d'une maladie nerveuse dont il était atteint depuis plusieurs années, en introduisant une aiguille successivement des deux côtés du crâne dans la région du cervelet sur l'os même, et une autre aiguille dans une partie adjacente. Les deux aiguilles ayant été mises en communication avec les pôles d'une pile, on électrisa par commotion, c'est-à-dire en interrompant le circuit à des instants très-rapprochés, le courant étant dirigé tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et, au bout de plusieurs mois de ce traitement, la guérison fut complète. Magendie a aussi constaté l'heureuse influence de l'électricité voltaïque dans plusieurs affections nerveuses, et en particulier dans celles de l'organe de la vue; ses expériences assez nombreuses ont donné dans bien des cas des résultats favorables; il a reconnu que l'électricité voltaïque agit spécialement dans les névralgies, surtout quand on fait passer le courant dans le trajet du nerf malade.

C'est dans les cas de paralysie en général que l'application de l'électricité voltaïque semble avoir donné les résultats les plus satisfaisants. Un physicien italien, que nous avons déjà eu l'occasion de nommer plus d'une fois, M. Marianini, cite, dans un mémoire publié en 1833, un nombre assez considérable de cas de paralysie traités au moyen de l'électricité voltaïque. Il fait usage de piles ordinaires, cuivre et zinc, à colonne, chargées simplement avec des rondelles de drap humectées d'eau salée,

et composées d'un nombre plus ou moins considérable de couples (50 à 100), suivant les circonstances. Pour donner une idée de la manière dont il opère, nous citerons le cas d'une jeune femme de 23 ans dont les deux jambes, privées de mouvement, n'éprouvaient plus aucune sensation depuis l'extrémité des orteils jusqu'aux genoux, quel que fût l'objet avec lequel on les touchât, qu'il fût chaud ou froid, pointu ou tranchant. M. Marianini fit d'abord donner 150 secousses à l'une des jambes, et ensuite un nombre égal et de la même manière à l'autre, puis 300 secousses à toutes les deux simultanément, en faisant communiquer l'un des pieds avec le pôle positif de l'appareil, et l'autre avec le pôle négatif. On mettait un intervalle d'une ou deux secondes entre chaque secousse, et un repos de deux ou trois minutes après qu'on en avait donné 40 ou 50. Quelques légères contractions et quelques mouvements des pieds semblaient accompagner la circulation du courant électrique. Dans l'intervalle d'une série de secousses à la suivante, on faisait quelquefois circuler le courant d'une manière continue à travers les membres de la malade; quelquefois aussi on électrisait la malade en mettant l'extrémité de l'électrode négatif, qui se terminait en pointe aiguë, en contact avec l'endroit de la jambe dont la peau semblait la plus délicate et qu'on avait humectée avec de l'eau salée. La malade sentait alors une légère douleur semblable à celle qu'aurait occasionnée une piqûre; ce fut la première sensation qu'elle éprouva depuis le commencement de la maladie. On augmenta chaque jour le nombre des commotions, qui fut porté jusqu'à 800 ainsi que le nombre des couples de la pile, qui d'abord de 58, s'éleva jusqu'à 75. Le traitement durait une heure chaque jour; ce fut seulement douze jours après qu'il eut été commencé qu'on aperçut une amélioration. La malade éprouva successivement différentes sensations en même temps que la possibilité de faire quelques mouvements, et au bout de seize jours elle marchait sans fatigue et fut électrisée pour la dernière fois. Dans ce cas, comme dans les autres cas de guérison que cite M. Marianini, on abandonnait le traitement électrique quand on voyait que la malade était en bonne voie de guéri-

son, et on laissait celle-ci s'achever toute seule. On ne peut nier que la guérison ne fut, sinon en entier, du moins en grande partie, due à l'application de l'électricité voltaïque, quoique cette même application n'ait pas eu de résultats satisfaisants dans d'autres cas du même genre traités de la même manière par M. Marianini, qui du reste continue encore (en 1837) à se servir de ce même traitement, non sans succès.

M. Nobili, ayant remarqué dans ses recherches électro-physiologiques que, lorsqu'on avait donné le tétanos à une grenouille par le passage d'un courant électrique, on parvenait à détendre ses muscles par l'action d'un courant contraire, avait cru en conclure qu'il pourrait arriver que l'action d'un courant électrique dirigé dans un sens déterminé, servit à calmer, sinon à guérir, le tétanos chez l'homme. M. Matteucci cite en effet un cas dans lequel il a obtenu cette guérison; mais il est vrai que le malade mourut ensuite par l'effet des accidents d'un autre genre occasionnés par les blessures qui avaient déterminé le tétanos. Toutefois il ne paraît pas que ce moyen curatif ait eu plus de succès que tant d'autres essayés dans cette terrible maladie; peut-être cela tient-il à ce qu'il n'est pas encore appliqué convenablement.

Au milieu de tant d'essais et de résultats contradictoires, nous citerons comme représentant bien l'état de la science, sous le rapport de l'application thérapeutique à l'époque où il parut, un article de MM. Andral et Ratier, publié en 1831 dans le *Dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques*. On y trouve un résumé du travail de M. Andrieux sur l'électricité médicale, dans lequel sont énoncées plusieurs propositions dont la principale est la suivante, savoir : Que dans l'état actuel de nos connaissances, l'électricité produite par différents appareils peut être introduite dans le domaine de la thérapeutique, non pas comme un moyen spécifique applicable dans tous les cas sans distinction, mais comme un agent physique extrêmement puissant dont les effets peuvent être prévus, calculés, modifiés et dirigés avec plus de prévision que ne peuvent l'être la plupart des médicaments connus, et avec lequel on peut susciter dans l'é-

conomie les phénomènes les plus divers et par conséquent remplir un très-grand nombre d'indications curatives. M. Andrieux restreint beaucoup le cadre des maladies dans lesquelles on croyait pouvoir employer l'électricité; ainsi il croit qu'il n'y a que les effets immédiats de l'électricité sur lesquels on puisse compter.

Les essais se multipliaient aussi bien en Italie, en Angleterre et en Allemagne qu'en France. M. Rayer introduisait, dès 1830, une pile à auges dans son service à l'hôpital de la Charité et la faisait servir à traiter des paralysies de toute espèce; M. Andral fit employer également l'électricité dans plusieurs maladies. On se servait en général de piles à auges d'un plus ou moins grand nombre de couples faiblement chargés. On essaya aussi en Allemagne et en Angleterre l'application de l'électricité dans les cas d'accouchements laborieux par insuffisance des contractions utérines; mais l'expérience ne justifia point les espérances qu'on avait conçues.

La découverte des courants d'induction amena une nouvelle phase importante dans l'électricité médicale. Nous avons vu que dans l'emploi de la pile on cherchait, et c'est ainsi qu'opérait M. Marianini, à obtenir une série de secousses imitant la série des étincelles électriques plutôt qu'un courant continu dont l'effet n'était guère sensible qu'au moment de son établissement et à l'instant de sa cessation, sauf dans quelques cas, comme lorsqu'il s'agit de l'organe de la vue. Or, les courants d'induction qui sont une série de courants instantanés se succédant très-rapidement, remplissaient bien mieux que les courants de la pile et les étincelles électriques, les conditions voulues, en particulier comme stimulants, puisqu'en général l'effet physiologique du courant n'a lieu qu'au moment de son établissement et à celui où il cesse. Nous avons vu l'effet prodigieux de ces courants sur l'organisme animal, dans les expériences de M. Masson qui se servait du courant d'une pile qu'il transmettait à travers des bobines d'induction et qu'il rendait discontinu au moyen d'une roue électrique. M. Næff, à Francfort, fut un des premiers à faire usage de ces courants au point de vue médical, en se servant, pour les produire, d'un appareil très-

simple, fondé sur le même principe que j'ai appliqué à la construction de l'instrument que j'ai nommé *condensateur électrique*¹, savoir, l'emploi d'une armature mobile, soumise à l'action d'un fer doux placé dans l'intérieur de la bobine et destinée à établir et à rompre le circuit d'un couple voltaïque, dont le courant traverse l'un des fils de la bobine pour produire l'aimantation, ce qui fait qu'il y a dans l'autre fil une succession de courants induits. Nous avons déjà décrit la cassette de M. Bonijol², dont l'introduction dans les hôpitaux pour produire des courants induits en vue des applications médicales se répandit bientôt et donna d'heureux résultats dans les cas de paralysie locale. On se servait également des appareils d'induction de Clarke et de Saxton³, dans lesquels le courant produit par la pile est remplacé par un aimant permanent fixe, dont l'armature mobile est entourée d'un fil dans lequel sont produits les courants induits. Mais ces appareils plus massifs avaient l'inconvénient de ne pouvoir pas donner des courants d'intensité assez variable. Le même reproche ne peut être adressé à l'appareil de Ruhmkorff, dont on a fait aussi usage, ainsi que de beaucoup d'autres appareils d'induction construits, en vue des besoins de la physique et dont la description serait ici un double emploi, puisqu'elle a été déjà faite d'une manière complète dans le chapitre V, § 4, de notre troisième Partie. Nous nous bornerons donc à décrire ceux de ces instruments qui ont été imaginés exclusivement en vue de l'application médicale, en y joignant la description de divers appareils électriques, entre autres d'une espèce particulière de piles voltaïques, construits également dans le même but.

L'un des appareils d'induction le plus anciennement employé, en particulier dans les hôpitaux de Paris, est celui de MM. Breton frères (fig. 428), dans lequel, suivant le système imaginé par M. Page, les bobines sont placées autour des branches d'un aimant ordinaire en fer à cheval qui est fixe, tandis

¹ Tome I, page 392.

² *Id.*, page 389.

³ *Id.*, page 384.

qu'une armature de fer doux mobile est mise en rotation rapide devant les faces polaires de l'aimant. Les variations d'inten-

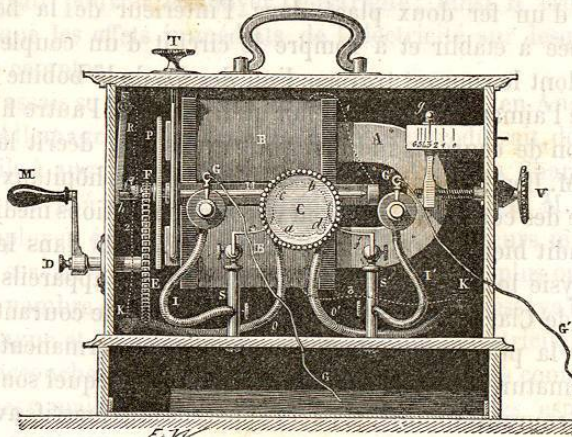


Fig. 428.

sité qui résultent dans le magnétisme de l'aimant, du passage de l'armature devant les pôles se traduisent en courants d'induction dans le fil des bobines. Pour graduer leur appareil, afin d'avoir des courants plus ou moins forts, MM. Breton se servent d'une vis de rappel avec laquelle ils éloignent ou rapprochent plus ou moins de l'aimant, le fer doux qui tourne à son extrémité. L'armature en fer doux est mise en rotation au moyen d'une chaîne sans fin qui communique avec une manivelle extérieure à la boîte qui renferme tout l'appareil. Cet instrument, comme on le voit, est très-simple, n'exigeant aucun préparatif et toujours prêt à agir, puisqu'il ne renferme pas de pile; il peut marcher des heures entières sans que sa puissance s'affaiblisse. Son énergie, qui peut être très-grande, dépend non-seulement de la distance de l'armature aux pôles, mais aussi de la vitesse avec laquelle se succèdent les intermittences; enfin elle dépend, pour chaque appareil, de la longueur et de la finesse des fils des bobines. Le seul inconvénient que présente cet appareil sous ce rapport, c'est que l'aimant fixe en fer à cheval se désaimante un peu avec le temps et qu'il faut le

réaimanter; mais cet affaiblissement dans les appareils bien construits ne se manifeste qu'au bout de plusieurs années. MM. Breton ne se contentent pas d'une seule bobine, ils enroulent autour des branches de leur aimant deux fils, l'un plus gros, l'autre plus fin, pour qu'on puisse avoir à volonté un courant à plus forte ou à moins forte tension. C'est l'aimant qui agit directement sur chacun de ces fils, seulement un peu plus fortement sur celui qui est plus rapproché. On fait communiquer l'un ou l'autre de ces fils par leurs extrémités respectives avec des conducteurs d'où partent des fils métalliques destinés à servir d'électrodes aux courants. Il est évident que l'on perçoit ainsi une succession de courants induits dirigés alternativement en sens contraires, qui sont développés par la diminution et l'augmentation d'intensité qui résultent dans le barreau aimanté de l'approche et de l'éloignement de l'armature en fer doux. Si l'on veut opérer avec une succession de courants cheminant tous dans le même sens, il faut employer un commutateur C formé d'une roue dont les dents sont alternativement en métal et en ivoire, et qui, mue par la même action que la manivelle, est combinée de façon à ne fermer le circuit que pour l'un des deux courants induits, celui qui résulte de l'approche ou de l'éloignement de l'armature.

Une modification a été introduite par MM. Gaiffe et Loiseau dans l'appareil de MM. Breton; elle consiste en ce que l'armature en fer doux est entourée elle-même à ses extrémités de deux hélices comme dans les appareils de Clarke et de Saxton, ce qui produit de nouveaux courants d'induction qu'on peut combiner avec ceux qui se manifestent dans les hélices qui entourent l'aimant lui-même.

M. Duchenne a aussi imaginé un appareil du même genre que les précédents, dans lequel l'induction est produite par un aimant permanent; mais, avant de le décrire, nous devons parler de celui du même savant, dans lequel les courants induits sont produits par l'aimantation et la désaimantation d'un fer doux, et par conséquent avec l'intervention d'une pile voltaïque. Les deux appareils de M. Duchenne ont été construits

essentiellement en vue de l'application qu'il en a faite à l'électrisation localisée¹.

Le premier appareil est celui auquel M. Duchenne a donné le nom de *volta-faradique*, pour rappeler l'idée que les courants induits découverts par Faraday sont produits par l'intervention de la pile de Volta, tandis qu'il a appelé le second *magnéto-faradique*, parce que c'est l'intervention d'un aimant, et non celle de la pile, qui détermine l'induction.

L'appareil volta-faradique (fig. 429) renferme dans un tiroir

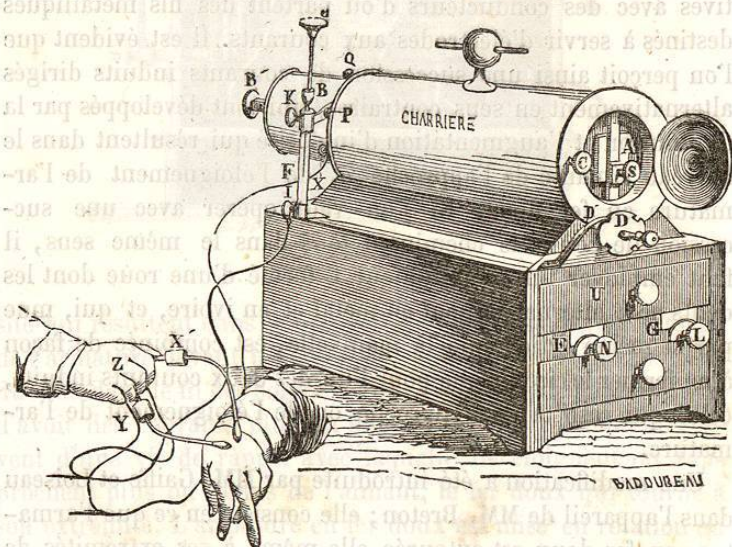


Fig. 429.

inférieur un couple voltaïque composé d'un petit baquet en zinc où se trouve une couche d'eau salée, avec laquelle est en contact une plaque horizontale de charbon imprégnée d'acide nitrique, rapprochée autant que possible du fond du baquet de

¹ M. Duchenne désigne par ces mots la méthode qu'il a imaginée, et au moyen de laquelle il est parvenu à agir exclusivement sur certains organes, entre autres sur certains muscles et à en faire ainsi la dissection sur le vivant. Cette méthode sera l'objet de notre analyse et de notre examen dans le paragraphe suivant. Pour plus de détails, nous renvoyons à son livre : *De l'électrisation localisée et de son application à la physiologie, à la pathologie et à la thérapeutique*. Paris, 1855, in-8, avec figures.

zinc. Des précautions sont prises pour qu'aucune vapeur acide ne puisse s'échapper du tiroir qui renferme la pile et venir affecter les autres parties de l'appareil¹. Deux lames de cuivre en contact, l'une avec le zinc, l'autre avec le charbon, amènent le courant à deux plaques de platine E et G au moyen des boutons à vis L et N. C'est à ces plaques qu'aboutissent les extrémités du gros fil d'induction, qui est un fil de cuivre rouge d'un millimètre de diamètre et enroulé en hélice autour d'un faisceau de fils de fer doux. Le fil induit plus fin, également de cuivre rouge, et d'un demi-millimètre de diamètre, est enroulé autour du fil précédent. Ses extrémités aboutissent aux boutons P et Q, d'où partent deux fils servant d'électrodes. L'armature mobile, soit trembleur, se compose d'un fer doux mobile et d'une vis platinée S, contre laquelle le fer doux est repoussé. La rapidité avec laquelle le trembleur exécute ses mouvements le rend précieux dans bien des cas; mais quoiqu'on puisse, au moyen de son ressort et des pièces de fer doux mobiles dont il est muni, régulariser son action et la rendre plus ou moins rapide; cependant il est important de pouvoir avoir un moyen plus sûr et plus exact de diminuer ou d'augmenter à volonté le nombre des intermittences dans un temps donné; c'est l'office que remplit la roue dentée D fixée en dehors de la boîte sur la base de l'appareil, et qui tourne à la main au moyen d'une manivelle; elle présente à sa circonférence quatre dentelures sur lesquelles s'appuie une lame de cuivre D' qui fait ressort. On peut donc, suivant les circonstances, se servir du trembleur ou de la roue dentée. Trois autres pièces

¹ Cette pile a une durée d'action très-remarquable. M. Duchenne a observé que ce n'est qu'après cinq ou six mois d'un usage fréquent que les sels, qui résultent de l'action chimique intérieure de la pile, diminuent sa puissance en se déposant. Il faut pour rendre à la pile sa force primitive, plonger le charbon pendant plusieurs heures dans l'eau qui en dissout tous les sels, puis, après l'avoir laissé sécher, le charger d'acide nitrique comme s'il était neuf. Il faut attacher un soin tout particulier au choix du charbon. M. Duchenne est parvenu à en fabriquer un qui, moins dur que celui qu'on retire des usines à gaz, l'est pourtant encore assez pour être durable, et se trouve assez poreux pour s'imprégner facilement d'acide nitrique.

sont jointes encore à l'appareil. C'est d'abord un galvanomètre, soit rhéomètre, destiné à mesurer l'intensité du courant, et par conséquent le degré d'aimantation du fer doux de la bobine; c'est une simple aiguille de boussole entourée d'un fil que traverse le courant. On peut, au moyen de ce galvanomètre, régler l'intensité du courant du couple, de manière à être certain d'opérer toujours dans les mêmes conditions. Mais il faut, tout en restant dans ces conditions, avoir le moyen de faire varier l'intensité des courants induits. M. Duchenne y parvient de deux manières : 1° en se servant du modérateur; 2° en introduisant ce qu'il a nommé le *graduateur*. Le modérateur dont on faisait usage déjà depuis longtemps dans les appareils du même genre¹ consiste dans un tube de verre F rempli d'eau, terminé à son extrémité inférieure par un fond de métal auquel est soudé un bouton I, et à son extrémité supérieure par une virole, de laquelle part un petit crochet qui sert à mettre la tige du modérateur en communication avec l'un des boutons P ou X des courants induits, afin que le modérateur se trouve dans leur circuit. Dans la virole supérieure est placé un petit bouchon que traverse la tige J du modérateur, qu'on peut abaisser ou élever de manière à rapprocher plus ou moins son extrémité du fond métallique qui communique avec l'un des conducteurs, tandis que l'autre conducteur part de celui des boutons qui n'est pas en communication avec la tige. De cette façon, on peut faire varier dans des limites assez étendues l'épaisseur de la couche d'eau que le courant doit traverser, et par conséquent modifier son intensité au point de la rendre presque nulle; ce qui est nécessaire lorsqu'on agit sur des nerfs très-déliés, comme ceux de la face. Toutefois les variations qu'on obtient avec le modérateur étant encore trop grandes, quelque faible que soit l'excursion de la tige, M. Duchenne parvient à les subdiviser en quantités excessivement petites, au moyen de ce qu'il a nommé le *graduateur*. Le graduateur repose sur l'influence

¹ M. Bonijol l'avait déjà ajouté à ses cassettes d'induction en 1840, en vue des applications médicales de l'électricité d'induction.

qu'exerce sur l'intensité des courants induits, une enveloppe métallique continue qui sépare le faisceau de fer doux des fils de la bobine induite. Cette influence, découverte et analysée avec soin par Dove¹, qui tient au développement de courants induits dans l'enveloppe métallique elle-même, consiste dans un affaiblissement plus ou moins considérable des courants induits dans le fil de la bobine. M. Duchenne a eu l'heureuse idée d'utiliser cette propriété pour la construction de son régulateur, qui consiste dans un cylindre P de cuivre rouge qui enveloppe la bobine, et à la partie supérieure duquel existe une échelle de graduation. On peut le faire avancer et reculer, de façon qu'il recouvre la bobine plus ou moins, et même totalement, ou point du tout. Un second cylindre intérieur, semblable au premier, enveloppe le faisceau de fer doux, et peut se mouvoir également de la même manière. Son action est naturellement plus efficace que celle du premier; M. Duchenne a trouvé que leur action combinée permet de subdiviser encore davantage l'intensité des courants. Le graduateur et le modérateur se prêtent un constant concours; on commence par chercher à obtenir avec le modérateur les courants de l'intensité voulue; puis, une fois cette intensité obtenue, on la fait varier dans des proportions minimales avec une délicatesse remarquable, en faisant marcher le graduateur d'un ou de plusieurs millimètres dans un sens ou dans l'autre.

L'appareil magnéto-faradique de M. Duchenne (fig. 430) se compose, comme les appareils du même genre, de deux barreaux aimantés réunis à leurs extrémités par un fer doux transversal. Ces barreaux sont recouverts chacun de deux bobines, dont l'une, la plus rapprochée de l'aimant, est faite d'un fil de cuivre de $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre et de 24 mètres de longueur; l'autre, qui recouvre la première, d'un fil de $\frac{1}{3}$ de millimètre de diamètre et de 600 mètres de longueur. Les deux fils de cuivre sont enroulés dans le même sens, et ils sont soudés ensemble par deux de leurs extrémités qui aboutissent au même bouton. L'autre extrémité du premier aboutit aux res-

¹ Tome I, page 422.