

§ 2. Analyse des effets thérapeutiques directs de l'électricité.

Avant de nous occuper d'une manière spéciale des effets thérapeutiques directs de l'électricité, rappelons brièvement ses effets généraux sur l'organisme. Nous les avons déjà étudiés, il est vrai, dans le chapitre IV de notre quatrième partie; mais il n'est pas inutile d'y revenir, surtout maintenant que nous pouvons les rapprocher des phénomènes électriques qui accompagnent les actions physiologiques et que nous avons analysés dans le chapitre I<sup>er</sup> de la sixième partie<sup>1</sup>.

Commençons par rappeler que nous sommes arrivés à reconnaître, à la suite des travaux de M. Matteucci et de M. Dubois-Reymond, que les muscles et les nerfs ont un état électrique qui leur est propre. Nous avons cherché à nous faire une idée de cet état qui consiste dans une disposition particulière que prennent, sous l'influence de la force vitale, les molécules que nous avons regardées comme douées dans la matière organique, aussi bien que dans l'inorganique, de deux pôles contraires. Sous l'action de la volonté ou des autres causes qui déterminent la contraction musculaire ou la sensation; cette disposition se modifie de façon qu'elle devient tout à fait semblable dans le nerf comme dans le muscle, à ce qu'elle est dans un conducteur qui transmet un courant électrique. Sans revenir sur ce sujet que nous avons suffisamment développé, nous nous bornerons à insister seulement sur deux points qui ont quelque importance pour la question qui va nous occuper.

M. Dubois-Reymond avait attribué le phénomène de la contraction induite, découvert par M. Matteucci<sup>2</sup>, non pas à une production d'électricité qui accompagnait la contraction musculaire, mais à une diminution du courant musculaire ordi-

<sup>1</sup> Tome III, page 1.

<sup>2</sup> Tome III, page 33.

naire, qui aurait lieu au moment de la contraction, et qui ferait prévaloir une force électro-motrice opposée, et en particulier celle provenant des polarités secondaires des électrodes destinées à conduire le courant. Pour démontrer que ce n'est pas ainsi qu'il faut interpréter le phénomène, M. Matteucci emploie pour fermer le circuit, au lieu de lames de platine plongeant dans l'eau salée, deux lames de zinc distillé communiquant chacune avec une extrémité du galvanomètre, et immergées dans une dissolution de sulfate de zinc neutre et saturée; il est facile de s'assurer que, par ce moyen, il n'y a pas trace de polarité secondaire, comme l'avait déjà vu M. Jules Regnaud qui s'en est servi le premier. Partant de là, tout étant disposé convenablement et l'aiguille du galvanomètre étant bien en équilibre, il n'y a qu'à placer, comme le fait M. Dubois-Reymond, un gastrocnémien ou une cuisse entière fournie de son nerf, entre les deux appendices de papier humecté, qui plongent respectivement dans les verres remplis de sulfate de zinc où sont les électrodes en zinc; après avoir attendu que l'aiguille soit arrêtée, on fait contracter le muscle; alors l'aiguille dévie rapidement dans un sens opposé, ce qui ne peut être attribué ici à l'action d'une force électro-motrice préexistante. M. Matteucci en conclut qu'il y a un courant instantané, ou plutôt une décharge dans le muscle au moment de la contraction, ce qui nous paraît, du reste, extrêmement probable, car c'est une conséquence de la disposition nouvelle que doivent prendre dans la contraction, les unes à l'égard des autres, les molécules bipolaires qui constituent le muscle.

Le second point, sur lequel nous croyons utile de fixer encore un instant notre attention, est relatif à des expériences fort curieuses de M. Helmholtz, qui conduisent à la même conséquence. Elles sont relatives à la durée des phénomènes de la contraction musculaire et de la transmission de l'excitation nerveuse. Au moyen de procédés et d'appareils fort délicats et en opérant sur le muscle gastrocnémien d'une grenouille très-vivace, chargé seulement en commençant, du poids d'un petit appareil, et plus tard de quelques petits poids additionnels placés dans un bassin supporté par l'appareil, M. Helm-

holtz a reconnu qu'il s'écoula une certaine durée entre l'excitation du muscle et le moment où son énergie commence à augmenter; c'est en faisant usage d'une manière très-ingénieuse de courants continus combinés avec des courants d'induction, que le savant physicien allemand est parvenu à apprécier un intervalle de temps aussi petit que celui dont il s'agit, mais pourtant sensible; il a employé dans ce but la méthode dont M. Pouillet s'est servi le premier pour mesurer de très-courts intervalles de temps, et qui consiste à observer l'effet qu'un courant électrique continu produit, pendant la durée de l'intervalle à mesurer, sur l'aiguille du galvanomètre.

M. Helmholtz a fait passer un courant électrique continu dans un circuit fermé par une pièce métallique suspendue à l'extrémité inférieure du muscle, en ayant soin qu'au moment précis où ce courant commençait à circuler, un courant d'induction vint exciter le muscle ou son nerf; à l'instant où le muscle a possédé une énergie suffisante pour soulever les pièces suspendues à son extrémité, le circuit traversé par le courant continu s'est trouvé interrompu, et la déviation de l'aiguille du galvanomètre a permis d'apprécier le temps très-court pendant lequel ce courant avait circulé, et par conséquent la durée nécessaire au développement de l'énergie musculaire; en faisant varier le poids suspendu au muscle, on a pu mesurer les durées nécessaires au développement de divers degrés d'énergie, et arriver à des résultats intéressants sur la marche graduelle de la contraction.

Dans toutes les premières expériences que M. Helmholtz a faites, le muscle était directement excité par le passage d'un courant électrique; c'est en faisant passer le courant par le nerf adhérent au muscle qu'il est parvenu à rendre sensible la durée nécessaire à la transmission de l'excitation nerveuse. Le résultat de ses observations peut se formuler de la manière suivante : l'excitation étant produite par un courant qui traverse une longueur du nerf de 5 à 6 millimètres, il s'écoula des temps différents entre le moment de l'excitation et le moment où les poids suspendus au muscle sont soulevés, suivant que la partie du nerf excitée est voisine ou éloignée du mus-

cle<sup>1</sup>. L'explication la plus simple de ce résultat est d'admettre que la transmission de l'excitation nerveuse à travers une longueur de nerfs de quelques centimètres exige une durée sensible; ce qui, comme nous l'avons déjà remarqué, est une conséquence naturelle de la manière dont, d'après les expériences de M. Dubois-Reymond, nous expliquons la propagation de l'action nerveuse en l'attribuant à une modification matérielle dans l'arrangement des particules en vertu de leur polarité électrique<sup>2</sup>.

Cette modification peut même être rendue sensible à l'œil au moyen du microscope, ainsi que l'a montré dernièrement M. Amici qui est parvenu, au moyen de son admirable microscope composé, à se faire une idée exacte de la structure de la fibre musculaire élémentaire. Il a trouvé qu'un simple filet musculaire était composé d'une série de disques excessivement minces et excessivement rapprochés, liés les uns aux autres au moyen d'un grand nombre de fils infiniment fins, allant de la circonférence de l'un des disques à celle de l'autre, comme les génératrices d'un cylindre. Quand la contraction a lieu, on voit ces fils rentrer intérieurement en formant une ligne brisée, de manière à opérer le rapprochement des disques qui, au lieu de rester les deux bases d'un cylindre, semblent être les bases de deux cônes tronqués opposés par leur petite base. Il résulte de ce changement un

<sup>1</sup> La vitesse de propagation de l'excitation nerveuse est dans le nerf sciatique de la grenouille de 30 mètres par seconde environ. Le refroidissement du nerf diminue beaucoup cette vitesse de transmission; c'est en refroidissant les nerfs avec de la glace que M. Helmholtz a pu constater ce résultat d'autant plus intéressant qu'il se produit lors même qu'on refroidit un point du nerf plus éloigné du muscle, que le point où l'on détermine l'excitation.

<sup>2</sup> On ne peut expliquer les phénomènes, en supposant que l'excitation nerveuse produise sur le muscle un effet d'autant moindre que la portion du nerf qui est excitée se trouve plus éloignée du muscle. Des expériences directes ont en effet montré que l'énergie musculaire était exactement la même dans les deux cas. Tant que la vitalité du nerf n'a pas commencé à s'affaiblir, on reconnaît une identité complète entre les courants électriques nécessaires pour développer à son maximum l'énergie du muscle par l'excitation de deux portions du nerf différentes, et par conséquent situées à des distances inégales du muscle.

raccourcissement de la fibre entière, ainsi que cela est facile à concevoir. Quant aux disques eux-mêmes, ils sont comme des espèces d'anneaux dont la circonférence, plus compacte et plus résistante, sert de point d'attache aux fils, tandis que leur partie centrale est remplie d'une matière molle, analogue à celle qu'on trouve dans les infusoires, et qui semble être la matière qui forme le muscle. Cette constitution de la fibre musculaire élémentaire, qui n'est point une simple hypothèse, puisqu'elle résulte de l'inspection faite au microscope, est tout à fait propre à confirmer l'opinion que nous avons émise sur la cause de la contraction. En effet, dans l'état de repos et sous l'influence de la force vitale, les particules de chaque disque ou anneau ont leurs pôles négatifs tournés intérieurement et leurs pôles positifs extérieurement; mais sous l'action d'une cause quelconque, les particules font une demi-révolution qui fait tourner leurs pôles négatifs au-dessous et les positifs au-dessus, ou réciproquement; il en résulte alors que ces particules, ayant leurs pôles contraires placés tous les uns près des autres dans la même direction rectiligne, qui est le sens de la longueur de la fibre, elles s'attirent mutuellement, ce qui fait rapprocher les disques, comme cela a effectivement lieu dans la contraction.

Après avoir rappelé brièvement la manière dont se comportent les nerfs et les muscles quant à leur état électrique propre, étudions de plus près que nous ne l'avons fait, l'action générale et spéciale qu'exercent sur eux les courants électriques, afin de pouvoir en conclure d'une manière plus rationnelle leur effet thérapeutique.

L'électricité agit sur l'organisme de deux manières : 1° en stimulant les muscles et en remplaçant ou renforçant l'action que les nerfs exercent sur eux; 2° en stimulant les nerfs eux-mêmes, et par conséquent en augmentant ou diminuant l'action naturelle des centres nerveux.

Nous ne revenons pas pour le moment sur l'effet général de l'électricité sur les muscles, que nous avons étudié avec soin, mais nous nous arrêterons quelques instants à ce qui concerne cet effet sur les nerfs.

Nous avons déjà vu l'effet sur les nerfs des courants directs et inverses; nous savons que, quelle que soit la direction du courant, lorsqu'il est intense, tous les muscles auxquels se distribue le nerf, dont une partie est traversée par ce courant, se contractent à l'instant où l'on ferme comme à l'instant où l'on ouvre le circuit, et il y a en même temps de la douleur. Tant que le circuit est fermé, il n'y a ni contraction, ni douleur, ce qui tient à l'état particulier dans lequel le passage du courant met les nerfs et les muscles. Nous savons également que les contractions sont plus fortes au début qu'à la cessation du courant direct, et que c'est le contraire quand le courant est inverse, tandis que la douleur suit la marche opposée. L'action des courants est remarquable sur un nerf mixte d'un animal récemment tué ou vivant. Si l'on y fait circuler un courant continu, l'excitabilité est diminuée ou détruite quand le courant est direct; elle est conservée et même augmentée quand le courant est inverse. Si ce même nerf a été parcouru par le courant direct, le repos lui rend assez promptement une partie de son excitabilité; si, au contraire, il a été parcouru par le courant inverse, il perd par le repos une partie de l'excitabilité que le passage de ce même courant inverse lui avait donnée. Le temps de repos nécessaire à un nerf, pour revenir dans les deux cas à son état normal, est très-variable; il est beaucoup plus court dans les nerfs très-excitables que dans les autres. Toutes ces expériences exigent, pour réussir, des courants faibles et modérés; des courants intenses diminuent toujours l'excitabilité du nerf, et quelquefois la suppriment complètement pendant un certain temps. Cette diminution ou suppression a lieu à un degré plus élevé lorsque le courant parcourt le nerf de la périphérie au centre que dans la direction opposée, qui est celle, comme nous l'avons établi, du courant naturel qui a lieu dans le nerf au moment où, sous l'influence du cerveau, ce nerf détermine la contraction du muscle auquel il aboutit.

L'action hyposthénisante des courants continus est un fait qui ressort de toutes les expériences du genre de celles que nous venons de rapporter, et qui peut être utilisé d'une ma-

nière précieuse dans la thérapeutique. M. Remack, en opérant sur l'homme avec des courants continus, a cru pouvoir constater que ces courants avaient la propriété de faire cesser la contraction en conservant aux muscles la faculté d'obéir à la volonté, et en la leur restituant même dans le cas où ils l'auraient perdue. On conçoit l'importance qu'aurait ce fait pour la thérapeutique s'il se vérifiait dans tous les cas; nous avons déjà cité un fait analogue à l'occasion du traitement du tétanos par la circulation d'un courant continu, imaginé par M. Matteucci.

Si les courants qui traversent un nerf, au lieu d'être continus, sont discontinus, les muscles auxquels ce nerf se distribue se contractent violemment et sont comme dans une sorte de contraction tétanique; en même temps l'excitabilité de ce nerf est très-affaiblie, surtout si on la compare à celle d'un autre nerf sur lequel on a fait agir un courant continu. Quand les courants discontinus sont faibles et dirigés alternativement en sens contraires, l'action hyposthénisante est très-faible, parce que la perte d'excitabilité produite par le courant direct est compensée par l'augmentation d'excitabilité déterminée par le courant inverse; quand, au contraire, les courants sont intenses, l'action hyposthénisante, due au courant direct, devient un phénomène prédominant. On doit éviter avec soin en thérapeutique la production de ce phénomène, en ne faisant usage que de courants faibles et dirigés alternativement en sens contraires, quand on veut réveiller la vitalité et exercer une influence tonique sur la vie organique des parties sur lesquelles on agit.

Nous avons supposé dans ce qui précède qu'on agit immédiatement sur le nerf avec le courant; mais, dans les applications thérapeutiques, cette action directe ne peut pas avoir lieu, sauf dans des cas exceptionnels; c'est donc à travers la peau, à l'aide d'un conducteur humide, qu'on doit exercer sur les nerfs l'action de l'électricité. Comme les muscles conduisent mieux l'électricité que les nerfs, il faut, pour pouvoir concentrer l'action de l'électricité sur ces derniers, qu'ils ne soient pas à une trop grande profondeur, qu'ils soient pour

ainsi dire superficiels, ou bien en contact seulement avec les tendons des aponévroses ou avec du tissu cellulaire; en tout cas, il n'y a jamais qu'une partie du courant qui traverse le nerf sur lequel on agit. M. Duchenne a donné la liste assez nombreuse des nerfs sur lesquels il est parvenu à porter ainsi les courants; nous y reviendrons plus loin en nous occupant d'une manière un peu plus spéciale de l'action de l'électricité localisée, soit sur les muscles, soit sur les nerfs. Pour le moment, bornons-nous à remarquer qu'il y a une grande différence entre les nerfs moteurs, d'une part, et les nerfs mixtes et sensoriels, d'autre part, quant à l'action des courants; ces derniers étant susceptibles d'éprouver quelques effets des courants continus, tandis que les premiers n'en éprouvent que de la part des courants discontinus, ou qui, tout en étant continus, présentent des variations d'intensité. Il en résulte que, pour réveiller l'activité fonctionnelle des nerfs mixtes et des nerfs sensoriels, on peut faire usage indifféremment, soit de courants continus, soit de courants discontinus, quoiqu'il soit préférable, le plus souvent, d'employer ces derniers qui sont plus stimulants que les premiers; tandis que, pour les nerfs moteurs, il ne faut employer que les courants discontinus. Aussi a-t-on vu des paralysies du sentiment être guéries au moyen de courants continus, tandis que ces mêmes courants avaient complètement échoué pour des paralysies du mouvement.

On ne s'est pas borné à étudier les effets de l'électricité sur les muscles et les nerfs; on a également cherché à déterminer son action sur les centres nerveux. C'est à Weber qu'on doit les recherches les plus intéressantes sur ce point. Il a observé que la moelle épinière étant soumise à l'action des courants discontinus, il y a dans tous les muscles du tronc de violentes contractions tétaniques; mais ce qu'il y a de curieux, c'est que la moelle ne se comporte point comme un simple conducteur de courants dérivés qui se porteraient sur les nerfs, mais qu'elle agit par l'effet de son action propre qu'excite le passage de l'électricité. Entre autres preuves que c'est bien ainsi que se passe le phénomène, nous pouvons citer le fait que, lorsqu'on fait une section complète de la moelle, en laissant en

contact les surfaces divisées, ce qui n'empêche pas les courants dérivés de traverser, mais ce qui arrête la transmission de l'action médullaire proprement dite, on n'obtient, en portant l'excitation électrique à l'extrémité inférieure de la moelle, aucun mouvement convulsif dans les muscles supérieurs, et il n'y a de convulsions que dans les membres inférieurs; tandis que le mouvement convulsif a lieu dans les uns aussi bien que dans les autres, en appliquant l'électricité de la même manière, si la moelle n'est pas coupée. L'excitation électrique de la moelle allongée produit les mêmes convulsions tétaniques que celles de la moelle épinière. On n'aperçoit ni contractions ni signes de chaleur, quand on agit avec les courants discontinus sur les hémisphères cérébraux ou sur le cervelet d'un animal vivant.

Quant aux nerfs ganglionnaires, on n'a pas pu agir directement ni sur les ganglions ni sur leurs filets nerveux, mais bien sur les organes auxquels ils se distribuent. On a trouvé que les nerfs de la vie organique déterminent des contractions dans les muscles auxquels ils se rendent, seulement quelques instants après qu'on a commencé à les exciter, et que de plus ces contractions persistent après qu'on a cessé de les stimuler; les contractions se propagent même à des muscles autres que ceux dans lesquels se rendent les nerfs stimulés; enfin les contractions s'exécutent et se succèdent dans un ordre qui répond à un but déterminé en rapport avec les fonctions de l'organe dans lequel on les constate. Ces résultats, que nous empruntons au résumé qu'en a fait M. Valérius, ne sont vrais que pour les muscles qui reçoivent leurs filets du grand sympathique.

Comme nous l'avons dit plus haut, nous ne nous étendrons pas ici pour le moment sur l'effet des courants sur les muscles de la vie de relation et sur ceux de la vie organique; M. Duchenne, comme nous le verrons, croit qu'il y a des différences entre les muscles quant à leur susceptibilité de se contracter sous l'influence des mêmes courants électriques; différences qui ne tiennent peut-être qu'à la facilité plus ou moins grande avec laquelle l'électricité peut pénétrer dans les divers muscles.

Mais ce qui paraît bien positif, d'après M. Duchenne, c'est qu'il existe une grande différence entre les muscles quant à la sensibilité qu'ils présentent quand on les fait traverser par des courants discontinus; il est évident que cette différence tient aux ramifications nerveuses plus ou moins nombreuses qui s'y distribuent. Ainsi la sensibilité est très-vive dans les muscles de la face, ce qui provient des nerfs de la cinquième paire. Quant aux muscles de la vie organique, ils se contractent sous l'influence de l'électricité, mais à un moindre degré que ceux de la vie de relation; de plus, les contractions se produisent plus lentement et durent plus longtemps que dans les autres muscles après qu'on a cessé de les exciter par l'électricité; tel est le cas pour les intestins grêles, pour l'estomac, le cœcum, etc. La peau éprouve des effets assez remarquables de l'application de l'électricité, mais ces effets varient au plus haut degré suivant les différents individus; on voit souvent la peau des membres présenter le phénomène connu sous le nom de *chair de poule*, dans lequel les poils se hérissent et leurs bulbes font saillie au dehors, la peau elle-même se contracte, ce qui, suivant M. Brown-Séguard, ne serait pas dû aux fibres-cellules, qui sont peu nombreuses dans cette partie du corps, mais bien au tissu cellulaire, qui lui-même est contractile.

Il nous faut encore, avant d'examiner de près les cas pathologiques dans lesquels l'application de l'électricité peut être une heureuse ressource, nous arrêter quelques instants sur la méthode si remarquable de l'électrisation localisée de M. Duchenne, que nous n'avons citée qu'en passant, et dont nous venons de voir l'application dans quelques-uns des résultats que nous avons énoncés. Les faits qui ont servi de base à cette méthode consistent simplement en ce que, suivant que les excitateurs ou électrodes du courant sont secs ou humides, et suivant que la peau elle-même est sèche ou humide, on peut à volonté ou concentrer l'action électrique dans la peau, ou la faire traverser sans incision ni piqûre la peau elle-même, pour la limiter dans les organes situés au-dessous, c'est-à-dire dans les nerfs, dans les muscles et même dans les os. Aussi, pour obtenir ce résultat, il faut qu'à la fois les électrodes, qui sont

des éponges imbibées d'eau salée, et la peau elle-même, soient également très-humides; alors on n'observe ni étincelles, ni crépitations, ni sensations de brûlure, mais on obtient des phénomènes de contractilité et de sensibilité très-variables, suivant qu'on agit sur un muscle ou sur un faisceau musculaire, sur un nerf ou sur une surface osseuse; cas dans lequel on détermine une douleur vive, d'un caractère tout particulier, ce qui fait qu'on doit éviter avec soin de placer les électrodes sur une semblable surface. Dans tous les cas autres que ceux que nous venons d'indiquer, c'est-à-dire si les deux électrodes sont secs ou que l'un seulement soit mouillé, si la peau seule est mouillée les électrodes étant secs, la recomposition électrique a toujours lieu uniquement dans la peau, soit à sa surface, soit dans son épaisseur avec ou sans étincelles et crépitations. M. Duchenne s'est encore assuré par plusieurs faits que, lorsque l'électricité, grâce à l'humidité des électrodes et de la peau, va chercher les organes sous-cutanés, elle n'agit point physiologiquement sur la peau, et que la sensation produite ne doit être attribuée qu'à l'excitation directe des muscles.

Indépendamment de la précaution que nous venons d'indiquer, l'électrisation localisée exige, pour être complète, l'emploi de certains courants de préférence à d'autres; c'est ce qui résulte de la comparaison que M. Duchenne a faite sous ce rapport entre l'électricité des machines ordinaires et la bouteille de Leyde, celle de la pile voltaïque et celle des appareils d'induction, désignant l'emploi de ces trois espèces d'électricités sous les noms d'*électrisation*, *galvanisation* et *faradisation* musculaires localisées. Il est arrivé bien vite à reconnaître que des trois espèces d'électricité, la dernière, c'est-à-dire l'électricité d'induction, est celle qui convient le mieux à l'électrisation musculaire, surtout quand cette opération doit être longue et fréquemment pratiquée. Les courants induits peuvent en effet provoquer les plus fortes contractions musculaires sans exciter en même temps la sensibilité cutanée, sans produire de commotions, sans déchirer les vaisseaux capillaires, sans occasionner, comme l'électricité ordinaire des machines, tous

ces accidents, contre lesquels il est quelquefois difficile de réagir. Ils peuvent agir avec une grande puissance physiologique sans risquer d'altérer les tissus, comme le fait l'électricité voltaïque par l'effet de ses propriétés chimiques, propriétés qui sont presque nulles dans les courants induits, soit parce qu'ils sont instantanés, soit parce qu'ils sont en général dirigés alternativement en sens contraires. M. Duchenne en conclut, à la suite d'un grand nombre d'essais, que l'électricité induite est essentiellement l'électricité médicale.

Quant au mode d'opérer il peut avoir lieu de deux manières, soit en concentrant l'action électrique dans les plexus ou dans les troncs nerveux qui la conduisent aux muscles placés sous leur dépendance, soit en dirigeant cette action sur chacun des muscles ou sur chacun de leurs faisceaux. Dans ces différentes opérations, les électrodes doivent toujours être aussi rapprochés que possible. Le premier cas produit des mouvements d'ensemble, c'est l'électrisation musculaire indirecte; le second donne des mouvements partiels, c'est l'électrisation musculaire directe. L'électrisation indirecte exige la connaissance exacte de la distribution et des rapports anatomiques des nerfs; elle est très-simple sur les membres où la plupart des troncs nerveux sous-cutanés, dans un point de leur extrémité, sont accessibles aux excitateurs; elle est plus difficile et plus délicate dans d'autres régions. L'électrisation directe, qui consiste à faire contracter individuellement chaque muscle ou chaque faisceau musculaire en plaçant les électrodes humides sur les points de la peau qui correspondent à leur surface, est très-facile, surtout dans les régions superficielles du tronc et des membres, si l'on possède des connaissances anatomiques, et surtout celle de l'anatomie des surfaces. Elle offre plus de difficultés pour les muscles des régions profondes des membres, quoique la plupart d'entre eux présentent, sous la peau, un point de leur tissu musculaire par lequel ils sont accessibles à cette excitation directe.

On doit avoir soin de ne jamais administrer aux muscles qu'une dose d'électricité proportionnelle à leur degré d'excitabilité que M. Duchenne croit être variable pour chacun d'eux;

point qui lui a été contesté et qu'il est très-difficile d'établir, puisque l'excitation plus ou moins vive d'un muscle ne dépend pas seulement de son degré d'excitabilité, mais de la résistance plus ou moins grande que l'électricité rencontre pour parvenir jusqu'à lui. Quoi qu'il en soit, il est important de pouvoir graduer la quantité d'électricité employée; aussi est-il nécessaire que l'opérateur ait une main libre prête à agir sur le graduateur de l'appareil pendant l'électrisation, tandis que l'autre main tient les électrodes au moyen de manches isolants et les manœuvre facilement. Il faut toujours les placer au niveau de la masse charnue des muscles, et non au niveau de leurs tendons, car l'excitation de ces derniers ne peut produire la contraction musculaire. Plus un muscle est épais, plus le contact doit être parfait, sans cela les fibres superficielles sont seules excitées; chez les sujets très-gros cela est surtout nécessaire. M. Duchenne s'est assuré que plus les appareils sont puissants, plus l'électricité pénètre profondément. Ainsi, il a vu dans des cas de paralysie saturnine, où certains muscles de la région postérieure de l'avant-bras sont atrophiés et ne se contractent pas sous l'influence des courants induits, les muscles situés au-dessous de ces muscles paralysés entrer en contraction si les courants sont assez forts pour les traverser et pénétrer jusqu'à ceux qui sont sains. Les excitateurs, soit électrodes humides, n'étant en rapport qu'avec la face externe des muscles, et les filets nerveux n'arrivant à ceux des régions superficielles que par leur face intérieure, on est certain que les contractions musculaires n'ont pas lieu par l'intermédiaire des filets nerveux. A la face, l'électrisation partielle des muscles est plus difficile à cause des ramifications nombreuses des nerfs qui s'entrecroisent; on peut cependant les éviter, car on est averti par la contraction simultanée de plusieurs muscles, que l'électrode a porté sur l'un des rameaux nerveux; alors on place l'électrode un ou deux millimètres plus haut ou plus bas, et on le maintient toujours sur la direction du muscle à électriser. Il faut une connaissance exacte de l'anatomie pour éviter ces filets nerveux, et c'est ce qui a permis à M. Duchenne de limiter l'action électrique dans chacun des muscles du visage et de produire les jeux de physio-

nomie les plus variés<sup>1</sup>. Comme l'excitabilité de la sensibilité électrique est très-vive dans les muscles de la face, ce qui est dû, ainsi que nous l'avons vu, à la cinquième paire qui leur envoie des filets nerveux, on doit éviter de placer les électrodes sur les points correspondants à ces filets; car il en résulterait une douleur très-aiguë qui retentirait dans plusieurs points de la face et même du cerveau. M. Duchenne a fait une étude approfondie de l'excitabilité électrique des muscles au point de vue de la contractilité et de la sensibilité; c'est au moyen de cette étude qu'il est parvenu à posséder l'art de faire contracter isolément et exactement chacun des muscles ou de leurs faisceaux; mais, pour arriver à ce point de perfection, il faut une très-grande habitude et être initié à une foule de détails minutieux; ainsi, par exemple, il existe pour chacun des muscles un point anatomique dans lequel les électrodes doivent être placés de préférence, pour obtenir la contraction complète et isolée de ces muscles; et c'est ce point qu'il est essentiel de déterminer pour chaque muscle en particulier.

Nous avons vu qu'en employant les précautions indiquées, on peut faire parvenir l'électricité aux muscles à travers la peau sans que celle-ci soit affectée, et que les courants d'induction sont la forme la plus favorable de l'électricité pour atteindre ce but; mais il est des cas où il importe au contraire de porter l'électricité sur la peau. M. Duchenne estime que pour l'électrisation cutanée, quoique les courants voltaïques puissent être employés avec avantage dans quelques cas, l'électricité induite qui respecte les tissus est encore ici bien préférable. Les différences d'excitabilité électro-cutanée des diverses parties du corps nécessitent l'emploi de différents procédés d'électrisation cutanée au nombre de trois. Le premier mode est l'électrisation cutanée par la *main électrique*; on se sert d'un électrode humide, une éponge renfermée dans un cylindre métallique qui communique avec un des pôles de l'appareil et qu'on place

<sup>1</sup> Il a réussi, en faisant contracter ainsi successivement et isolément les différents muscles de la face, à déterminer le rôle de chacun d'eux dans les diverses expressions de la physionomie.