MISCELLANEA DELLA R. BIBLIOTECA MEDICA
123
30

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE L'ACADÉMIE DE GENÈVE

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE

DES

COURANTS UNIPOLAIRES

THÈSE

Présentée à la Faculté de Médecine de Genève pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

PAR

R. BARONCELLI

DONO R. ACCADEMIA MEDICA
R. BIBLIOTECA MEDICA DI ROMA

GENÈVE
IMPRIMERIE WYSS ET DUCHÊNE, RUE VERDAINE

1887

Medicina

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE L'ACADÉMIE DE GENÈVE

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE

DES

COURANTS UNIPOLAIRES

THÈSE

Présentée à la Faculté de Médecine de Genève pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

PAR

R. BARONCELLI

GENÈVE

IMPRIMERIE WYSS ET DUCHÊNE, RUE VERDAINE

1887

La Faculté de Médecine, après avoir pris connaissance de la présente Thèse, en autorise l'impression, sans entendre par là émettre d'opinion sur les propositions qui s'y trouvent énoncées.

GENÈVE, le 28 Juin 1887.

Le Doyen de la Faculté,

H.-J. GOSSE.

PRÉFACE

Dans ces dernières années, l'électricité médicale a accompli un véritable progrès ; elle est non seulement devenue un agent indiscutable de thérapeutique, mais elle est encore un moyen sûr et puissant de diagnostic.

Mais malgré les travaux longs et patients des spécialistes, il reste dans cette importante branche de la médecine beaucoup de points obscurs. C'est un de ces points que nous avons essayé d'élucider.

M. le professeur Schiff nous a conseillé ce sujet ; il a mis à notre disposition tous les appareils nécessaires pour nos expériences, et il a été prodigue envers nous de ses savants conseils. Nous le prions d'agréer l'expression de notre profonde reconnaissance.

M. Jofé, assistant au Laboratoire de physiologie, nous a souvent facilité notre tâche; nous sommes heureux de lui exprimer ici nos vifs remerciements.

CHAPITRE PREMIER

Ce fut Baierlacher qui, en 1859, employa le premier sciemment la méthode de recherches unipolaires; mais cet auteur n'en tira aucune conséquence utile, ni pour le diagnostic, ni pour la thérapeutique. Plus tard, Erb, professeur à Heidelberg, entreprit des expériences sur l'homme vivant; Kuhne fit une série d'expériences bien dirigées et introduisit dans la physiologie le courant unipolaire d'induction. Mais c'est assurément à *Brenner*, médecin à Saint-Pétersbourg, que revient le grand mérite d'avoir étudié et développé systématiquement et avec originalité un procédé, et de l'avoir élevé à la hauteur d'un système applicable à l'homme vivant, dans le but de diagnostic et de thérapeutique.

Cependant, les expériences de cet auteur ne peuvent pas être considérées comme absolument rigoureuses, car en les faisant sur l'homme vivant, il n'a jamais été sûr d'employer un vrai courant unipolaire, comme nous le démontrerons dans les derniers chapitres de ce travail.

La méthode unipolaire souleva dès son début de vives discussions, et eut de suite beaucoup d'adversaires. On commença par objecter qu'il est impossible d'établir une action polaire *tout à fait isolée* dans un nerf, car, si par la peau on fait entrer un courant dans un muscle ou dans un nerf, ce même courant doit en sortir pour arriver vers l'autre pôle de la pile, et dans le point de sortie ou d'entrée, suivant qu'il s'agit du pôle positif ou négatif, il se crée un autre pôle. Donc, disait-on, ce système n'est pas, à proprement parler, unipolaire.

Dans le sens abstrait, cette objection est juste, parce qu'un courant ne peut pas être seulement positif ou négatif, dans un organe qui a une certaine étendue comme un nerf ou un muscle ; mais c'est autrement qu'il faut comprendre le mot « unipolaire ». En effet, dans la méthode unipolaire, il n'y a qu'un pôle qui soit *physiologiquement* actif, tandis qu'à l'autre on donne une surface tellement grande, que sa densité ne suffit plus pour déterminer une action excitante quelconque, surtout si le courant dont on se sert est relativement faible.

Donc, théoriquement, il n'existe pas de courant unipolaire, mais quant aux réactions physiologiques, on peut l'obtenir à la condition, cependant, de rendre nulle ou presque nulle l'action d'un des deux pôles d'un courant relativement faible, en distribuant l'un des deux pôles sur une très large surface. C'est la condition *sine qua non* des recherches sur les courants unipolaires.

Or, Brenner et ses successeurs, partant d'un but pratique et thérapeutique, n'ont pas tenu compte de cette circonstance, car même en appliquant une des électrodes

immédiatement sur le nerf qu'ils voulaient irriter, ils se sont toujours servis d'une force électro-motrice et d'une intensité trop grandes.

Les physiologistes, effrayés par la dénomination qu'on donna de suite à cette méthode, dénomination qui leur semblait une monstruosité scientifique, ne s'occupèrent pas de la question de l'unipolarité.

Cependant, parmi les physiologistes français, le professeur Chauveau, de Lyon, entreprit une série d'expériences à l'instar de celles de Brenner, mais, comme lui, il négligea les conditions, indispensables à notre avis, d'une bonne et sûre méthode unipolaire, car il ne contrôle pas scrupuleusement l'intensité, et ne donne pas à un des deux pôles une assez grande étendue.

CHAPITRE II

Quelle est la définition de la méthode unipolaire?

« C'est la méthode par laquelle on empêche l'un des « deux pôles d'être actif, en cherchant à donner au « pôle indifférent[1] une densité tellement faible, qu'il « devienne incapable de produire un effet physiologique « déjà à sa sortie de l'organe immédiatement irrité. »

Théoriquement, on a reconnu que le courant unipolaire ne peut être réalisé qu'en tenant compte de l'intensité du courant et de la position de l'électrode, qui nous donnent la sûreté suffisante qu'un des pôles est réellement inactif, et, pour avoir cette sûreté, il faut choisir dans les expériences l'intensité la plus faible du pôle qui agit encore sur le point le plus excitable du nerf, pendant que tous les autres points du nerf sont inexcitables pour l'intensité choisie si on applique l'un ou l'autre des deux pôles.

[1] On appelle *indifférent* celui des deux pôles qui est le moins actif, par rapport au plus actif, qu'on appelle *différent*.

C'est dans cette forme au moins que devraient se faire les expériences, et c'est justement ce qu'on n'a pas fait jusque-là[1]. On ne s'est jamais mis à l'abri du doute, si l'électricité aurait pu produire l'action observée, non pas à son entrée, mais à sa sortie de l'organe irrité, c'est-à-dire au pôle opposé.

La question, placée dans ces termes, nous offre une série d'études nouvelles, au moins pour les résultats qu'on doit en obtenir. Nous allons d'abord nous occuper de la loi des contractions que Nobili, Mariannini, MM. les professeurs Schiff et Pflüger, ont si bien étudiée pour les courants bipolaires. Ensuite, notre étude aura pour but de déterminer l'influence spéciale du courant unipolaire sur l'excitabilité nerveuse. Il y aurait eu beaucoup d'autres points intéressants à élucider, mais les limites restreintes de ce travail ne nous l'ont pas permis, et ce n'est qu'occasionnellement que nous avons été amené à établir les points plus ou moins excitables dans un nerf.

Le courant unipolaire, comme le bipolaire, quand il est irritant, possède un moment d'irritation ou à l'ouverture, ou à la fermeture. On pourrait donc supposer que la loi des contractions pour le courant unipolaire soit la même que pour le courant bipolaire. Mais nous avons déjà vu que le courant unipolaire diffère du bipolaire en ce que, dans celui-là, il n'y a qu'un pôle qui agit (le différent). Suivant l'explication admise généralement aujourd'hui, on considère

[1] Nous ne disons pas que sans ces conditions le courant qu'on applique doit devenir nécessairement bipolaire, mais que, pour l'expérience physiologique, qui doit être la base de l'application thérapeutique, on ne peut pas avoir la certitude d'avoir appliqué un courant unipolaire.

la contraction bipolaire comme le résultat de deux facteurs qui agissent souvent en sens contraire par l'interférence ou la concurrence de ces deux pôles ; il est évident que cette interférence ou cette concurrence ne peuvent pas avoir lieu lorsqu'il s'agit du courant unipolaire. Il est donc fort probable que la loi des contractions pour l'unipolaire soit, sous un certain rapport, différente de celle qui gouverne les courants bipolaires. Pour l'application directe, la connaissance de cette loi est absolument indispensable.

Déjà Filehne, à Erlangen (die elektrotherapeutische und die physiologische Reizmethode, archives für Klinische Medicin, Band VII) et Jolly, de Strasbourg, ont étudié cette question, et ce dernier, dans une thèse[1] qui a été inspirée par lui, et publiée sous sa direction, a consigné les résultats de ses expériences ; mais les conclusions tirées de cette thèse ne peuvent pas être acceptées comme justes, attendu que très souvent cet auteur a employé des courants trop forts, de manière à ne plus avoir un vrai unipolaire. En outre, il s'est servi du rhéostat à bouchons de Siemens, lequel, à ce qu'on croit ordinairement, ne produit pas de courants d'induction.

Quand on veut étudier par cette méthode les effets d'une ouverture ou d'une fermeture, on doit d'abord s'assurer que dans la fermeture, et plus encore dans l'ouverture, n'interviennent pas réellement de faibles courants ou extra-courants d'induction produits dans les bobines du rhéostat lui-même. C'est ce que Jolly a négligé de faire.

[1] *Experimenteller Beitrag zur Lehre von der Polaren reizmethode in der elektrotherapie*, par Robert Schultze, Strasbourg, 1875.

Au début de nos expériences, nous avons voulu nous servir aussi, comme Jolly, d'un rhéostat Siemens à bouchons, fabriqué par Hip avec des bobines doublement enroulées, comme ordinairement on les emploie, pour éviter les courants d'induction ; mais il paraît inévitable que, malgré tous les soins apportés dans la construction de cet appareil, la combinaison de plusieurs bobines donne encore une très faible induction lorsque le courant est affaibli ou augmenté, induction qui, naturellement, est sans aucune importance quand on se sert d'un courant continu, mais qui, au moment de l'ouverture ou de la fermeture, peut encore agir sur les nerfs sensibles de la grenouille.

Voici comment nous avons procédé à l'expérience pour savoir si, dans notre rhéostat, il restait une trace de courant d'induction qui aurait pu falsifier nos résultats :

Expérience I

Une pile charbon-zinc nous fournissait la force électromotrice ; un fil conducteur de la pile allait directement au rhéostat, tandis que l'autre passait à travers un galvanomètre très sensible de Nobili. Entre le rhéostat et un animal mort depuis quelque temps, et sans excitabilité, qu'on avait intercalé pour rendre la résistance aussi grande que dans les expériences définitives, est placé un interrupteur. De la pile, un des fils va directement au rhéostat, dans lequel on avait ôté un ou plusieurs bouchons des bobines à grande résistance.

On ferme le courant; on remarque une déviation quelquefois très grande, d'autres fois très petite. Pour avoir cette déviation dans des parties du galvanomètre faciles à observer, on modifie le courant par la résistance jusqu'à ce que la déviation soit entre 20° et 40°. Après cette régularisation de la force du courant dans le circuit dérivé, on ferme le courant par l'interrupteur, et on attend jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre soit fixe et sans oscillation. A ce moment, on ouvre le circuit dérivé par l'interrupteur et, s'il n'y avait aucune force électromotrice, l'aiguille devrait immédiatement revenir à zéro. Mais si l'on observe attentivement, on voit qu'avant de retourner à zéro, l'aiguille fait un tout petit mouvement d'une durée presque instantanée; en d'autres termes, elle montre une tendance à ce mouvement, qui augmente encore un peu la déviation, et ensuite, après une petite fraction de seconde, elle revient à zéro. Dans quelques expériences, on n'a même pas attendu l'arrêt complet de l'aiguille, et on a ouvert pendant les dernières oscillations très lentes et de très peu d'étendue. Si on ouvre au moment d'une oscillation vers zéro, on devrait voir en ce moment s'accélérer l'oscillation; mais au lieu de cela, on voit quelquefois que l'aiguille, au moment de l'ouverture, est comme arrêtée dans l'oscillation vers zéro, et qu'elle continue seulement d'une manière accélérée après une petite fraction de seconde.

Ces expériences préliminaires nous montrent qu'au moment de l'ouverture du courant de la pile, il se crée dans les conducteurs une nouvelle force électro-motrice instantanée et faible qui pousse l'aiguille dans la direction de la fermeture du courant. Si on s'est convaincu,

avant l'expérience, que dans les conducteurs hors de la pile, il n'existe aucune force électro-motrice capable de faire dévier l'aiguille, la force qu'on voit à l'ouverture ne peut dériver que de deux causes : ou d'un courant produit par le contact des parties animales, qui deviennent des électro-moteurs par l'influence de la pile, ou dans une faible induction que l'ouverture provoque dans les fils du rhéostat.

Quant aux parties animales, on peut se convaincre facilement que, dans les conditions dans lesquelles nous nous sommes mis, il n'y a pas de courant qui puisse agir sur notre galvanomètre, car, si on prend même des parties animales encore excitables, comme des muscles, après la mort desquels la contraction d'ouverture provoque réellement un courant, le courant est encore trop faible pour agir sur notre galvanomètre. *La trace de déviation que nous avons observée doit donc forcément être attribuée à une induction d'ouverture dans les fils du rhéostat.*

Il est vrai que le rhéostat est construit d'après la méthode connue qui évite autant que possible les inductions, mais il est clair que plusieurs raisons peuvent expliquer la présence d'une induction faible, laquelle, cependant, peut donner une trace d'action sur un galvanomètre sensible, et, à plus forte raison, sur un nerf avec lequel un des rhéophores est en contact immédiat. Mais avant de rejeter pour notre but le rhéostat Siemens, nous avons voulu nous persuader que cette induction se manifeste dans les conditions réelles d'une expérience physiologique.

Dans l'expérience préliminaire qui précède, nous

avons produit, dans le circuit, en ouvrant l'interrupteur entre la pile et le rhéostat, une oscillation du courant qui va jusqu'à zéro, qui fait disparaître complètement le courant, et même dans ce cas, nous n'avons pu démontrer l'existence de l'induction qu'au moment de l'ouverture. A la fermeture elle était voilée par les mouvements de l'aiguille. Dans les expériences physiologiques on n'ouvre pas le courant principal, mais on ouvre et on ferme le circuit dérivé ; la résistance dans ce circuit est ordinairement très grande lorsqu'il s'agit de produire des contractions minimales : la résistance est si grande, par rapport au courant principal, que notre galvanomètre, intercalé entre la pile et la résistance, et dont l'aiguille se met au repos dans un point donné du cadran, ne change pas cet état de repos, soit qu'on ait ouvert, soit qu'on ait fermé le circuit dérivé. Seulement, un très petit tremblement de l'aiguille, qui revient à son état de repos, fait supposer que l'ouverture et la fermeture du circuit a quelque influence, peut-être et probablement passagère, sur l'intensité du courant entre la pile et la résistance.

Pour résoudre la question de savoir si ce tremblement est la manifestation d'un courant induit, nous avons fait l'expérience suivante :

Expérience II

(Fig. 1.)

Pour cette expérience, la même pile nous a servi ; un de ses fils est mis en communication directe avec un

interrupteur (*A*) qui peut aussi agir comme commutateur, tandis que l'autre fil se rend à une résistance liquide (*RL*) formée de plusieurs tubes fléchis en *u*, et dans lesquels (pour limiter ou rendre nulle la polarisation) on a introduit, d'après la proposition de Jules Regnault, des conducteurs de cuivre métallique. Cette résistance, qui correspond à 9000 unités Ohm, doit servir à diminuer l'intensité du courant.

Des deux extrémités du commutateur (*A*) partent deux fils qui vont se fixer aux deux vis du rhéostat (*B*), tandis que deux autres fils, partant de ces mêmes vis, vont à la partie animale que l'on veut irriter, qui, dans ce cas, est une grenouille placée sur une tablette de liège, et dont le plexus lombaire est découvert. Un des deux fils touche immédiatement le nerf dénudé, tandis que l'autre se rend à une partie plus ou moins éloignée du corps, par exemple à une extrémité antérieure. Il est utile de dire que la moelle et le cerveau de la grenouille ont été préalablement détruits. Entre la grenouille et le rhéostat un interrupteur est placé, qui sert à intercepter le courant dérivé du rhéostat.

On a arrangé le courant de manière que la partie qui va à la grenouille ne donne qu'une très faible fermeture et point d'ouverture, et quelquefois même ne donne ni ouverture, ni fermeture visibles, quand ce courant est directement interrompu par l'interrupteur (*B*). Après avoir obtenu ce résultat on laisse *B* fermé, et on ouvre le circuit total par l'interrupteur *A*; en ouvrant l'interrupteur *A* on voit souvent une très faible contraction. En fermant on en voit une autre, mais un peu plus rarement. On comprend que l'ouverture et la fermeture

en *A* comme en *B* fassent cesser le courant de la pile pour la grenouille, mais seulement si, comme nous l'avons vu, l'ouverture en *A* donne une irritation du nerf. Cette irritation doit reconnaître pour cause l'existence d'un circuit fermé qui existe entre le rhéostat et la grenouille. On doit donc admettre la présence d'un électromoteur qui devient actif seulement au moment de la fermeture et de l'ouverture du circuit principal de la pile ; entre le courant principal et le dérivé il n'y a qu'un seul trajet commun, c'est le rhéostat. Il paraît donc que la résistance développe un courant d'induction, tant à la fermeture qu'à l'ouverture.

Cependant, il y a encore la possibilité d'une autre interprétation de cette expérience. En effet, on pourrait admettre qu'il existe dans la grenouille un fort courant propre, c'est-à-dire un courant résultant de courants musculaires et cutanés. Ce courant aurait une direction inverse au courant dérivé de la pile, et tant que la pile n'agit pas, ce courant propre inverse ne serait pas assez fort pour irriter la préparation de la grenouille, ou plutôt cette dernière ne serait pas assez excitable pour obéir à son propre courant. Mais, après avoir fait passer dans la grenouille le courant de la pile, son excitabilité serait augmentée par le courant inverse, comme il arrive pour les alternatives de Volta. Dans ce cas, l'ouverture de la pile en *A* ne serait pas pour la grenouille un retour à zéro, mais au-dessus de zéro, jusqu'à la hauteur de son courant propre, et cette oscillation pourrait devenir une cause d'irritation.

En parlant des détails de l'expérience suivante, nous répondrons à cette objection. En attendant, nous ferons

remarquer que l'expérience que nous venons de décrire nous a aussi réussi en renonçant à la forme unipolaire, c'est-à-dire en irritant seulement un bout du nerf sciatique coupé et soulevé dans l'air; le courant propre du fragment irrité du nerf sciatique, dans ce cas, est si faible, qu'il faut des grenouilles de la plus grande excitabilité, et non encore maltraitées par d'autres expériences, pour donner des signes d'irritation à la fermeture ou à l'ouverture de ce courant.

Nos grenouilles étaient bien loin d'être si excitables, ce dont nous nous sommes assuré par une expérience directe. Dans l'autre cuisse de notre grenouille, qui n'avait pas servi pour l'expérience que nous venons de décrire, et que nous avons détachée du reste du corps, nous avons plusieurs fois réuni le bout supérieur du nerf sciatique coupé avec la surface de la patte par un arc indifférent de fil de cuivre; jamais on n'a vu la moindre trace d'une irritation motrice. Remarquons que la peau de la patte était parfaitement intacte. Si donc le courant de la grenouille ne donne pas de contraction en passant par un arc de cuivre d'une petite longueur, il en donnera d'autant moins en passant par un rhéostat comme le nôtre, avec une résistance de 60 à 70,000 Ohm !

Il s'agit maintenant d'examiner, comme nous l'avons déjà indiqué, si l'induction dans le rhéostat, quand elle n'est pas produite par l'ouverture totale du courant, mais par les oscillations faibles que nous introduisons généralement dans les expériences physiologiques, si ce faible degré de courant induit suffit pour réagir sur un nerf de grenouille ou modifier les réactions qui ont lieu sous l'influence du courant primitif.

Expérience III

(Fig. 2.)

Nous avons pris deux cuisses d'une même grenouille, séparées l'une de l'autre, mais possédant toutes deux la région lombaire. L'une (*A*) est placée entre la pile et le rhéostat (*R*), tandis que l'autre est en communication seulement avec le rhéostat, de manière à avoir deux circuits, le premier formé par la cuisse *A*, le rhéostat *R* et la pile *P;* l'autre ou dérivé par la cuisse *B* et le rhéostat.

Ce circuit dérivé contient en outre un commutateur, et s'il est nécessaire, il est encore interrompu par un fil humecté de 15 centimètres de longueur, lié au bout du nerf de la cuisse *B* et communiquant avec le rhéophore.

Il s'agit de donner à ce circuit dérivé une très grande résistance par rapport au circuit principal, qui passe par le rhéostat; de cette manière, on peut même négliger la diminution de la résistance du circuit total, qui est produite par la fermeture du circuit dérivé.

Lorsque tout est préparé, on ouvre et on ferme le circuit dérivé par l'interrupteur. Chaque fermeture, et dans quelques cas aussi l'ouverture, déterminent une légère contraction dans la cuisse du courant dérivé, mais on voit très souvent, c'est-à-dire toujours (quand les rapports d'intensité des courants dans les différents circuits ont été rendus bien proportionnés), que la contrac-

tion de la cuisse *A* se montre accompagnée de la contraction de la cuisse *B*, qui se manifeste quelquefois seulement à l'ouverture.

Puisque la cuisse *B* est constamment parcourue par le courant entre la pile et le rhéostat, et que l'ouverture ou la fermeture ne se rapportent qu'au circuit dérivé, il faut que le courant dans le circuit principal ait été sujet à des oscillations alternativement positives et négatives pendant l'ouverture et la fermeture du circuit dérivé. Ces oscillations, à la rigueur, pourraient être dues à trois causes.

D'après ce qui précède, on y verra un effet de l'induction dans le rhéostat produit par les oscillations du courant qui sont déterminées par l'ouverture et la fermeture de la dérivation, et, s'il en est ainsi, il est prouvé ce que nous voulions, c'est-à-dire qu'une induction, si faible soit-elle, peut être produite par une dérivation d'une très forte résistance, et comme elle doit nous servir pour les courants unipolaires, peut déjà exercer une influence sur les contractions d'une grenouille.

Mais avant de conclure en faveur de l'induction, il faut encore prendre en considération deux autres possibilités :

1° Le courant dérivé conduit vers une grenouille excitable ; c'est-à-dire ce courant reçoit un corps qui pourrait agir en irritant l'autre préparation (*A*) qui se trouve avec elle en communication électrique. Mais nous avons déjà dit que nos grenouilles n'étaient pas très sensibles à l'action de leur courant propre, et dans le cas dont il s'agit, leur sensibilité est encore diminuée par deux conditions :

a) Par la préparation qui isole la colonne vertébrale avec les extrémités postérieures et divise ce reste de grenouille en deux moitiés, moyennant une section dans la ligne médiane;

b) Par la forme de l'arc, qui n'est pas un simple arc indifférent, mais constitué par deux fils métalliques, entre lesquels le rhéostat forme une espèce de pont, et dont l'un, avant d'arriver à la préparation *A*, se termine dans la pile, de sorte que le courant de l'autre préparation doit parcourir encore toute la résistance de la pile avant d'arriver au nerf de *A*. *A* ne recevrait donc qu'une fraction minimale du courant total de la préparation *B*, et les oscillations de ce courant pendant les irritations de *B* ne pourraient pas être considérées comme irritantes.

2° Une autre objection et plus importante, surtout parce qu'elle peut se rapporter à notre seconde expérience, est celle-ci :

Nous avons admis que le courant entre la pile et le rhéostat restait toujours le même s'il n'est pas influencé par une secousse d'induction. Cette manière de voir est peut-être pratiquement admissible, mais elle n'est pas strictement exacte, car en fermant le circuit dérivé de *B*, nous ouvrons au courant de la pile deux voies de communication : une par la résistance, l'autre par le circuit dérivé. La fermeture de l'interrupteur I pourrait donc, indépendamment d'une induction, être regardée comme une diminution de résistance dans le circuit, donc comme une augmentation du courant dans la pile, et cette augmentation, aussi bien que la diminution qui suit

l'ouverture de I, pourrait être rendue responsable de la contraction de *A*, qui est parcourue par le courant.

Cette manière de voir ne peut pas être maintenue. Faisons abstraction de ce que la résistance, dans le circuit dérivé qui conduit à la cuisse *B*, a été rendue très grande par rapport au circuit principal, de sorte que la fermeture de ce circuit ne peut diminuer la résistance totale que d'une quantité minimale; une quantité qui doit devenir infiniment petite pour une préparation de grenouille qui réagit à peine à la fermeture du courant total (toujours diminuée par la résistance du rhéostat).

Nous pouvons prouver *directement* que ce n'est pas la diminution de la résistance entre les deux pôles qui produit la contraction de *A*. Nous avons encore répété l'expérience qui vient d'être décrite en donnant au rhéostat seulement une résistance de 9000 Ohm; en diminuant convenablement le courant dans le circuit de *B*, nous avons eu très visiblement la contraction de *A*; ensuite, nous avons remplacé le rhéostat par un rhéostat liquide de la même résistance; c'était une solution de sulfate de zinc avec des électrodes de zinc amalgamé. Les résistances étant les mêmes, l'ouverture ou la fermeture de I auraient dû donner une contraction de *A* si la supposition dont nous venons de parler n'était pas sans fondement. Mais *A* est restée sans mouvement; donc, ce n'est pas l'addition ou la soustraction d'un circuit additionnel, mais bien une induction qui produit les oscillations du courant primitif dont nous avons démontré l'existence.

Ajoutons que nous avons répété l'expérience de la

deuxième série en substituant de la même manière au rhéostat métallique un rhéostat liquide de sulfate de zinc, dont la résistance électrique était exactement la même, et les contractions ne se sont pas montrées à l'ouverture de l'interrupteur I, ou ne se sont pas montrées plus énergiques à l'ouverture de *A* qu'à l'ouverture de *B*.

Il est donc démontré, par ce qui précède, que le rhéostat Siemens peut laisser (par des causes que nous n'avons pas encore pu déterminer) une petite trace fugitive d'induction qui peut induire en erreur dans les recherches délicates, avec des électroscopes qui jouissent d'une excitabilité exquise comme les grenouilles.

Il fallait donc, pour étudier l'effet de l'irritation unipolaire, et pour se procurer les courants très faibles et graduables dont on a besoin pour cette étude, il fallait, disons-nous, se servir d'une autre méthode que nous décrirons dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III

Le dispositif que nous avons appliqué pour avoir un courant dérivé variant dans les limites nécessaires est le suivant :

Il se compose d'une caisse en cristal longue de 16 centimètres, large de 5, et de 3 centimètres de hauteur. Sur un des côtés plus étroits nous avons fixé une monture en zinc amalgamé qui supporte une vis, à laquelle on applique un des fils conducteurs de la pile. Sur les bords parallèles des deux côtés plus longs, une autre monture, également en zinc amalgamé, glisse de manière à pouvoir l'approcher ou l'éloigner à volonté de la partie fixe. Les deux lames plongent dans une solution de sulfate de zinc au 60 %. La boîte en verre repose sur une planchette, sur laquelle est inscrite une table centimétrique qui correspond exactement à la longueur de la caisse en cristal. Un index fixé à la monture mobile marque toujours la distance existante entre les deux lames de zinc, et par conséquent la quantité de la résis-

tance employée. Toute la caisse remplie d'une solution de sulfate de zinc présente une résistance qui correspond à 40 Ohm ; donc, chaque centimètre équivaut à 2,66 Ohm. Quelquefois, cette résistance n'étant pas suffisante, on en a ajouté une autre pareille, et dans d'autres cas nous avons dû y joindre la résistance d'un rhéocorde de fils métalliques en forme de lyre, imaginé par Magnus, de Berlin [1].

Dans les expériences que nous allons décrire, l'animal était partout en contact avec un bon conducteur, de sorte que l'on pouvait supposer que les ramifications du pôle différent se rendaient uniformément par tous les points de la surface de l'animal ; ce bon conducteur était représenté par le mercure dans lequel plongeait au bord de la cuvette le fil métallique qui venait du rhéostat.

Nous nous sommes servi d'une petite cuvette, d'un diamètre beaucoup plus grand que la grenouille; le fil de l'électrode indifférente est fixé à un bord de la cuvette et plonge largement dans le mercure, tandis que la différente est immédiatement appliquée sur le nerf que l'on veut étudier.

On prépare la grenouille; on commence par détruire la moelle et le cerveau, afin d'abolir la sensibilité consciente, puis on découvre le nerf sur lequel on veut agir, sans l'élever au-dessus des muscles, en ayant soin de le toucher le moins possible, en conservant les rap-

[1] Nous aurions pu nous servir d'un rhéocorde graduable en fils de platine ou d'argentin, qui aurait présenté quelquefois des avantages. On aurait dû choisir le rhéocorde de Du Bois Reymond, mais la place nous a manqué pour bien manier un instrument si volumineux. Nous avons donc choisi un rhéostat liquide, qui est le plus commode.

ports anatomiques des organes environnants, sauf à enlever les muscles qui cachent le nerf. La grenouille nage librement dans le mercure à une distance convenable de l'électrode indifférente. Après on forme un circuit avec le rhéostat pendant que la pile n'est pas en communication avec ce dernier. Dans un point de ce circuit, l'on ouvre et l'on ferme alternativement pour examiner s'il n'y a pas de courant produit entre le mercure et les pôles, ou formé par le contact de la préparation de la grenouille. Ce courant existait surtout dans le cas où un liquide sanguinolent s'était écoulé de la plaie de la grenouille sur le mercure. Si un tel courant se manifestait par la moindre contraction de la grenouille, on avait hâte de sécher la surface du mercure, ou quelquefois on amalgamait à nouveau le fil qui formait l'électrode indifférente, et on ne fermait la pile que lorsqu'on était parfaitement sûr de l'absence complète de ces courants qui auraient pu troubler nos résultats. Lorsqu'on fermait la pile, un interrupteur était ouvert dans le circuit dérivé qui conduisait à la grenouille ; ensuite on fermait cet interrupteur pour examiner les contractions. Si ces dernières étaient plus que minimales, on affaiblissait le courant en diminuant le nombre des piles, ou en diminuant la résistance du rhéostat, jusqu'à ce que des contractions minimales, à peine visibles, eussent été obtenues. Il était pour nous indispensable d'obtenir des contractions minimales, car seulement, si le contact des pôles qui entrent dans le nerf avec toute leur densité produisaient des contractions à peine visibles, nous pouvions espérer que, abstraction faite de l'influence spécifique des pôles (sur laquelle nous reviendrons), la

sortie de l'électricité dans toute la surface du nerf ou de la préparation devait rester sans effet sur les contractions, et l'irritation observée pouvait être attribuée aux pôles et non à la direction du courant ou à un pôle opposé. En outre, pour être sûr que l'irritation se faisait seulement au point de contact du pôle différent, il ne nous était pas suffisant d'affaiblir la densité de l'autre pôle, car cet autre pôle pouvait encore, bien qu'affaibli, agir sur le nerf si, par hasard, pour sa sortie ou son entrée, un point du nerf fût plus excitable peut-être que celui qu'on choisit pour le contact du pôle différent, et nous aurions pu avoir de cette manière, malgré toutes les précautions prises, des courants bipolaires.

Pour écarter ce soupçon et bien étudier l'action irritante d'un seul pôle, nous avons dû choisir, pour le contact de ce pôle, le point le plus excitable du nerf découvert ; de sorte qu'un autre pôle qui se serait formé aurait trouvé, pour son entrée ou sa sortie, un point du tronc nerveux moins excitable, qui n'aurait pas même déterminé une contraction par le pôle différent, avec toute la densité du courant. On comprend que pour être sûr dans ces expériences, on a dû graduer encore une fois le courant après avoir trouvé le point le plus excitable du nerf; on a dû l'affaiblir jusqu'à un tel degré, que seulement le contact du point le plus excitable donnait une contraction minimale, pendant que les autres parties du même nerf ne pouvaient pas être excitées par un courant de la même densité et intensité.

C'est ainsi que nous étions sûr d'éviter toute irritation qui ne fût pas produite directement par le pôle différent et qui pût être attribuée ou à la direction du courant

ou à un autre pôle qui se fût formé dans une autre partie du nerf ou du muscle. Nous croyons que cette méthode est la seule qui soit sûre quand il s'agit d'isoler les effets d'un seul pôle pour les étudier au point de vue physiologique.

Il est évident que toutes ces précautions ne peuvent pas être mises à l'œuvre lorsqu'il s'agit de se servir de la méthode unipolaire dans un but thérapeutique, mais les expériences thérapeutiques, pour juger si elles ont à faire à une irritation plus ou moins unipolaire, doivent se baser beaucoup moins sur les précautions prises pour la manipulation que sur les connaissances physiologiques des effets unipolaires ; c'est cette connaissance même qui, jusqu'à ce jour, manque dans la science. Il s'agit donc pour nous, avant tout, de déterminer si, pour l'irritation unipolaire, il existe dans le trajet du nerf des points de différente excitabilité.

Quels sont les points où l'irritation est maximale, et dans le cas où le pôle positif et négatif possède des propriétés irritantes (ce qui reste encore à examiner), si les points les plus excitables qu'on aurait pu trouver pour le pôle négatif restent les mêmes lorsqu'on prendrait comme différent le pôle positif ?

CHAPITRE IV

Nous nous sommes servi surtout du nerf sciatique de la grenouille rousse (Rana temporaria, Linnée) ; dans quelques cas, nous avons pris des grenouilles vertes (Rana Æsculenta, Linnée), exceptionnellement même des crapauds (Bufo cinereus, Laurenti). Partout où l'espèce n'est pas spécialement indiquée, il s'agit de grenouilles rousses. On découvre le nerf sciatique seulement dans son parcours extra-vertébral, donc de la sortie du canal vertébral jusqu'à la fin du plexus lombaire, et du commencement du nerf sciatique proprement dit jusqu'au genou.

On sait que pour le courant bi-polaire, on a assigné aux différents points du nerf sciatique une excitabilité différente.

Kilian, dans Henle et Pfeuffer (Journal pour la médecine rationnelle, 1re série, volume VI, page 24), avait déjà observé que certains points du sciatique dans le voisinage des ramifications étaient plus excitables que le

reste. Budge (Rapports de Froriep, 1852, page 329) a trouvé, dans des grenouilles hibernantes, que, à mesure que l'on s'éloigne du muscle, le nerf se montre plus excitable pour des courants modérés, et que dans la substance même du muscle, l'excitabilité des nerfs intra-musculaires devient minimale.

Pflüger (Medicinische Central Zeitung, 1856, page 170) confirme les mêmes faits que Budge, en se servant d'une méthode qui parait être très rigoureuse.

Rosenthal (Journal de Moleschott, volume III, page 85) confirme, d'après une méthode nouvelle et d'accord avec Budge, que les ramifications intra-musculaires des nerfs sont beaucoup moins excitables que les troncs nerveux. Plus tard (Loco citato, Avril 1852), Budge a trouvé qu'il y a des exceptions à la règle qu'il venait de prononcer.

Les grenouilles, pendant l'hibernation, ont toujours montré l'excitabilité croissante à mesure que l'on s'approchait de la colonne vertébrale, mais après l'accouplement, il y a beaucoup de grenouilles chez lesquelles il y avait, pour les différents points du sciatique, des oscillations d'excitabilité ; des points très excitables étaient séparés par d'autres qui l'étaient moins, et la partie la plus excitable se trouvait un peu au-dessus du milieu du sciatique proprement dit. Ensuite Pflüger, dans son livre sur l'*Electrotonus*, confirme encore, par des expériences variées sur des grenouilles d'hiver et d'été pour le courant ascendant et descendant, la manière de voir originale de Budge. Enfin, dans ces derniers temps, Fleischl est arrivé, par des recherches qui paraissent être faites avec beaucoup d'exactitude, à un

résultat qui s'éloigne notablement de celui de Budge et Pflüger (Comptes rendus de l'Académie de Vienne, 1885). Il trouve que les trois divisions du sciatique, c'est-à-dire la racine, le plexus et le sciatique proprement dit, montrent tous les trois un maximum d'excitabilité pour le courant descendant quand on les irrite à leur point supérieur. Il y aurait donc, d'après cet auteur, pour le courant descendant, trois maxima et trois minima, et le minimum d'excitabilité pour le plexus serait immédiatement au-dessus du maximum d'excitabilité pour le sciatique proprement dit. En se servant du courant ascendant, Fleischl trouva (évidemment en désaccord avec Pflüger) qu'il y a aussi trois maxima, mais ces maxima sont situés à la partie inférieure de chaque division, pendant que la partie supérieure, qui est le maximum pour l'ascendant, serait le minimum en descendant. La partie moyenne de ces trois portions serait une espèce de point indifférent, où l'ascendant et le descendant donnent des contractions modérées.

On voit que ces résultats de Fleischl sont très intéressants, mais qu'il y a encore des recherches à faire pour concilier les résultats de Pflüger avec les faits décrits par Fleischl.

On comprend que toutes ces recherches étant faites avec le courant bipolaire, ne peuvent rien décider pour l'unipolaire, dont nous avons seulement à nous occuper ici. Mais les recherches dont nous venons de parler nous ont suggéré la question suivante : Y a-t-il pour un seul pôle des points d'excitation différents ? Les faits que nous allons relater y répondront.

CHAPITRE V

Les nerfs sur lesquels nous avons recherché les points plus excitables sont : le plexus lombaire, depuis sa sortie du canal rachidien, et le sciatique, jusqu'au genou. Pour l'extrémité antérieure, nous avons choisi le plexus brachial.

Pour faciliter nos recherches, nous avons supposé le plexus lombaire divisé en trois parties égales, le sciatique en quatre, et le plexus brachial en trois. La longueur de chaque nerf est le seul critérium que nous avons suivi dans cette hypothèse.

L'animal est préparé avec toutes les précautions indiquées plus haut. La grenouille flotte sur le mercure. Le plexus lombaire est découvert depuis la partie dorsale en excisant le coccyx et les masses musculaires latérales. Pendant l'expérience, la grenouille est placée de manière à ce que le plexus lombaire repose sur le contenu abdominal.

Les deux pôles de la pile vont au rhéostat. La résistance, au besoin, est augmentée par les moyens indiqués au chapitre précédent.

Comme il s'agissait d'obtenir une irritation minimale, le rhéostat, ordinairement, suffisait avec une très faible résistance. Les irritations, cependant, au début, étaient commencées par une résistance minimale, qui allait augmentant peu à peu.

Le nerf qu'on voulait examiner était touché par le pôle différent, sous forme d'un très mince fil métallique. On a renoncé aux électrodes impolarisables, parce qu'il s'agissait d'obtenir une action à peu près instantanée, et, seulement dans le cas où l'on voulait observer l'effet de l'ouverture, qui était nul dans la majorité des expériences, on a laissé persister pendant quelques moments l'action du courant.

Les électrodes impolarisables ne peuvent jamais toucher un seul point, petit et exactement délimité, aussi bien qu'un fil métallique de la grosseur d'une fraction de millimètre, et, comme on verra, ce sont de telles fractions qui, dans la longueur du nerf, produisaient quelquefois des différences assez considérables.

Nous commençons l'exposition de nos résultats par la fermeture avec le pôle négatif, car c'est cette fermeture qui nous a donné le plus souvent une contraction avec le courant le plus faible.

Dans le tableau synoptique ci-joint [1], on pourra voir, à côté du pôle négatif, les effets du pôle positif ; les deux observations ont toujours été prises, alternativement, sur le même nerf.

[1] Voir la planche n° 2.

Au début de nos recherches, nous avons voulu déterminer seulement un maximum d'excitabilité pour chaque nerf, et, dans ce but, nous avons fait une série de 34 expériences, dont voici les résultats :

I. Pôle négatif.

a) *Plexus lombaire.*

Maximum au 1er tiers, 15 fois sur 34.
» » 2me » 5 »
» » 3me » 14 »

b) *Nerf sciatique.*

Maximum au 1er quart, 32 fois sur 34.
» » 2me » 1 »
» » 4me » 1 fois sur 34 [1].

N. B. — Jamais le maximum ne s'est trouvé au 3me quart.

c) *Plexus brachial.*

Maximum au 1er tiers, celui qui est plus près de la moelle épinière, 34 fois sur 34.

[1] Il s'agissait ici probablement d'une de ces grenouilles dont l'excitabilité est près de s'éteindre. Dans nos expériences, nous n'avons pas tenu compte de ces grenouilles, car ce n'était pas dans notre intention de suivre les différentes phases de l'épuisement.

II. Pôle positif (différences remarquables.)

a) *Plexus lombaire.*

Maximum au 1er tiers, 13 fois sur 34.
» » 2me » 3 »
» » 3me » 18 »

b) *Nerf sciatique.*

Maximum au 1er quart, 30 fois sur 34.
» » 2me » 1 »
» » 4me » 3 »

c) *Plexus brachial* (même résultat que pour le pôle négatif.)

Maximum au 1er tiers, 34 fois sur 34.

Après cette série de 34 expériences[1] très concluantes, nous avons voulu chercher un nombre plus considérable de maxima, c'est-à-dire nous avons déterminé le maximum pour chaque division du nerf; nous avons donc d'abord déterminé le point qui donnait une contraction avec le minimum d'intensité; puis, augmentant graduellement la force du courant, nous avons déterminé le 2me maximum, ensuite le 3me et finalement le 4me; de la sorte, nous sommes arrivé à avoir 3 maxima pour le plexus lombaire, 4 pour le sciatique et 3 pour le plexus brachial.

[1] Ces 34 expériences se trouvent résumées en tête du tableau, car les détails nous auraient obligé à des répétitions inutiles.

Les chiffres arabes placés au-dessus des indications des contractions dans le tableau indiquent la proportion des intensités des courants mesurées par la longueur du rhéostat nécessaire pour avoir le minimum de contraction. Le chiffre 1 désigne la moindre intensité et par conséquent le point le plus excitable de toute la longueur du nerf, le plexus lombaire et le sciatique compris ensemble, et ainsi de suite jusqu'à 7, qui montre que l'intensité nécessaire pour y produire une contraction était la plus grande que nous ayons employée.

Sur 60 expériences, nous avons eu :

I. Pôle négatif.

a) *Plexus lombaire.*

Maximum au 1er tiers, 38 fois sur 60.
» » 2me » 11 »
» » 3me » 11 »

b) *Nerf sciatique.*

Maximum au 1er quart, 55 fois sur 60.
» » 2me » 2 »
» » 4me » 3 »

c) *Nerf brachial.*

Maximum au 1er tiers, 60 fois 60.

N. B. — Le 2me tiers donnait ensuite, puis le 3me tiers. Donc, dans ce plexus, l'excitabilité décroissait à mesure qu'on s'éloignait de la colonne vertébrale.

II. Pôle positif.

a) *Plexus lombaire.*

Maximum	au	1er tiers,	48	fois sur 60.
»	»	2me »	5	»
»	»	3me »	7	»

b) *Nerf sciatique.*

Maximum	au	1er quart,	57	fois sur 60.
»	»	2me »	1	»
»	»	4me »	2	»

c) *Plexus brachial.*

Cette fois a montré une exception, puisque sur 60 fois, le maximum s'est trouvé 59 fois sur le 1er tiers à la sortie du canal rachidien et 1 fois sur le 2me tiers. Mais en cherchant la cause possible de cette exception, nous nous sommes aperçu qu'au niveau du 2me tiers et précisément sur le point qui présentait le maximum d'excitabilité, le nerf avait été lésé pendant la préparation.

A présent, si nous voulions tirer quelques conclusions de cette série d'expériences, nous pourrions les formuler ainsi :

1° *Le point le plus excitable dans un nerf est, en général, plus près de son origine, que le nerf soit irrité par le pôle négatif ou par le positif.*

Cette loi, toujours constante pour le plexus brachial, l'est moins pour le plexus lombaire et le nerf sciatique.

2° *L'excitabilité d'un nerf ne décroît pas rigoureusement à mesure que l'on s'éloigne du point de son origine,* car entre les deux points extrêmes, l'origine et la terminaison, on trouve une quantité d'oscillations dans l'excitabilité.

Si l'on considère séparément le plexus lombaire et le sciatique, nous voyons encore, avec peu d'exceptions, que le point le plus près de l'origine est le plus excitable, mais on ne trouve pas une décroissance régulière à mesure qu'on s'approche de la périphérie [1].

Tout ce qui précède se rapporte naturellement au courant unipolaire, tel que nous l'avons appliqué. Si nous comparons maintenant les résultats obtenus par les auteurs qui ont examiné l'excitabilité des différents points par le courant bipolaire, nous trouvons des différences et des analogies. Nos résultats paraissent s'approcher beaucoup de ceux qui ont été publiés par Pflüger (Recherches sur l'Electrotonus, Berlin, 1859), qui dit avoir trouvé, en général, qu'un courant bipolaire faible produit des contractions d'autant plus intenses que l'on s'approche de l'origine du nerf. Nous pouvons même dire que, si l'on divise la longueur totale du sciatique en quelques grandes portions, on peut trouver pour l'unipolaire dans chaque portion un point qui est plus excitable que les points des portions périphériques, et en même temps moins excitable que les points des portions plus centrales.

Mais dès que l'on divise le nerf en des portions plus petites et, plus encore, si on suit point par point toute

[1] Cette décroissance régulière n'a été constatée que pour le plexus brachial.

la longueur du nerf avec un courant unipolaire très modéré, on trouve que des points plus excitables encore existent, et, avec eux, d'autres qui ne le sont pas du tout. Si on veut procéder à un tel examen sans perdre la certitude d'avoir à faire à une irritation vraiment unipolaire, il faut que l'intensité du courant ne soit pas de beaucoup supérieure au minimum, pour que, si on se trouve avec un pôle sur un point moins excitable, une fraction du courant qui pourrait, en quittant le nerf, se communiquer aux points d'une plus grande excitabilité, ne puisse pas nous induire en erreur en excitant ces derniers points.

Quant aux résultats obtenus pour le courant bipolaire par Fleischl (Comptes rendus de la Société de Vienne, 1885-86), nous trouvons que l'effet du courant unipolaire rappelle, sous beaucoup de points de vue, ces résultats. On se souvient que Fleischl admet que le nerf sciatique de la grenouille est composé de trois portions, dont chacune a son maximum et son minimum d'excitabilité ; pour le courant descendant, le maximum se trouverait à la partie la plus centrale, le minimum dans le point le plus périphérique, et, entre ces deux points, il y aurait une série d'autres points intermédiaires. Nous aussi, nous trouvons pour l'unipolaire, en ne considérant que les portions extra-rachidiennes du nerf sciatique, que le plus souvent ces deux portions possèdent un maximum dans la partie la plus centrale et le minimum dans la partie la plus périphérique ; mais entre ces deux points, nous ne trouvons pas toujours une série régulière d'accroissement ou de décroissance. Le minimum pour le sciatique n'est pas constamment à

son extrémité inférieure, car le 3me quart est moins excitable que le 4me. Fleischl ne dit pas d'une manière définitive qu'il ait trouvé le maximum, pour le sciatique, plus fort ou plus faible que le maximum du plexus lombaire. Nous trouvons, pour l'unipolaire, que le maximum pour le plexus donne, en général, une plus forte contraction que le maximum pour le sciatique, et, à ce point de vue, nos résultats rappelleraient plutôt ceux de Pflüger.

En résumé, nous ne pouvons pas dire d'avoir trouvé une analogie complète, ni même très approximative, entre les faits que la science possède sur les points les plus excitables du sciatique pour le courant bipolaire, et ce que nous avons trouvé pour l'unipolaire (et nous pourrions dire, pour ce dernier, ce que Budge avait dit autrefois pour le bipolaire) que, « dans la grenouille normale, les points les plus excitables alternent dans la longueur du nerf, sans que l'on puisse encore reconnaître une régularité dans leur distribution. »

Mais l'essentiel pour nous est d'avoir prouvé que ces points les plus excitables *existent,* et que l'on peut toujours facilement trouver le point de la plus haute excitabilité, car la connaissance de ces points nous est nécessaire pour aborder notre sujet principal, c'est-à-dire l'étude de la contraction unipolaire. Mais avant que nous nous occupions de cela, nous voulons insister sur un autre fait qui résulte de notre tableau, c'est que les maxima pour le pôle positif sont à peu près dans les mêmes points du nerf que les maxima du négatif.

Si on admet l'analogie du courant unipolaire et bipolaire, on devrait, d'après les résultats qui ont été obte-

nus, surtout par Fleischl, et ceux que Hermann avait déjà communiqués antérieurement dans des mémoires imprimés dans les *Archives* de Pflüger, on devrait, disons-nous, s'attendre justement au contraire. Ces auteurs trouvent en effet que les maxima d'excitabilité pour le courant ascendant ne sont pas les mêmes que pour le courant descendant, que ces maxima se trouvent à l'extrémité opposée de la portion nerveuse ; le sciatique serait plus excitable par l'ascendant à son extrémité périphérique et à sa moitié inférieure, tandis que dans la moitié supérieure, le courant descendant serait prédominant et, dans le milieu du nerf, il y aurait un point d'indifférence où les deux courants agiraient également. Si on suppose que, dans le courant ascendant, le pôle positif fonctionne comme pôle déterminant, si on avait le droit de le supposer, on devrait être bien étonné de voir que, pour le courant unipolaire, le maximum d'excitabilité du positif est exactement au point où se trouve le maximum pour le négatif. Mais ajoutons ici, ce qui n'est pas exprimé dans le tableau, que pour avoir une contraction minimale par le positif, il faut, en général, se servir d'une intensité du courant plus grande, et quelquefois même beaucoup plus grande ; mais à cette règle, comme nous le verrons, il y a des exceptions.

CHAPITRE VI

Les détails sur lesquels nous appuyons nos conclusions relativement à la loi des contractions sont déjà, en grande partie, contenus dans le tableau que nous avons donné au chapitre précédent. Il faut avouer que nos résultats sont encore très incomplets, parce que nous n'avons pu examiner que des intensités extrêmement faibles des courants. Nous voulions, avant tout, être bien sûr de nous servir d'une irritation purement unipolaire, et nous n'avons pas risqué d'employer des courants qui eussent pu irriter l'un ou l'autre point excitable du nerf par la sortie du courant quand nous voulions en examiner l'entrée, et vice-versâ. Nous demandons, pour le moment, de renoncer à comparer des courants d'intensité très différente ; d'ailleurs, nous n'avons pas ou presque pas appliqué le courant sur les points moins excitables du nerf où l'on devait se servir d'une intensité qui surpassât déjà les limites qui nous étaient posées par la crainte que ces courants, sortant du nerf par

un autre point plus excitable, eussent pu produire une contraction par cette sortie que nous aurions pu attribuer à l'entrée, et on verra, par l'exposition de nos résultats, que cette crainte est bien justifiée par les faits.

Il importe, avant tout, d'établir *qu'un courant unipolaire peut irriter le nerf moteur,* proposition qui, à ce qu'il nous paraît, n'a pas encore été prouvée d'une manière rigoureuse et à l'abri de toute objection par aucun de nos prédécesseurs.

L'irritation unipolaire existe tout à fait indépendamment de la direction qu'un courant peut prendre dans le nerf. Cette proposition est prouvée par la méthode d'expérimentation que nous avons déjà en partie exposée plus haut. Après avoir acquis la connaissance du point le plus excitable du nerf découvert, nous avons touché ce point avec le pôle négatif, en ayant soin de choisir l'intensité la plus faible qui pouvait encore donner une contraction visible à l'œil. C'était, en général, des contractions des doigts pour l'irritation du nerf sciatique proprement dit, pendant que l'irritation du plexus donnait lieu à des contractions d'aspect fibrillaire dans différentes parties de l'extrémité, selon que le point irrité intéressait plutôt la première, la deuxième ou la troisième des racines. Si l'on touchait, avec l'électrode, deux racines en même temps, en poussant la pointe dans le sillon, les contractions étaient plus étendues.

Le même courant, appliqué à tout autre point du nerf, ne donnait *aucune* contraction. La contraction n'est donc pas produite par une irradiation du courant sur un autre point; elle n'est pas produite par le pôle op-

posé, dont la densité, à chaque point de son entrée dans le nerf, devait être infiniment petite, quoiqu'on peut regarder la couche du mercure comme représentant l'électrode positive. Un courant positif correspondant au négatif que nous avons employé comme différent devait donc entrer dans l'animal dans tous les points où il est en contact avec le mercure et entrer dans le nerf par tous les points de sa longueur exposée qui était encore en contact avec le reste de l'animal. Cette surface peut être considérée comme infinie par rapport à la petite surface du nerf que nous touchons avec le pôle différent. La densité avec laquelle entrait le pôle opposé devait donc être infiniment petite. Si la densité entière réunie dans un seul point se montrait insuffisante pour irriter un point quelconque du nerf, cette densité, infiniment réduite, peut encore moins être considérée comme irritante. L'irritation se fait donc par le pôle négatif seul. Elle est donc en effet unipolaire. On voit, par notre exposé historique, que les différents éléments d'argumentation avaient manqué à tous ceux qui se sont occupés jusque-là d'irritations unipolaires, car ils n'ont pas cherché et choisi, pour l'application, le point le plus excitable du nerf, et ils n'ont pas pu se servir du courant affaibli à tel degré qu'ils ne pussent irriter que ce seul point dans toute la longueur extra-vertébrale du nerf moteur. Leurs expériences devaient donc laisser toujours des soupçons dont les nôtres sont complètement exemptes. *L'irritation,* nous le répétons, *est indépendante de la direction du courant.* L'électrode positive, c'est-à-dire le mercure, entoure tout l'animal ; le courant négatif, lorsque le circuit est formé par le contact

du nerf, doit donc aller vers le pôle positif dans *toutes* les directions à la fois. Nous ne prétendons pas que l'intensité soit toujours la même dans toutes les directions, car nous savons que les résistances doivent être différentes dans les différentes directions, non seulement parce que la longueur du chemin à travers du conducteur animal très résistant n'est pas partout la même et présente des différences en comparaison desquelles les petites différences à parcourir sur la surface du mercure sont tout à fait négligeables, mais aussi parce que nous savons, par les recherches de Hermann (voir les mémoires dans les Archives de Pflüger, tome V et suivants), que les muscles et les nerfs offrent moins de résistance à la transmission de l'électricité dans le sens de leur longueur que dans celui de leur largeur.

L'irradiation de notre pôle positif se fera donc en grande partie longitudinalement dans le nerf, mais nous ne pouvons pas admettre que l'irradiation transversale et dans le sens de la profondeur se fasse seulement selon les rapports de leur conductibilité comparée à la conductibilité dans le sens axial. L'irritation latérale dans la profondeur doit être plus grande qu'il ne résulterait des résistances isolées du nerf et des muscles, parce que le chemin total du pôle négatif vers le mercure est beaucoup moins long et moins résistant dans le sens latéral et dans la profondeur que dans le sens longitudinal.

De cette condition résulte une irradiation dans tous les sens dont les facteurs, très compliqués, ne peuvent pas être soumis au calcul, mais qui pourrait s'approcher d'une égalité dans toutes les directions

quand nous avons irrité le deuxième et le troisième point, plus excitables, pendant que pour le premier point, près de la colonne vertébrale, une propagation centrifuge du courant est peut-être plus favorisée qu'une transmission centripète.

C'est un fait très important que le pôle positif, appliqué comme différent sur le point le plus excitable du nerf, peut aussi, dans beaucoup de cas, provoquer des mouvements, ce qui est contraire à la théorie, généralement admise, que le pôle positif agisse seulement comme antagoniste du négatif, et qu'il ne puisse jamais être irritant, mais fonctionner seulement pour neutraliser l'irritation du négatif. Nous admettons que le pôle positif et le négatif peuvent irriter tous deux, mais les deux irritations ne se font pas par des changements identiques, mais par des mouvements moléculaires différents et, sous un certain rapport, opposés les uns aux autres. C'est ainsi que le pôle positif peut détruire ou contrebalancer l'irritation produite par le pôle négatif. Quant à la physionomie de la contraction produite par un irritant minimum du pôle positif, elle ne nous a montré aucune différence caractéristique des contractions produites par le pôle négatif. Dans la plus grande partie des grenouilles, l'intensité de l'irritation négative nécessaire pour produire un minimum de contraction était de beaucoup inférieure à l'intensité exigée pour le pôle positif, de sorte que, *quelquefois,* nous pourrions douter d'avoir à faire à une contraction unipolaire avec le positif, et nous n'aurions pas encore osé, contrairement à tant de données qui existent dans la science, attribuer au pôle positif une propriété irritante pour les

nerfs moteurs si nous n'avions pas observé les faits suivants :

Sur 94 expériences que nous avons faites sur des grenouilles, il résulte que :

Onze fois le pôle positif a été plus efficace que le négatif et les différences d'intensité ont été les suivantes :

1. 3 centimètres de la résistance liquide
2. 10 » » » »
3. 15 » » » »
4. 7 » » » »
5. 14 » » » »
6. 14 » » » »
7. 6 » » » »
8. 1 » » » »
9. 2 » » » »
10. 1 » » » »
11. 2 » » » »

c'est-à-dire qu'il aurait fallu augmenter de 3, 10, 15, etc. centimètres la conductibilité du pont pour obtenir une contraction minimale de la même intensité avec le pôle négatif, appliqué sur le point le plus excitable [1].

En vue de ces faits, il n'est plus permis d'attribuer à quelques points négatifs cachés la contraction produite

[1] Dans les onze cas que nous considérons comme exceptionnels, le plexus brachial s'est comporté comme le plexus lombaire et le nerf sciatique.

Les grenouilles qui nous ont servi pour nos expériences étaient toutes des grenouilles d'hiver. M. le Professeur Schiff nous a obligeamment communiqué que pendant son séjour à Florence il a obtenu une fois le même résultat, c'est-à-dire que l'irritation faite avec le pôle positif était beaucoup plus efficace que celle qui était faite par le pôle négatif; et dans son cas les grenouilles étaient toutes des grenouilles hibernantes.

par le contact du pôle positif, et pour conclure nous pouvons dire :

1° *Que les points les plus excitables sont sensiblement les mêmes pour le pôle négatif et le pôle positif.*

Ce fait que nous avons recherché et observé avec beaucoup de soin (nous avions *à priori* supposé le contraire) augmente de beaucoup la valeur de nos observations sur la propriété irritante du pôle positif.

2° *Les contractions ont lieu, en général, exlusivement au moment de la fermeture du courant.*

Dans la grande majorité des cas, il n'y a pas de contraction d'ouverture, qui manque peut-être toujours dans l'état pleinement physiologique du nerf.

Nous aurions désiré voir si l'irritation unipolaire produit dans le nerf coupé une variation négative de son courant, ou dans le nerf non coupé, ce qu'on appelle « un courant d'activité. » Un tel effet électro-moteur existe avec la plus grande probabilité, mais la recherche expérimentale en est trop compliquée, et nous avons dû y renoncer.

CHAPITRE VII

Les exceptions que nous avons relatées dans le chapitre précédent se rapportant à l'influence irritante du pôle positif, qui, sur 94 fois, s'est montré 11 fois plus efficace que le pôle négatif, ont fait naître en nous l'idée de déterminer d'une manière plus nette et plus définie l'action respective des deux pôles.

Dans ce but, nous avons fait vingt expériences, et voici comment nous y avons procédé :

Après avoir trouvé le point d'excitabilité maximale, nous avons placé sur le nerf, et un peu au-dessous de ce point, un petit morceau de sel marin. Au bout de quelques minutes, des petits mouvements se sont manifestés dans toute la patte de grenouille soumise à cette expérience.

Ces mouvements, qui débutaient aux extrémités des doigts et étaient d'abord rares et isolés, devenaient plus fréquents et plus énergiques. On aurait supposé que la patte toute entière était en proie à des convulsions.

Avant d'attendre que ces contractions fussent trop fortes, on a appliqué l'électrode différente en irritant le nerf tantôt avec le pôle positif, tantôt avec le négatif, car un commutateur intercalé entre le rhéostat et la grenouille nous permettait d'employer l'un ou l'autre des deux pôles et toujours unipolairement, soit à la fermeture, soit à l'ouverture.

Dans les vingt expériences nous avons vu que 18 fois *le pôle positif à la fermeture diminuait et quelquefois même abolissait complètement les contractions d'origine chimique,* tandis que l'ouverture suivante les faisait reparaître, quoiqu'un peu affaiblies. Deux autres fois ce même pôle est resté complètement inactif, ou plutôt n'a pas produit de modifications qui fussent visibles à l'œil.

Le pôle négatif, au contraire, à sa fermeture a montré *une augmentation bien marquée* des contractions préexistantes de la patte, de sorte même que ces contractions, après la fermeture du pôle négatif, avaient lieu dans des endroits qui n'en montraient pas avant. L'ouverture de ce même pôle négatif diminuait graduellement la hauteur de ces contractions jusqu'à ce qu'elles fussent redevenues tout à fait normales.

Seulement, chose remarquable, pendant que l'action du pôle positif a toujours été rapide et instantanée, de manière à abolir instantanément les contractions, celle du pôle négatif a toujours été lente et tardive.

Ces expériences ont été répétées après avoir remplacé les irritations chimiques du sel par un courant d'induction, et elles ont donné un résultat tout à fait identique au précédent.

D'où nous concluons que, des deux pôles, *c'est bien le négatif qui est le plus actif,* tandis que *le positif possède plutôt une action antagoniste de celle du négatif.* Du reste, ces faits s'accordent parfaitement avec les résultats obtenus par Pflüger et ses successeurs, qui attribuaient au pôle négatif et à l'électrotonus, qui en dépend, une influence qui augmente l'excitation, tandis qu'ils attribuaient au pôle positif et à l'anélectrotonus une action qui interfère avec l'effet des irritations, et qui déprime l'excitabilité du nerf.

Bien que, comme nous l'avons déjà dit, nous ne puissions pas adopter cette manière de voir dans toute son étendue, il est important que nous ayons pu confirmer pour l'irritation unipolaire les faits qu'un grand nombre d'observateurs ont déjà observés dans l'irritation bipolaire.

Il est très remarquable que dans deux de nos grenouilles, chez lesquelles l'action irritante du pôle positif était de beaucoup prévalente sur celle du pôle négatif, où l'on devait augmenter de beaucoup le courant pour avoir, pour le pôle négatif (appliqué au point le plus excitable), les mêmes contractions que donnait le pôle positif avec un courant extrêmement faible, l'application du pôle positif, après la première contraction de fermeture, *diminuait* les contractions obtenues par le sel appliqué à la partie périphérique du nerf sciatique, contractions qui augmentaient de nouveau après l'ouverture, pendant que le pôle négatif (incapable de produire une contraction de fermeture) augmentait, après la fermeture, les contractions produites par le sel.

On voit donc que le pôle positif même, s'il n'est pas « déprimant », peut avoir une action neutralisante ou

déprimante, une irritation d'une autre nature, à laquelle le nerf est soumis avant et pendant le passage du courant unipolaire.

Nous n'avons pas examiné l'influence déprimante du pôle positif dans la partie centrale du nerf, c'est-à-dire entre la colonne vertébrale et le point le plus excitable.

APPENDICE

L'application du courant unipolaire a été, dans ces derniers temps, recommandée des médecins dans un but thérapeutique ou de diagnostic. Sous ce rapport, nous n'entrerons pas dans des détails, nous ne parlerons pas même des particularités des méthodes que l'on a conseillé pour conserver au courant son caractère unipolaire. De notre point de vue, nous nous tenons strictement à des indications de caractère général et à des réflexions critiques qui nous sont inspirées par les faits observés.

Nous nous demandons donc en première ligne : Est-ce que le courant unipolaire, s'il était possible de l'appliquer rigoureusement aux malades, offrirait un avantage particulier en comparaison avec le courant bipolaire d'égale intensité ?

M. le professeur Schiff a eu l'extrême obligeance de nous communiquer les résultats d'une série d'expériences qu'il a faites sur des grenouilles, dans le but de résoudre d'une manière générale la question que nous venons de poser. Le plan de ces expériences est le suivant :

Une grenouille, dont les centres nerveux étaient détruits, était disposée sur le mercure comme dans les expériences que nous avons décrites plus haut, le nerf sciatique étant découvert dans toute sa longueur par l'écartement, et en partie par l'excision des muscles qui le couvrait. Un fil de fer pointu correspondant au pôle positif était fixé dans le mercure. L'aiguille de fer en dehors du mercure était liée au fil de cuivre qui venait de la résistance. L'autre fil représentant le pôle négatif était aplati à son bout, qui formait une lame triangulaire. La base de ce triangle, c'est-à-dire l'extrémité du fil était large de 3 à 4 millimètres et coupée obliquement, de sorte qu'on pouvait toucher le nerf, ou avec toute la base, c'est-à-dire produire un contact de 4 millimètres, ou en tournant le fil de 80°, seulement avec la pointe qui n'avait comme largeur qu'une petite fraction de millimètre. En se servant d'un courant très faible, on touchait d'abord le nerf avec la pointe pour chercher le point le plus excitable, en modifiant le courant jusqu'à ce que ce point ne donnât qu'une trace extrêmement faible de contraction. Les points immédiatement au-dessus ne donnaient, avec la pointe et avec ce courant, aucune contraction. On touchait ensuite le nerf avec toute la longueur de l'extrémité du pôle, c'est-à-dire dans une étendue de 3 à 4 millimètres, en ayant soin

de comprendre dans la partie la plus centrale le point le plus excitable, et la fermeture du courant donnait des contractions beaucoup plus fortes, quelquefois même excessives.

Jusque-là l'expérience ne nous révèle rien de nouveau. On peut discuter sur la cause de l'augmentation de contraction par le long contact. On sait surtout, par les expériences qui ont été faites par l'Ecole italienne [1] au siècle passé et qui ont été complétées par Du Bois Reymond [2] par rapport aux effets électriques de l'irritation, que l'excitation d'un long trajet du nerf est plus active, étant localement très limitée.

Ceci pourrait s'appliquer à cette expérience, malgré que la densité du courant ait dû diminuer avec le contact plus étendu.

Il est vrai que dans le bout de cuivre les résistances doivent diminuer si le contact ne se fait pas par une pointe très aiguë, mais par une extrémité considérablement plus large. Aussi ces différences, qui ne peuvent pas être grandes, peuvent à peine rendre compte de la

[1] Volta, dans *Pfaff in gehler physikalischem Wœrsterbuche,* vol. IV, II[me] division, page 759.

Dans les recherches propres de Pfaff, *In Ueber thierische Elektricitæt und Reizbarkeit,* pages 24, 72, 223 et 310.

Dans Humboldt, *In gereizte Muskel und Nerven-faser.* Posen, 1797, vol. I, page 209.

Ritter, *Beweis dass ein bestandiger galvanismus,* page 28 et *Beitrœge,* vol. I, page 133.

Guerard, dans l'*Institut,* vol. X, page 426, 1842.

Matteucci, *Bibliothèque universelle,* vol. XVIII, page 357, et *Essai sur l'électricité animale,* page 6.

[2] Du Bois Reymond, *Thierische Elektricitæt,* vol. II, page 337 et 459.

*

grande différence dans l'étendue et la densité des contractions.

Après avoir démontré que dans ces conditions les contractions augmentent si la partie irritée unipolairement du nerf s'étend jusqu'à la longueur de 3 ou 4 millimètres, quoique cette longueur comprenne des parties du nerf qui ne répondent pas à l'irritation punctiforme, on retire l'aiguille de fer du mercure, on remet la pointe de l'électrode négative sur le point le plus excitable ; on met ensuite la pointe positive sur le même nerf périphériquement à une distance de 3 millimètres ; on met entre la résistance principale et le pôle positif du circuit dérivé qui donne au courant (qui doit maintenant devenir bipolaire) à peu près la même intensité que possédait le courant unipolaire ; on ferme l'interrupteur et il n'y a pas de trace de contraction. On retourne au courant unipolaire avec la pointe comme électrode, et des contractions faibles apparaissent à la fermeture. Les mêmes expériences ont été faites aussi dans l'ordre inverse ; on a augmenté d'abord le courant bipolaire jusqu'à l'apparition de très faibles contractions ; on a examiné plusieurs fois, à intervalles différents, si ces contractions se montrent constamment à la fermeture ; ensuite, on a pris un courant unipolaire même un peu plus faible avec la pointe comme électrode, et les contractions sont devenues visibles, quelquefois même très fortes.

On a pris, au lieu des électrodes en fer, des électrodes en cuivre de la même forme, et les phénomènes étaient les mêmes.

Dans ces recherches, l'intensité des courants employés

comparativement était la même ou même plus forte pour le courant bipolaire; la densité des courants négatifs agissant seulement par la pointe sur le point le plus excitable était identique, et néanmoins le courant unipolaire s'est montré beaucoup plus actif que le courant bipolaire. Souvent on alternait beaucoup de fois entre l'unipolaire et le bipolaire, et toujours ce dernier montrait une contraction très faible ou nulle, intercalée entre deux contractions relativement fortes par le courant unipolaire. Enfin, on a fait quelques expériences sur le plexus lombaire, qui donnaient les mêmes résultats. Dans le cas où l'irritation unipolaire par le positif donne une plus forte contraction que par le négatif, pourvu que la différence entre les deux pôles ne soit pas trop considérable, on peut prouver, de la même manière, que la contraction faible ou modérée, quand on fait entrer dans le nerf le courant unipolaire positif, devient nulle ou presque imperceptible si on ferme sur le nerf les deux courants à 3 ou 4 millimètres de distance. Dans ce cas, on a donc fait cesser les contractions du positif en limitant son action par le voisinage du négatif. Le négatif, dans ce cas, est toujours plus périphérique, le positif toujours plus central. Cette expérience montre d'une manière très frappante que les deux courants peuvent limiter mutuellement leur action, et que ce n'est pas absolument et exclusivement le positif qui peut diminuer l'état d'irritation du nerf. Si nous ne nous trompons pas, des faits analogues existent déjà pour le courant bipolaire.

Si l'on cherchait à avoir des contractions égales par les

deux courants, il fallait toujours augmenter considérablement l'intensité du courant bipolaire.

Il est donc évident que le *courant unipolaire*, agissant directement sur le nerf *est*, contrairement à ce qu'on avait supposé *à priori, beaucoup plus actif que le courant bipolaire*[1], qu'il devient déjà un irritant avec une intensité avec laquelle un courant unipolaire ne produit pas de trace d'excitation, et ces faits, conjointement aux résultats déposés dans les chapitres précédents, pourront assurer au courant unipolaire une application prévalente dans la pratique médicale si l'on a trouvé une bonne méthode pour la production de ce courant.

Le fait que le courant unipolaire est plus actif du bipolaire n'a pas échappé à la perspicacité de beaucoup de médecins qui en ont préconisé, dans ces derniers temps, d'après l'initiative prise par Brenner, l'application dans l'électrothérapie. Mais les méthodes, dans ces essais thérapeutiques, ne pouvaient pas garantir la vérité de cette assertion qui, maintenant pour la première fois, se trouve appuyée par les expériences que nous avons relatées sur une base expérimentale plus solide.

La prévalence du courant unipolaire sur le bipolaire est très facile à expliquer si nous admettons que dans le courant bipolaire le pôle positif, qui se trouve dans le voisinage du négatif, peut toujours neutraliser une partie de l'influence de ce dernier. Puisque nous savons que ce que l'on appelle électrotonus, où les actions électrotoniques diminuent rapidement à mesure qu'on s'éloigne

[1] Cette conclusion ne se rapporte naturellement pas au courant bipolaire comme il est employé ordinairement en physiologie, où le nerf coupé et isolé constitue la seule communication entre les deux pôles de la pile.

du pôle positif ou négatif, le pôle positif dans la méthode unipolaire doit beaucoup moins neutraliser l'action du négatif pour deux raisons : d'abord parce qu'il est plus éloigné, et ensuite parce qu'il entre dans le nerf dans tous les points de sa longueur qui sont en contact avec le reste du corps, et que, par conséquent, il possède dans tous les points une densité infiniment petite.

L'unipolaire négatif doit donc pouvoir déployer librement son action irritante, et ensuite son action augmentante sur l'excitabilité du nerf. L'unipolaire positif appliqué par exemple contre les névralgies, doit beaucoup plus librement produire la dépression de la sensibilité que si dans le voisinage il y avait un pôle négatif qui entrât dans le nerf avec la même intensité, comme cela a lieu dans l'application bipolaire.

Mais peut-on réellement appliquer chez l'homme un courant unipolaire dans le vrai sens de cette expression et comme nous l'avons défini dans l'introduction ?

Nous regrettons beaucoup de devoir répondre à cette question très importante qu'il nous paraît impossible d'appliquer chez l'homme vivant, sans toucher directement le nerf, un courant unipolaire qui réunît tous les avantages que l'expérience physiologique paraît nous promettre.

Il faut convenir que les médecins ont fait tout ce qui leur était possible pour s'approcher des conditions de l'unipolarité, mais il paraît être dans la nature de l'objet que l'approximation ne serait qu'imparfaite.

Maintenant, pour terminer, une dernière question se

présente, c'est de savoir quelle est la meilleure méthode unipolaire employée jusqu'à présent.

Le professeur Erb, dans son *Traité d'électrothérapie*, édition française traduite sur l'édition allemande par le Dr Rueff, page 73, en parlant de la méthode unipolaire, dit :

« ... Nous ne pouvons d'aucune façon établir une « action polaire *tout à fait isolée* dans aucun nerf; si le « courant pénètre quelque part (si par conséquent l'anode « se trouve sur un point du nerf), il faut qu'il ressorte « à quelque autre place et peut-être sur plusieurs points; « il doit nécessairement avoir une cathode, et ce seront « uniquement les différentes densités de ces fils du cou- « rant de sortie qui détermineront l'efficacité et la forme « de ce deuxième pôle virtuel. Bien plus, un examen sché- « matique plus exact, et un regard jeté sur la figure 17 « ci-jointe (figure du texte) nous apprennent que, vu les « conditions de conductibilité existant dans un corps intact, « *chaque* pôle placé isolément sur le nerf doit avoir « nécessairement, non seulement *un*, mais encore *deux* « pôles opposés dans son voisinage immédiat. Si le cou- « rant traverse l'anode avec une certaine densité, les fils « du courant se répandront dans les deux directions du « nerf avec une densité décroissante; là où cette densité « est devenue assez faible pour que le courant soit « inerte (et tel est assurément le cas à une assez grande « proximité de l'anode), nous pouvons y transporter « l'espace d'où sort le courant, c'est-à-dire la cathode. « Chaque anode est donc entourée de deux cathodes, « *dont la densité* est bien moindre, et tout le contraire

« arrive quand nous appliquons sur le nerf la cathode « isolée. Nous devons donc nous attendre, dans toutes « les circonstances, à trouver dans cette méthode d'ap- « plication, à côté de l'action du pôle directement « appliqué, encore une autre action (il est vrai très « affaiblie) du pôle opposé ».

On voit que Erb avoue lui-même, et il démontre par ses figures schématiques, qu'on ne peut jamais donner par la méthode unipolaire un vrai courant unipolaire, mais qu'il s'agit là de plus ou moins d'action entre les deux pôles. Cette concession de Erb nous dispense d'insister plus longuement sur ces points, et puisque l'autre méthode[1] dans le bain ne donne pas de résultat meilleur, nous pourrions terminer ici ce travail dans l'espoir qu'il réussira peut-être à un médecin ingénieux de trouver une meilleure méthode d'application du courant unipolaire qui réunisse une plus grande partie des avantages que cette application nous offre dans les expériences sur les animaux.

Cependant, nous devons ajouter quelques mots pour démontrer qu'avec l'usage des méthodes aujourd'hui employées en médecine, on n'a pas seulement, comme nous le pensons avec Erb, une action unipolaire moins

[1] Deux méthodes sont le plus en honneur chez les spécialistes aujourd'hui. Celle que Erb conseille, et qui, du reste, a déjà été employée depuis longtemps par ses prédécesseurs, consiste à mettre le pôle différent sur la partie malade, tandis qu'on appliquerait l'autre pôle sur un point éloigné du corps, par exemple sur le sternum.

L'autre méthode, plus particulièrement employée par Chauveau, de Lyon, consiste à plonger le malade dans un bain d'eau salée, laissant émerger la partie malade, sur laquelle est appliquée l'électrode différente, tandis que l'indifférente plonge dans l'eau où elle est répandue.

concentrée que dans les expériences, mais qu'on peut avoir des cas où l'effet observé de l'irritation ne dépend pas du pôle appliqué localement, mais justement du pôle opposé, dont l'on croit avoir de beaucoup atténué l'action. Nous nous servirons d'une figure à peu près semblable (voir fig. 3) à la figure schématique de Erb pour démontrer cette thèse.

Que *a-b* soit la peau, *c* un nerf sous-cutané; qu'on fasse en *d* l'application du pôle positif, et dans une partie éloignée du corps *g*, on pose le pôle négatif. On croit donc généralement avoir agi sur le nerf avec prévalence du pôle positif, et s'il vient des contractions des muscles à la fermeture, on admet l'existence d'une réaction particulière pour le pôle positif. Cette conclusion ne paraît pas être conforme aux conditions de l'expérience, car le pôle positif agit sur le point de la peau, et on ne peut pas admettre que le nerf attire le courant; donc, la plus grande partie de ce courant se perdra dans la peau dans des conditions différentes, parmi lesquelles il y a une direction prévalente dans laquelle va le courant le plus fort; c'est la direction qui correspond au chemin électrique le plus court entre les deux pôles, c'est-à-dire le chemin qui offre le moins de résistance. Si nous admettons que la peau soit uniforme et électriquement homogène, il y aura à côté du rayon principal d'autres rayons plus faibles qui s'affaiblissent à mesure que leur angle avec le rayon principal devient plus grand. Pour se faire une idée approximative, pour savoir comment ces rayons s'affaiblissent, on peut consulter les expériences et les formules qu'on a publié sur l'intensité et la force, les différents rayons que le pôle négatif produit dans une solution

d'un sel métallique, quand le pôle positif se trouve dans le même liquide sous la forme d'une large plaque métallique, par exemple d'argent ou de cuivre[1].

D'après les faits connus à ce sujet, les rayons latéraux sont déjà considérablement affaiblis si la lame séparée du pôle négatif par un électrolyde est d'elle-même le pôle positif, c'est-à-dire la continuation métallique de l'électrode positive. Quel doit donc être l'affaiblissement des rayons dans notre cas, où le nerf qui est sous la couche de l'électrolyde n'est qu'en relation très indirecte avec le pôle opposé, et s'il se trouve partout entouré par d'autres substances électrolytiques qui sont ostensiblement plus mauvais conducteurs que le nerf lui-même. Les rayons affaiblis n'arrivent au nerf que pour le quitter en suivant à peu près la même direction ; nous disons à peu près, car puisque le nerf est meilleur conducteur dans le sens axial que dans le sens transversal, les rayons électriques, en parcourant le nerf, doivent être déviés un peu dans le sens longitudinal. Il doit y avoir une véritable réfraction qui éloigne les fils du cou-

[1] Ces expériences ont été faites pour étudier les phénomènes des anneaux de Nobili, et l'intensité avec laquelle l'électrode négative produit l'électrolyse sur l'électrode positive très étendue. Nous avons donc là un problème qui offre quelque analogie avec l'irritation unipolaire. Consultez :

Wiedmann : *Galvanismus*, 2ᵐᵉ édition. Brunswigh, 1874, page 186, et Du Bois Reymond, *Annales de Poggendorff*, vol 71, page 71, 1848.

L'affaiblissement pour le rayon qui touche la lame positive dans une certaine distance du rayon principal serait proportionnel à la troisième puissance de cette distance. Dans notre cas, où la peau ne peut pas être considérée comme infiniment mince, il y aurait plutôt une analogie à établir avec une autre formule qui se rapporte à ce sujet et qui a été donnée par Riemann *(Annales de Poggendorff*, vol. 95, page 130, 1855), et qui a été confirmée expérimentalement par Beetz *(Annales de Poggendorff*, vol. 97, page 22, 1856).

rant de la normale de leur incidence à peu près comme les rayons de la lumière souffrent d'une déviation quand ils entrent d'un milieu plus dense dans un autre qui l'est moins. Notre figure schématique tient compte de cette déviation. Là où l'électricité sort du nerf, ou plutôt sort de chaque fibrille primitive, il doit y avoir un pôle positif de l'irritation. On aurait donc en partie atteint ce que l'on s'est proposé. Le pôle positif est plus dense que le négatif à mesure qu'il frappe une partie moins longue du nerf. Mais quelle est cette relation ?... Dans une expérience sur des grenouilles on peut la regarder comme infinie. Dans l'application sur l'homme elle sera comme la relation de longueur *ee'* et *ff'* (voir fig. 3). Les pôles négatifs au nerf, ou plutôt la ligne des pôles négatifs aura donc beaucoup plus que la moitié de la densité du pôle positif, parce que la ligne *ee'* est beaucoup plus longue que la moitié de *ff'*.

La contraction observée dans ce cas peut donc être due au pôle négatif parce que :

1° Le pôle négatif peut être irritant, comme nous l'avons vu dans les expériences, quand un pôle positif d'une intensité beaucoup plus grande peut rester sans aucune contraction. C'est même le cas ordinaire dans nos expériences.

2° Nous avons vu dans les expériences avec une électrode à pointe triangulaire que dans certaines conditions un courant polaire d'une densité diminuée peut devenir beaucoup plus actif que le courant dense qui touche le nerf dans une étendue plus restreinte.

Dans les cas où ces conditions se réalisent chez

l'homme, le courant dit « différent » peut déjà par cette seule raison agir sur le nerf avec une moindre intensité que le courant indifférent.

On voit que la longueur, et par conséquent la densité diminue l'action de l'un ou de l'autre pôle; mais naturellement, seulement la longueur de l'étendue dans laquelle le courant entre et sort de l'organe que nous irritons, et cela indépendamment de l'intensité du courant total.

Si, par exemple, pour un muscle, par une maladie quelconque, peut-être même par une inactivité, par une substitution ou une dégénérescence graisseuse partielle, la conductibilité dans l'intérieur est changée; s'il y a un changement entre la conductibilité axiale et transversale qui, dans le muscle normal, conservent une certaine relation analogue à celle du nerf, on voit que le courant qui entre dans une certaine surface peut sortir dans une surface ou beaucoup plus grande ou beaucoup plus petite; dans une surface qui comprend presque la totalité de la surface du muscle, y compris les points les plus excitables de ces muscles, nous pourrions donc avoir une contraction du pôle positif par l'application de ce pôle sur la peau, et justement parce que le muscle est plus excitable par le négatif, c'est-à-dire parce qu'il a réduit sa réaction normale, ou pour parler dans les termes de notre diagramme, parce que les relations entre les lignes ee' et ff' sont altérées.

On voit donc que ce qu'on a appelé réaction de dégénérescence, réaction qui n'a jamais pu être retrouvée chez les animaux, lorsqu'on a appliqué un peu plus exactement la méthode unipolaire, a besoin d'être exami-

née de nouveau en partant des points de vue dont nous avons seulement fait mention ici [1].

On comprend que les objections que nous avons faites contre l'application de la méthode proposée par Baierlacher, Brenner, et ensuite par Erb, s'adressent presque autant à l'autre méthode qui plonge le malade dans un bain, contenant le pôle indifférent, pendant que le pôle différent touche la peau qui se trouve à fleur d'eau. Il paraît cependant que cette méthode a l'avantage de favoriser la propagation du courant dans toutes les directions, mais il ne se propagera pas uniformément parce que les résistances ne sont pas les mêmes dans toutes les directions. Là aussi, la plus grande partie du courant se perdra par la peau. Il faut donc des densités du courant très grandes pour qu'une partie du courant aille jusqu'au nerf ou au muscle.

Si on construit les lignes de moindre résistance, on verra que dans cette méthode encore une plus grande partie des rayons électriques qui entrent dans le nerf conservent leur direction pour sortir immédiatement dans la face opposée de sa périphérie.

La prévalence du courant d'entrée sur celui de sortie sera donc encore très petite, et, comme dans le cas précédent, elle peut être entièrement renversée.

Dans ces derniers temps (voir Comptes rendus de la Société de Biologie, 1885) on a annoncé que dans certaines maladies nerveuses ou paralytiques, dans le tétanos, par exemple, la résistance électrique de la peau,

[1] M. le Professeur Schiff, après de longues séries d'expériences sur des animaux mammifères paralysés pour chercher la réaction de dégénérescence, n'a jamais pu la trouver.

et probablement encore d'autres tissus, montrent des modifications assez considérables : on ne peut pas, dès maintenant, juger ces assertions parce qu'on n'a pas encore communiqué les détails des expériences, mais si elles se confirment, les changements de résistance doivent avoir une grande influence sur l'effet des courants unipolaires que l'on veut envoyer à travers la peau.

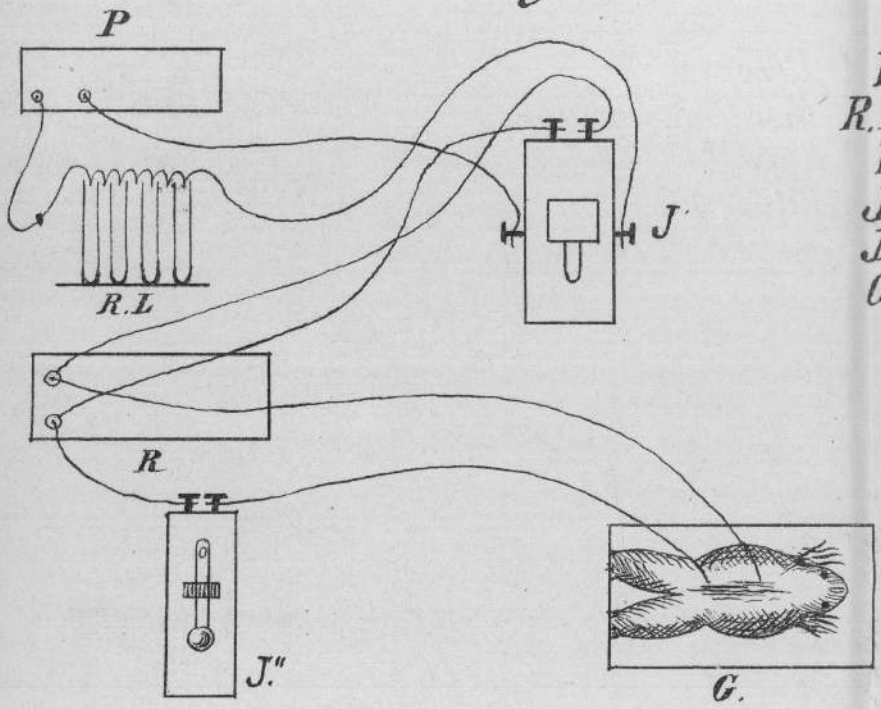
Pour finir ce travail, nous dirons que M. le Professeur Schiff, dans certaines névralgies de la face, a été très satisfait de l'emploi d'une méthode qui consiste à toucher directement le nerf que l'on veut guérir avec une électrode très fine et très acuminée.

Il nous semble aussi que cette méthode, quand elle est applicable, est la meilleure et la plus rationnelle.

16358

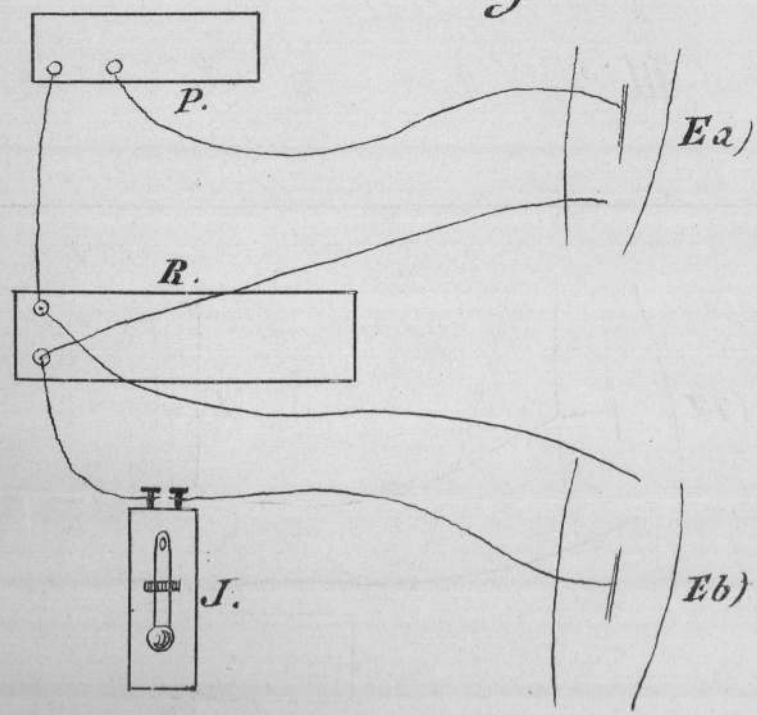
Planche. 1

Figure I



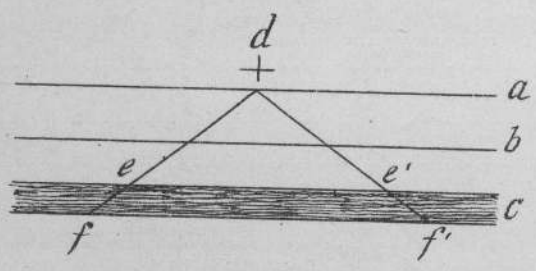
P. Pile
R.L. Resistance liquide
R. Rhéostat
J. Interrupteur
J." Deuxième Interrupteur
G. Grenouille

Figure II



P. Pile
R. Rhéostat
J. Interrupteur
Ea) Première extrémité
Eb) Deuxième extrémité

Figure III



a b. Epaisseur de la peau
c Nerf
d Point d'application du pôle positif
g Point d'application du pôle négatif

g.

R. BIBLIOTECA MEDICA DI ROMA

R. 81817

Planche, 2.

Tableau Synoptique

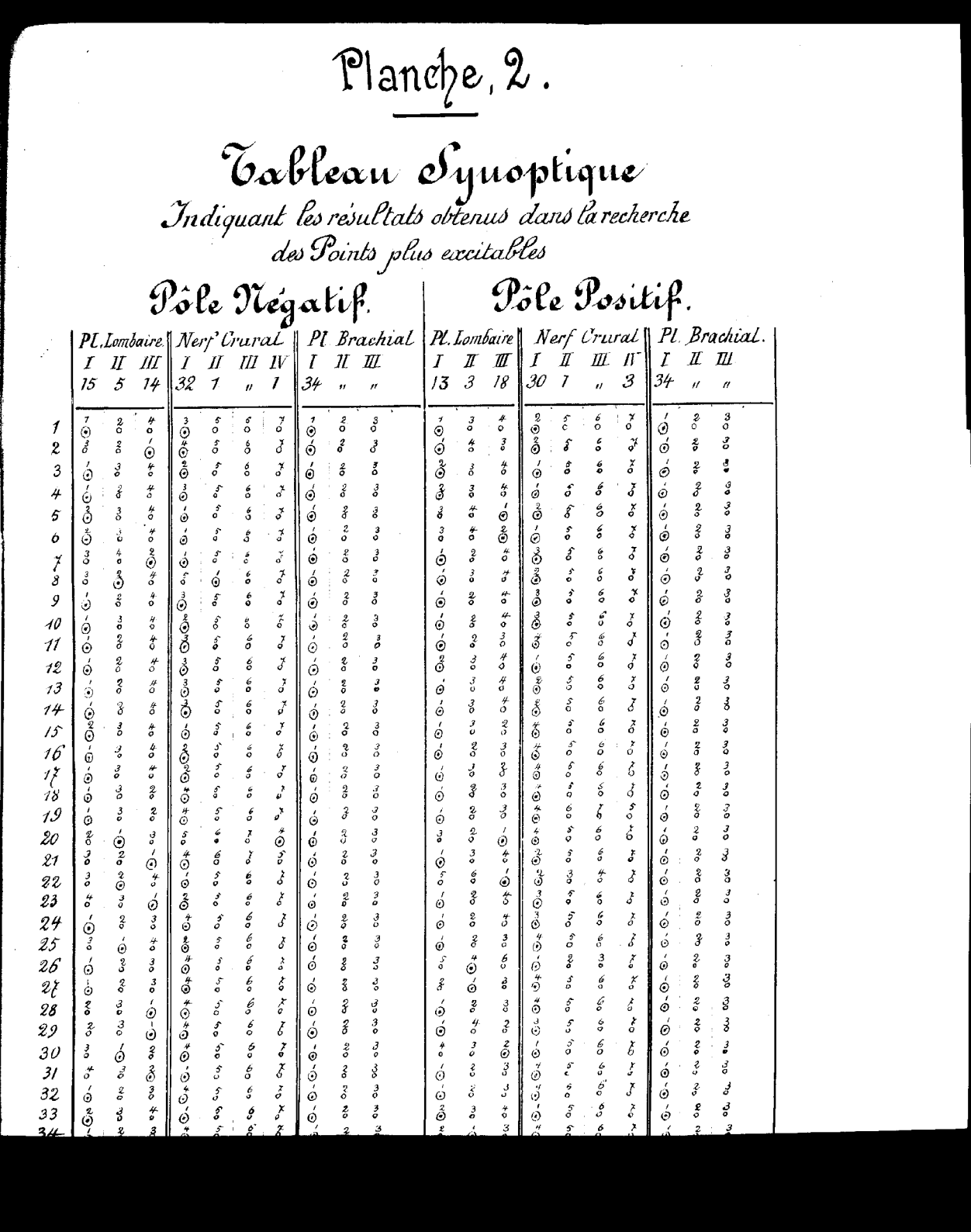
Indiquant les résultats obtenus dans la recherche des Points plus excitables

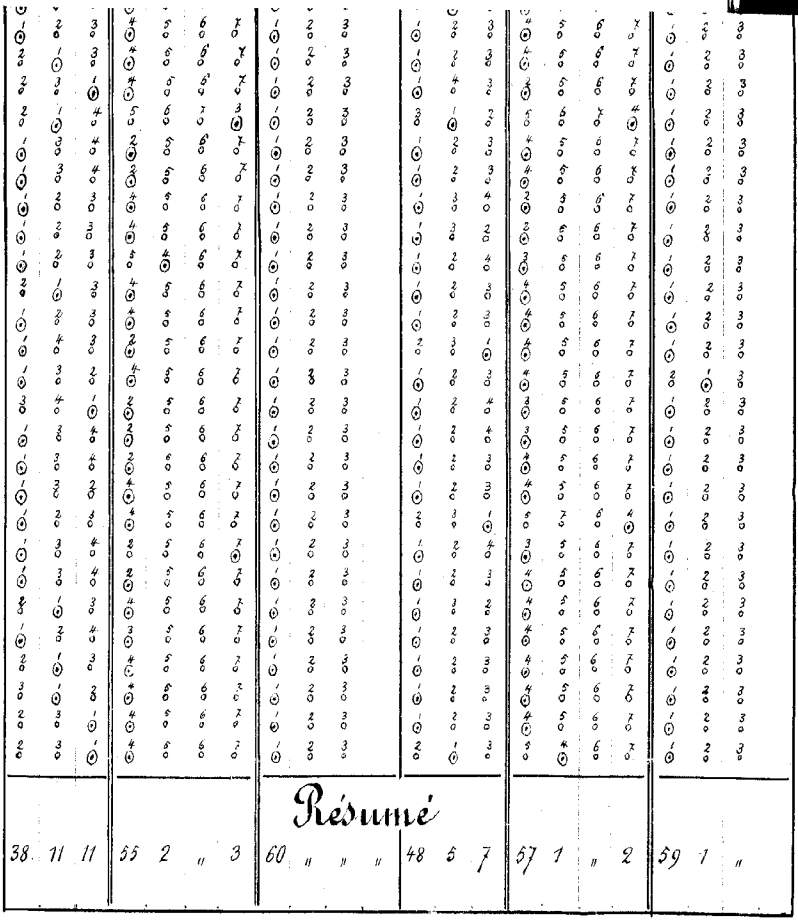
Pôle Négatif.

	Pl. Lombaire			Nerf Crural				Pl. Brachial		
	I	II	III	I	II	III	IV	I	II	III
	15	5	14	32	1	"	1	34	"	"

Pôle Positif.

	Pl. Lombaire			Nerf Crural				Pl. Brachial.		
	I	II	III	I	II	III	IV	I	II	III
	13	3	18	30	1	"	3	34	"	"





Résumé

38	11	11	55	2	"	3	60	"	"	"	48	5	7	57	1	"	2	59	1	"			

Imp. J. LANZ