

- remarques de Jacques Ware sur l'ophtalmie, 1781. *Gazette salubre*, n° VIII.
20. WILKINSON. *Tentamen philosophico-medicum* de electricitate. Edimbourg, 1783.
21. PARTINGTON. Kur des schwarzen Staares durch die Electricitat. *The London journal for the year 1788*, part. IV.
22. KNOX. D'une cataracte sur les deux yeux, guérie par l'électricité; dans les commentaires médicaux d'une Société des médecins d'Edimbourg, t. II, traduit de l'anglais en allemand, par Diel. Altembourg, 1789.
23. HEMMER. Gutta serena electricitate feliciter sublata, in *Historia et commentariis academice electoralis Theodoro Palatino*, vol. IV. Manheim, 1790.
24. ELLINGER. Ueber die Anwendung der Electricitat in der Augenheilkunden; dans les nouveaux Traités philosophiques de l'Académie des sciences de Bavière. Munich, 1794.
25. NAIRNE. The description and uses of Nairnes patent electricit machine, with the additions of some philosophical experiments and medical observations. London, 1783.
26. DUCHÉ. *Tentamen medicum de aeorastatum usu in medicina applicando*. Thèse Montpellier, 1784.
27. RICHTER. De amaurosi. Golt, 1793.
28. SCARPA. *Prakt. Abhandlung uber die Augenkrankheiten*. Leipzig, 1803.
29. ALDINI. Essai théorique et expérimental sur le galvanisme, avec une série d'expériences faites en présence des commissaires de l'Institut national de France et en divers amphithéâtres anatomiques de Londres, Paris, an XII (1804).
30. GRAPENGISSER. *Versuch den Galvanismus zur Heilung einigen Krankheiten anzuwenden*. Berlin, 1801.
31. FABRE PALABRAT. *Du galvanisme appliqué à la médecine*, in-8°, 1828.
32. MAGENDIE. Note sur l'heureuse application du galvanisme aux nerfs de l'œil. *Archives générales de médecine*, t. II, 1826.
33. BECQUEREL. *Traité expérimental d'électricité et du magnétisme*. 1835, t. IV, p. 312.
34. DUMAS. *Consultations et observations de médecine*, 1824.
35. JALLAGUIER. *Des effets de l'électricité sur le corps vivant*. Thèse, 1836.
36. MONTÉTY. *Quelques mots sur l'électricité*. Thèse, Montpellier, 1842.

DEUXIÈME PARTIE

ÉLECTROTHÉRAPEUTIQUE

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS GÉNÉRALES

77. L'électricité peut être produite sous trois formes différentes, ou plutôt selon le mode de production, selon le générateur, le fluide se présentera à nous avec des qualités différentes, manifestes surtout dans leurs effets. Ces différences d'état et d'action sont dues aux variations des deux facteurs : la quantité, la tension. Correspondant à ces différents états nous avons trois sortes d'appareils pour produire l'électricité : par ordre chronologique ce sont : la machine statique, la pile, les appareils d'induction :

1° L'électricité statique produite par la machine de Ramsden plus ou moins modifiée autrefois, par la machine de Wimshurst aujourd'hui, est le type de l'électricité à haute tension sous une petite quantité ;

2° L'électricité galvanique, produite par la pile, est à faible tension, mais en grande quantité ;

3° L'électricité faradique des machines d'induction réunit les attributs des deux groupes précédents :

la quantité et la tension peuvent varier dans des limites voulues.

78. Les effets de l'électricité sont différents selon les variations de ces deux facteurs : la tension et la quantité.

Mettons en contact avec un électroscope à feuille d'or les fils d'une batterie de Bunsen : il n'y a pas d'écartement sensible ; prenons un morceau d'ébonite légèrement frotté, approchons-le de l'électroscope : les feuilles d'or sont écartées avec une telle violence qu'elles peuvent être déchirées.

Mettons un voltamètre en communication avec les deux pôles d'une machine statique : il n'y a pas d'action chimique appréciable. Faisons communiquer le voltamètre avec les fils des deux éléments Bunsen, nous voyons immédiatement se produire un actif dégagement gazeux.

L'action électrolytique dépend en effet de la quantité d'électricité mise en jeu, l'écartement des feuilles d'or de l'électroscope dépend seulement de la tension du fluide.

L'électrophysiologie devrait nous apprendre à quelle source d'électricité nous devons avoir recours pour obtenir les effets thérapeutiques désirés : malheureusement les données de cette science sont encore bien vagues, et l'électrothérapeutique est surtout une science d'empirisme.

I. — Electricité statique.

79. *Bain électrostatique.* — Le malade est placé sur un tabouret isolé et mis en communication

avec la machine : il est le siège d'une décharge lente et continue. Celle-ci peut être localisée et activée au moyen d'excitateurs.

Le *souffle* est produit en approchant un exciteur en pointe à 15 ou 20 centimètres du malade : la sensation éprouvée est celle d'un courant d'air frais.

L'*aigrette* se produit si l'on rapproche la pointe jusqu'à 8 ou 10 centimètres : on voit alors un faisceau conique de fines stries lumineuses partant du corps.

Pour obtenir l'*étincelle* on se sert d'un exciteur à boule que l'on approche du patient : la douleur éprouvée est celle d'une piqûre avec soubresaut du muscle sous-jacent.

80. On emploie généralement le bain électro-négatif. Mauduyt, l'abbé Nollet, avaient établi que le bain négatif a une action sédative, le bain positif une action excitante ; mais ces faits semblent appeler de nouvelles démonstrations.

81. Comme générateur on emploie aujourd'hui les machines de Wimshurst de différents modèles.

Ces machines se composent essentiellement de deux plateaux en ébonite sur la surface extérieure desquels sont collées un certain nombre de lames d'étain.

Ces deux plateaux sont animés l'un par rapport à l'autre d'un mouvement de rotation en sens inverse.

Dans ce mouvement les lames d'étain sont amenées en contact avec de petits balais en clinquant faisant l'office de frotteurs, puis elles passent en regard des peignes qui communiquent avec l'armature intérieure des condensateurs par l'intermédiaire des supports des peignes.

D'autres modèles sont dépourvus de secteurs métalliques sur les disques isolants, et sont munis d'un nombre de balais frotteurs plus considérable; comme pour les usages médicaux l'action des condensateurs

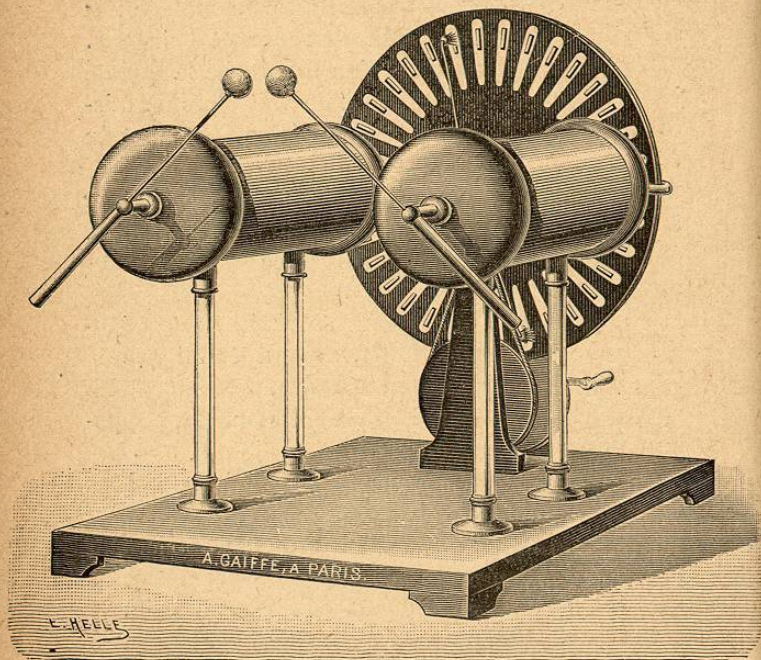


Fig. 3. — La machine statique de Wimshurst, modèle Gaiffe.

doit être annihilée, Gaiffe a remplacé ceux-ci par deux cylindres métalliques (voir fig. 3).

82. L'électromètre de Lane ou de Henley permet de se rendre compte de la charge et du débit de la

machine. Mais ces électromètres ne sont que des appareils d'appréciation et ne peuvent avoir la prétention d'être des moyens de mesure comparables, comme exactitude, aux galvanomètres.

II. — Electricité galvanique.

Celle-ci est fournie par des piles. Elle peut être employée soit sous forme de courant constant et continu, soit sous forme de courant interrompu.

83. Le courant interrompu, peu employé, est fourni par une pile ordinaire dans le circuit extérieur de laquelle est placé un métronome dont on peut varier la cadence.

84. Dans les courants constants il faut distinguer le courant constant du courant continu: le type des piles à courant continu, mais non constant, est celui donné par les piles de Volta ou les chaînes; il s'affaiblit de plus en plus, vu la diminution de la force électromotrice des plaques métalliques; il finira par s'annuler tout à fait et cela en très peu de temps.

Le courant constant est celui qui dure longtemps, même si la résistance est très faible, sans perdre son intensité.

Si les électrodes sont immobiles sur la peau, on réalise l'application du courant en repos: si on promène les électrodes sur la surface de la peau, mais sans interruption de passage, on réalise l'application du courant en mouvement (*stable et labile strôme*).

Le courant en repos se reconnaît à l'immobilité

de l'aiguille du galvanomètre quand le circuit est fermé par l'intermédiaire du corps humain, et le courant en mouvement aux oscillations de cette aiguille dans les mêmes circonstances.

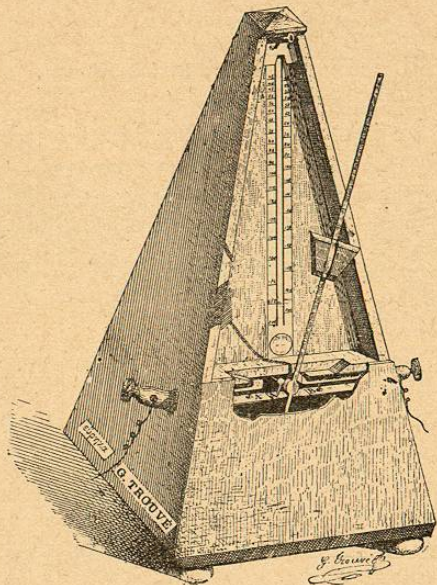


Fig. 4. — Métromètre interrupteur de Trouvé.

En général, l'action du courant en mouvement est excitante, l'action du courant en repos est calmante. (Remak.)

85. Au point de vue des pôles : l'action excitatrice du pôle négatif paraît être plus grande que celle du pôle positif. L'action calorifique paraît être aussi plus grande au pôle négatif qu'au pôle positif. (Duchenne.)

« Pratiquement, dit Vigouroux, les propriétés physiologiques de deux pôles sont en parfait contraste. Le pôle négatif excite, congestionne; le pôle positif a une action déplétive et sédative. Toutefois l'opposition n'est pas absolue; ainsi que le fait remarquer Ziemssen, l'action sur les vaisseaux est en réalité la même, c'est-à-dire que les deux pôles provoquent d'abord leur contraction. Mais au pôle négatif la contractilité s'épuise presque immédiatement pour peu que le courant soit intense, tandis qu'elle persiste beaucoup plus longtemps au pôle positif. »

86. Au point de vue du lieu d'application, on distingue le courant ascendant ou centripète et le courant descendant ou centrifuge.

Le courant centripète est celui dans lequel le pôle négatif est plus rapproché du centre médulo-encéphalique que le pôle positif.

87. Le courant continu de la pile peut être changé en courant alternatif sinusoïdal au moyen du transformateur de d'Arsonval ou de Larat.

88. Comme beaucoup d'auteurs donnent seulement, au lieu de l'intensité du courant qu'ils emploient, le nombre d'éléments qu'ils mettent en jeu nous allons donner une courte nomenclature des piles en usage.

89. *Pile de Wollaston, pile à auges.* — La lame de cuivre de chaque élément est repliée de manière à envelopper complètement la lame zinc; le zinc de chaque élément est joint au cuivre de l'élément suivant. Tous les éléments sont fixés sur une traverse de bois, mobile le long de deux montants : cette dis-

position permet de les enlever à volonté des vases de verre qui contiennent de l'eau acidulée.

D'autres modèles sont constitués par zinc et charbon trempant dans des verres pleins d'une solution

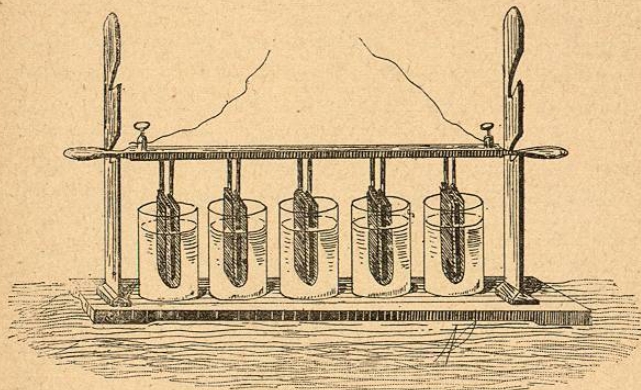


Fig. 5. — Pile de Wollaston (pile portative de Stœhrer).

d'alun ou de chlorure ammonique (pile portative de Stœhrer).

90. *Pile de Daniell.* — Le zinc plongé dans l'eau acidulée entoure un vase de terre poreuse : celui-ci renferme un cylindre de cuivre plongé dans une dissolution de sulfate de cuivre le courant va, en dehors de la pile, du cuivre (P. P.) au zinc (P. N.).

Afin de maintenir toujours au même degré la concentration de la dissolution on met dans le vase en terre poreuse quelques cristaux de sulfate de cuivre, ou bien on fait plonger dans le liquide le col d'un ballon plein de cristaux de ce sel (pile à ballon).

91. *Pile de Remack.* — C'est un élément Daniell modifié. Le pôle cuivre est composé d'une tige de cuivre qui se termine par plusieurs bifurcations et plonge dans une dissolution de sulfate de cuivre. Autour de la dissolution, on place une lamelle cir-

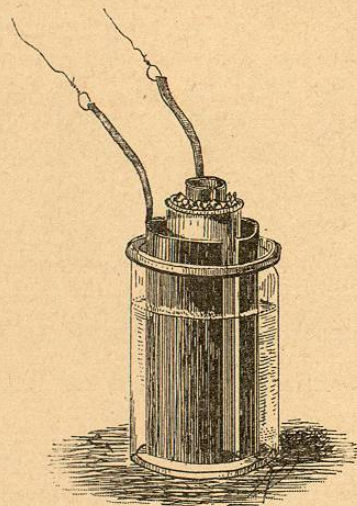


Fig. 6. — Pile de Daniell.

culaire en terre poreuse prolongée par un tube de verre dans l'intérieur duquel passe le pôle cuivre. Sur la lame poreuse une couche de papier mâché et enfin un cylindre de zinc amalgamé.

92. *Pile de Callaud-Trowé, pile de Morin.* — C'est une pile de Daniell sans diaphragme poreux. Elle est fondée sur la différence de densité des deux liquides de la pile de Daniell, différence qui leur

permet de se superposer sans mélange. La dissolution de sulfate de cuivre occupe le fond du vase et l'eau acidulée surnage.

On suspend par trois crochets sur les bords du vase le cylindre de zinc qui plonge dans l'eau aci-

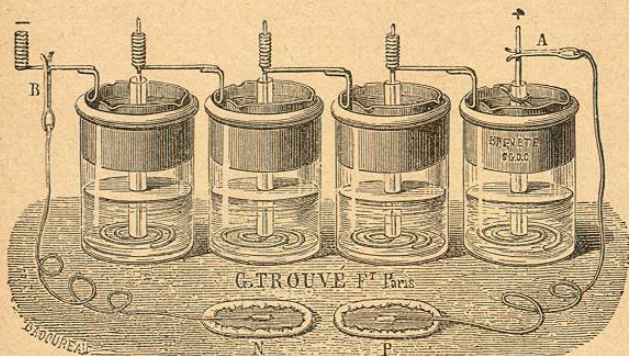


Fig. 7. — Pile Callaud-Trouvé, au sulfate de cuivre (pile de Morin).

dulée et l'on fait pénétrer au fond dans la dissolution de sulfate de cuivre, une tige formée d'un gros fil de cuivre recouvert de gutta-percha et terminé par une lame de cuivre roulée en spirale.

93. *Pile de Siemens.* — Cet élément est une modification de la pile de Daniell.

94. *Pile de Bunsen.* — L'élément de Bunsen se compose d'un vase en verre ou en porcelaine plein d'acide sulfurique étendu et dans lequel plonge un cylindre de zinc. A l'intérieur de celui-ci est placé un vase poreux plein d'acide nitrique et dans lequel plonge une lame de charbon de cornue.

95. *Pile de Grove.* — C'est la pile de Bunsen dans laquelle la lame de charbon est remplacée par une lamelle de platine.

96. *Pile Marié-Davy.* — Cette pile est disposée comme celle de Bunsen. Le vase poreux rempli d'une bouillie de sulfate de mercure, dans laquelle plonge le charbon, est complètement immergé dans le second vase plein d'eau simple ou salée et contenant le zinc.

Un modèle simplifié consiste en un seul vase contenant une dissolution de sulfate de mercure dans laquelle plongent le zinc et le charbon.

97. *Pile Leclanché.* — Elle se compose d'un

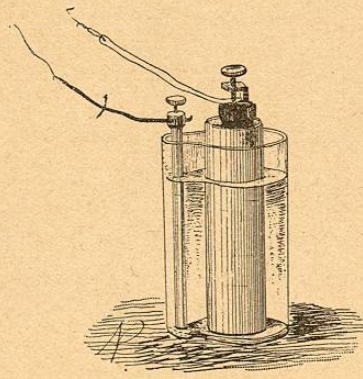


Fig. 8. — Pile Leclanché.

bâton ou d'une lame de zinc; d'une lame de charbon fixée dans un vase poreux au milieu d'un mélange de peroxyde de manganèse et de coke; le tout est plongé dans une dissolution de chlorure ammonique.

98. *Pile de Stœhrer.* — Le charbon a la forme d'une auge et est rempli de sable arrosé d'une solution concentrée d'acide chromique. Un cylindre de zinc amalgamé entoure le charbon et plonge avec lui dans un vase rempli d'eau acidulée.

La pile portable de Stœhrer est une modification de la pile à auge de Wollaston.

99. *Pile de Grenet.* — Elle se compose d'une lame

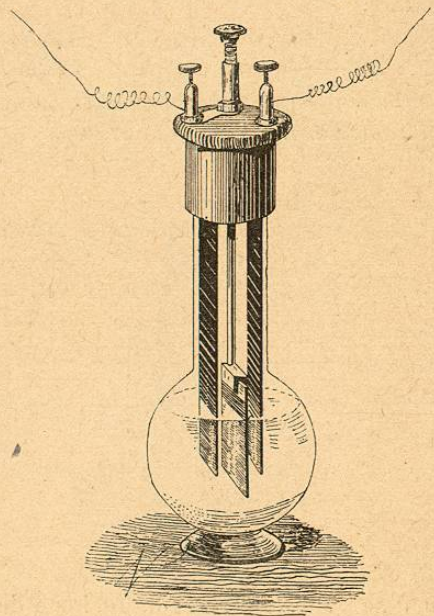


Fig. 9. — Pile Grenet.

de zinc qui peut être abaissée ou élevée entre deux lames de charbon de cornue. Le tout plonge dans

une solution de bichromate de potasse et d'acide sulfurique.

100. Ces modèles plus ou moins modifiés reçoivent une dénomination particulière selon chaque fabricant.

Quelle que soit la pile employée elle doit être munie d'un galvanomètre destiné à mesurer l'intensité du courant que l'on emploie.

Aucun médecin, dit Eulenburg, ne doit acheter une batterie, si elle n'est munie d'un instrument de

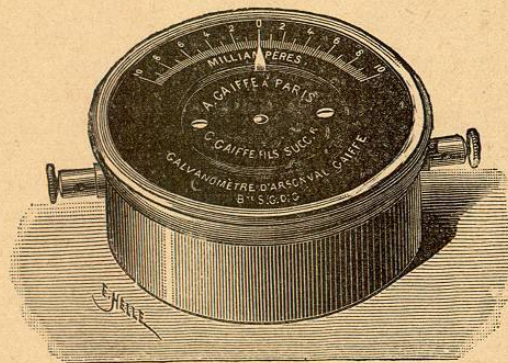


Fig. 10. — Galvanomètre Gaiffe-Darronval.

mesure constitué par un excellent galvanomètre horizontal.

A défaut de galvanomètre on pourrait connaissant la résistance du circuit et la force électromotrice de la pile, déduire de la formule $I = \frac{E}{R + r}$ l'intensité du courant.

La force électromotrice des piles employées en

médecine a été notée une fois toutes et est la suivante :

PILES	Force électromotrice.
Type Grenet au bichromate.	2,028 volts
Leclanché au chlorhydrate d'AzH ³	1,43 —
Gaiffe au chlorure de zinc.	1,35 —
Gaiffe au chlorure d'argent.	0,915 —
Chardin au bichlorure d'Hg.	2,03 —
Type Marié Davy au sulfate d'Hg. (Chardin, Trouvé).	de 1, 52 à 1,55 —
Pile de Daniell.	1 volt
Bunsen.	1,7 —

Mais la résistance du corps humain est loin d'être constante et compliquerait singulièrement le problème.

Ajoutons, en terminant, que les piles à action chimique faible, nous ont paru agir plus efficacement que les piles à action chimique forte ; rien cependant ne nous permet d'expliquer la cause de cette différence d'action.

III. — Electricité faradique

101. Elle est fournie par les différentes machines voltafaradiques ou magnétifaradiques. Les courants d'induction sont toujours instantanés et précipitent avec une extrême rapidité une certaine quantité d'électricité dans l'organisme.

Ils diffèrent essentiellement du courant galvanique. Le courant fourni par une pile atteint rapidement une intensité proportionnelle à la force électromotrice, et inversement proportionnelle à la résis-

tance du circuit : il se maintient à cette intensité aussi longtemps qu'il reste fermé.

On peut le comparer à l'écoulement d'une colonne d'eau contenue dans un vase, le niveau étant maintenu constant par un tuyau d'afflux (fig. 11).

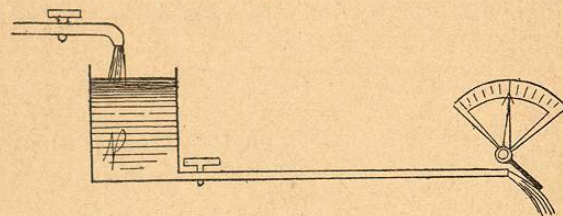


Fig. 11.

Les courants d'induction fournissent des ondes périodiques dans lesquelles, si rapprochées qu'elles soient, la quantité diminue par le fait même de l'écoulement et l'intensité varie d'un instant à l'autre suivant une courbe différentielle : c'est un vase qui se vide et se remplit consécutivement ; si court que soit ce mouvement, l'écoulement n'est pas constant en tous ses instants.

102. « Pour ces courants on ne peut songer à des évaluations d'intensité¹, mais l'on peut mesurer à l'aide d'un galvanomètre la quantité du courant, c'est-à-dire le produit de son intensité par sa durée.

Or la quantité d'un courant d'induction dépend :

- 1° De l'intensité du courant galvanique inducteur ;
- 2° Du nombre plus ou moins considérable des

¹ Ceci ne s'applique pas aux courants produits par les générateurs mécaniques : machines magnéto-électriques.

tours de fil dont se composent les bobines primaires et secondaires ;

3° Du degré d'emboîtement de ces deux bobines : le maximum de courant étant atteint quand l'emboîtement est complet ;

4° De l'absence ou de la présence du noyau de fer dans l'intérieur du circuit ;

5° De la résistance totale du circuit induit.

Ces facteurs influent sur la quantité du courant.

103. « Mais leur action physiologique peut être modifiée profondément par des procédés qui ne font nullement varier la quantité.

Le plus ou moins de brusquerie dans la fermeture du courant du circuit inducteur modifie la forme de la courbe. La présence ou l'absence d'un circuit voisin dans lequel peuvent naître des courants d'induction, agit d'une manière analogue, car l'on sait que l'on peut faire varier l'effet physiologique du courant primaire (extra-courant) par l'emboîtement d'une bobine secondaire dont le circuit est fermé.

Pour produire par le courant induit la même contraction dans un muscle, toutes choses égales d'ailleurs, les phénomènes douloureux seront d'autant plus intenses que le fil induit sera plus fin.

De même le tube en cuivre de Duchenne, que l'on introduit entre la bobine inductrice et la bobine induite, ne fait pas varier l'état galvanométrique des courants mais influe profondément sur leurs effets physiologiques¹.

¹ On pourrait expliquer ce phénomène par l'action des courants de Foucault qui produiraient une sorte de condensation du courant induit.

104. Les appareils d'induction employés en médecine sont extrêmement variés : les uns sont construits sur le modèle du chariot de Dubois-Raymond et composés de bobines dont le degré plus ou moins complet d'emboîtement servira à augmenter ou à diminuer l'effet physiologique. Pour d'autres la graduation de l'action physiologique se fait par le déplacement du noyau de fer doux, ou par l'introduction du tube de Duchenne.

Il est difficile de comparer entre eux des appareils construits sur des modèles différents, et il est impossible, même en faisant usage des instruments de mesure exacts (galvanomètre balistique), d'arriver à une graduation, je ne dis pas exacte, mais seulement approximative. Nous n'en citerons qu'un exemple. Avec les appareils dans lesquels la graduation est obtenue par l'emboîtement plus ou moins complet des bobines, les déviations galvanométriques, comme du reste les effets physiologiques, diminuent avec l'écartement ; il est donc possible de les graduer d'après les amplitudes de ces déviations. Par contre nous ne pouvons graduer au galvanomètre un appareil d'induction dont l'action physiologique est modifiée par l'introduction du tube de cuivre de Duchenne ; que le tube soit introduit tout à fait ou retiré complètement, la déviation galvanométrique reste la même et pourtant l'effet physiologique est très différent. La présence du tube ne fait, en effet, que modifier la forme de la courbe et diminue l'intensité en augmentant la durée du courant, le produit, c'est-à-dire la quantité, restant le même » (Stauffer).

Ce n'est donc que pour les appareils à chariot que l'on peut tenter la graduation au galvanomètre.

105. Mais cette graduation en microcoulombs est illusoire, car les chiffres obtenus varient non seulement suivant l'intensité du courant inducteur, que l'on peut à la rigueur maintenir constant, mais surtout suivant la résistance du circuit induit.

Pour arriver à apprécier en unité de quantité la valeur de la décharge, il faudrait dans chaque cas mesurer la résistance du corps humain. Or cette mesure de la résistance du corps est impossible par le seul fait qu'elle varie d'un instant à l'autre et particulièrement sous l'influence même des courants qui le traversent.

Depuis longtemps il est établi que les courants galvaniques diminuent la résistance de la peau. Gaertner a établi que la résistance du corps humain est aussi variable sous l'influence des courants d'induction; qu'elle est plus petite pour le courant d'ouverture que pour celui de fermeture. Cette différence tient à la différence de tension des deux courants: la résistance est plus petite pour les courants à haute tension que pour ceux à faible tension.

106. Enfin un autre fait à faire ressortir, c'est que deux instruments d'induction dissemblables, mais gradués identiquement (microcoulombs, par exemple) ne sont pas comparables entre eux. A égalité de décharge, de quantité, les effets physiologiques pourront être tout différents.

107. En physiologie, dit Weiss, il faut être très circonspect dans l'emploi des bobines d'induction. En ophtalmologie, nous n'avons pas besoin d'une

si grande précision qu'en physiologie; mais nous agissons sur un organe délicat, souvent même notre excitation électrique influence directement les masses cérébrales, aussi ne saurait-on être trop prudents.

Leur emploi est difficile à régler: les expérimentateurs ne peuvent nous renseigner sur l'intensité, sur la quantité du courant employé; les différentes expériences ne sont pas comparables entre elles. Le seul guide en cette matière est l'élément douleur. Ce sera donc à chacun de régler l'emploi des courants faradiques d'après sa propre expérience et d'après la machine qu'il emploiera.

Dans l'électrisation des muscles de l'œil en particulier, Larat conseille comme meilleur moyen de se rendre compte de l'effet du courant d'employer comme excitateur la main de l'expérimentateur lui-même.

108. Au point de vue spécial qui nous occupe, nous devons rappeler pour les appareils volta-faradiques que le courant de la deuxième hélice excite plus vivement la rétine que le courant de la première hélice: il excite aussi plus vivement la sensibilité cutanée.

Si donc nous avons à traiter une paralysie d'un muscle moteur, c'est au courant de la première hélice que nous nous adresserons; au contraire, s'agit-il de réveiller la sensibilité de la rétine, nous emploierons le courant de la deuxième hélice.

Bibliographie.

- REMAK. Applications du courant constant au traitement des névroses. *Gazette des hôpitaux*, 1865.
- STAUFFER. Etude sur la quantité des courants d'induction employés en électrothérapie. Berne, 1890.
- IMBERT. Physique médicale, 1895.
- LARAT. Précis d'électrothérapie, 1890.
- CASTEX. Résistance électrique du corps humain à l'état normal et pathologique. *Montpellier médical* et Thèse, Montpellier, 1892.
- VIGOUROUX. L'électrothérapie, sa méthode, ses indications. *Progress médical*, octobre 1891.
- EULEMBURG. Zur medicinischen Electrotechnik. *Deutsche med. Wochenschrift.*, 1895, n° 3.

CHAPITRE II

ÉLECTRO-PHYSIOLOGIE OCULAIRE

La nutrition de l'œil est sous la dépendance de plusieurs centres d'innervation : l'action des uns a été mise à jour par des expérimentateurs (trijumeau, sympathique); d'autres, la clinique nous en a dévoilé l'existence et les effets (plexus ciliaire); certains enfin sont contestés, et leur action absolument hypothétique (tubercules quadrijumeaux, cellules rétinienne). Voyons cependant ce que nous savons de chacun d'eux en particulier; nous étudierons ensuite quelles modifications produira le courant électrique sur l'organe visuel en le faisant agir soit simultanément, soit séparément, sur ses divers centres trophiques.

I. — LE TRIJUMEAU

109. *Expériences sur les animaux.* — Pour se rendre compte de son influence, les physiologistes ont sectionné le nerf, dans l'intérieur du crâne, au niveau ou au delà du ganglion de Gasser.

Les expériences de Magendie, de Claude Bernard, de Vulpian et d'autres nous démontrent que les