

Bibliothèque numérique

medic@

**D'Arsonval / Marey, Etienne-Jules. -
Recherches sur la décharge
électrique de la torpille ; par M.
d'Arsonval / Observation de M. Marey
à propos de cette note**

*In : Comptes rendus
hebdomadaires des séances de
l'Académie des Sciences, 1895,
120 : 145-151*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey177>

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 JUILLET 1895,

PRÉSIDENCE DE M. MAREY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la décharge électrique de la Torpille;*

par M. d'ARSONVAL.

« J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie les principaux résultats des recherches que j'ai entreprises au laboratoire de Zoologie et Physiologie maritimes de Concarneau sur la décharge électrique de la Torpille (1).

» Je ne ferai pas l'historique de la question; je me bornerai à renvoyer le lecteur au Mémoire le plus original et le plus important publié sur le sujet par mon éminent maître et ami M. Marey (2). Je me suis proposé

(1) Ce laboratoire, fondé par Coste, vient d'être récemment rendu au Collège de France. Je suis heureux de remercier publiquement M. Fabre-Domergue, sous-directeur, et Biérix, préparateur du laboratoire, du concours qu'ils m'ont prêté pendant ce travail.

(2) Voir MAREY, *Travaux du Laboratoire*, année 1877; Masson, éditeur.

surtout d'effectuer des mesures, au point de vue électrique, ce côté de la question n'ayant pas été abordé, et d'inscrire sous forme de courbe continue, l'onde électrique caractérisant ce phénomène. Cette analyse a une importance générale très grande en raison du lien intime qui unit la décharge électrique à la contraction musculaire. Le muscle et l'organe électrique obéissent aux mêmes lois générales. L'acte électrique et l'acte musculaire s'éclairent l'un par l'autre. Ainsi que je l'ai dit depuis nombre d'années⁽¹⁾, la contraction musculaire et la décharge de l'organe électrique me semblent reconnaître la même cause : les variations de la tension superficielle que le fonctionnement de l'électromètre capillaire de notre confrère Lippmann met bien en évidence. La décharge de l'organe électrique n'est que l'exagération de l'oscillation électrique que l'on constate dans le muscle lors de sa contraction. J'insiste sur ce fait parce qu'il n'a pas été compris lorsque je l'ai publié, en 1878 pour la première fois, les physiologistes étant, pour la plupart, à cette époque, assez ignorants des lois qui régissent les phénomènes électriques.

» Pour inscrire les phases de la décharge de la Torpille et la mesurer, j'ai eu recours à quelques dispositifs spéciaux, que je décrirai sommairement tout d'abord.

» I. Le premier appareil inscripteur, que j'appelle *galvanographe*, dérive, comme principe, du galvanomètre à circuit mobile, que j'ai imaginé en 1880, en collaboration avec notre Confrère Marcel Deprez. Il se compose essentiellement⁽²⁾ d'une bobine très légère en aluminium sur laquelle est enroulé le circuit traversé par la décharge. Cette bobine est fixée au centre d'une membrane en caoutchouc, fortement tendue sur un tambour à air de Marey. Ce premier tambour est relié par un tube de caoutchouc à un second tambour amplificateur plus petit, portant un court levier inscripteur se déplaçant sur un cylindre enfumé. La bobine mobile plonge dans un champ magnétique annulaire de grande intensité. En vertu d'une action bien connue, cette bobine se déplacera dans le champ et son déplacement mesurera à chaque instant le sens et les variations du courant qui la traverse. Cet ensemble constitue un galvanomètre très sensible, inscrivant à distance ses indications par le mécanisme bien connu des tambours

(1) Voir d'ARSONVAL, *Gazette des Hôpitaux*, 21 mai 1878, et *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 4 juillet 1885.

(2) Voir d'ARSONVAL, *Société internationale des Électriciens*, avril 1892, et *Société française d'Électrothérapie*; 1891.

à air de Marey, employés en Physiologie. La bobine en aluminium et les membranes en caoutchouc constituent un système amortisseur des plus énergiques qui rend l'instrument très apériodique. On peut encore augmenter l'apériodicité en faisant mouvoir la bobine dans du pétrole, mais cette précaution est inutile dans le cas présent, car les mouvements de la bobine ont une très faible amplitude, la multiplication se faisant par le jeu naturel des tambours à air qui sont, comme je l'ai dit, de diamètres inégaux.

» J'ai employé également un deuxième appareil inscripteur, constitué par un fil d'argent d'environ un dixième de millimètre de diamètre et de 40^{cm} à 50^{cm} de long. Ce fil est tendu horizontalement entre deux supports rigides. En son milieu vient s'accrocher un deuxième fil tendu par un ressort de caoutchouc et portant une pointe très fine se déplaçant sur le cylindre enregistreur. Quand le fil d'argent est traversé par un courant, il s'échauffe et l'allongement qui en résulte est considérablement amplifié par la flèche qu'il forme. La pointe laisse une trace sur le cylindre. Les indications de cet appareil sont très rapides en raison de son peu de masse. Elles le deviennent bien plus encore si le fil d'argent, au lieu d'être exposé à l'air, est noyé dans du pétrole. Comme je ne demandais à cet appareil que la mesure de l'intensité efficace du courant dans le cas actuel, et non l'indication des phases de la décharge, je n'ai pas employé le bain de pétrole qui diminue beaucoup la sensibilité. C'est un dispositif analogue qui me sert depuis assez longtemps à mesurer l'intensité des courants alternatifs à haute ou basse fréquence. On tare naturellement l'appareil en le faisant traverser par un courant continu d'intensité connue. Inutile d'ajouter que, si le courant à mesurer est très intense, on n'en dérive qu'une partie dans le fil d'argent. C'est ce qui a lieu pour la décharge de la Torpille, comme je le dirai tout à l'heure.

» II. Pour procéder à une mesure, la Torpille est placée sur un plateau à fond métallique, dans lequel on laisse une couche d'eau de mer de 1^{cm} d'épaisseur pour que l'animal puisse respirer pendant l'expérience. Dans une feuille de papier d'étain, on taille deux électrodes ayant la forme des organes électriques et l'on applique ces deux feuilles sur la surface dorsale de ces organes, en les réunissant entre elles par une bande de papier d'étain de 5^{cm} de largeur et assez épaisse.

» Le plateau métallique inférieur constituera l'électrode négative et les lames d'étain l'électrode positive de cet électromoteur vivant. Ce sont ces

électrodes qu'on réunit aux différents appareils destinés à mesurer ou à rendre visible la décharge des organes.

» Pour provoquer la décharge, il suffit de pincer même légèrement, avec une pince à dissection, le bord des ailes du poisson. Dans ces conditions, la Torpille ne donne, en général, qu'une décharge; mais, si le pincement est violent, les décharges sont multiples et gênantes pour l'enregistrement.

» III. La courbe inscrite par le galvanographe montre que la décharge n'est pas continue, ainsi que l'a signalé M. Marey; elle se compose de 6 à 10 décharges successives qui s'additionnent au début en se suivant à environ $\frac{1}{100}$ de seconde. L'intensité atteint son maximum, en général, après la troisième décharge partielle et va ensuite en diminuant graduellement jusqu'à zéro. Le courant va toujours dans le même sens, de façon que le dos de l'animal est toujours positif et le ventre toujours négatif. La courbe tracée a une allure absolument semblable à celle de la contraction musculaire, l'intensité augmentant rapidement pour atteindre son maximum et retomber ensuite à zéro plus lentement.

» La durée moyenne d'une décharge oscille entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{5}{100}$ de seconde à la température de 19°C. où j'ai opéré.

» Sur des Torpilles de 25^{cm} à 35^{cm} de diamètre, conservées depuis huit jours dans les bassins du laboratoire, j'ai obtenu les nombres suivants: la force électromotrice a oscillé entre 8 et 17 volts et l'intensité entre 1 et 7 ampères.

» En possession de ces nombres j'ai pensé qu'il était possible de traduire aux yeux du public l'énergie de la décharge sous une forme plus palpable. J'ai employé pour cela le dispositif suivant qui réussit très bien. Je prends une lampe à incandescence consommant 4 volts et 1 ampère et je la réunis à un des organes électriques. En pinçant l'animal, cette lampe s'allume et se trouve portée au blanc éblouissant pendant un instant. Il est prudent de mettre la lampe en rapport avec un seul des organes et de pincer légèrement l'animal, sans quoi la lampe est infailliblement brûlée, comme cela m'est arrivé la première fois que j'ai fait l'expérience. J'ai pu mettre trois de ces lampes en tension et les allumer au blanc; j'ai réussi également en les plaçant en quantité. N'en ayant pas un plus grand nombre sous la main, j'ai dû borner là mes expériences qui démontrent d'une façon suffisante l'exactitude des nombres fournis par mes appareils inscripteurs. Avec un ampèremètre Deprez-Carpentier l'aiguille a été chassée plusieurs fois au delà de la graduation qui n'allait qu'à 5 ampères.

» En lançant la décharge dans une petite bobine de Ruhmkorff, j'ai également fait briller d'un vif éclat deux tubes de Geissler. Ces expériences, faciles à répéter, ont l'avantage de montrer à un nombreux auditoire à la fois la nature électrique et l'intensité de la décharge de la Torpille.

» IV. Les deux organes fonctionnent synergiquement et avec la même intensité, comme on s'en assure facilement en plaçant une lampe électrique sur chaque organe. Les deux lampes s'allument au même instant et présentent le même éclat, bien qu'ayant des circuits séparés.

» V. L'organe s'épuise vite; après 4 ou 5 décharges répétées coup sur coup la lampe s'allume de plus en plus faiblement. Si l'on n'a utilisé le courant que d'un seul organe et qu'on porte ensuite la lampe sur le second organe qui est resté à circuit ouvert, on obtient un courant très fort allumant vivement la lampe; ce fait prouve que l'incitation nerveuse volontaire ne suffit pas pour épuiser l'organe et que c'est bien dans l'organe et non dans le système nerveux que se produit l'électricité. Cinq à dix minutes de repos rendent à la décharge son énergie première, si l'on n'a exercé que de légers pincements.

» VI. En enfonçant deux aiguilles thermo-électriques dans les organes, j'ai constaté que, pendant la décharge, l'organe s'échauffe jusqu'à $\frac{2}{10}$ et $\frac{3}{10}$ de degré, mais seulement s'il est fermé en court circuit sur lui-même. A circuit ouvert, je n'ai constaté aucun échauffement malgré des pincements répétés.

» VII. En coupant les nerfs électriques de façon à supprimer l'action de la volonté et en excitant le bout périphérique de ces nerfs par un choc d'induction, le galvanographe inscrit une décharge ou plutôt un flux unique d'électricité, comme l'avait constaté déjà M. Marey. La courbe de cette décharge est tout à fait semblable à celle de la secousse musculaire. La décharge ainsi provoquée est beaucoup plus faible que la décharge volontaire. Son intensité croît avec l'intensité de l'excitation jusqu'à une certaine limite comme pour le muscle. Je n'ai pas poussé plus loin cette dernière analyse, M. Raphaël Dubois m'ayant exprimé le désir d'étudier plus particulièrement ce point spécial. Les nerfs électriques m'ont paru être plus excitables par les courants de la pile que par les courants d'induction; il leur faudrait donc une caractéristique d'excitation plus étalée que pour le nerf moteur musculaire.

» VIII. En plaçant sur l'organe un stéthoscope à membrane pendant la décharge, j'ai pu percevoir, à deux reprises, un son assez bas, correspondant à environ 100 vibrations par seconde, montrant que l'organe est le

siège de vibrations, comme cela a lieu pour le muscle pendant la contraction volontaire. Il faut, pour cela, fermer l'organe ausculté en court circuit et pincer très légèrement l'animal, sans quoi les mouvements qu'il fait rendent l'observation impossible. Je n'ai pu réussir à l'entendre sur l'organe isolé excité artificiellement.

» IX. En enregistrant la décharge volontaire au moyen de deux signaux Deprez communiquant avec le même organe, mais l'un recevant le courant provenant de la partie antérieure, et le second de la partie postérieure, j'ai constaté un retard de quatre centièmes de seconde, du second sur le premier. L'organe constituerait-il plusieurs départements ayant des décharges indépendantes ? Les faits signalés aux n^{os} VIII et IX demandent un supplément d'instruction.

» X. Enfin, on ne constate aucune différence de potentiel entre les deux faces de l'organe au repos. Cette différence ne se montre qu'au moment où l'animal lance volontairement sa décharge. Je poursuis ces recherches et je ferai connaître prochainement à l'Académie l'influence qu'exercent sur la décharge les principaux agents physiques et divers poisons des nerfs et des muscles. Il me sera plus facile, alors, de montrer comment la théorie physique de l'électrogénèse animale que j'ai proposée explique tous les phénomènes antérieurement connus, et m'a conduit à en découvrir de nouveaux. »

M. MAREY présente, à propos de la Note de M. d'Arsonval, les observations suivantes :

« La Communication de M. d'Arsonval m'a vivement intéressé. Non seulement je suis heureux d'y trouver la confirmation des résultats que j'ai obtenus autrefois dans mes expériences sur la décharge de la Torpille, mais notre Confrère a achevé de définir, au point de vue électrique, les caractères de cette décharge. Quant à la forme de chacun des flux électriques, et à la façon dont ils s'ajoutent entre eux pour porter la décharge à sa plus haute puissance, les tracés obtenus par M. d'Arsonval, beaucoup plus parfaits que les miens, montrent non seulement l'analogie des actes électriques avec les actes musculaires, mais l'identité des phases de ces deux phénomènes. On peut donc espérer que ces deux fonctions parallèles, la production d'énergie mécanique et celle d'énergie électrique s'éclaireront l'une par l'autre, et il est à souhaiter que M. d'Arsonval cherche les effets

que produisent, sur la décharge de la Torpille, certains poisons et certains agents physiques dont l'action sur les muscles a déjà été étudiée. »

MINÉRALOGIE. — *Sur un gisement de phosphates d'alumine et de potasse, trouvé en Algérie, et sur la genèse de ces minéraux.* Note de M. **AD. CARNOT.**

« Les recherches faites en Algérie, dans le département d'Oran, ont amené la découverte d'un certain nombre de gisements de phosphates. La plupart sont des phosphates de chaux concrétionnés, souvent un peu alumineux, remplissant des fissures ou des grottes dans le terrain tertiaire supérieur et dont l'origine quaternaire est attestée par les fossiles qui y ont été rencontrés. Mais on a également reconnu, dans quelques gîtes oranais, la présence de phosphates alumineux, qu'il n'est pas sans intérêt de comparer à ceux qui ont été découverts par MM. Armand et Gaston Gautier dans la grotte de Minerve (Hérault).

» Notre éminent Confrère, M. Armand Gautier, a publié, l'année dernière, dans les *Annales des Mines* (1), une description détaillée de la grotte et des divers minéraux phosphatés qu'on y a trouvés. Il a donné le nom de *Minervite* à un phosphate d'alumine hydraté, avec léger excès d'alumine, dont la composition serait représentée par la formule : $P^2O^5 \cdot Al^2O^3 \cdot 7H^2O$.

» L'étude de ce gisement l'a conduit à énoncer une théorie, nouvelle sur certains points, de la genèse des phosphates minéraux et, en particulier, des phosphates d'alumine et de fer. Cette théorie est fondée sur la transformation du phosphore organique contenu dans les matières azotées, qui, sous l'influence de ferments oxydants, donneraient naissance à des phosphates ammoniacaux. Ceux-ci étant dissous et arrivant au contact de calcaire ou d'hydrate d'alumine, voire même d'argile ordinaire, se convertiraient en phosphates tricalcique et bicalcique ou en phosphates d'alumine, tandis que le carbonate d'ammoniaque naissant serait oxydé grâce aux ferments nitriques et transformé, au contact du calcaire, en nitrate de chaux, facilement entraîné par les eaux souterraines.

» Les faits observés dans le gisement oranais, dont je vais parler, ont une assez grande analogie avec ceux observés par M. Gautier et paraissent de nature à apporter une confirmation à sa théorie.

(1) *Comptes rendus*, 1893; *Annales des Mines*, janvier 1894.