



HAL
open science

Recherches sur la décharge électrique de la torpille

M. d'Arsonval

► **To cite this version:**

M. d'Arsonval. Recherches sur la décharge électrique de la torpille. J. Phys. Theor. Appl., 1896, 5 (1), pp.149-154. 10.1051/jphystap:018960050014900 . jpa-00239859

HAL Id: jpa-00239859

<https://hal.science/jpa-00239859v1>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RECHERCHES SUR LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DE LA TORPILLE;

Par M. D'ARSONVAL.

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 M. Marcel Deprez. Il se compose essentiellement (1) 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 distances ses indications par le mécanisme bien connu des tambours 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 à 50 centimètres 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 dans le cylindre enregistreur. Quand le fil d'ar-

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

J. de phys., 3^e série, t. V. (Avril 1896.)

gent 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 centimètre 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 centimètres 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, et 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 multipliées 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 $\frac{1}{40}$ et $\frac{15}{100}$ de seconde à la température de 19° C., où j'ai opéré.

Sur des torpilles de 25 à 35 centimètres de diamètre, conservées depuis huit jours dans les bassins du laboratoire de Concarneau, j'ai obtenu les nombres suivants : la force électromotrice a oscillé entre 8 et 17 volts, et l'intensité entre 4 et 7 ampères (1).

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. 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.

(1) *En court circuit.* A circuit *ouvert*, la force électromotrice de l'organe peut dépasser 300 volts. Pour faire cette mesure, que je n'ai pu effectuer qu'à Paris, j'emploie un électromètre multicellulaire de Lord Kelvin. L'électromètre n'est mis en rapport avec l'organe que juste au moment où la décharge est maxima. Pour arriver à ce résultat, j'utilise l'indépendance fonctionnelle des deux organes électriques. L'un d'eux actionne un électro aimant polarisé qui ferme le courant de décharge du second organe sur l'électromètre au moment où l'onde atteint seulement son maximum, la communication étant aussitôt rompue pour laisser l'électromètre en charge.

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 thermoélectriques 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. 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.

En se reportant à la constitution physique de l'organe si bien étudiée par mon collègue Ranvier, on peut s'expliquer tous ces phénomènes de la façon suivante : l'organe, de chaque côté, est composé d'environ 500 prismes hexagonaux accolés. Chaque prisme est divisé en 2.000 cellules distinctes par une cloison membraneuse. Chaque cellule ou case contient deux substances distinctes : une substance granulée, grisâtre et biréfringente occupe la partie inférieure (ventrale) du prisme; une substance hyaline monoréfringente constitue la moitié supérieure de la case. Le nerf électrique (moteur) se divise dans la substance grisâtre dont la constitution et les réactions sont analogues à celles de la substance protoplasmique contractile. Ces deux substances ne sont pas miscibles et présentent une surface de séparation dont l'étendue peut varier sous l'influence de l'excitation du nerf électrique. Au moment de l'excitation du nerf, le protoplasma tend à prendre la forme globulaire; la surface de séparation augmente et s'accompagne d'une variation électrique comme dans l'électromètre capillaire de Lippmann. L'expérience montre que, au moment de la contraction, le protoplasma devient toujours négatif par rapport au milieu environnant; c'est là un fait général constaté par tous les électro-physiologistes. Il s'ensuit que, au moment de la décharge, chaque case est le siège d'une oscillation électrique qui fait que la substance grise devient négative et la substance hyaline positive. Ces variations électriques s'additionnent pour chaque case de sorte que la différence de potentiel aux extrémités d'un prisme est 2.000 fois plus grande que pour une case seule, comme dans mon muscle artificiel constitué par une série d'électromètres Lippmann associés en tension. La face ventrale du prisme doit donc être

négative et la face dorsale positive, conformément à ce que montre l'expérience. La réunion des prismes en *quantité* explique la grande intensité de la décharge, comme la réunion des cellules en *tension* explique sa grande force électromotrice. Enfin, on s'explique pourquoi la contraction musculaire et la décharge électrique suivent les mêmes lois, pourquoi la force électromotrice n'apparaît dans l'organe que sous l'influence de l'excitation (volontaire ou provoquée) du nerf électrique, puisque ces deux phénomènes reconnaissent une seule et même cause fondamentale : la variation électrique du protoplasma qui entre en action.

Dans la cellule électrique qui est à parois rigides, il ne peut y avoir de déformation extérieure ; il en est tout autrement pour le muscle.
