**SUR UN MOYEN RAPIDE DE DÉTERMINER LA RÉSISTANCE INTÉRIEURE
D'UNE PILE;**

PAR M. L. MOUTON.

I. La mesure de la résistance intérieure d'une pile est une opération devant laquelle on recule souvent; et pourtant cette résistance

est une des constantes de la pile qu'il est urgent de connaître si l'on veut répéter ou comparer entre elles des expériences électriques précises.

En effet, se sert-on d'éléments Daniell, on peut admettre que, montés avec un zinc bien amalgamé, des dissolutions identiques de sulfate de zinc et de sulfate de cuivre, leur force électromotrice est toujours la même. Si nous consultons M. Thomson ⁽¹⁾, il nous dira que la force électromotrice d'un élément Daniell varie de 2 ou 3 pour 100 avec les dissolutions employées, qu'elle varie aussi un peu avec la température et certaines circonstances qui n'ont pas encore été élucidées. Comme on peut fixer les dissolutions, fixer la température, on est en droit, en somme, et c'est ce que l'on fait généralement, M. Thomson tout le premier, de considérer l'élément Daniell comme reproduisant commodément une force électromotrice qu'il est toujours possible de rendre identique à elle-même.

Cela suffit quand on ne s'occupe que de recherches statiques; mais, s'il s'agit de courants, apparaît le second terme, la résistance. Et ici, que de causes de différences en dehors de la nature des liquides : les dimensions exactes des vases, le degré de cuisson du vase poreux, les dimensions des métaux, les hauteurs des niveaux des liquides. Il serait, je crois, urgent que les expérimentateurs donnassent la valeur de la résistance des éléments dont ils se sont servis, afin que l'on puisse répéter leurs expériences dans des conditions identiques.

Ce n'est pas que les méthodes de mesure de cette résistance fassent défaut; mais elles ont toutes l'inconvénient d'exiger des mesures préalables de résistances de rhéostats, de galvanomètres, et je crains qu'il ne se passe encore un long temps avant que nos constructeurs, à l'exemple de leurs confrères anglais, fassent définitivement choix d'une unité et indiquent en cette unité la résistance des divers instruments, rhéostats, galvanomètres, etc., qu'ils livrent aux physiciens.

Le but de cet article est d'indiquer non une méthode nouvelle, mais une modification à une méthode permettant de mesurer, en quelques instants et sans une installation préalable, la résistance

(1) *Reprint of papers on electrostatic and magnetism*. London, 1872, page 246.

intérieure des éléments de pile ordinairement employés. Latimer Clark ⁽¹⁾ l'attribue à sir W. Thomson.

II. Voici en quoi elle consiste. On introduit dans le circuit un rhéostat R (fig. 1) et un galvanomètre G ; celui-ci marque une dé-

Fig. 1.

Fig. 2.

viation δ ; on jette alors un pont ASB de résistance s : la déviation du galvanomètre diminue ; on la ramène à sa valeur primitive δ en diminuant le fil du rhéostat R.

Soient G la résistance du galvanomètre, b celle du fil du rhéostat à la première expérience ; on a, en appelant i l'intensité du courant correspondant à la déviation δ du galvanomètre, E la force électromotrice de la pile P , et R sa résistance augmentée des fils qui viennent en A et B,

$$i = \frac{E}{R + b + G}.$$

A la deuxième expérience le rhéostat est amené à b' , et si, par les équations de Kirchhoff ⁽²⁾, ou simplement par la méthode des longueurs réduites d'Ohm ⁽³⁾, on calcule l'intensité du courant qui passe dans le galvanomètre et qui est encore égale à i , on trouve

$$i = \frac{Es}{R(s + b' + G) + s(b' + G)};$$

⁽¹⁾ LATIMER CLARK, *An elementary treatise on electrical measurement*. London, 1868, page 99.

Ce livre a été traduit en français et imprimé à l'Imprimerie nationale, par les soins de l'Administration des lignes télégraphiques. On le trouve assez difficilement.

⁽²⁾ Voir, au tome II de ce Journal, page 92, etc., les articles de M. Reynaud.

⁽³⁾ DESAINS, *Leçons de Physique*, t. II, p. 755. — JAMIN, *Cours de Physique de l'École Polytechnique*, t. III, p. 107.

d'où, en égalant et réduisant,

$$R = s \frac{b - b'}{b' + G},$$

formule qui exige la connaissance de la résistance G en unités du rhéostat.

Or, si l'on prend un galvanomètre ordinaire comme en possèdent tous les cabinets de Physique, que l'on se construise un rhéocorde de Pouillet, par exemple de 1 mètre de long avec fils d'acier de $\frac{1}{3}$ de millimètre environ de diamètre tendus sur une planchette où glisse une boîte de liège remplie de mercure, on verra qu'avec tous les éléments de pile ordinairement employés, le rhéostat étant à son maximum de résistance, il faudra, pour avoir au galvanomètre une déviation de 30 ou 40 degrés, y lancer non tout le courant, mais une dérivation prise sur une longueur ab (*fig. 2*) qui n'aura jamais besoin de dépasser 3 ou 4 centimètres d'un fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre. Elle pourra même être beaucoup moindre si, toutes choses égales d'ailleurs, on peut se contenter de très-petites déviations exactement lues par un procédé quelconque de réflexion ⁽¹⁾.

(1) Les télégraphistes paraissent avoir adopté le nom de *shunt*, par lequel les Anglais désignent les appareils qui réalisent immédiatement ces dérivations. Il est facile de s'en construire un soi-même que l'on pourra modifier, selon la sensibilité de son galvanomètre ou le mode de lecture dont on veut faire usage. On creuse quatre trous A, B, C, D (*fig. 3*) dans une planchette, on y met du mercure; la pile aboutit en A et B,

Fig. 3.

le galvanomètre en C et D. Deux gros fils métalliques $\alpha\gamma, \beta\delta$ (*fig. 4*), recourbés à leurs

Si nous reprenons alors la formule ci-dessous

$$R = s \frac{b - b'}{b' + G},$$

la résistance G , inférieure à 3 ou 4 centimètres de fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre, devient négligeable devant b' dans tous les cas usuels, et la formule se réduit à

$$R = s \frac{b - b'}{b'}.$$

Mais le facteur $\frac{b - b'}{b'}$ n'étant plus formé que de termes homogènes, les nombres b et b' peuvent être simplement les longueurs de fil accusées au rhéostat, et la résistance R se trouve ainsi exprimées en mêmes unités de résistance que celles qui expriment s .

III. Voici des mesures faites au laboratoire des Hautes Études à la Sorbonne : le galvanomètre est une boussole de Weber dont les déviations sont lues par les glaces courbes de MM. Thomson sur une échelle arbitraire.

1° Pile Bunsen, montée depuis une heure environ. Shunt, 4 centimètres de fil de cuivre de 1 millimètre. Déviation 10.

$$b = 551^{\text{mm}}.$$

J'intercale $s = 50^{\text{m}}$ de fil de lignes télégraphiques français

extrémités, sont reliés par une baguette isolante et en même temps par un fil K , qui sera la partie ab du texte ci-dessus ; on donnera à ce fil la résistance que l'on voudra.

Fig. 4.

On voit aisément que, la pile aboutissant en A et D, le galvanomètre en C et B, on pourra faire dévier le galvanomètre, soit à droite, soit à gauche, avantage que n'offrent point les shunts ordinairement employés.

fournis par une boîte Digney frères, et, pour ramener la déviation à 10, il faut descendre le rhéostat à $b' = 434^{\text{mm}}$, d'où

$$R = 50 \frac{551 - 434}{434} = 13^{\text{m}}, 48 \text{ de fil français.}$$

2° La même pile donne encore 10 avec le même shunt, et $b = 551$.

Je fais $s = 30^{\text{m}}$ de fil français ; il faut $b' = 380^{\text{mm}}$, d'où

$$R = 30 \frac{551 - 380}{380} = 13^{\text{m}}, 50.$$

Je suis ici en mesure de faire le calcul exact. Reprenons la formule complète

$$R = s \frac{b - b'}{b' + G}.$$

J'ai mesuré b, b' et G en unités Siemens ; 162 millimètres du rhéocorde valent 1 Siemens ; et l'on sait que cette unité vaut environ 40 mètres de fil de cuivre de 1 millimètre.

Calculons exactement la deuxième expérience :

$$b = \frac{551^{\text{s}}}{162}, \quad b' = \frac{380^{\text{s}}}{162} \quad \text{et} \quad G < \frac{4^{\text{s}}}{4000},$$

d'où

$$R = 30^{\text{m}} \frac{551 - 380}{380, 162} = 13^{\text{m}}, 49.$$

IV. Je donnerai encore comme exemples deux mesures de la résistance d'un élément Daniell, moyen modèle, rempli aux deux tiers seulement avec des dissolutions de sulfate de zinc et de sulfate de cuivre, mesures faites au laboratoire de l'École Normale avec un galvanomètre ordinaire de Ruhmkorff.

Première mesure. — Le rhéostat était un rhéocorde de Pouillet, fait d'un fil de platine de $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre ; le shunt était formé de 1^c,5 de fil de cuivre de 1 millimètre.

$$b = 100^{\circ}; \quad \text{déviati}on, 59^{\circ}.$$

J'intercale $s =$ une unité Siemens ; la déviation tombe à 40 de-

grés et je la ramène à 59° avec $b' = 18,5$:

$$R = 1^s \frac{100 - 18,5}{18,5} = 4^s,40.$$

Seconde mesure. — Le rhéostat ramené à 100 et le pont enlevé, la déviation galvanométrique est encore 59 degrés.

J'intercale 5 mètres de fil de cuivre de $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre.

La déviation tombe à 28 degrés, et je le ramène à 59 degrés avec $b' = 10$:

$$R = 5^m \frac{100 - 10}{10} = 45^m$$

de fil de cuivre de $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre.

On remarquera la concordance de ces deux mesures si l'on se rappelle que, 40 mètres environ de fil de cuivre de 1 millimètre valant 1 Siemens, il n'en faut que 10 d'un fil de $\frac{1}{2}$ millimètre.

Je n'ai pas à défendre une méthode qui n'est pas de moi contre le reproche que l'on peut faire à toute mesure de constante d'une pile traversée par un courant. Je répéterai seulement que le procédé que je viens d'exposer exige quelques minutes, ne nécessite aucune opération préalable et donne un résultat bien suffisant au moins pour les piles communément employées dans les recherches de Physique.