

§ 3. — GALVANOCAUSTIQUE THERMIQUE ET ENDOSCOPIE

Piles au bichromate. — Accumulateurs. — Shunts et volmètres. — Mesures des résistances. — Galvanocautères thermiques. — Endoscopie électrique.

61. *Piles au bichromate.* — Tandis que la galvanisation et l'électrolyse n'exigent qu'un faible débit, sous une tension relativement grande, de la source électrique qui leur est consacrée, la galvanocaustique thermique et l'endoscopie exigent un débit relativement considérable, sous une tension peu élevée. Dans le premier cas, la batterie de piles peut avoir, sans inconvénient, une résistance intérieure assez grande, car la perte d'énergie correspondante, (dont la valeur par seconde est égale au produit de cette résistance par le carré de l'intensité du courant), se trouve singulièrement limitée par la faiblesse d'une intensité presque toujours inférieure à un quart d'ampère. Dans le second cas, l'intensité du courant devant s'élever à plusieurs ampères, il importe que la très-majeure partie de la résistance totale du circuit soit représentée par celle d'un galvanocautère ou par celle du filament d'une lampe à incandescence ; il convient, pour ce motif, de demander une grande surface aux piles ou aux accumulateurs que l'on veut mettre en œuvre.

Le couple Poggendorff fournit une bonne solution. Rappelons qu'il se compose, en principe, d'un récipient contenant un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique étendu d'eau, dans lequel on fait plonger les deux électrodes zinc amalgamé et charbon. La force élec-

tromotrice est un peu supérieure à 2 volts ; la résistance intérieure est faible ; on diminue fortement la polarisation en donnant une grande surface aux charbons ; ce sont là de grands avantages. Mais cette pile fonctionnerait à circuit ouvert si l'on ne prenait pas la précaution de faire sortir le zinc du liquide dès que doit cesser la mise en service.

Pour rendre pratique l'emploi des piles au bichromate, M. Chardin a adopté d'ingénieuses dispositions. La

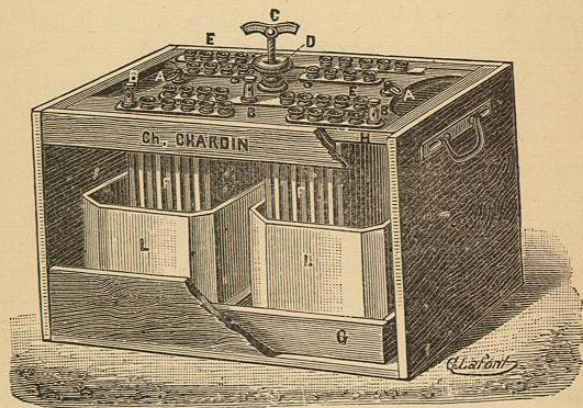


Fig. 73.

figure 73 représente un *appareil de cabinet* (catalogué au prix de 125 francs) spécialement destiné à la galvanocaustique thermique. Le liquide au bichromate est contenu dans les deux récipients en porcelaine L qui reposent sur un casier mobile G ; à chacun de ces récipients correspondent les électrodes F, composées de quatre plaques de zinc et cinq plaques de charbon de cornue, chaque plaque ayant 0 m. 14 de hauteur, 0 m. 13 de largeur et 0 m. 005

d'épaisseur ; chacun des zincs et chacun des charbons est solidement fixé par un écrou E au couvercle supérieur de la boîte en chêne ciré qui renferme les piles. Les prises de courant se font au moyen des bornes B. Pour régler l'immersion des électrodes dans le liquide (1), on fait tourner le bouton de manœuvre D qui commande une vis centrale entraînant le casier G. Ajoutons qu'il est bien préférable de remplacer ce bouton de manœuvre, auquel on ne peut imprimer qu'une rotation trop lente, par la pièce en bronze nickelé que représente la figure 74 ; cette pièce à

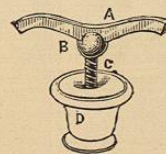


Fig. 74.

poignée A permet de soulever d'un seul coup à la hauteur voulue le casier G, porteur des récipients, et de le fixer dans cette position en faisant glisser avec le doigt la tulipe à vis D jusqu'au couvercle de la boîte. Les deux anneaux A qui sont fixés à ce couvercle servent à enlever le système des électrodes, pour les nettoyer et les remplacer au besoin.

Voici (fig. 75) un autre appareil pour galvanocaustique et pour lumière électrique (catalogué au prix de 200 fr.). La partie à gauche, comprenant quatre récipients L, est

(1) Voici la composition de ce liquide : 250 grammes de bichromate de potasse et 350 grammes d'acide sulfurique pour 1 litre d'eau ; faire dissoudre le bichromate dans l'eau chaude ou froide, ajouter doucement l'acide sulfurique en agitant avec une baguette de verre ; on ajoute quelquefois 15 grammes de bisulfate de mercure, dont l'utilité est très contestable.

destinée à la galvanocaustique ; à chaque récipient correspondent quatre zincs et cinq charbons (hauteur 0 m. 09, largeur 0 m. 07, épaisseur 0 m. 003). La partie à droite,

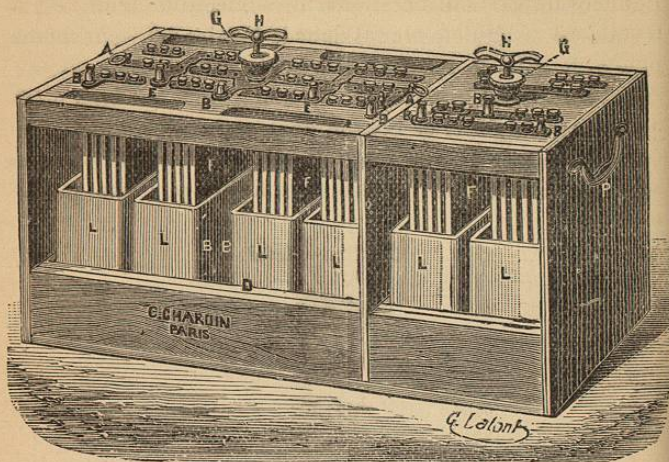


Fig. 75.

comprenant deux récipients est destinée à la lumière ; à chaque récipient correspondent deux zincs et trois charbons (mêmes dimensions que ci-dessus). On peut coupler les deux parties lorsque l'on veut obtenir de grands effets de lumière.

Quels que soient le nombre des zincs et celui des charbons qui les accompagnent pour l'immersion dans le liquide d'un récipient, ce groupement ne constitue qu'un seul élément de quantité, dont la force électromotrice est d'environ 2 volts. Il faut, par conséquent, grouper en tension 2, 3, 4, 6 éléments pour obtenir des forces électromotrices de 4, 6, 8 et 12 volts environ. Cette dernière valeur représente le maximum qui puisse être nécessaire au mé-

decin, lorsqu'il emploie certains instruments, tels que les cystoscopes, ou encore lorsqu'il a besoin de donner une grande intensité lumineuse à une lampe de projection. Pour les usages courants, une force électromotrice de 4 à 6 volts est généralement suffisante ; 2 volts suffisent même pour rougir les petits cautères.

La pile au bichromate compense malheureusement ses avantages relatifs par quelques défauts. Elle n'est pas constante, bien qu'elle soit peu polarisable ; son affaiblissement rapide a pour cause principale la prompte altération du liquide et pour cause accessoire les dépôts d'oxyde de chrome et d'alun de chrome qui peuvent se produire sur les charbons servant d'électrodes positives. Le bichromate de potasse est d'ailleurs sensible aux variations de température ; si le liquide a séjourné dans une enceinte trop froide, il convient de le réchauffer avant la mise en service ; on peut, à cet effet, retirer les récipients en porcelaine et les approcher du feu.

Les appareils que nous avons décrits ci-dessus sont disposés de manière à rendre faciles toutes les manipulations nécessaires pour le nettoyage des électrodes, le remplacement du liquide et les rechanges de zincs ou de charbons. Ces appareils ont l'inconvénient de ne pas être portatifs ; ils doivent s'installer à demeure dans le cabinet ou le laboratoire du praticien.

62. Les accumulateurs. — Les accumulateurs peuvent fournir des courants beaucoup plus constants que ceux des piles au bichromate ; on peut constituer avec eux des batteries portatives ; ce sont là des raisons qui militent sérieusement en faveur de leur emploi.

En se reportant aux considérations exposées au n° 30, on voit clairement que le praticien doit refuser sa confiance aux accumulateurs à formation artificielle (avec

pâtes saturnines rapportées), dont le tempérament est toujours débile ; il doit sans hésitation accorder la préférence aux accumulateurs au plomb à formation naturelle (1) (type Planté proprement dit), qui possède un tempérament plus rustique et dont les imperfections primitives n'existent plus aujourd'hui.

Un appareil médical constitué au moyen de l'accumulateur Blot, dit *accumulateur à navettes*, serait, à notre avis, particulièrement recommandable. Voici d'intéressants extraits d'une communication faite par M. d'Arsonval à la Société Internationale des Electriciens le 8 janvier 1896 : « Donnez-moi, disais-je à tous les spécialistes, « un accumulateur rustique qui s'accommodera de tous les « régimes, que je pourrai, au besoin, mettre en court circuit et qui ne laissera à cet exercice ni sa capacité, ni sa « carcasse. C'était, paraît-il, demander l'impossible. « M. Blot me surprit vivement lorsqu'il m'annonça qu'il « avait mon affaire. Rendu défiant par l'expérience, je priai « l'auteur de me confier une batterie de 14 éléments, le « prévenant que j'allais fort malmenier son dépôt et qu'il « me fallait un an pour être fixé sur sa valeur. Voilà quatorze mois que dure l'expérience en question ; le résultat m'a à la fois surpris et satisfait au point que je n'ai « pas hésité à présenter le nouveau-né à la Société ». M. d'Arsonval dit ensuite : « La batterie a toujours été « chargée au régime de 25 à 30 ampères, débit maximum « de ma machine Gramme. Si le régime de charge a été à « peu près constant, il n'en est pas de même du régime « de décharge. J'ai demandé à cette batterie des courants

(1) Les machines Gramme et autres ont permis de remédier à la lenteur, autrefois trop grande, de la formation naturelle par charges et décharges successives ; cette question n'intéresse d'ailleurs que le fabricant lui-même, l'acheteur n'a pas à s'en préoccuper.

« dont l'intensité a varié de 20 milliampères à plus de 250 « ampères. Quatre de ces éléments ont été soumis à des « courts-circuits répétés ayant duré vingt-quatre heures « pour l'un d'eux et huit jours pour un autre. A part un « léger allongement des rubans positifs, je n'ai constaté « aucune détérioration de ces éléments. Chargés de nouveau au refus, ils se sont comportés comme leurs voisins et continuent leur service normal. Je n'ai pas constaté de dépôt d'oxyde au fond des vases qui, étant « simplement recouverts d'huile minérale, contiennent une « légère couche de poussière provenant du balayage de la « salle. La force électromotrice de ces éléments est la « même que celle de leurs congénères (1). Il en est de « même pour leur capacité utilisable qui oscille entre 127 « et 131 ampères-heure par élément (2) au débit de 10 ampères. Ils conservent très bien leur charge ; les ayant « chargés à refus le 22 juillet, à mon départ de Paris, j'ai « pu m'en servir le 20 octobre et encore le 17 novembre « sans avoir eu besoin de les recharger ». L'accumulateur Blot présente, par conséquent, une résistance et une élasticité remarquables ; il possède les qualités spécifiques qu'exige un service irrégulier. Il est vraiment regrettable que ses fabricants ne construisent pas encore d'appareils spéciaux pour les applications thérapeutiques ; il leur serait facile de combler cette lacune de leur industrie.

A défaut de l'accumulateur Blot, le praticien peut recourir à l'accumulateur Chardin qui présente avec lui d'assez grandes analogies.

La figure 76 représente un *appareil de cabinet*, renfermant, dans une boîte en noyer vernis, deux accumulateurs

(1) Soit 2 volts par élément.

(2) Le poids d'un élément étant de 1.500 grammes, la capacité indiquée par M. d'Arsonval est de 15 ampères-heure par kilogramme de plomb.

ayant chacun 0 m. 20 de hauteur, 0 m. 15 de longueur et 0 m. 075 de largeur, pesant chacun 7850 grammes et ayant chacun une capacité de 60 ampères-heure. Cet appareil est catalogué au prix de 125 francs. Les bornes H

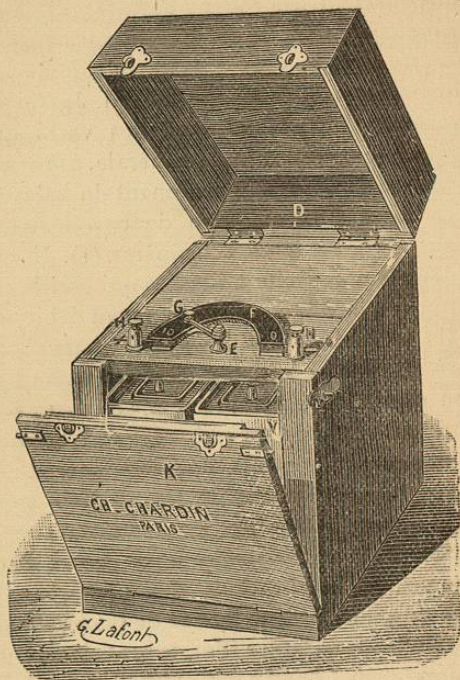


Fig. 76.

servent à la prise du courant ; un combinateur sert à mettre les deux éléments soit en tension soit en quantité ; EG est la manette d'un rhéostat permettant de graduer le courant ; F est une plaque protectrice de ce rhéostat.

La maison Chardin fabrique aussi un *appareil por-*

tatif (catalogué au prix de 100 francs) dont les dimensions sont beaucoup plus petites ; chacun des deux accumulateurs a 0 m. 20 de hauteur, 0 m. 15 de longueur, et 0 m. 042 de largeur, pèse 4450 grammes et possède une capacité de 30 ampères-heure.

Le rhéostat est un régulateur à résistance variable permettant de graduer à volonté l'intensité du courant. Il se compose (fig. 77) d'un fil de maillechort E sur lequel s'appuie le frotteur C de la manette AB ; la résistance auxi-

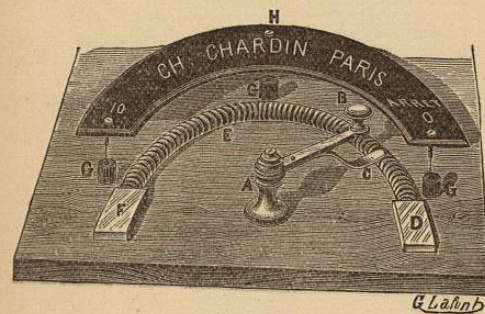


Fig. 77.

liaire que l'on intercale dans le circuit extérieur varie avec la longueur du fil de maillechort qui se trouve comprise entre l'extrémité D et le contact du frotteur C. La plaque de caoutchouc H, dite plaque de garantie, se place sur les points de fixation G pour couvrir le fil E dont la température s'élève beaucoup lorsque le courant passe.

La recharge et l'entretien en charge des accumulateurs peuvent se faire au moyen d'une batterie d'éléments Daniell (au sulfate de cuivre). La figure 78 représente l'appareil que fabrique M. Chardin pour l'alimentation des accumulateurs. La boîte contient trois éléments genre Daniell, conformes au modèle représenté séparément à

droite de la figure ; les vases A sont en terre et renferment les vases poreux E ; trois fils métalliques terminés par des pitons qui s'enfoncent dans une des barres B réunissent par cette barre les trois zincs ou électrodes négatives ; les

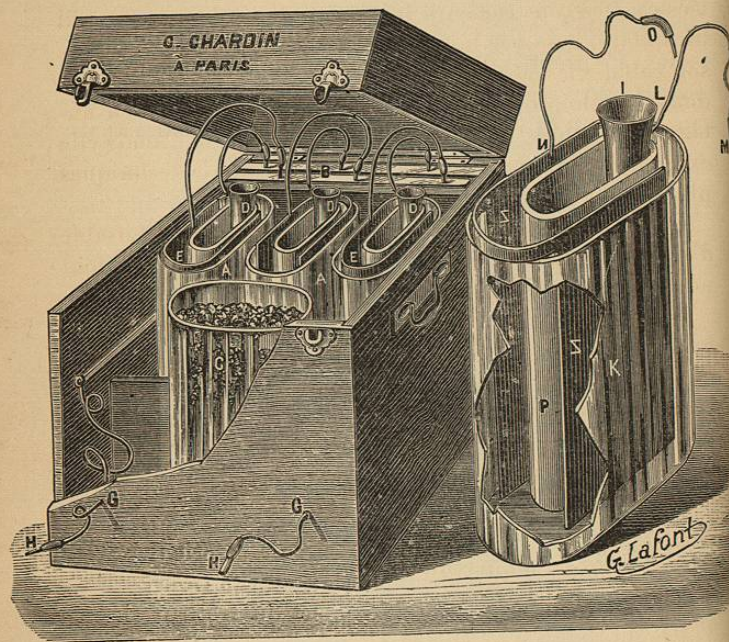


Fig. 78.

trois cuivres D ou électrodes positives sont réunis, de la même manière par l'autre barre B ; on obtient ainsi le groupement en quantité des trois éléments Daniell contenus dans la boîte. Les pitons extérieurs H correspondent aux prises de l'accumulateur ; on leur a donné deux diamètres différents pour rendre impossible le renversement

des pôles. Le vase C contient une réserve de sulfate de cuivre. Cet appareil est catalogué au prix de 45 francs.

63 Shunts et voltmètres.— Au lieu de s'imposer l'emploi des batteries de piles ou d'accumulateurs tout installées que les constructeurs lui offrent, le médecin peut, s'il le préfère, grouper lui-même et installer à sa guise dans son cabinet les éléments des piles primaires ou secondaires dont l'emploi doit lui être utile. Cette solution a l'avantage d'être plus économique que la précédente, mais elle exige de la part du praticien des connaissances techniques plus étendues en électricité.

Quelle que soit la solution adoptée, il est indispensable d'avoir à sa disposition quelques appareils de mesure dont nous allons nous occuper.

Nous avons indiqué, dans le paragraphe relatif à la galvanisation et à l'électrolyse, la mesure de l'intensité du courant au moyen d'un galvanomètre apériodique. L'instrument dont nous avons conseillé l'emploi limite ses indications à l'intensité maximum de 50 milliampères ; il paraît donc impossible de l'employer pour la mesure d'intensités supérieure ; mais il est heureusement facile d'étendre considérablement les limites de l'usage d'un galvanomètre en le munissant de *shunts*. On donne ce nom de shunt à une dérivation prise sur les bornes du galvanomètre et permettant de ne le faire actionner que par une fraction déterminée du courant. Soit g la résistance du galvanomètre et s celle du shunt ; d'après la loi des courants dérivés l'intensité I du courant total se divisera en deux parties, inversement proportionnelles à ces résistances g et s , dont la première égale à $\frac{Is}{g+s}$ passera par le galvanomètre, tandis que la seconde égale à $\frac{Ig}{g+s}$ passera

par le shunt ; au lieu d'avoir à indiquer directement l'intensité I , l'aiguille du galvanomètre n'aura à indiquer que l'intensité plus faible $\frac{Is}{g+s}$, en sorte qu'il nous suffira de multiplier par le facteur constant $\frac{g+s}{s}$ (appelé *pouvoir multiplicateur du shunt*) l'intensité partielle

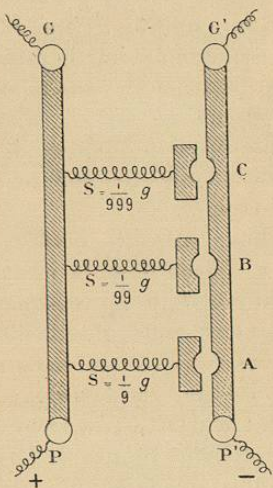


Fig. 79.

indiquée par le galvanomètre pour obtenir l'intensité totale I . Si la résistance s du shunt est 9, 99, 999, fois plus petite que la résistance g du galvanomètre, le pouvoir multiplicateur est de 10, 100, 1.000, en sorte que l'indication d'un milliampère correspond à 10, 100, 1.000 milliampères. Le schéma ci-contre (fig. 79) indique en principe les dispositions du shunt ; les barres conductrices PG et P'G', reliées chacune à un pôle de la pile et à une borne

du galvanomètre, sont munies de trois dérivations dont les résistances respectives sont $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{99}$ et $\frac{1}{999}$ de la résistance g du galvanomètre ; chacune de ces dérivations ouvertes peut être fermée à volonté au moyen d'une cheville métallique que l'on enfonce en A, en B ou en C. Ces considérations suffisent pour démontrer que l'emploi des

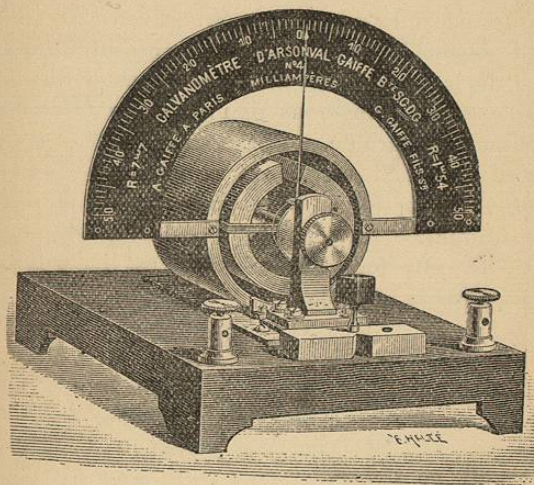


Fig. 80.

shunts permet de multiplier les services que peut rendre un galvanomètre. La figure 80 représente un galvanomètre d'Arsonval-Gaiffe muni d'un shunt à simple effet ; la résistance de ce shunt est de 1 ohm 54, cinq fois plus faible que celle du galvanomètre égale à 7 ohms 70 ; il en résulte que le pouvoir multiplicateur est égal à 6 ; dans la figure, le zéro est placé au milieu de la division en milli-

ampères, de façon que l'on puisse lire aussi bien à gauche qu'à droite lorsqu'on renverse le courant ; on doublerait la sensibilité de l'appareil en plaçant le zéro à l'une des extrémités de la division, mais alors l'appareil ne pourrait pas servir avec les batteries à collecteur double.

L'adjonction d'un shunt (faible résistance en dérivation) permet donc d'augmenter la puissance d'un galvanomètre. Avec l'adjonction d'une grande résistance en dérivation, on peut transformer le galvanomètre en *voltmètre*, nouvel appareil destiné à la mesure des forces électromotrices (au lieu de la mesure des intensités. Considérons un circuit fermé et proposons-nous de mesurer la force électromotrice ou différence de potentiel entre les deux points A et B de ce circuit. Si nous ajoutons entre ces deux points une dérivation, la force électromotrice dont il s'agit se trouvera diminuée ; on trouve par le calcul que la nouvelle valeur e' de cette force électromotrice est liée à la valeur primitive e par la formule

$$e' = e \frac{R}{R + \left(1 - \frac{r}{\rho}\right) r}$$

dans laquelle on désigne

par ρ la résistance totale (intérieure et extérieure) du circuit conducteur,

par r la partie de cette résistance totale qui correspond au segment AB du circuit extérieur

et par R la résistance de la dérivation.

Cette formule montre que si la résistance R de la dérivation est considérable relativement à r , la différence entre e' et e devient négligeable, en sorte que l'adjonction de la dérivation ne modifie pas sensiblement la force électromotrice e qu'il s'agit de mesurer. Nous pouvons donc obtenir

BIBLIOTECA
FAC. DE MED. U. A. N. L.

DOCTOR

J. Andrés Villarreal,

MEDICO, CIRUJANO Y PARTERO,

De la Facultad de México.

No.

Rp.

G.	C.	M.

..... de 1900.

Es necesario llevar esta receta á la consulta siguiente.

la valeur de cette force électromotrice en multipliant la résistance de la dérivation par l'intensité du courant qui la traverse ; si cette dérivation contient comme partie intégrante le fil enroulé sur le cadre mobile d'un *galvanomètre*, l'aiguille de cet appareil, au lieu d'indiquer l'intensité du courant pourra indiquer la force électromotrice e , qui est proportionnelle à cette intensité ; la graduation sera faite en volts et notre appareil deviendra un *voltmètre*. Supposons, pour fixer les idées, que la dérivation ait une résistance de 1000 ohms et que le galvanomètre soit gradué en milliampères ; la formule d'Ohm.

$$e = RI,$$

montre que le nombre des milliampères indiqué pour l'intensité du courant sera précisément le nombre des volts de la force électromotrice. Avec 100 ohms de résistance, on ferait correspondre le milliampère au dixième de volt.

Le voltmètre à grande résistance peut servir aussi à mesurer, à un instant quelconque, la force électromotrice d'une batterie de piles ou d'accumulateurs. Il suffit pour cela de fermer le circuit de cette batterie avec la résistance de l'appareil. Soit E la force électromotrice de la batterie, r sa résistance intérieure, R la résistance du voltmètre et I l'intensité du courant obtenu ; on a exactement

$$E = I (R + r) ;$$

mais comme r est négligeable devant R , on peut, sans erreur sensible, remplacer cette formule par

$$E = IR ;$$

l'évaluation de la force électromotrice se déduit donc sans difficulté de l'indication galvanométrique de l'intensité du courant. Cette méthode permet de constater le degré d'af-

faiblissement qu'a subi une batterie de piles ou d'accumulateurs au bout d'une durée quelconque de mise en service.

64. *Mesure des résistances.* — Une des méthodes les plus usitées pour la mesure des résistances électriques est celle du *pont de Wheatstone*. Considérons (fig. 81) un système de conducteurs formant les quatre côtés d'un

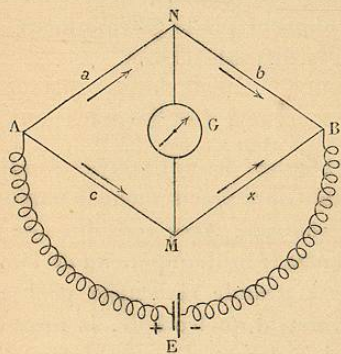


Fig. 81.

parallélogramme AMBN. Les deux côtés AN et BN, appelés *branches de proportion*, ont des résistances respectives connues et fixes a et b ; le côté MB est constitué par la résistance inconnue x qu'il s'agit de mesurer; enfin le côté AM, appelé *branche de comparaison* est constitué par une résistance que l'opérateur peut faire varier à son gré en ayant constamment sous les yeux l'indication de sa valeur. Cela posé, faisons entrer le parallélogramme, par les deux sommets opposés A et B, dans le circuit extérieur d'une source d'électricité (pile ou dynamo). Installons d'ailleurs entre les deux autres sommets M et N un conducteur muni d'un galvanomètre G. Pour que le courant envoyé

par la pile ne fasse pas dévier l'aiguille du galvanomètre, il faut et il suffit que les valeurs du potentiel en M et en N soient égales entre elles; on arrive à remplir cette condition en faisant acquérir par tâtonnement à la résistance facultative de la branche de comparaison AM la valeur appropriée c . On démontre aisément par le calcul que l'on a alors

$$x = \frac{b}{a} c,$$

formule qui donne la valeur de la résistance cherchée x . Cette méthode consiste à jeter entre les deux points M et N un pont sur lequel le courant ne doit pas circuler; de là vient le nom de *pont de Wheatstone*.

Remplaçons la ligne brisée ANB par une ligne droite (fig. 82), le long de laquelle puisse se déplacer l'extrémité

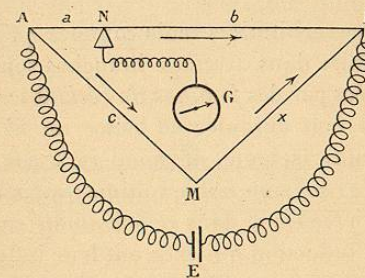


Fig. 82.

N de la branche du galvanomètre. Ce fil rectiligne AB étant supposé cylindrique et homogène, en métal assez peu conducteur comme le maillechort, les deux résistances a et b , dont la somme reste constante et égale à la résistance totale du fil métallique, seront respectivement proportionnelles aux longueurs AN et BN, en sorte que nous pour-

rons faire varier à volonté le rapport $\frac{b}{a}$ par le déplacement du curseur N. En donnant à ce curseur la position qui empêche le courant de traverser le galvanomètre, nous obtiendrons la valeur de la résistance x par la formule

$$x = \frac{b}{a} c = \frac{BN}{AN} c.$$

Une règle divisée disposée parallèlement au fil AB et très près de lui donnera immédiatement les mesures des longueurs BN et AN ; il suffit de multiplier la résistance connue c par le rapport de ces deux mesures pour obtenir la résistance x .

Ces figures schématiques 81 et 82 rendent aisément compréhensibles le mécanisme et la théorie du pont de Wheatstone, mais nous devons y ajouter des explications complémentaires.

Les résistances arbitraires mais connues qu'il est nécessaire d'introduire dans diverses branches sont ordinairement constituées par des *bobines de résistance*. Pour faire une bobine, il faut enrouler en hélice un fil conducteur muni d'une gaine isolante, de manière à concentrer une grande longueur sous un faible volume ; mais nous savons que l'envoi du courant dans ce solénoïde engendre des phénomènes d'induction qui exercent leur influence sur la résistance apparente du fil. Comme il est indispensable qu'une bobine de résistance soit inaccessible à l'induction, on a recours à un procédé bien simple pour lui donner cette immunité ; il suffit de replier le fil sur lui-même, en son milieu, de manière à le doubler sur une demi-longueur, avant de faire l'enroulement ; c'est ce qu'indique schématiquement la figure 83. Les constructeurs fabriquent des bobines dont la résistance s'élève jusqu'à 5000 ohms.

Cela posé, constituons une branche du pont de Wheat-

tone au moyen d'une barre de cuivre ST, dont la résistance

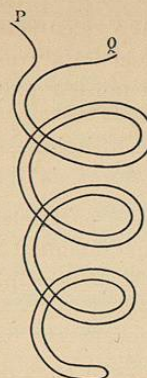


Fig. 83.

soit assez faible pour être négligeable (figure 84). Cette branche doit présenter quelques solutions de continuité,

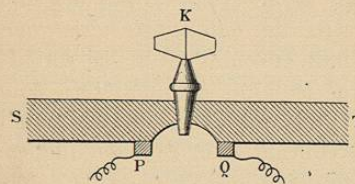


Fig. 84.

analogues à celle qu'indique la figure et qui peut être comblée par l'introduction d'une clé métallique K ; les deux petites bornes en cuivre P et Q sont destinées à recevoir les deux extrémités du fil de la bobine de résistance ci-dessus décrite. Il suffit d'enlever la clé K pour introduire dans la branche de pont ST la résistance de la bobine.

On renferme habituellement plusieurs bobines de résis-