

Nous la retrouverons plus loin (p. 250) plus amplement décrite. Nous y renvoyons dès maintenant le médecin qui voudrait se faire une idée bien précise de sa structure comme de ses autres usages.

La machine Wimshurst, d'un fonctionnement très régulier, tient le milieu entre la machine de Holtz et celle de Carré. Les deux plateaux sont en verre ou en ébonite et les deux pôles sont munis de condensateurs.

« D'une façon générale, dit le Dr Larat, l'électricité statique est un mode commode d'application électrothérapique.

« Elle a l'avantage de permettre au patient de garder ses vêtements, et par sa diffusion instantanée à travers tout l'organisme, par sa localisation facile au moyen des différents excitateurs, enfin par sa réelle efficacité elle mérite d'occuper en thérapeutique une large part. Elle se trouve indiquée chaque fois qu'on s'adresse à un état général névropathique, quelle qu'en soit l'origine; et, comme la plupart des malades qui ont recours à la thérapeutique électrique proviennent de troubles nerveux généraux ou en sont la cause, tels les accidents du rhumatisme, de la goutte, des douleurs névralgiques, etc., il y a très souvent lieu d'employer ce mode de traitement, soit isolément, soit concurremment avec les autres modes d'électrisation.

« Je tiens, à signaler un fait inédit. Il arrive parfois que, quelle que soit la faible durée du courant et de son intensité aussi faible que possible, certains névropathes ne le supportent pas.

« En pareil cas, on doit renoncer au courant négatif, le seul employé en électricité statique, et recourir au pôle positif. Il suffit pour cela de relier le tabouret au pôle positif de la machine et de réunir le pôle négatif à la terre.

« J'ai pu observer plusieurs cas où cette modification du pôle employé avait pour effet de calmer instantanément l'état nerveux et de permettre de continuer l'électrisation sans incident.

« En fait, le pôle positif donne une étincelle beaucoup plus courte, un souffle moins prononcé, on peut dire qu'il est d'un effet moins intense, ce qui est d'accord avec le fait que nous venons d'énoncer.»

2° Piles hydro-électriques.

Citons à titre historique la pile de Volta (fig. 57) qui n'appartient plus à l'arsenal médical. Elle consiste en une simple superposition dans un ordre invariable de disques de cuivre-zinc et de rondelles de drap imbibées d'eau acidulée. Le disque de cuivre inférieur correspond avec le socle. Dès que ce disque est relié par un conducteur métallique avec le zinc supérieur, un courant électrique s'établit du cuivre au zinc dans le circuit extérieur à la pile, du zinc au cuivre dans le circuit intérieur (fig. 58).

La disposition en colonne des éléments est très défectueuse, car leur poids comprimant le liquide exciteur entre les disques métalliques le chasse peu à peu, produit ainsi de fâcheuses dérivations

contre-électromotrices et ne tarde pas à épuiser complètement la pile.

Aussi dans toutes les piles suivantes comme dans

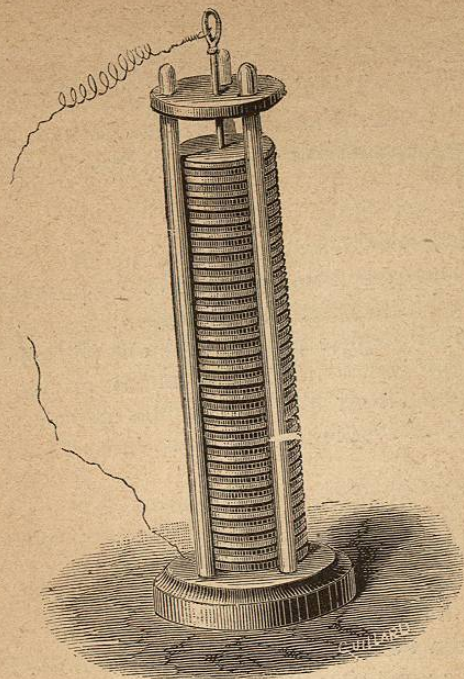


Fig. 57. — Pile de Volta.

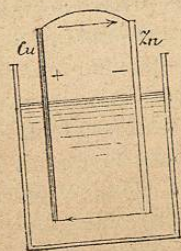


Fig. 58. — Marc du courant dans le circuit intérieur et dans le circuit extérieur.

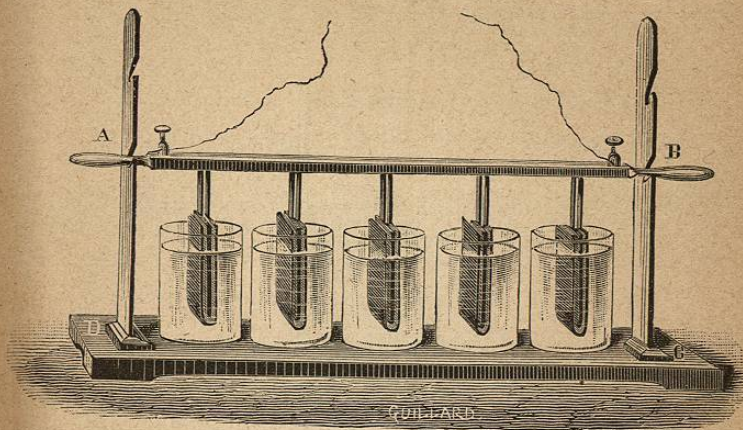
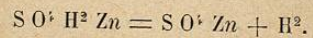


Fig. 59. — Pile à tasses.

la pile à tasses (fig. 59), les surfaces actives zinc et collectrices cuivre sont-elles disposées en regard les unes des autres au sein du liquide exciteur.

La réaction chimique qui donne ici naissance au courant se trouve expliquée par la formule



Le cuivre ne joue d'autre rôle que celui de collecteur du courant comme le montre la figure 60 d'un élément à diaphragme.

Le nombre des hydro-électromoteurs est évidem-

ment indéfini : il y en a presque autant que de combinaisons chimiques, exothermiques, presque autant que de corps simples ou composés attaquables. Mais

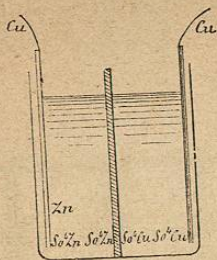


Fig. 60. — Détail de la réaction électro-chimique.

depuis les travaux de Faraday et de Joule qui ont assimilé d'une façon absolue les électromoteurs aux autres générateurs d'énergie et ont subordonné leur puissance à l'exacte équivalence des matériaux combinés, la bonté d'une pile doit être nécessairement caractérisée par le rapport de l'énergie chimique mise en œuvre, et de sa constance et de sa durée, au prix de revient.

Or, il arrive, dans la pratique courante, que ce rapport exclut immédiatement un très grand nombre de piles, nombre qui ne va qu'en croissant dès que l'on considère les exigences de la thérapie électrique.

Les piles ou réunion de piles (batteries) les plus employées en électrothérapie sont les suivantes qui remplissent cette qualité indispensable à toute pile médicale : *la constance*.

Plusieurs procédés ont été imaginés pour régulariser les courants voltaïques. Le premier est dû à Becquerel et remonte à 1829. C'est cet habile physicien qui inventa, en effet, le couple au sulfate de

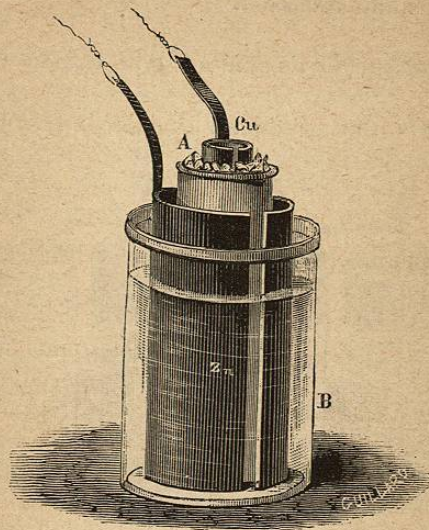


Fig. 61. — Élément Daniell.

cuiivre. Daniell lui donna bientôt un agencement pratique et l'élément prit le nom du physicien anglais.

Dans la généralité, les constructeurs groupent les éléments dans des boîtes ou dans des meubles élégants constituant, par leur agencement, de véritables appareils. Ces vêtements ont le double mérite d'écarter du malade l'aspect d'instruments qu'il ne connaît pas et que, par suite, il redoute, et de le rassurer

par des dehors séduisants; mais surtout de placer sous la main du médecin les nombreux accessoires dont il a presque constamment besoin, ou encore de lui éviter d'ennuyeuses manipulations et les fatigues d'une constante attention.

Piles au sulfate de cuivre : type élément Daniell (fig. 61).

Une des plus pratiques, et dans le fait une des

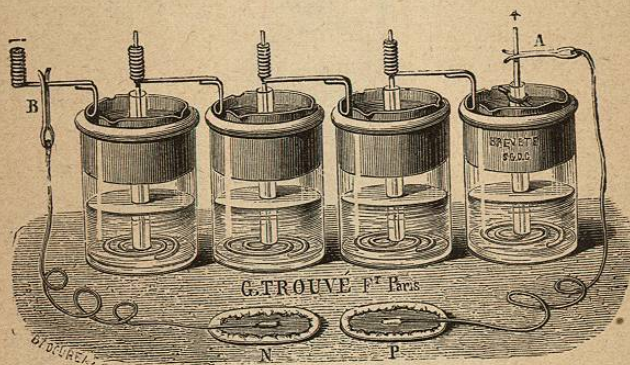
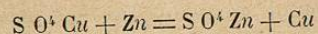


Fig. 62. — Pile Trouvé-Callaud au sulfate de cuivre.

plus répandues, est la *pile Trouvé-Callaud* au sulfate de cuivre d'une grande simplicité, la plus économique de toutes (fig. 62); sa force électromotrice est 1,06 volt environ.



Au fond d'un vase de verre plonge un fil de cuivre tourné en spirale; ce fil nu émerge de la dissolu-

tion saline par une extrémité verticale isolée dans un tube de verre. La spirale sert donc seule de lame positive. Le zinc est circulaire et maintenu par des rabattements de métal à la partie supérieure du vase dans lequel il ne s'enfonce que jusqu'à la moitié.

Des cristaux de sulfate de cuivre sont toujours déposés au préalable dans le fond, et l'on remplit d'eau. Au bout d'un certain temps de fonctionnement, le liquide est saturé de sel de cuivre à la partie inférieure et de sulfate de zinc à la partie supérieure; il faut éviter avec soin le mélange. En vieillissant, la pile devient de plus en plus constante, ainsi que le prouvent les données suivantes établies par le Dr Bardet :

Au commencement de la marche		
la résistance est de	40	ohms.
Après un jour de marche	22	—
— deux jours de marche	12	—
— cinq — —	10	—
— dix — —	8	—
— vingt — —	6	—

A partir du vingtième jour, la résistance reste sensiblement constante et égale à 6 ohms en moyenne.

Il est bien entendu qu'on peut obtenir cette constance dès le premier jour en saturant l'élément de sulfate de zinc à la partie supérieure.

La *pile humide Trouvé* au sulfate de cuivre peut rendre également beaucoup de services en électrothérapie et en physiologie; particulièrement dans les cas où une extrême constance jointe à un fonctionnement de longue durée serait nécessaire. Le

nombre et la grandeur de ses éléments varie suivant la destination.

Deux rondelles épaisses de zinc et de cuivre sont reliées entre elles par une couche de 5 à 6 centimètres de rondelles de papier filtre. Le tout (fig. 63)

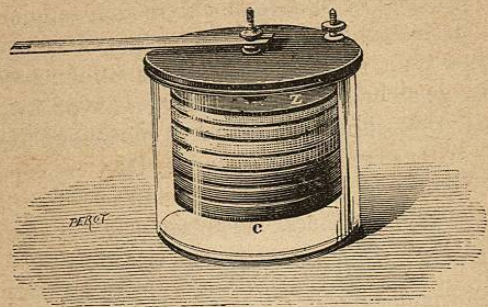


Fig. 63. — Pile humide Trouvé dans un vase de verre.

est maintenu en situation par un axe isolant muni d'écrous. La moitié de l'épaisseur du papier correspondant au cuivre est imbibée d'une solution concentrée de sulfate de cuivre, et l'autre moitié correspondant au zinc d'une solution de sulfate de zinc. On obtient ainsi une sorte de Daniell humide où le papier fait diaphragme.

Un pareil élément peut durer un an, environ, sans qu'il soit besoin d'y toucher. Au bout de ce temps, on régénère le sulfate de cuivre usé en le trempant à moitié, du côté du cuivre, dans une solution bouillante et concentrée de sulfate de cuivre.

Il existe trois dimensions courantes d'éléments de cette force. Les plus grands ont 10 centimètres de

diamètre sur 7 à 8 centimètres de hauteur. Les moyens n'ont pas plus de 5 centimètres de diamètre sur une hauteur à peu près égale à celle du grand élément. Quant au petit modèle, il a exactement le diamètre d'un sou français, sur une hauteur de 5 à 6 centimètres.

Nous insistons sur le dispositif fondamental de la pile humide qui fait que les deux liquides restent séparés beaucoup mieux qu'ils ne le sont avec des vases poreux. Avec ce système, l'usure du sulfate de cuivre ne se produit plus guère que par suite du passage du courant. En d'autres termes, dans cette combinaison, il n'y a presque pas de travail intérieur perdu. Or, on sait que cette perte est le plus grand défaut de la pile Daniell. Dans les grands éléments (fig. 63), le disque de cuivre est maintenu au centre par une tige isolée des rondelles de papier et du zinc. Elle dépasse la table d'ardoise qui surmonte l'élément et qui sert de couvercle au vase de verre ou d'ébonite dans lequel l'élément est à l'abri des courants d'air et de la poussière. Le bord du vase est rodé et l'ardoise bien dressée, de sorte que tout se trouve dans une capacité hermétiquement close et, par conséquent, à l'abri de l'évaporation.

Ainsi agencé, l'élément peut fonctionner pendant plus d'une année, sans qu'on ait à s'en préoccuper en aucune façon. Cependant, il va sans dire qu'au bout d'un certain laps de temps, plus ou moins long et variable avec l'activité qu'on demande à la pile, elle finit par s'épuiser. Le sulfate de cuivre se réduit, et le courant, après s'être peu à peu affaibli, devient insensible.

Il faut alors recharger l'élément. C'est une opération facile qui consiste à tremper dans une solution chauffée et saturée de sulfate de cuivre la partie inférieure de l'élément. On prépare cette solution dans une cuvette de cuivre faite exprès ; elle s'élève jusqu'à un niveau marqué. Le couvercle de l'élément porte sur le bord de la cuvette, de telle sorte que le papier s'imbibe jusqu'à la hauteur voulue, sans qu'on ait à la chercher.

Quant au sulfate de zinc, il se forme constamment par l'action de la pile : il n'y a donc jamais à en remettre. Mais le zinc lui-même s'use et, au bout d'un certain temps, devra être remplacé. On profite de ce moment pour renouveler le papier. Le cuivre, au contraire, débarrassé du cuivre pulvérulent déposé par l'action du courant, sert indéfiniment.

La pile humide est la seule qui souffre une résistance quelconque et *voulue*.

Elle convient particulièrement dans tous les cas où l'on traite des parties délicates comme l'œil, l'oreille, etc.

Lorsque nous présentâmes la pile humide à l'Académie de médecine, le Dr Gavarret déclara que c'était là le vrai élément électrophysiologique et qu'il devrait servir d'étalon dans tous les laboratoires. C'est qu'en effet par sa constance parfaite et sa longue durée, par la commodité qu'on a toujours d'augmenter ou de diminuer arbitrairement sa résistance intérieure en ajoutant ou retranchant simplement quelques rondelles de papier ou encore en faisant varier leurs diamètres, la pile humide possède des qualités réellement toutes spéciales qui la rendent

susceptible d'applications scientifiques très précises. C'est la seule pile qui, bien que la plus constante pour une composition déterminée, présente ce caractère curieux de pouvoir varier en résistance de zéro à l'infini et cela par gradations voulues et infinitésimales. Rien n'est donc plus facile que de lui faire donner les unités électriques pratiques : ampère, volt, ohm, watt, etc.

« Tel est l'élément humide du nom que lui a donné M. Gustave Trouvé, dit encore Niaudet dans son *Traité des piles*. Cette dénomination est rigoureusement exacte ; tandis que le nom de *pile sèche*, qui a cours dans l'enseignement classique, n'est pas justifié, appliqué aux piles de Zamboni, qui n'agissent réellement que grâce à l'humidité qu'elles absorbent. L'élément humide de M. Gustave Trouvé possède la même force électromotrice que l'élément Daniell, dont il ne diffère que par la forme. Sa résistance varie avec le diamètre des rondelles de cuivre et de zinc et avec l'épaisseur de la colonne intermédiaire. Pour un diamètre donné des disques métalliques, on ne pourrait pas diminuer par trop la quantité de papier sans faire perdre à la pile les qualités de durée qui font l'un de ses principaux mérites. Par contre, à mesure que l'épaisseur du papier est augmentée, la durée possible du service actif est accrue, en même temps que la résistance.

« La pile humide de M. Gustave Trouvé présente tous les avantages connus de la pile Daniell, notamment la dépolarisation complète de l'électrode, et par suite une grande constance. Mais on peut même ajouter que, sous cette forme, la constance prend un

caractère inaccoutumé. En effet, avec la forme ordinaire on remarque que la force électromotrice est absolument invariable, tandis que la résistance intérieure oscille d'une manière continuelle, surtout quand le courant est interrompu et rétabli. Chaque fois qu'on mesure à nouveau la résistance intérieure d'une pile Daniell, on trouve une valeur différente, et cependant ces valeurs changeantes conduisent à une valeur unique de la force électromotrice. Ce phénomène s'explique par les variations perpétuelles de la composition du liquide.

« On a fait à ce sujet l'expérience suivante. On laisse le soir une pile fermée sur un galvanomètre approprié, en notant au préalable la déviation de l'aiguille. Le lendemain matin, on retrouve la même déviation. De cette observation on est amené à conclure que, pendant douze heures de circuit fermé, la force électromotrice et la résistance intérieure de la pile n'ont pas varié. Si, alors, on ouvre le circuit, ne fût-ce qu'une seconde, et qu'on le referme aussitôt, on trouve une nouvelle déviation; et si l'on prend les mesures, on constate que la résistance intérieure a changé et a seule changé. Quelle que soit la cause de ces variations subites, il faut admettre qu'elles s'opposent à une constance absolue du courant que peut fournir la pile.

« Dans la forme donnée par M. Gustave Trouvé, la pile ne présente pas, du moins au même degré, de variations de résistance, et surtout ces variations ne sont pas aussi subites. Mais le principal avantage de la disposition nouvelle, c'est la suppression du travail intérieur de la pile quand le circuit est ouvert. On

peut dire, en résumé, d'une pile Daniell qui ne fournit pas de courant, qu'elle est un cheval à l'écurie, c'est-à-dire qu'elle consomme sans produire. C'est là son inconvénient principal. Il n'existe plus dans la pile humide, parce que les liquides ne peuvent s'y mêler que très difficilement. Nous ajouterons que c'est la seule disposition connue qui permette de donner à la pile une résistance intérieure quelconque mais voulue...

« Cette pile humide au sulfate de cuivre atteint une constance remarquable et elle doit être considérée comme la plus constante des piles connues. »

Notre pile humide s'est propagée rapidement. L'Observatoire de Paris et celui de Cordoba (République Argentine) l'utilisent pour actionner les appareils d'enregistrement.

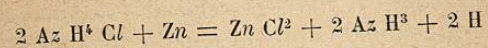
Dans un travail publié dans *le Génie civil* du 1^{er} novembre 1880 sur *l'Unification de l'heure dans les grandes villes par le moyen de l'électricité*, M. Antoine Bréguet disait de la pile humide Trouvé.

« ...Après quelques recherches, ce fut à la pile humide au sulfate de cuivre que l'on s'arrêta, et les résultats qu'on put en obtenir furent tout à fait inespérés. Cette pile, inventée par M. Trouvé, est une forme particulière de celle de Daniell; mais au lieu de contenir des dissolutions complètement liquides de sulfates de cuivre et de zinc, elle les retient dans les pores de rondelles de papier buvard. Les transports causés par les électrolyses secondaires se trouvent alors contrariés et il s'ensuit une régularité presque absolue de l'intensité du courant. »

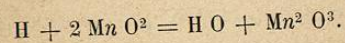
La pile humide donne en court circuit un courant

de 20 à 30 milliampères, intensité suffisante pour la majorité des applications. Comme sa résistance est considérable, l'intensité varie peu si l'on ajoute au circuit des résistances relativement faibles. Par suite, une batterie de ce genre employée pour les usages thérapeutiques fournira toujours un courant d'une intensité moyenne mais constante, en raison même de cette résistance de la pile. Ce genre d'appareil est celui qui offre, croyons-nous, le plus d'avantage pour le transport et la durée.

Pile au chlorhydrate d'ammoniaque. — Cette pile due à M. Leclanché a pour formule :



Mais pour éviter le dépôt d'hydrogène sur le pôle négatif et la formation d'un contre-courant dit de *polarisation*, on ajoute au chlorhydrate d'ammoniaque ou chlorure d'ammonium du bioxyde de manganèse qui absorbe l'hydrogène au fur et à mesure de sa production, et cette réaction secondaire dépolarisante est soumise à l'équivalence :



La force électromotrice est d'environ 1,5 volt.

Bien que la pile au chlorhydrate ne s'use que pendant la seule durée de la fermeture du circuit, et qu'elle soit par conséquent, très économique, nous n'hésitons pas à lui préférer la pile au sulfate de cuivre si constante. L'électrode positif Leclanché est un charbon de cornue entouré de bioxyde concassé contenu dans

un vase poreux ou mieux dans un sac de grosse toile, et l'électrode négatif un bâton ou un rectangle circulaire de zinc. Dans ces derniers temps, M. Barbier a aggloméré en un seul bloc le charbon et le

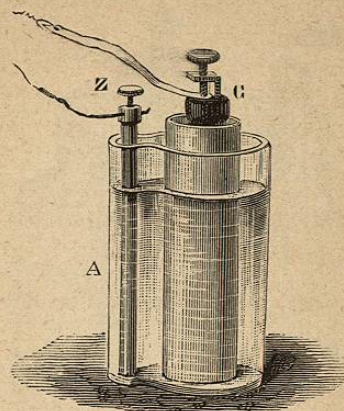


Fig. 64. — Élément Leclanché à vase poreux.

bioxyde, ce qui réduit la résistance intérieure au minimum (fig. 65). La Maison Goodwin a aussi créé des vases poreux en charbon d'un très bon rendement.

Grâce à tant de perfectionnements, la résistance intérieure de l'élément Leclanché est devenue si faible qu'il est possible d'utiliser une pile de ce genre pour l'éclairage intermittent ou de courte durée. C'est ainsi que nous avons pu construire pour les docteurs Tarnier et Champetier de Ribes deux batteries Leclanché propres à l'éclairage des spéculums.

Bien des praticiens qui ne se livrent aux opérations

d'électrothérapie que de loin en loin, emploient cette pile qui les dispense de manipulations et de surveillance.

Boudet de Paris rapporte qu'il lui est arrivé une



Fig. 65. — Élément Leclanché à aggloméré.

fois de traiter et de guérir un cas d'occlusion intestinale avec la pile d'une sonnerie de maison de campagne. Le même auteur rappelle qu'on parvient à atténuer beaucoup la formation des sels grimpants qui sont un des principaux inconvénients de cette

pile en protégeant le liquide excitateur du contact de l'air par une couche d'huile d'une suffisante épaisseur. Dans le même but, on emploie également des vases paraffinés.

Afin de rendre vraiment portable la pile au chlorhydrate d'ammoniaque qui n'était utilisée que dans les appareils à demeure, nous avons combiné une pile humide où ce sel d'ammoniac fournit la réaction. L'humidité nécessaire est emmagasinée par l'entremise de substances absorbantes qui font partie du mélange. Cette pile humide, comme celle au sulfate de cuivre, pourra rendre quelques services aux médecins, d'autant qu'elle ne consomme et ne dépense qu'à circuit fermé.

Pile au bisulfate de mercure. — Cette pile a été imaginée par M. Marié-Davy qui a remplacé le

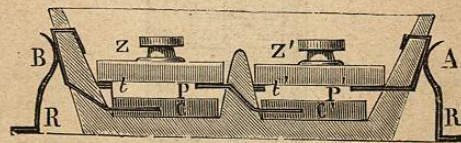


Fig. 66. — Élément Marié-Davy.

bioxyde de manganèse de l'élément Leclanché par le bisulfate de mercure. Les premières phases des réactions sont analogues, seulement c'est l'acide sulfurique qui ici, au lieu du chlorhydrate d'ammoniaque, attaque le zinc :

