

dante l'électricité qui parcourt le fil conjonctif. Il découle encore de là que, dans les couples interpolaires, la tension décroît des pôles vers le milieu de la pile, puisque l'intervalle des couples diminuant, la résistance à la recombinaison est moindre. Par la même raison, la tension est nulle dans la partie centrale.

La résistance à la recombinaison des électricités contraires accumulées aux deux pôles, augmentant quand le liquide intermédiaire est moins conducteur, il doit en être de même de la tension. En effet, M. de La Rive a reconnu que les auges de la pile étant remplies d'eau acidulée, ou d'eau ordinaire, la tension est la même. Dans le premier cas, la production d'électricité est plus abondante, mais les fluides contraires se recomposent plus facilement.

Enfin, d'après la théorie qui précède, la tension augmente avec le nombre des couples; mais les électricités contraires des couples intermédiaires formant constamment du fluide neutre, il en résulte, lorsqu'on réunit les deux pôles par un circuit métallique, que celui-ci n'est traversé, en réalité, que par l'électricité développée par un seul couple. D'où l'on voit qu'en augmentant le nombre des couples, ceux-ci se comportent comme s'ils étaient inactifs, et ne modifient l'intensité du courant que par la résistance qu'ils opposent à la recombinaison des électricités contraires des couples extrêmes.

678. **Affaiblissement du courant dans les piles, courants secondaires, polarité.** — Les diverses piles à colonne, à auges, de Wollaston et de Münch, décrites précédemment, et qui ont toutes pour caractère d'être composées de deux métaux et d'un seul liquide, présentent le grave inconvénient de donner des courants dont l'intensité décroît rapidement.

Cet affaiblissement est dû à deux causes : la première est le décroissement des actions chimiques par la neutralisation de l'acide sulfurique à mesure qu'il se combine avec le zinc; la deuxième provient des *courants secondaires*. On nomme ainsi des courants qui se produisent dans les piles en sens contraire du courant principal, et le neutralisent en totalité ou en partie. M. Becquerel a reconnu que ces courants sont engendrés par des dépôts qui se font sur les lames zinc et cuivre des couples. En effet, le courant qui va du zinc au cuivre, dans la pile, décomposant l'eau et le sulfate de zinc qui s'est formé, il se dépose, sur le cuivre vers lequel marche le courant, non-seulement une couche de zinc d'autant plus épaisse, que la pile est plus longtemps en activité, mais des bulles d'hydrogène qui restent adhérentes au métal, et ne s'en séparent qu'après avoir atteint un volume assez considérable. De

là deux causes d'affaiblissement très-puissantes; car tandis que les dépôts de zinc donnent naissance à un courant de sens contraire à celui de la pile et le neutralisant plus ou moins, les bulles gazeuses, par leur non-conductibilité, offrent une grande résistance à la circulation de l'électricité dans la pile. Si l'on interrompt le circuit, les dépôts se dissolvent et l'intensité du courant augmente. On obtient le même résultat en faisant passer le courant d'une autre pile en sens contraire de celui de la première, les dépôts qui se sont formés étant alors dissous par les dépôts opposés.

M. de La Rive a constaté, le premier, que des lames de platine qui ont servi à transmettre le courant dans un liquide décomposable, étant retirées de ce liquide et plongées dans de l'eau distillée, donnent naissance à un courant de sens inverse à celui qu'elles ont d'abord transmis, phénomène que le savant physicien de Genève a exprimé en disant que les lames sont *polarisées*. M. Becquerel et M. Faraday ont fait voir que cette polarité des métaux est un effet des dépôts engendrés par les courants secondaires dont il vient d'être question.

Les lames de platine qui ont servi à la décomposition de l'eau pure acquièrent aussi la polarité électrique, sans qu'on puisse l'attribuer à l'effet d'un acide ou d'une base; mais M. Matteucci a fait voir qu'elle provient alors d'une couche d'oxygène et d'hydrogène déposée respectivement sur chaque lame.

PILES CLOISONNÉES A DEUX LIQUIDES.

679. **Objet des piles à deux liquides.** — Dans les piles décrites jusqu'ici, lesquelles sont connues sous le nom de *piles à un seul liquide*, on vient de voir ci-dessus (678) que les causes qui concourent à l'affaiblissement du courant sont la transformation de l'acide sulfurique en sulfate de zinc, et la décomposition de ce sel par le courant intérieur de la pile, avec dépôt de zinc et d'hydrogène sur les lames de cuivre. Or, le double objet des piles à deux liquides est : 1^o de s'opposer aux dépôts de zinc et d'hydrogène sur les lames de cuivre; 2^o de conserver à l'acide de la pile toujours le même degré de concentration.

On arrive à ce double résultat en faisant usage de deux liquides susceptibles de réagir l'un sur l'autre. Ils sont séparés par une *cloison* qui laisse passer facilement le courant, mais ne permet pas au zinc d'aller se déposer sur le cuivre. Enfin, les deux éléments d'un même couple plongent, l'un dans un des liquides, l'autre dans l'autre. Les piles ainsi construites présentent une constance

d'intensité remarquable, qui leur a fait donner le nom de *pile à courant constant*. La première pile à courant constant est due à M. Becquerel, en 1829. Depuis, on a beaucoup varié la forme de ces piles; les plus en usage sont la pile de Daniell, celle de Grove et celle de Bunsen. La pile de Daniell satisfait seule aux deux conditions ci-dessus; c'est vraiment la pile à courant constant; les deux autres piles ne satisfont qu'à la première condition.

680. **Pile de Daniell.** — En 1836, le chimiste anglais Daniell construisit la pile qui porte son nom, et qui, avec la *pile à charbon* (682), est celle dont l'usage est le plus répandu aujourd'hui.

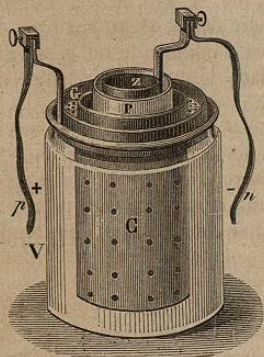


Fig. 535.

La figure 535 représente un couple ou un élément de cette pile, dont on a beaucoup varié la forme. Un vase V, de verre, est rempli d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle plonge un cylindre de cuivre rouge C, percé latéralement de plusieurs trous et ouvert aux deux bouts. A la partie supérieure de ce cylindre est fixée une galerie annulaire G, percée sur son pourtour inférieur de petits trous qui plongent dans la dissolution. Cette galerie est destinée à contenir des cristaux de sulfate de cuivre, qui se dissolvent à mesure que l'appareil fonctionne. Enfin, dans l'intérieur du cylindre C est un vase poreux, ou diaphragme P, de terre de pipe dégourdie, plein d'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, ou d'une dissolution de sel marin, dans laquelle plonge un cylindre de zinc Z, ouvert aux deux bouts et amalgamé. Aux cylindres zinc et cuivre sont fixées par des vis de pression deux lames minces de cuivre p et n, qui forment les électrodes de la pile.

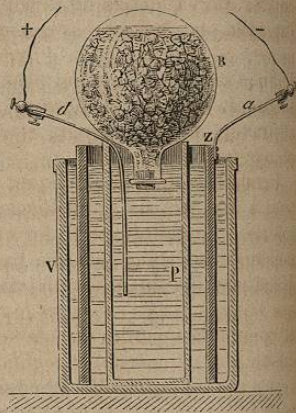


Fig. 536.

Tant que les deux électrodes ne communiquent pas entre elles, la pile est inactive; mais aussitôt que la communication est établie, l'action chimique commence: l'eau est décomposée, et l'acide sulfurique attaque le zinc, qui s'électrise négativement, tandis que l'eau acidulée s'électrise positivement (675). De celle-ci le fluide positif se rend, au travers de la cloison, dans la dissolution de sulfate, et enfin sur le cuivre C, qui devient ainsi le pôle positif. Quant à l'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau, il est entraîné dans le sens du courant intérieur, et se rend dans la dissolution de sulfate de cuivre dont il réduit l'oxyde et révivifie le cuivre, qui va former un dépôt sans adhérence sur le cylindre C. Par suite, la surface de celui-ci reste toujours identiquement la même, et aucun dépôt d'hydrogène ne se fait sur le cuivre. Enfin, l'oxyde de zinc qui peut provenir de la décomposition du sulfate de zinc par le courant intérieur dans la pile ne passe pas au travers du vase poreux, et reste dans la dissolution même où plonge le zinc.

Pendant ce travail chimique, la dissolution de sulfate de cuivre tend à s'appauvrir rapidement; mais les cristaux placés dans la galerie G se dissolvant au fur et à mesure, le degré de concentration reste constant. Quant à l'acide sulfurique rendu libre par la décomposition du sulfate de cuivre, il se porte, en même temps que l'oxygène de l'eau, vers le zinc pour le transformer en sulfate; et comme la quantité d'acide sulfurique mise en liberté dans la dissolution de cuivre est régulière, l'action de cet acide sur le zinc l'est aussi; d'où résulte un courant constant. Pour ce qui est des pôles, c'est l'électrode fixée au zinc qui est négative, et celle fixée au cuivre qui est positive, comme dans les piles déjà décrites.

Au lieu d'un vase de terre poreuse, on prend aussi, pour la cloison qui sépare les deux dissolutions, une poche de toile à voiles ou de baudruche. L'effet est d'abord plus puissant qu'avec un vase poreux, mais les deux dissolutions se mélangent plus rapidement, ce qui l'affaiblit. En général, les cloisons doivent être perméables au courant, mais prévenir autant que possible le mélange des deux liquides.

Avec la pile de Daniell, on obtient des effets constants pendant plusieurs jours, et même pendant plusieurs mois, lorsqu'on a soin de conserver la dissolution de sulfate de cuivre à l'état de saturation, en ajoutant de temps en temps des cristaux de ce sel.

Dans l'élément représenté dans la figure 535, les cristaux de sulfate de cuivre doivent être renouvelés assez fréquemment; de plus, l'évaporation s'opérant facilement, le sulfate de zinc cristallise en grimpant sur les parois du vase poreux, ce qui établit une

conductibilité nuisible par-dessus la cloison qui sépare les deux liquides.

Ces inconvénients disparaissent dans la *pile à ballon*, adoptée par M. Vérité, de Beauvais. Dans un vase de faïence V (fig. 536) est de l'eau légèrement acidulée avec de l'acide sulfurique, ou même de l'eau pure. Dans le liquide est un cylindre de zinc Z,

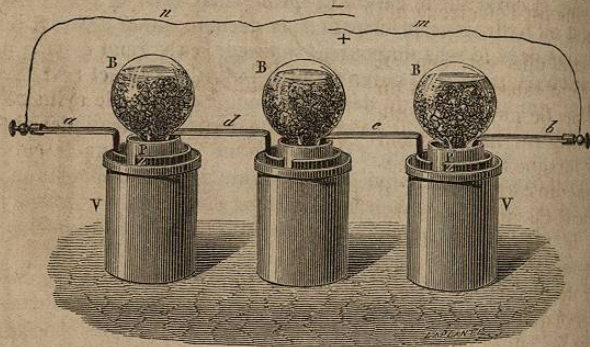


Fig. 537.

puis un vase poreux P, rempli d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre. Dans cette dissolution plonge le goulot d'un ballon B rempli de cristaux du même sel et d'eau. Le goulot n'est fermé qu'en partie par un bouchon entaillé sur les deux côtés. Par suite, aussitôt que le niveau baisse au-dessous du goulot, une bulle d'air entre dans le ballon, et un volume égal de liquide saturé s'en écoule; d'où résulte un niveau constant. De plus, l'élément étant presque clos, l'évaporation est plus lente, et les cristaux grimpants moins abondants; aussi la pile marche-t-elle fort longtemps sans aucune espèce de surveillance.

Lorsqu'on fait usage d'eau pure au lieu d'eau acidulée, la pile n'a d'abord qu'une faible intensité au moment où l'on ferme le circuit. Il importe donc d'établir celui-ci assez longtemps avant de faire usage de la pile, vingt-quatre heures au moins.

La figure 537 montre une association en batterie de la pile de M. Vérité. A chaque zinc, à partir du pôle positif, est soudée une lame de cuivre qui va plonger dans le vase poreux du couple suivant.

681. **Pile de Grove.** — La figure 538 représente un couple de la pile de Grove. Ce couple se compose : 1° d'un vase de verre A, en partie rempli d'eau acidulée avec de l'acide sulfurique; 2° d'un cylindre de zinc Z, ouvert aux deux bouts et fendu dans toute sa

longueur; 3° d'un vase poreux V, de terre de pipe peu cuite, et rempli d'acide azotique ordinaire; 4° d'une lame de platine P recourbée en S (fig. 539), et fixée à un couvercle c qui se pose sur le vase poreux. Une tige métallique b, communiquant avec la lame de platine, porte un fil de cuivre qui sert d'électrode positive, tandis qu'un second fil fixé au zinc est l'électrode négative.

Cette pile est peu en usage, à cause du prix du platine. Ce métal présente en outre cet inconvénient que, lorsque la pile a fonctionné un certain temps, il devient cassant et se brise par le plus petit effort; toutefois M. Adam, professeur de physique à Nice, a observé qu'en chauffant au rouge les lames de platine de la pile de Grove, elles

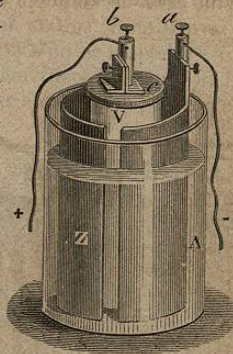


Fig. 538.

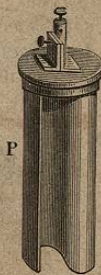


Fig. 539.

reprennent leur élasticité. La théorie de la pile de Grove est la même que celle de la pile de Bunsen (682).

682. **Pile de Bunsen.** — La *pile de Bunsen*, connue aussi sous le nom de *pile à charbon*, fut inventée en 1843; elle n'est autre chose que celle de Grove, dont la feuille de platine est remplacée par un cylindre de charbon préparé en calcinant, dans un moule de tôle, un mélange intime de coke et de houille grasse, bien pulvérisé et fortement tassé.

Chaque élément de la pile à charbon se compose de quatre pièces de forme cylindrique, pouvant se placer facilement les unes dans les autres. Ces pièces sont : 1° un bocal F (fig. 540), de faïence ou de verre, plein d'une dissolution de 10 parties d'eau en volume pour une d'acide sulfurique; 2° un cylindre creux Z, de zinc amalgamé, auquel est fixée une lame de cuivre mince et étroite, destinée à servir d'électrode négative; 3° un vase poreux V, de terre de pipe peu cuite, dans lequel on met de l'acide azotique ordinaire; 4° un cylindre de charbon C, préparé comme il a été dit ci-dessus, et bon conducteur. A la partie supérieure du charbon est fixée une lame de cuivre servant d'électrode positive. La meilleure manière de fixer cette lame est de la souder à un tronc de cône qui entre dans le charbon, comme le représente la figure 541. Quand on veut faire fonctionner l'appareil, on le dispose comme on

le voit en P (fig. 540), en plaçant le cylindre de zinc dans le vase de faïence, puis dans ce cylindre le vase poreux et le charbon.

Tant que le zinc et le charbon ne communiquent pas, la pile est inactive; mais aussitôt que la communication est établie par un circuit conducteur, l'action chimique commence. L'eau dans laquelle plonge le zinc étant décomposée par ce métal et par l'acide sulfurique, avec formation de sulfate de zinc, ce métal s'électrise négativement (675) et devient le pôle négatif du couple; l'eau acidulée s'électrise au contraire positivement, le fluide positif passe, au travers du vase poreux, dans l'acide azotique, et de là sur le char-

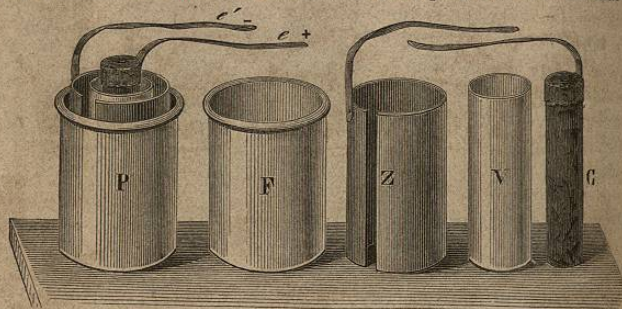


Fig. 540 (h = 25).

bon, qui devient ainsi le pôle positif. L'hydrogène qui provient de la décomposition de l'eau ne se dépose pas sur le charbon, mais réduit l'acide azotique et le transforme en acide hypoazotique, en s'emparant d'un équivalent d'oxygène pour faire de l'eau. Quant au sulfate de zinc qui se forme, une partie est décomposée, comme dans les piles à un seul liquide, par le courant intérieur; et ici cette décomposition donne lieu à de l'acide sulfurique qui se porte sur le zinc, et à de l'oxyde de zinc qui, ne pouvant passer à travers le vase poreux pour se porter sur le charbon, reste dans le vase extérieur. Le charbon conserve donc une surface parfaitement nette, et c'est là ce qui contribue surtout à conserver au courant son intensité. Toutefois trois causes d'affaiblissement existent encore. 1° Comme il n'y a toujours une portion du sulfate de zinc qui se produit par l'action chimique, l'acide sulfurique libre va constamment en décroissant, cause d'affaiblissement qui n'existe pas dans la pile de Daniell. 2° L'acide azotique s'appauvrissant de plus en plus en oxygène, l'hydrogène tend à se déposer sur le charbon. 3° L'oxyde de zinc et les substances étrangères contenues dans ce métal, se portant sur le vase poreux, en

obstruent les pores peu à peu et en diminuent la perméabilité pour le courant. De ces différentes causes il résulte que le courant s'affaiblit assez rapidement. Cependant, pour des courants dont le travail ne doit pas être trop prolongé, la pile de Bunsen est la plus énergique des piles à deux liquides et celle dont l'usage est le plus fréquent. Toutefois elle a l'inconvénient de répandre des vapeurs

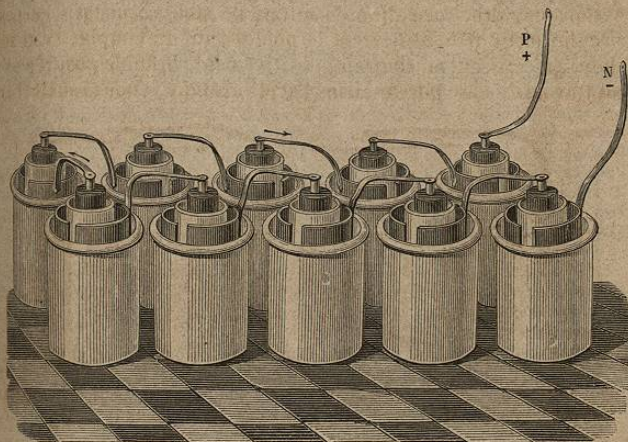


Fig. 541.

d'acide hypoazotique qui deviennent tout à fait incommodes lorsque les couples sont nombreux.

Pour former un appareil composé, ou une pile, on dispose les éléments comme le montre la figure 541. A chaque zinc est soudée une lame de cuivre terminée par un cône de même métal qui s'engage fortement dans le charbon de l'élément suivant; enfin, le premier et le dernier élément se terminent par deux électrodes P et N. Dans des recherches récentes, M. Despretz a porté le nombre des éléments jusqu'à 800.

Pour varier la surface suivant les effets à produire, M. Deleuil construit des éléments de Bunsen de deux grandeurs, que nous distinguerons par les dénominations de *grand* et de *petit modèle*. Dans les premiers, le cylindre de zinc a 22 centimètres de hauteur; dans les derniers, 14. Pour les effets qui dépendent de la surface, un couple grand modèle équivaut à environ deux couples du petit. Désormais, quand nous parlerons d'un nombre de couples sans indication de modèle, il sera question du petit.

683. **Manipulation de la pile de Bunsen.** — La manipulation de la pile de Bunsen est longue, pénible, et demande à être faite avec soin, si l'on veut obtenir de la pile tout son effet. M. Duboscq, compétent en cette matière, donne à ce sujets les conseils suivants :

On doit d'abord faire le mélange d'eau et d'acide sulfurique d'avance dans un seul vase, afin d'avoir exactement le même degré de saturation pour tous les couples. Ayant versé premièrement l'eau dans un baquet de bois, on ajoute un dixième en volume, d'acide sulfurique ordinaire, de manière que la dissolution marque 10 à 14 degrés au pèse-acide de Baumé. Si l'on n'a pas de pèse-acide, l'eau est suffisamment acidulée quand elle devient tiède, et qu'une goutte déposée sur la langue ne peut y être conservée.

Quant aux éléments, ils doivent être rangés à la suite les uns des autres sur une table ou un plancher bien sec, en ayant soin d'éviter qu'ils ne se touchent entre eux par aucune de leurs pièces autres que les lames et les cônes de cuivre qui unissent le zinc de chaque élément au charbon de l'élément suivant. On verse ensuite, avec un entonnoir, l'acide azotique dans les vases poreux jusqu'à deux centimètres du bord, puis on remplit de la même manière les pots extérieurs avec l'eau acidulée jusqu'à un centimètre du bord, ce qui établit à peu près l'égalité de niveau des deux liquides, condition essentielle pour la constance de la pile. Dès que l'acide azotique est versé dans les vases poreux, on doit introduire l'eau acidulée, afin de ne pas donner à l'acide azotique le temps de traverser ces vases et de venir attaquer les zincs.

Le bon établissement du contact étant indispensable pour qu'une pile fonctionne bien, on doit décapier avec soin, en les frottant avec du papier de verre, les troncs de cône qui s'engagent dans les charbons, et veiller à ce qu'ils entrent de force dans ceux-ci.

L'acide azotique, s'il est neuf, doit marquer 40° au pèse-acide, et peut servir jusqu'à ce qu'il ne marque plus que 26°. On y ajoute alors un cinquième, en volume, d'acide sulfurique; mais après cette addition il ne peut servir qu'une fois. L'eau acidulée sert généralement deux fois, à moins que le sulfate de zinc formé ne commence à cristalliser.

Ce qu'on doit le plus observer pour conserver la pile en bon état, c'est l'amalgamation des zincs (684). On reconnaît qu'un zinc a besoin d'être amalgamé quand il fait entendre un sifflement dans l'eau acidulée sans que la pile soit en activité. S'il est fortement attaqué, on voit l'eau fumer et même bouillonner; dans ce cas, il faut retirer le zinc immédiatement, sinon quelques heures suffisent pour le trouser.

Pour amalgamer les zincs, on les trempe quelques secondes dans l'eau acidulée (la même que celle de la pile), afin de les décapier; puis on les place un à un dans un vase de terre contenant un peu d'eau acidulée (deux fois plus que la première), et deux kilogrammes de mercure environ qu'on étend sur le zinc à l'aide d'une gratte-boësse de fer. Quand les zincs sont amalgamés, on les plonge dans un baquet d'eau propre, au fond duquel, après l'opération, on retrouve l'excès de mercure.

684. **Propriété du zinc amalgamé.** — M. de la Rive a observé que le zinc parfaitement pur n'est pas attaqué par l'acide sulfurique étendu d'eau, mais il devient si on le met en contact avec une lame de platine ou de cuivre plongée dans la dissolution. Le zinc ordinaire, au contraire, qui n'est pas pur, est vivement attaqué par l'acide étendu; mais, amalgamé, il acquiert la propriété du zinc pur et n'est attaqué qu'autant qu'il se trouve en contact avec un fil de cuivre ou de platine plongeant aussi dans la dissolution, c'est-à-dire qu'autant qu'il fait partie d'un couple en activité.

Cette propriété, qui paraît due à l'état électrique que prend le zinc par son contact avec le mercure, a été appliquée aux piles électriques par M. Kemp, qui, le premier, a imaginé d'amalgamer les zincs de chaque couple. Il résulte de cette

amalgamation que tant que le circuit n'est pas fermé, c'est-à-dire tant qu'il n'y a pas courant, le zinc n'est pas attaqué; d'où résulte une grande économie de métal. On observe, en outre, qu'avec le zinc amalgamé, le courant est plus régulier et, en même temps, plus intense pour une même quantité de métal dissous.

685. **Pile au sulfate de mercure.** — La pile au sulfate de mercure, due à M. Marié-Davy, a reçu différentes dispositions. Celle généralement adoptée est identiquement la même que pour la pile de Bunsen, seulement avec des dimensions beaucoup moindres. De plus, dans le vase extérieur V (fig. 542), au lieu d'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, on met de l'eau ordinaire, ou une dissolution de chlorure de sodium; et dans le vase poreux, au lieu d'acide azotique, du bisulfate de protoxyde ou de bioxyde de mercure. Ce sel étant peu soluble, on le délaye à l'état pulvérulent dans trois fois son volume d'eau environ, puis on décante, et l'on a un résidu pâteux. Ayant d'avance mis le charbon dans le vase poreux, on remplit les vides avec ce résidu, et l'on verse dessus le liquide qu'on a décanté.

La pile ainsi disposée, l'action chimique ne se produit qu'autant que les deux pôles sont réunis par un conducteur. Alors, en considérant le cas où le vase extérieur ne contient que de l'eau, le zinc décompose celle-ci en s'oxydant lentement, tandis que l'hydrogène mis en liberté se rend dans le vase poreux, où il réduit l'oxyde de mercure. L'acide sulfurique qui devient libre se porte alors sur le zinc; quant au mercure métallique, il se dépose sur le charbon, d'où il tombe au fond du vase poreux, où on le recueille quand la pile est épuisée. C'est là une économie importante, puisque ce même mercure peut ensuite servir à préparer une quantité de sulfate égale à celle qui a été décomposée. Une petite quantité du sulfate de mercure dissous peut, à travers le vase poreux, se rendre sur le zinc; mais il ne produit là qu'un effet utile, le mercure s'amalgamant avec ce métal.

La pile à sulfate de mercure s'épuise rapidement quand elle fonctionne d'une manière continue; mais elle peut fonctionner pendant trois à quatre mois pour des courants interrompus, comme ceux qui servent à faire marcher les télégraphes, les sonneries d'appartements, etc.

686. **Combinaisons diverses des couples d'une pile.** — Lorsqu'on réunit plusieurs couples de Bunsen ou de Daniell pour former une pile galvanique, comme le montre la figure 541, on peut combiner ces couples de différentes manières. Par exemple, dans le cas de six couples seulement, on peut former les quatre combinaisons suivantes : 1° une seule série longitudinale (fig. 543), dont C représente l'électrode positive et Z l'électrode négative; 2° deux séries parallèles de trois couples chacune (fig. 544), les électrodes positives des deux séries se réunissant en C, et leurs électrodes négatives en Z; 3° trois séries parallèles de deux couples chacune (fig. 545), dont les électrodes de même nom vont encore concourir en une seule; 4° enfin six séries d'un seul couple chacune (fig. 546), dont tous les courants se réunissent en C et en Z. Avec douze couples, on pourrait réaliser huit combinaisons différentes, et ainsi de suite à mesure qu'on prend un plus grand nombre de couples. Les combinaisons en séries longitudinales se désignent sous le nom d'*association en série*; et celles en séries parallèles, sous celui d'*association en batterie*.

Dans ces diverses combinaisons, diminuer la longueur des séries pour en augmenter le nombre dans un rapport inverse, revient à diminuer le nombre des couples et à augmenter la surface, ce qui conduit, pour un même nombre de couples, à des effets très-différents, comme on va le voir ci-après, en parlant des effets de la pile (687).

Dans les diverses combinaisons ci-dessus, la résistance que présente la pile au

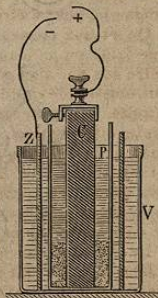


Fig. 542 (h=10).

courant décroît à mesure que le nombre des séries parallèles augmente. En effet, si l'on représente par 1 la résistance d'un seul couple, celle de la première combinaison (fig. 543) est 6; dans la deuxième (fig. 544), elle est 3 pour chaque série, et par suite $\frac{3}{2} = 1,5$ pour les deux séries réunies, puisque, à résistance égale, le courant est doublé; de même dans la troisième combinaison (fig. 545), la résistance,



Fig. 543.

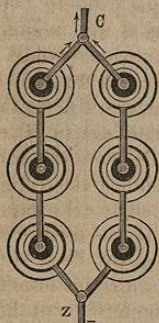


Fig. 544.

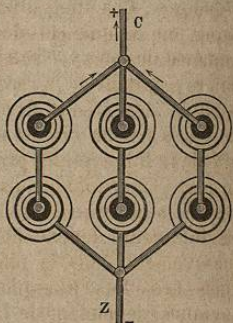


Fig. 545.

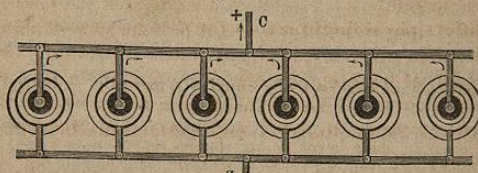


Fig. 546.

pour chaque série, est 2, et pour les trois séries réunies $\frac{2}{3} = 0,666$; enfin, dans la

quatrième (fig. 546), elle est $\frac{1}{6} = 0,166$. On calculerait de la même manière la résistance d'un nombre quelconque de couples disposés en séries parallèles. Par exemple, 24 couples, en 3 séries parallèles de 8, donnent la résistance $\frac{8}{3} = 2,666$.

Or, comme la théorie et l'expérience démontrent qu'on obtient le maximum d'effet d'une pile, quand la résistance, dans la pile, est égale à celle que présente le circuit que doit parcourir le courant d'une électrode à l'autre, on devra choisir, parmi les combinaisons possibles, celle dont la résistance s'approche le plus de la résistance du circuit donné.

CHAPITRE II.

EFFETS DE LA PILE, GALVANOPLASTIE,
DORURE ET ARGENTURE.

687. **Divers effets de la pile.** — Les effets de l'électricité dynamique se divisent en *effets physiologiques, physiques, mécaniques et chimiques*. Ces effets diffèrent de ceux que présente l'électricité statique, en ce que ces derniers sont dus à une recombinaison instantanée des deux électricités à forte tension; tandis que les premiers résultent de la recombinaison lente et à tension beaucoup plus faible des mêmes fluides, lorsque les deux pôles de la pile sont réunis par un circuit plus ou moins conducteur. Par la continuité de la force qui les produit, les effets des courants sont beaucoup plus remarquables que ceux des machines électriques.

Les effets physiques, qui se divisent en effets calorifiques et en effets lumineux, dépendent surtout de la quantité d'électricité mise en mouvement dans la pile, et par conséquent de la surface des couples. Les effets chimiques, au contraire, ainsi que les effets physiologiques, dépendent de la tension, et par conséquent du nombre des couples. Tous ces effets augmentent avec l'action chimique du liquide de la pile.

688. **Effets physiologiques.** — On désigne sous ce nom les effets produits par la pile sur les animaux morts ou vivants. On a vu que ces effets furent les premiers observés, puisque c'est à eux qu'est due la découverte de l'électricité dynamique par Galvani (663). Ils consistent en commotions et en contractions musculaires très-énergiques quand les piles sont puissantes.

En prenant dans les deux mains les électrodes d'une forte pile, on ressent une commotion violente, comparable à celle de la bouteille de Leyde, surtout si les mains sont mouillées d'eau acidulée ou salée, qui augmente la conductibilité. La commotion est d'autant plus intense, que les couples sont plus nombreux. Avec une pile de Bunsen de 50 à 60 couples, petit modèle, la commotion est forte; avec 150 à 200 couples, elle est insupportable, et même dangereuse quand elle se prolonge. Elle se fait ressentir moins avant dans les bras que la commotion de la bouteille de Leyde, et transmise par une chaîne de plusieurs personnes, elle n'est généralement ressentie que par celles qui sont plus rapprochées des pôles.

De même que celle de la bouteille de Leyde, la commotion de la pile est due à la recombinaison des électricités contraires, mais avec