

X. Les attractions et les répulsions magnétiques varient en raison inverse du carré des distances.

XI. On appelle *déclinaison magnétique* l'angle dièdre que forme le méridien magnétique avec le méridien terrestre, ou plus simplement l'angle plan formé par la direction de l'aiguille avec la méridienne passant par son centre de mouvement.

XII. On appelle *inclinaison magnétique* l'angle aigu que fait avec l'horizon la moitié australe d'une aiguille aimantée suspendue par son centre de gravité sur un pivot horizontal et située dans le plan du méridien magnétique.

XIII. On appelle *boussoles* les instruments destinés à mesurer la déclinaison ou l'inclinaison magnétique. La boussole de déclinaison est horizontale; celle d'inclinaison est verticale.

XIV. Une barre de fer doux peut être aimantée par la seule influence du globe terrestre; il suffit de la placer dans le méridien magnétique parallèlement à l'inclinaison. En frappant quelques coups de marteau sur l'une de ses extrémités, on lui communique la force coercitive nécessaire pour maintenir pendant un certain temps ses fluides magnétiques séparés.

XV. Les sources d'aimantation sont au nombre de trois: l'influence des aimants, le magnétisme terrestre et l'électricité.

XVI. L'aimantation par influence des aimants comprend trois méthodes: la simple touche, la double touche et la touche séparée.

## CHAPITRE XX.

### GALVANISME.

Galvanisme. Expériences de Galvani et de Volta. — Pile voltaïque. — Diverses modifications de cet appareil. — Électricité développée par les actions chimiques. — Piles à courant constant. — Effets produits par la pile. — Effets chimiques de la pile ou électro-chimie. Galvanoplastie. Dorure, argenture.

Galvanisme. Expériences de Galvani et de Volta.

271. *Galvanisme*. — On entend par *galvanisme* la partie de la physique qui a pour objet l'étude des phénomènes produits par l'électricité dynamique ou en mouvement.

272. *Expériences de Galvani*. — En 1789, Galvani, médecin et professeur d'anatomie à Bologne, ayant suspendu par hasard, à un balcon de fer, des grenouilles dépouillées de leur peau, et tenues par de petits crochets de cuivre qui passaient entre les nerfs lombaires et la colonne vertébrale, observa que ces grenouilles, quoique mortes et mutilées, éprouvaient de vives convulsions toutes les fois que, par l'action du vent ou de toute autre cause accidentelle, leurs membres inférieurs venaient toucher les tiges de fer du balcon. Ce fait singulier frappa vivement Galvani; pour en pénétrer plus facilement la cause, il se mit à étudier les circonstances qui pouvaient le faire naître, et bientôt il parvint à le reproduire d'une manière plus simple. Il prit un arc métallique (*fig. 181*) dont il engagea l'une des extrémités entre les nerfs lombaires et la colonne vertébrale d'une grenouille récemment écorchée et coupée par le milieu du corps.

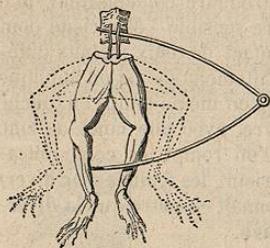


Fig. 181.

Touchant alors avec l'autre extrémité de l'arc un point quelconque des muscles de la jambe ou de la cuisse, il observa qu'à chaque contact les membres de l'animal se contractaient violemment, et que cette moitié de grenouille semblait, pour ainsi dire, reprendre la vie. Telle est l'expérience fondamentale qui a servi de point de départ à cette branche si intéressante et si féconde de la physique moderne.

273. *Théorie de Galvani*. — Galvani, pour expliquer ce phénomène, admit l'existence d'un fluide vital, inhérent à l'organisme et analogue au fluide électrique. Il assimila la grenouille à une petite bouteille de Leyde, dont les muscles et les nerfs formaient les deux armatures, et dont la décharge avait lieu toutes les fois qu'on réunissait ces organes par un arc conducteur. Ce fluide reçut alors le nom d'*électricité animale* ou de *fluide galvanique*.

274. *Expériences de Volta*. — La théorie de Galvani fut d'abord admise par un grand nombre de savants; mais son règne ne fut pas long. Un physicien déjà célèbre par d'importantes découvertes sur l'électricité, Volta, professeur à Pavie, remar-

qua bientôt que les muscles de la grenouille se contractaient beaucoup plus violemment lorsque l'arc conducteur, au lieu d'être formé d'un seul métal, était composé de deux métaux différents. Il en conclut aussitôt que la cause du phénomène était dans l'arc conducteur lui-même, et non dans les organes de l'animal. Il admit que l'électricité se développait au contact des deux métaux hétérogènes, lesquels, par le seul fait de ce contact, s'électrisaient en sens contraire, et que la grenouille ne jouait, dans cette expérience, que le rôle de simple conducteur et d'un électroscope éminemment sensible. Pour expliquer les contractions produites par un arc homogène, Volta dut étendre son principe, et soutenir que le contact de deux corps hétérogènes quelconques suffit pour les constituer, l'un à l'état d'électricité positive et l'autre à l'état d'électricité négative.

Volta ne tarda pas à démontrer par des expériences directes ce qu'il avançait. A l'aide de l'électromètre condensateur qu'il venait d'inventer (235), il put rendre sensible l'électricité dont il attribuait le développement au contact de deux métaux différents. En effet, l'appareil étant parfaitement sec, si on applique le doigt sur le disque supérieur, et qu'en même temps on touche le disque inférieur, qui est en cuivre, avec une lame de zinc tenue à la main, on voit, dès que l'on rompt les communications et qu'on enlève le disque supérieur, les feuilles d'or diverger d'une quantité sensible; on reconnaît en outre que la divergence est due à de l'électricité négative.

275. *Théorie de Volta.* — Pour expliquer ces phénomènes, Volta, comme nous venons de le dire, fut conduit à admettre que le contact de deux corps hétérogènes développait instantanément une force ayant pour effet de décomposer leur fluide neutre et de s'opposer ensuite à la recombinaison des fluides contraires accumulés sur les deux corps en contact. Il donna à cette force le nom de *force électro-motrice*. Ainsi, disait Volta, la force électromotrice engendrée par le contact du zinc et du cuivre décompose leur fluide neutre; elle transporte l'électricité positive sur le zinc et l'électricité négative sur le cuivre, en donnant à chaque métal une tension électrique égale et contraire.

Nous verrons bientôt (281) que le simple contact de deux corps différents ne suffit pas pour développer l'électricité; il faut de plus que ces deux corps exercent l'un sur l'autre une action chimique. Dans l'expérience précédente ce n'est pas, comme

le croyait Volta, le seul contact de la lame de zinc avec le disque en cuivre de l'électromètre qui développe l'électricité; c'est l'humidité acide dont la main est toujours imprégnée, qui, en oxydant le zinc, le charge d'électricité négative qu'il transmet à l'instrument, tandis que l'électricité positive développée à la surface des doigts qui tiennent le zinc s'écoule dans le sol par le corps de l'expérimentateur. Volta avait lui-même remarqué que la charge électrique que reçoit l'instrument est beaucoup plus forte quand les doigts ont été préalablement imprégnés d'eau légèrement acidulée.

#### Pile voltaïque.

276. *Pile voltaïque.* — Conduit par les idées théoriques que nous venons de faire connaître, Volta ne tarda pas à inventer la pile qui porte son nom: c'était un assemblage (fig. 182) de couples composés chacun de deux disques zinc et cuivre, soudés ensemble et superposés dans le même ordre, de manière à établir une alternance régulière entre les deux métaux. Entre chacun de ces couples étaient placées des rondelles de drap ou de carton, imbibées d'eau légèrement acidulée (mélange d'eau et d'acide sulfurique). Cette pile se nommait encore *pile à colonnes*, à cause des trois colonnes en verre, qui la soutenaient. Voici comment fonctionne cet appareil:

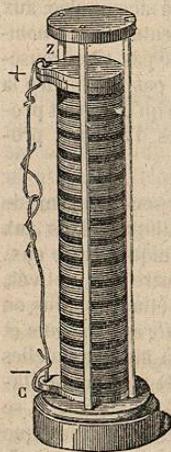


Fig. 182.

L'action chimique de l'eau acidulée sur le zinc électrise ce métal *négativement*, tandis que les rondelles se chargent d'électricité *positive*. Or, supposons la pile isolée, son extrémité zinc en haut et son extrémité cuivre en bas, et ne considérons que ses deux couples extrêmes.

Le disque de cuivre du couple supérieur prend à la rondelle humide qui le supporte immédiatement son électricité positive et la transmet au dernier disque de zinc Z, qui la recueille et forme ainsi le *pôle positif* de la pile. De même le disque de zinc du couple inférieur, électrisé négativement par la rondelle humide qui est immédiatement au-dessus de lui, transmet son électricité au der-

nier disque de cuivre C, qui la recueille et forme ainsi le *pôle négatif* de la pile. Le même effet se produit dans tous les couples intermédiaires, dont les fluides ainsi séparés viennent s'accumuler aux deux extrémités de la pile, le fluide positif à l'extrémité zinc et le fluide négatif à l'extrémité cuivre.

*Remarque.* Le zinc, avons-nous dit, s'électrise négativement au contact des rondelles humides, et cependant c'est à l'extrémité zinc de la pile que se trouve son pôle positif. Mais cette contradiction n'est qu'apparente. Remarquons, en effet, que le dernier disque de zinc, le disque supérieur Z (fig. 182), n'étant pas en contact avec le liquide acidulé, ne remplit que le rôle de simple conducteur, et se borne à recevoir et à recueillir le fluide positif que lui transmet le disque de cuivre auquel il est soudé. Ce dernier zinc pourrait donc être supprimé sans rien changer à la distribution de l'électricité dans la pile. Il en est de même pour le dernier disque de cuivre, le disque inférieur C, lequel ne fait que recevoir et recueillir l'électricité négative que lui transmet le disque de zinc auquel il est soudé. On pourrait donc également supprimer le dernier cuivre sans qu'il en résultât aucun changement dans la position des pôles.

277. *Tension de la pile.* — On entend par *tension* de la pile l'effort que fait, pour se dégager, l'électricité accumulée aux extrémités de l'appareil. Cette tension augmente avec le nombre des couples, mais son accroissement n'est pas rigoureusement proportionnel à ce nombre. Il ne faut pas confondre la tension d'une pile avec la quantité d'électricité qu'elle peut produire; cette quantité est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la surface des couples.

278. *Rhéophores, courants.* — On désigne sous le nom de *rhéophores* ou  *fils conjonctifs* deux fils métalliques fixés aux pôles de la pile et destinés à les faire communiquer entre eux. Quand on approche ces deux fils l'un de l'autre, on obtient, chaque fois qu'on les met en contact, une étincelle plus ou moins vive : ce qui prouve que l'action de la pile est continue et reproduit incessamment les deux électricités à mesure qu'elles se combinent. Or, si l'on réunit les deux fils de manière à établir une communication permanente entre les deux pôles, il se fait dans ces fils une recombinaison continuelle des fluides que la pile met sans cesse en liberté. Le mouvement continu qui résulte de ces actions a reçu le nom de *courant électrique*.

279. *Direction des courants; circuit voltaïque.* — Il est probable que la recombinaison des fluides positif et négatif de la pile s'opère également d'un pôle à l'autre, et que, par conséquent, le fil qui fait communiquer les pôles est incessamment sillonné par deux courants contraires, l'un d'électricité positive, allant du pôle positif au pôle négatif; l'autre d'électricité négative, allant du pôle négatif au pôle positif. Le même effet doit se produire également dans la pile elle-même; de sorte que le fil conducteur et la pile forment un circuit complet dans lequel se meuvent circulairement et en sens contraire les deux électricités. Mais pour

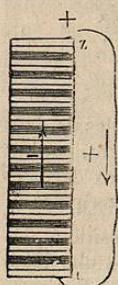


Fig. 183.

faciliter l'explication des phénomènes produits par les courants, on est convenu de ne considérer dans le fil conducteur intermédiaire qu'un seul courant d'électricité positive (fig. 183) allant du pôle positif au pôle négatif, tandis que le courant négatif traverse la pile elle-même pour se porter du pôle négatif au pôle positif. Dans cette hypothèse, l'expression de *courant électrique*, dont nous nous servirons dans la suite, signifie donc le mouvement du fluide positif dans le fil intermédiaire, ou, en d'autres termes, le courant allant du pôle positif au pôle négatif dans la partie du circuit extérieure à la pile.

#### Modifications de la pile voltaïque.

280. *Modifications de la pile voltaïque.* — La pile voltaïque ou à colonnes offre l'inconvénient de ne pas conserver longtemps sa conductibilité. Le poids des disques superposés, en comprimant les rondelles humides, en fait sortir le liquide et les dessèche promptement; de plus, le liquide, en s'écoulant, établit entre les couples une communication extérieure qui donne lieu à la recombinaison partielle de leur électricité. C'est pour obvier à cet inconvénient qu'ont été imaginées la *pile à auge* et la *pile de Wollaston*, lesquelles ne sont que de simples modifications de la pile voltaïque

1° *Pile à auge.* Cette pile n'est, pour ainsi dire, qu'une pile à colonne horizontale. Elle est formée (fig. 184) d'une caisse rectangulaire en bois recouverte intérieurement d'un mastic isolant, et dans laquelle sont fixés verticalement, à une distance d'un centimètre environ les uns des autres, des couples de dimension égale à la section intérieure de la caisse. Ces couples

sont composés de plaques de cuivre et de zinc soudées ensemble. Les intervalles qui les séparent forment autant de compartiments distincts que l'on remplit d'eau légèrement chargée

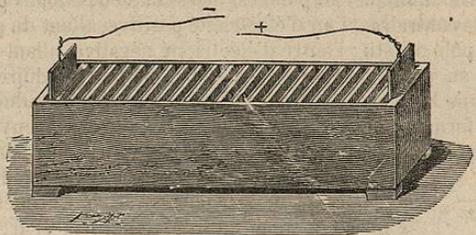


Fig. 184.

d'acide sulfurique. Ce liquide remplace ici les rondelles de drap humide de la pile à colonnes. Deux plaques de cuivre, portant chacune un fil métallique, et plongeant dans les deux derniers compartiments, servent à faire communiquer les deux pôles.

2<sup>o</sup> Pile de Wollaston. Voici quelle est la disposition des couples qui composent cette pile (fig. 185) : *abs* est une lame

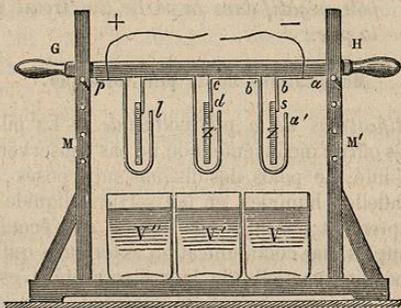


Fig. 185.

de cuivre recourbée à angle droit; sa portion horizontale *ab* est fixée à une traverse en bois *GH* qui repose sur deux supports *M, M'*, tandis que sa portion verticale *bs* est soudée en *s* à une large plaque de zinc *Z*. Cet assemblage constitue le premier couple. Autour de la plaque de zinc *Z* est une seconde lame de cuivre *a'b'cd* trois fois recourbée sur elle-même; la partie *a'b'* de cette lame enveloppe sans la toucher la plaque

de zinc, la partie horizontale *b'c* est fixée à la traverse de bois, et la partie verticale *cd* est soudée en *d* à une seconde plaque de zinc *Z'*. Ce nouvel assemblage forme le second couple. Tous les autres sont disposés de la même manière et se succèdent dans le même ordre. Au-dessous de ces couples sont des bocaux en verre *V, V', V''*, dans lesquels on verse de l'eau contenant un vingtième d'acide sulfurique. Il suffit, pour mettre la pile en activité, de faire plonger les couples dans les vases qui leur correspondent en abaissant la traverse de bois *GH*. Le premier cuivre *abs* étant soudé à un zinc représente le pôle négatif, tandis que le dernier cuivre *lp*, n'étant en contact avec aucun zinc, ne fait que transmettre le fluide positif qui lui est fourni par le dernier couple, et représente par conséquent le pôle positif. M. Münch, ancien professeur de physique à Strasbourg, a simplifié cette pile en remplaçant les bocaux de verre par une auge commune en bois, mastiquée à l'intérieur, et dans laquelle on fait plonger tous les couples.

#### Électricité développée par les actions chimiques.

281. *Électricité développée par les actions chimiques.* — Nous avons dit précédemment (275) que l'électricité développée par la pile est due, non au simple contact, comme le croyait Volta, mais à l'action chimique des substances qui la composent, et particulièrement des liquides acidulés sur les métaux.

Que l'on fasse, par exemple, communiquer avec un galvanomètre (297) deux fils de platine, et qu'on les plonge en même temps dans de l'acide azotique, on n'observe aucune déviation de l'aiguille du galvanomètre, parce que l'acide azotique seul est sans action sur le platine. Mais si l'on verse une goutte d'acide chlorhydrique vers l'un des fils immergés, on voit aussitôt l'aiguille se dévier d'un certain nombre de degrés, ce qui indique la production d'un courant électrique, lequel résulte évidemment de l'action chimique exercée sur le platine par le mélange des deux acides.

Toutes les actions chimiques, telles que l'oxydation, l'action des acides sur les métaux, la combinaison des acides avec les bases, etc., dégagent de l'électricité. Ce fait, aperçu d'abord en Italie par Fabroni, disciple de Volta, soutenu ensuite en Angleterre par Wollaston et J. Davy, a été mis hors de doute par les travaux de MM. Becquerel et de La Rive. Voici les lois découvertes par ces habiles physiciens, et sur lesquelles repose le dégagement de l'électricité produit par les actions chimiques :

1° Quand l'oxygène se combine avec un autre corps, il s'électrise positivement, tandis que le corps combustible prend l'électricité négative;

2° Dans l'action chimique d'un acide sur un métal, l'acide prend toujours l'électricité positive, et le métal se charge d'électricité négative;

3° Dans la combinaison des acides avec les bases, l'acide prend toujours l'électricité positive, et la base l'électricité négative;

4° Dans les décompositions chimiques, les effets électriques sont inverses des précédents.

#### Piles à courant constant.

282. *Piles à courant constant.* — Dans les piles voltaïques à colonnes, à auge ou de Wollaston, que nous venons de décrire, et dans lesquelles les deux métaux, cuivre et zinc, sont en présence d'une même dissolution d'acide sulfurique, l'intensité du courant décroît rapidement. Ce phénomène est dû à deux causes : 1° à l'affaiblissement de l'action chimique par suite de la neutralisation de l'acide sulfurique à mesure qu'il agit sur le zinc; 2° à la formation de courants secondaires en sens inverse du courant principal, par l'effet de la décomposition du sulfate de zinc déjà formé, d'où résulte le dépôt d'une couche de zinc à la surface des plaques de cuivre. C'est pour obvier à ce double inconvénient que plusieurs physiciens ont eu l'heureuse idée de construire des piles avec deux dissolutions différentes, séparées l'une de l'autre par des diaphragmes poreux, et dans lesquelles on fait plonger les métaux ou les divers corps destinés soit à transmettre, soit à engendrer le courant. Ces piles ont reçu le nom de piles à *courant constant*, parce que leurs effets conservent pendant assez longtemps le même degré d'énergie. Ce sont aujourd'hui les seules que l'on emploie. Les principales sont celles de Daniell, de Bunsen, de Grove, de Marié-Davy et la pile au bi-chromate de potasse.

285. *Pile de Daniell.* — Cette pile, inventée par le chimiste anglais Daniell, est une des premières piles à courant constant dont on ait fait usage. Chacun de ses couples ou éléments se compose (fig. 186) d'un vase extérieur en verre V dans lequel est reçu un cylindre en cuivre rouge C, ouvert à ses deux extrémités et percé de trous latéralement. A la partie supérieure

de ce cylindre est une rigole circulaire, dont le fond est également percé de petits trous. Dans ce cylindre prend place un second vase en terre poreuse T, lequel contient un autre cylindre en zinc Z, ouvert aussi par ses deux bouts et amalgamé. Enfin les deux cylindres, celui de cuivre et celui de zinc, portent chacun une patte en cuivre qui sert à transmettre le courant aux fils conducteurs qui y sont fixés par des vis de pression. Pour mettre cet appareil en activité, on verse dans le vase extérieur en verre V une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et dans le vase en terre poreuse T de l'eau légèrement acidulée avec de l'acide sulfurique.

On dépose ensuite quelques cristaux de sulfate de cuivre dans la petite rigole circulaire, dont le fond, percé de trous, doit plonger dans la dissolution cuivreuse. Ces cristaux ont pour but de maintenir constamment cette dissolution à l'état de saturation. Telle est la disposition de chaque couple ou élément de Daniell. Il suffit, pour former la pile, d'en réunir un certain nombre en les faisant communiquer par leurs pôles contraires.

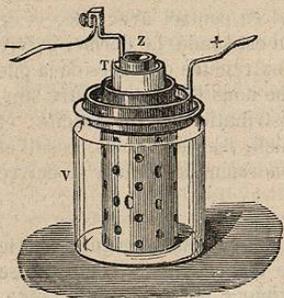


Fig. 186.

*Action de la pile de Daniell.* — Tant que les deux fils conducteurs destinés à réunir les pôles ne communiquent pas entre eux, la pile reste inactive; mais aussitôt que la communication est établie, on observe un courant dont l'intensité peut demeurer constante pendant très-longtemps. Voici ce qui se passe dans chaque élément : l'eau est décomposée; son oxygène se combine avec le zinc, qu'il électrise *négativement* (281), tandis que l'hydrogène à l'état naissant se porte, à travers le vase en terre poreuse, sur le sulfate de cuivre qu'il décompose, pour reformer de l'eau, en acide sulfurique et en cuivre métallique. Ce métal se charge alors d'électricité *positive*, qu'il transmet au cylindre extérieur de cuivre C sur lequel il se dépose.

L'effet résultant de ces actions chimiques est donc, dans le vase poreux, la *transformation successive de l'eau et de l'acide sulfurique en sulfate de zinc*, et dans le vase extérieur, la *transformation inverse d'un même nombre d'équivalents de sulfate de cuivre en acide sulfurique, en eau et en cuivre métallique.*

*Remarque.* Dans la pile de Volta ou à colonnes que nous avons précédemment décrite (276), le pôle positif correspond à l'extrémité zinc et le pôle négatif à l'extrémité cuivre; le contraire a lieu dans la pile de Daniell, où le pôle positif correspond au cuivre et le pôle négatif au zinc. A première vue, on pourrait croire que l'action de ces deux piles est différente; mais il n'en est rien. Dans la pile de Volta, comme dans celle de Daniell, le zinc s'électrise toujours négativement au contact du liquide acidulé; il transmet, comme nous l'avons dit, cette électricité négative au disque de cuivre auquel il est soudé, tandis que la rondelle humide s'électrise positivement et transmet son électricité au disque de cuivre qui est en contact avec elle, et de ce cuivre au disque de zinc qui lui est soudé. Le dernier cuivre et le dernier zinc qui forment les extrémités opposées de la pile de Volta pourraient donc, ainsi que nous l'avons vu, être supprimés, sans rien changer à la distribution de l'électricité; et alors, comme dans la pile de Daniell, les deux pôles, positif et négatif, de la pile de Volta correspondraient, le premier au cuivre et le second au zinc.

284. *Pile de Bunsen.* — Cette pile est encore désignée sous le nom de *pile à charbon*. Chacun de ses couples ou éléments se compose (fig. 187) d'un vase extérieur F en grès ou en verre,

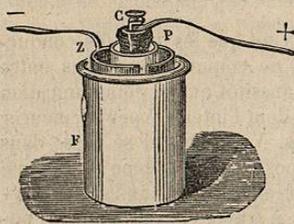


Fig. 187.

dans lequel entre un cylindre creux Z en zinc amalgamé. Dans l'intérieur de ce cylindre est un vase poreux P, en terre de pipe, lequel reçoit un second cylindre ou un prisme C de charbon, formé d'un mélange intime de coke et de houille grasse fortement calcinés. Deux lames de cuivre, fixées l'une au zinc, l'autre au charbon, servent à établir les communications électriques.

Pour faire usage de cet appareil, on verse dans le vase extérieur qui contient le zinc de l'eau chargée d'un dixième environ d'acide sulfurique, et dans le vase en terre poreuse qui contient le charbon de l'acide azotique ordinaire. On forme la pile en réunissant plusieurs couples ou éléments semblables dont on fait communiquer, par des bandes de cuivre recourbées, le charbon de l'un avec le zinc de l'autre.

*Action de la pile de Bunsen.* — Dans cette pile, comme dans celle de Daniell, l'action ne commence qu'à partir du moment où la communication est établie entre les deux pôles. Voici ce qui se passe alors dans chaque élément: l'eau est décomposée par l'influence combinée du zinc et de l'acide sulfurique. Le zinc attirant l'oxygène se transforme d'abord en oxyde, puis en sulfate, et s'électrise négativement. L'hydrogène, à l'état naissant, se porte vers l'acide azotique que contient le vase poreux, le décompose et le transforme en acide hypoazotique, dont une partie se dissout et dont l'autre se dégage. Le charbon, par l'effet de cette réaction, s'électrise positivement. Le pôle négatif correspond donc au zinc et le pôle positif au charbon. La pile de Bunsen est la plus énergique de toutes les piles à courant constant.

*Remarque.* C'est pour éviter l'action trop vive de l'acide sulfurique sur le zinc ordinaire que l'on se sert, dans les piles de Daniell et de Bunsen, de zinc amalgamé, c'est-à-dire combiné à sa surface avec une petite quantité de mercure. Ainsi préparé, le zinc n'est attaqué par l'acide sulfurique que lorsque les pôles de la pile communiquent, et il présente de plus l'avantage de donner naissance à un courant plus intense et plus régulier.

285. *Pile de Grove.* — La seule différence qui existe entre la pile de Grove et celle de Bunsen, c'est que le charbon est remplacé par une lame de platine. Son action est la même, mais elle est peu employée à cause du prix élevé du platine, et de l'inconvénient que présente ce métal de devenir cassant quand la pile fonctionne pendant un certain temps.

286. *Pile de Marié-Davy au sulfate de mercure.* — Cette pile, sauf ses dimensions plus petites, est également disposée comme celle de Bunsen. Le vase extérieur F (fig. 187) où se trouve le zinc, au lieu de contenir de l'eau acidulée, ne reçoit que de l'eau pure; dans le vase poreux qui contient le charbon, l'acide azotique est remplacé par du bi-sulfate de mercure, réduit en poudre et délayé dans une très-petite quantité d'eau. Quand la pile est en activité, le zinc décompose l'eau et se transforme en oxyde; l'hydrogène mis en liberté se rend dans le vase poreux où il décompose le sulfate de mercure, dont l'oxyde est réduit, tandis que l'acide sulfurique se porte sur le zinc et le convertit en sulfate. Le mercure métallique résultant de la réduction de son oxyde se dépose sur le charbon, d'où il tombe

ensuite au fond du vase poreux. Comme dans la pile de Bunsen, le pôle positif correspond au charbon et le pôle négatif au zinc.

Cette pile présente l'avantage de ne s'user que très-lentement et de donner un courant d'une grande constance, ce qui la rend d'un emploi commode pour le fonctionnement des appareils qui n'exigent que l'emploi de courants peu énergiques (sonneries électriques, appareils électro-médicaux, etc.).

**287. Pile au bi-chromate de potasse.** — Cette pile consiste en un ballon de verre contenant une dissolution composée de 900 grammes d'eau, 50 grammes de bi-chromate de potasse et 50 grammes d'acide sulfurique. Dans cette solution plonge un couple formé d'un prisme de charbon entouré par deux lames de zinc, et que l'on peut élever ou faire descendre à volonté au moyen d'une tige à crémaillère. Cette pile, comme la précédente, est d'un usage assez commode pour tous les cas où l'on n'a besoin que de faibles courants.

#### Effets produits par la pile.

**288. Effets de la pile.** — Ces effets, comme ceux que produit l'électricité statique (236), peuvent être divisés en effets *physiques*, en effets *chimiques* et en effets *physiologiques*.

**289. Effets physiques.** — Ces effets comprennent les effets *calorifiques* et les effets *lumineux*.

**1° Effets calorifiques.** — Quand un courant électrique suffisamment énergique passe à travers un fil métallique, ce fil, suivant son diamètre et sa longueur, s'échauffe, rougit, fond et se volatilise. Une pile composée de 30 éléments de Bunsen est capable de fondre ou de volatiliser ainsi les fils de fer, de cuivre, d'or, d'argent et même de platine. Le fer entre en fusion et tombe sous la forme de globules incandescents; l'or, l'argent, le cuivre, brûlent et se volatilisent en projetant de vives étincelles, diversement colorées; le platine devient d'un blanc éblouissant et finit même par couler en gouttelettes comme du plomb.

M. Fabre a démontré, au moyen d'expériences très-précises, que la chaleur développée par la pile est entièrement due au travail chimique qui s'accomplit entre ses éléments. Cet habile physicien a reconnu que la quantité de chaleur produite est invariablement *proportionnelle au poids du zinc dissous*, soit 48 calories pour 33 grammes de zinc oxydé et transformé en sulfate.

Ce résultat nous donne la raison pour laquelle les effets calorifiques de la pile sont d'autant plus intenses que les couples qui la composent ont une plus grande surface. M. Joule, de son côté, a reconnu que la quantité de chaleur dégagée dans le fil qui unit les pôles *est en raison directe de la résistance que ce fil oppose au passage de l'électricité*, ce qui explique pourquoi un fil placé dans le circuit voltaïque s'échauffe d'autant plus qu'il est plus fin et que le métal dont il est formé est moins bon conducteur de l'électricité.

**2° Effets lumineux.** — Ces effets sont intimement liés aux effets calorifiques que nous venons d'étudier. Ils se manifestent par de vives étincelles et par l'incandescence des métaux ou des autres substances placées dans le courant voltaïque.

**Lumière électrique.** — C'est J. Davy qui le premier à Londres, en 1801, produisit dans tout son éclat le phénomène de la lumière électrique. Pour faire cette expérience, on prend (fig. 488) deux petits cônes *a* et *b* de charbon de coke fortement calciné, provenant des résidus des cornues à gaz. Ce charbon est dur, solide comme un métal, et conduit facilement l'électricité. A l'aide de l'appareil à colonne de verre que représente la figure, on place ces deux cônes en regard et à une très-petite distance l'un de l'autre, puis on fait passer le courant d'une forte pile au moyen des conducteurs *c* et *c'*. On voit aussitôt paraître, à la jonction des charbons, une lumière éblouissante, et tellement vive qu'on ne peut la comparer qu'à celle du soleil. Si l'on augmente un peu la distance qui sépare les charbons, on aperçoit un arc lumineux (*arc voltaïque*) d'une intensité très-remarquable s'étendant d'un charbon à l'autre. Cet arc est le résultat d'un transport de la matière propre du charbon du pôle positif au pôle négatif, ce que l'on peut constater facilement en projetant sur un écran, au moyen d'une lentille, l'image grossie des deux cônes incandescents.

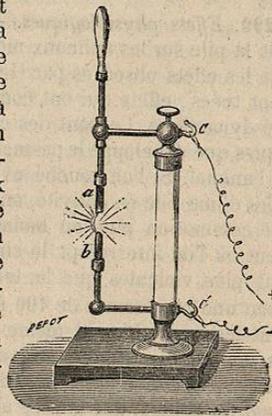


Fig. 488.

Physique.

La lumière électrique agit comme celle du soleil sur un mélange gazeux de chlore et d'hydrogène et sur le chlorure d'argent. Transmise à travers le prisme, elle se décompose et donne un spectre analogue au spectre solaire, mais qui en diffère par la présence de certaines raies brillantes dont la couleur et la disposition varient suivant la nature des électrodes. Appliquée à la photographie, la lumière électrique peut donner de fort belles épreuves, remarquables par la vivacité des tons. La lumière électrique est depuis longtemps déjà employée pour l'éclairage des phares maritimes; on pourrait l'employer également pour l'éclairage des rues ou des places publiques; mais elle a l'inconvénient de nuire beaucoup à la vue.

*Remarque.* Les charbons à l'aide desquels on produit la lumière électrique s'usent très-vite, non-seulement par ce transport moléculaire d'un pôle à l'autre dont nous venons de parler, mais encore par la combustion rapide qui a lieu dans l'air. Il en résulte que l'intervalle qui sépare les deux extrémités des charbons devient bientôt trop considérable et que la lumière s'éteint. C'est pour éviter cet inconvénient que l'on a imaginé plusieurs appareils régulateurs qui ont pour but de rapprocher insensiblement les charbons à mesure qu'ils s'usent, afin de maintenir invariable leur intervalle de séparation, et, par suite, de conserver à la lumière un éclat continu.

**290. Effets physiologiques.** — Ces effets sont ceux que produit la pile sur les animaux morts ou vivants. Nous connaissons déjà les effets observés par Galvani sur des grenouilles récemment tuées, effets qui ont conduit à la découverte de l'électricité dynamique. Ce sont des contractions plus ou moins énergiques que développe le passage du courant à travers les muscles de l'animal. Si l'on touche avec les mains mouillées les deux pôles d'une pile en activité, on ressent, au moment du contact, une commotion plus ou moins vive, qui se renouvelle au moment où l'on interrompt le circuit. Ces commotions sont d'autant plus violentes que la tension de la pile est plus forte. Avec une pile formée de 100 éléments de Bunsen, elles deviennent insupportables et même dangereuses. En appliquant sur les tempes les conducteurs d'une pile de moyenne force, une lueur instantanée passe devant les yeux, et l'on ressent au moment du contact une piqûre assez vive. L'électricité dynamique a été expérimentée sur l'homme de mille façons; des essais de

21.

tout genre ont été tentés, avec plus ou moins de succès, pour l'appliquer à la guérison des maladies, particulièrement des systèmes nerveux et musculaire.

**Effets chimiques de la pile ou électro-chimie. Galvanoplastie, dorure, argenture.**

**291. Effets chimiques de la pile.** — Presque tous les corps peuvent être décomposés par l'action de la pile; mais ses effets chimiques les plus remarquables sont ceux qu'elle produit sur l'eau, sur les oxydes métalliques et sur les sels. Faraday qui, le premier, a étudié avec soin ce genre d'analyse chimique, a désigné sous le nom d'*électrolyse* la séparation des corps composés en deux éléments; sous le nom d'*électrolyte* le corps soumis à la décomposition, et sous celui d'*électrodes* les parties immergées des conducteurs de la pile où la décomposition s'effectue. L'électrode est dite *positive* ou *négative* suivant le pôle avec lequel elle communique.

*Décomposition de l'eau.* — La première application de la pile à la chimie a été faite, au commencement de ce siècle, par deux physiciens anglais, Carlisle et Nicholson, et a eu pour objet la décomposition de l'eau. L'appareil dont on se sert pour faire l'expérience se compose (*fig. 189*) d'un vase en verre V dont le fond est traversé par deux tiges de platine qui s'élèvent, dans l'intérieur du vase, à 3 ou 4 centimètres de hauteur, et qui se terminent extérieurement par deux crochets destinés à recevoir les fils conducteurs de la pile. Le vase étant rempli d'eau légèrement acidulée, on pose sur les tiges de platine deux petites éprouvettes *a* et *b*, graduées et remplies du même liquide.

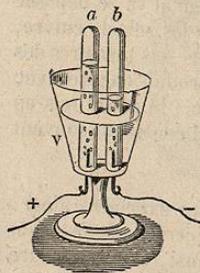


Fig. 189.

Dès que le courant est établi, on voit de petites bulles de gaz se détacher de toute la surface des tiges de platine et s'élever dans les éprouvettes. Le gaz qui se dégage au pôle positif, et qui se rend dans l'éprouvette *a*, est de l'oxygène pur; celui qui se produit au pôle négatif, et qui se rassemble dans l'éprouvette *b*, est de l'hydrogène, également pur. Au bout de quelque temps, on peut constater que le volume de l'hydrogène est double