

CHAPITRE III
ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE

PILES ÉLECTRIQUES

I. — PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX.

747. **Expérience de Galvani.** — L'origine de la découverte de l'électricité dynamique est une expérience de Galvani, effectuée à Bologne en 1786.

On coupe en deux, vers la région lombaire, la colonne vertébrale d'une grenouille récemment tuée : après avoir dépouillé la partie inférieure du corps, on distingue, de chaque côté de la colonne vertébrale, deux faisceaux blanchâtres, qui sont la réunion des nerfs lombaires se rendant aux pattes postérieures. On prend alors un arc métallique COZ (fig. 524), formé d'un fil de cuivre C et d'un fil de zinc Z, réunis en O, et l'on engage l'un de ces fils sous les nerfs lombaires, comme le montre la figure. Si maintenant on vient à toucher, avec l'extrémité de l'autre fil, les muscles de l'une des cuisses, on voit la cuisse se contracter. Le même phénomène se reproduit à chaque nouveau contact (*).

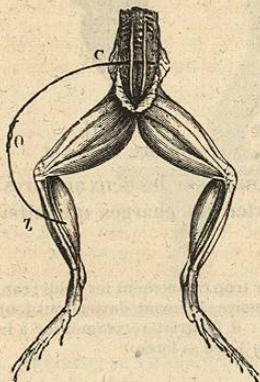


Fig. 524.
Expérience de Galvani.

Ses contractions rappellent celles qui se produisent quand le corps d'un animal est traversé par une décharge électrique (709). Aussi Galvani vit-il d'abord dans le muscle un véritable condensateur, chargé de l'une des électri-

(*) Cette expérience se présenta à Galvani d'une manière presque fortuite : les membres inférieurs de plusieurs grenouilles avaient été préparés comme nous venons de le dire, et suspendus à un balcon de fer, par un crochet de cuivre qui traversait la

tés à l'intérieur, c'est-à-dire dans les points où pénètre le nerf, et d'électricité contraire à l'extérieur ; l'arc métallique jouait alors le rôle d'un excitateur (695), établissant la communication entre ces deux armatures.

748. **Théorie et expériences de Volta.** — En reproduisant l'expérience de Galvani et en variant les conditions, Volta, professeur à Pavie, constata que, pour obtenir des contractions énergiques, il est nécessaire d'employer un arc formé de deux métaux différents. — Il fut alors conduit à une théorie nouvelle, d'après laquelle le contact de corps différents a pour effet d'établir entre eux une différence d'état électrique, ou de potentiel, par une force électrique spéciale (*).

D'après Volta, les effets observés dans l'expérience de Galvani sont dus, au moins pour la plus grande partie, à ce que le contact du zinc et du cuivre au point O (fig. 524) développe une force électrique qui a pour effet de charger le zinc d'électricité positive ; le cuivre, d'électricité négative. Au moment où les extrémités de l'arc métallique viennent à être réunies par le corps de la grenouille, c'est la combinaison de ces électricités contraires, au travers des muscles et des nerfs, qui est la cause principale de la contraction. — Dès que la communication est interrompue, la différence entre les potentiels des deux métaux se rétablit, ce qui permet de répéter l'expérience ; et ainsi de suite (**).

moelle épinière ; le but du savant professeur de Bologne était d'étudier l'influence que peuvent exercer, sur le système nerveux, les décharges qui s'effectuent entre des nuages orageux. Contre son attente, il vit les muscles s'agiter de mouvements convulsifs, en l'absence de tout orage, chaque fois que le vent amenait les muscles au contact des barreaux de fer.

(*) Pour s'expliquer cette force électrique, due au contact de deux corps différents, il suffit d'admettre que les molécules matérielles exercent, sur les masses électriques voisines, des actions qui dépendent de la nature des molécules elles-mêmes. — S'il en est ainsi, au moment où l'on met en contact deux corps différents, préalablement à l'état neutre, les quantités d'électricité positive et négative, $+q$ et $-q$, réunies préalablement à la surface de contact, ne peuvent plus demeurer en équilibre. En effet, les molécules du premier corps exercent, sur la masse électrique positive $+q$, des actions dont la résultante est une force F_1 , proportionnelle à q , et dirigée perpendiculairement à la surface de séparation ; la résultante des actions des molécules du deuxième corps est une force F_2 , proportionnelle à q , mais différente de F_1 , et dirigée en sens inverse. En définitive, la force $F_1 - F_2$, proportionnelle à q , sollicite cette quantité d'électricité positive à se déplacer vers l'un des corps. Une force égale et de sens contraire sollicite la quantité d'électricité négative $-q$, à se déplacer vers l'autre corps.

— Le quotient $\frac{F_1 - F_2}{q}$, c'est-à-dire la force rapportée à l'unité de masse électrique, est ce qu'on appelle la force électrique au contact des deux corps.

(**) Pour qu'il y ait développement d'une force électromotrice, il n'est pas nécessaire que les corps mis en contact soient métalliques : il suffit qu'ils soient de natures différentes. — C'est ainsi que Volta interpréta une expérience célèbre, que Galvani avait considérée comme une objection irréfutable à la théorie nouvelle. En détachant simplement les nerfs lombaires, et laissant tomber leur extrémité libre sur les muscles de la cuisse, Galvani avait obtenu des contractions ; d'après Volta, c'est le contact de ces deux tissus, de natures différentes, qui donnait lieu au développement d'électricité.

Pour appuyer cette *théorie du contact*, Volta fit un grand nombre d'expériences : voici l'une des plus décisives. — Il prit un électroscope dont la tige était surmontée d'un plateau de *cuivre* couvert d'un vernis à sa surface supérieure, et déposa sur ce plateau un plateau de *zinc* couvert d'un vernis à sa surface inférieure : il montra que, en établissant d'abord la communication entre les deux plateaux par un fil de cuivre muni de manches isolants, et en enlevant ensuite le plateau de zinc, on trouvait l'électroscope chargé d'électricité négative, tandis que le zinc était chargé d'électricité positive. On en doit conclure que, avant la séparation, l'équilibre électrique étant établi, le zinc était porté à un potentiel positif, et le cuivre à un potentiel négatif; de sorte que l'excès du potentiel du zinc sur celui du cuivre était une quantité positive $+v$.

Voici une autre série d'expériences, qu'il est facile de reproduire :

1° Une lame de zinc *Z* ayant été soudée bout à bout avec une lame de cuivre *C*, on prend à la main l'extrémité zinc, qui est ainsi maintenue au potentiel zéro (fig. 525), et l'on applique l'extrémité cuivre contre le

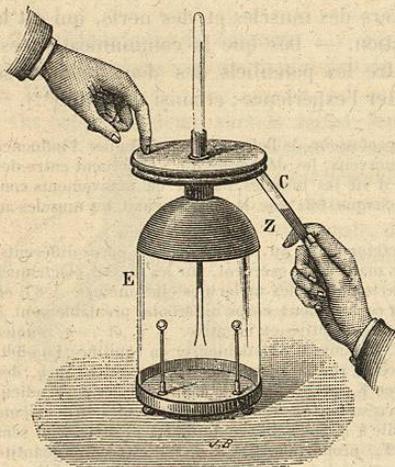


Fig. 525. — Expérience de Volta.

touchant avec l'autre main le plateau supérieur. On constate alors, en supprimant les communications et séparant les deux plateaux, que la lame de cuivre a agi sur l'instrument comme une source d'électricité *négative*. Les potentiels du zinc et du cuivre étant respectivement zéro et $-v$, l'excès du potentiel du zinc sur le cuivre est v , quand l'équilibre électrique est établi.

2° Si l'on répète l'expérience, en prenant la lame par l'extrémité cuivre, et appliquant contre le plateau de l'instrument l'extrémité zinc, l'électroscope n'accuse aucune trace d'électricité. — Ce résultat est encore une confirmation de la théorie. En effet, le zinc est alors en contact par ses deux extrémités avec des pièces de cuivre, savoir : d'une part, la lame de cuivre que l'opérateur tient à la main; d'autre part, le plateau de cuivre de l'électroscope. Le premier contact doit établir une différence de potentiel v entre le zinc et la lame de cuivre; le second doit établir la même différence v , en sens inverse, entre le zinc et le plateau de

cuivre. En d'autres termes, le plateau de l'électroscope doit être au même potentiel que la lame de cuivre; mais la lame de cuivre, en raison de sa communication avec le sol, est à l'état neutre : il doit donc en être de même du plateau de l'instrument.

3° Enfin, la lame étant placée de la même manière, si l'on interpose, entre son extrémité zinc et le plateau de l'électroscope, un fragment de papier imprégné d'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, on constate que le plateau se charge d'électricité positive, et la charge est plus grande que dans le premier cas. — Ce résultat n'est pas en contradiction avec le précédent, puisque les corps en contact ne sont plus les mêmes.

Les expériences de Volta, et d'autres expériences plus précises qui ont été faites depuis, ont conduit à la loi suivante, que l'on doit considérer comme rigoureusement démontrée :

Lorsque deux corps différents, mis en contact, sont en équilibre électrique, il existe entre eux une différence de potentiel qui ne dépend que de leur nature et de leur température; elle est indépendante de l'étendue de la surface de contact, et de la valeur du potentiel sur chacun des corps.

749. Distribution de l'électricité, au contact de deux conducteurs de natures différentes. — Couche double. — Soient

deux conducteurs de natures différentes, comme une lame de zinc *Z* et une lame de cuivre *C* (fig. 526), en contact par la surface *ab*, et en équilibre électrique. D'après la loi qui vient d'être énoncée, si, pour une raison quelconque, la lame *C* est chargée d'électricité positive ou négative, à un potentiel *V* positif ou négatif, la lame *Z* sera toujours au potentiel $V + v$, la quantité *v* étant toujours positive.

— Pour expliquer cette variation de potentiel à la surface de contact *ab*, on est conduit à admettre qu'il existe, de part et d'autre de cette surface, deux surfaces *a'b'* et *a''b''*, parallèles à *ab* et très voisines, sur lesquelles sont réparties deux couches d'électricité, l'une positive et l'autre négative (fig. 526); c'est ce que l'on appelle une *couche électrique double*.

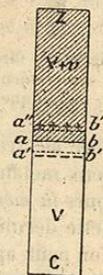


Fig. 526.

L'espace compris entre les surfaces *a'b'* et *a''b''* qui limitent la couche double est un champ électrique, dans lequel la valeur de la force électrique est $F = \frac{(V + v) - V}{a''a'} = \frac{v}{\epsilon}$, en désignant par ϵ l'épaisseur de la couche double.

Cette force électrique, dirigée du zinc au cuivre, dans le sens du potentiel décroissant (662), est tenue en équilibre par la force électrique de contact, dirigée en sens inverse.

Par rapport aux surfaces *a''b''* et *a'b'*, qui limitent les deux conducteurs *Z* et *C* en équilibre électrique, la force électrique *F* doit être considérée comme positive pour l'une, et négative pour l'autre (654, Rem.). D'après le théorème

de Coulomb (654), les densités électriques sur chacune des surfaces doivent être respectivement :

$$+ \mu = \frac{F}{4\pi} = \frac{v}{4\pi\epsilon} \quad \text{et} \quad - \mu = -\frac{F}{4\pi} = -\frac{v}{4\pi\epsilon}$$

750. Circuit entièrement métallique. — Il est aisé de voir que les forces électriques dues au contact entre deux métaux différents, à une même température, ne pourraient jamais produire, dans un circuit *entièrement métallique*, une *circulation continue* d'électricité.

Considérons d'abord le cas le plus simple, celui d'un circuit formé de deux lames, de zinc et de cuivre par exemple, en contact au point M par une de leurs extrémités (fig. 527), et portant à leurs autres extrémités des fils de cuivre AB, DE, qui pourront être réunis en BE. Dans ce système, où n'entrent que *deux métaux*, quelle que soit la valeur V du potentiel sur le fil de cuivre AB, le potentiel sur le zinc Z est $V + v$; par suite, le potentiel sur le cuivre CDE est $V + v - v$, ou V; c'est-à-dire que les deux fils de cuivre DE et AB sont *au même potentiel*. Dès lors, si l'on vient à fermer le circuit en BE, il ne peut se produire aucun mouvement d'électricité.

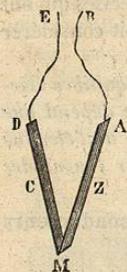


Fig. 527. — Circuit entièrement métallique.

Il en serait encore de même si l'on interposait d'autres métaux en des points quelconques, de manière à constituer une chaîne continue, formée d'un nombre quelconque de métaux différents, à la même température. Les expériences de Volta ont montré que, l'équilibre électrique étant établi, la différence de potentiel observée sur les deux métaux qui forment les extrémités d'une pareille chaîne, est toujours la même que si ces deux métaux étaient mis directement en contact. Cette dernière loi est ce que Volta appelait la *loi des tensions*, et ce que l'on peut appeler aujourd'hui la *loi des potentiels*. — Il en résulte que, si la chaîne est terminée, de part et d'autre, par deux fils de même nature, ces fils sont toujours à un même potentiel; par suite, il ne peut se produire aucun mouvement électrique quand on vient à fermer le circuit. — Nous allons voir que les conditions sont tout autres, dans un circuit comprenant une *pile électrique*.

II. — PILES A UN SEUL LIQUIDE.

751. Principes des piles hydro-électriques. — **Différence de potentiel aux deux pôles d'une pile, en circuit ouvert.** — Supposons que l'on interpose, entre deux métaux différents, un *liquide* capable d'exercer une action chimique sur l'un d'eux. — Plongeons, par exemple, une lame de zinc Z et une lame de cuivre C dans de l'eau aci-

dulée par l'acide sulfurique (fig. 528). L'expérience montre qu'il s'établit une différence de potentiel entre les fils de cuivre P et N qui terminent les lames : il suffit, après avoir relié le fil N au sol, de mettre le fil P en communication avec un électroscope condensateur, pour constater qu'il est électrisé *positivement*; en répétant l'expérience avec le fil N, on constate qu'il est électrisé *négativement*. L'ensemble formé par les deux fils, les deux lames et le liquide interposé, constitue un *couple électrique*; le fil P est le pôle *positif* du couple, le fil N est le pôle *négatif*.

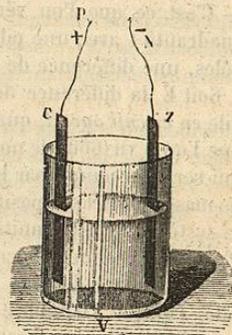


Fig. 528. — Couple formé de deux métaux et d'un liquide interposé.

Or, si l'on relie le pôle négatif au sol, et si l'on met le pôle positif en communication avec un électromètre à quadrants (fig. 459), la déviation observée fait connaître l'excès e du potentiel du pôle positif sur celui du pôle négatif. Cette différence de potentiel e est évidemment la somme des variations de potentiel, v, v', v'' , qui existent : 1° entre le fil N et la lame de zinc; 2° entre cette lame et l'eau acidulée; 3° entre l'eau acidulée et la lame de cuivre. Elle doit donc être indépendante de l'étendue des surfaces de contact (748), c'est-à-dire des dimensions du couple; elle ne doit dépendre que de la nature des corps qui le composent. — C'est ce que l'expérience vérifie.

Prenons maintenant un certain nombre de couples semblables (fig. 529); réunissons, par un fil de cuivre, le zinc du premier couple

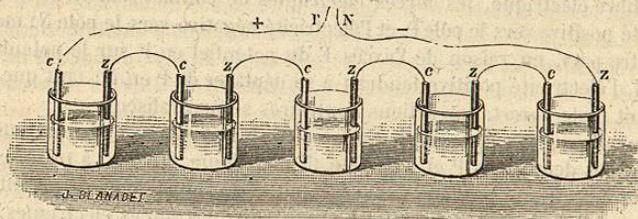


Fig. 529. — Pile à tasses.

au cuivre du second; par un autre fil de cuivre, le zinc du second au cuivre du troisième; et ainsi de suite, en ne laissant libres que le cuivre du premier couple et le zinc du dernier. Enfin, à ces deux lames, adaptons des fils de cuivre P et N. On donne le nom de *pile* à cette réunion de couples. Les fils P et N sont les pôles *positif* et *négatif* de la pile. — Quand les deux pôles sont séparés, la pile est dite *en circuit ouvert*; elle constitue un conducteur en équilibre électrique.

Il est aisé de voir que l'excès du potentiel du fil P sur celui du fil N doit être *proportionnel au nombre des couples* de la pile. En effet, si l'on va de N en P en passant par la pile, chaque fois que l'on rencontre un couple, le potentiel, pris sur chaque fil de cuivre, doit croître de e . — C'est ce que l'on vérifierait encore au moyen de l'électromètre à quadrants : avec une pile de 10 couples, on trouverait, entre les deux pôles, une différence de potentiel égale à $10e$ (*).

Soit E la différence de potentiel entre les deux pôles P et N d'une pile en circuit ouvert, quand l'équilibre électrique est établi. D'après ce que l'on a vu (660), le nombre E mesure le *travail*, moteur ou résistant, qui serait accompli par les forces dues aux actions exercées sur l'unité de masse électrique positive, par les masses électriques distribuées dans le système, si cette unité de masse se déplaçait de P en N, ou de N en P, par un chemin quelconque. — Supposons que l'unité de masse positive se déplace du pôle négatif N au pôle positif P, en passant par la pile. Puisque l'équilibre électrique existe dans le système, la résultante de toutes les forces électriques (y compris les forces de contact) est nulle en chaque point de ce système; le travail total doit donc être identiquement nul. Mais, d'après ce qui vient d'être dit, E mesure alors le travail *résistant* de celles des forces qui sont dues aux masses électriques distribuées dans le système; dès lors, le *travail moteur des forces électriques de contact*, pour ce déplacement de l'unité de masse électrique positive de N en P, a aussi pour mesure E . — Nous allons voir que ce nombre E mesure encore ce qu'on appelle la *force électromotrice* de la pile, quand elle fonctionne en circuit fermé.

752. Courant électrique. — Quand la pile, en circuit ouvert, est en équilibre électrique, les forces électriques de contact sollicitent l'électricité positive vers le pôle P, et l'électricité négative vers le pôle N: mais d'autre part, en raison de l'excès E du potentiel en P sur le potentiel en N, l'électricité positive tendrait à se déplacer de P en N: tant que le circuit reste ouvert, ces actions contraires se neutralisent.

Quand on ferme le circuit, c'est-à-dire quand on met en communication les deux pôles P et N par un fil métallique, il passe, à travers ce fil, de l'électricité positive de P en N, en sorte que l'excès de potentiel de P sur N devient *moindre que E* ; mais alors, les forces électriques de contact n'étant plus équilibrées, il se produit, à la fois dans la pile et dans le fil qui réunit ses deux pôles, un *mouvement continu* d'électricité, qui a reçu le nom de *courant électrique*. — On est convenu d'appe-

(*) Si une pile de 10 couples est reliée au sol par son pôle négatif, le pôle positif est au potentiel $+ 10e$. — Si elle est reliée au sol par son pôle positif, le pôle négatif est au potentiel $- 10e$. — Enfin, si cette même pile est reliée au sol par son milieu (entre le 5^e et le 6^e couple), le pôle positif est au potentiel $+ 5e$, et le pôle négatif est au potentiel $- 5e$. C'est cette disposition qu'on utilise, pour charger à des potentiels égaux et de signes contraires les deux couples de secteurs de l'électromètre à quadrants (678).

ler spécialement *sens du courant*, le sens dans lequel circule l'électricité positive; en d'autres termes, on considère le courant comme allant du pôle positif au pôle négatif, dans la partie du circuit qui est extérieure à la pile.

L'étude de l'électricité, considérée comme se mouvant ainsi dans un circuit fermé, a reçu le nom d'électricité *dynamique*. — C'est la faculté de donner naissance à un courant continu, qui caractérise les piles comme sources d'électricité.

753. Force électromotrice d'une pile. — Le passage du courant donne naissance, comme on le verra, à un dégagement de chaleur dans les divers points du circuit; il peut aussi produire des effets de mouvement sur les corps extérieurs. D'une manière générale, le passage du courant dans un circuit se manifeste par une apparition d'énergie, sous une forme ou sous une autre, dans le circuit lui-même.

Considérons, en particulier, la quantité d'énergie qui apparaît pendant le temps que met l'unité de masse électrique positive à parcourir le circuit, quand le régime régulier du courant est établi. Cette quantité d'énergie n'est qu'une transformation du travail que cette masse électrique, sollicitée par les forces électriques de contact, a reçu en traversant successivement les surfaces de séparation des conducteurs différents qui constituent la pile. On a vu (751) que ce travail a pour mesure E (différence des potentiels aux pôles de la pile ouverte). — Si, au lieu de l'unité de masse électrique, on considère une quantité d'électricité q , parcourant le circuit, la quantité d'énergie correspondante sera :

$$W = Eq.$$

Si q est exprimé en coulombs et E en volts, W est exprimé au moyen de l'unité pratique d'énergie correspondante, le *joule* (701, Rem.). — Si l'on suppose $q = 1$, il vient $W = E$; c'est-à-dire que le nombre E , qui mesure en volts la différence de potentiel aux deux pôles d'une pile en circuit ouvert, mesure aussi, en joules, l'énergie correspondante au transport de 1 coulomb dans le circuit fermé, quand le régime régulier du courant est établi. — C'est dans ce sens qu'on dit que la force électromotrice de la pile est de E volts.

754. Transformation de l'énergie, dans le phénomène du courant électrique. — En général, quand il ne se produit aucun effet extérieur au circuit, c'est sous forme de chaleur, c'est-à-dire d'énergie *actuelle*, que l'énergie apparaît dans le circuit. Or, pendant le passage du courant, on doit considérer les forces électriques de contact comme des forces *intérieures*, dues aux actions des molécules des corps en présence; ces forces agissant ici comme motrices, il en résulte une diminution de l'énergie potentielle des corps de la pile (51, Rem.). D'après le principe de la conservation de l'énergie, l'apparition d'une quantité déterminée d'énergie *actuelle*, dans le circuit, doit correspondre à la

disparition d'une quantité égale d'énergie potentielle dans la pile (*). c'est ce qu'on peut vérifier comme il suit.

Si l'on fait agir de l'eau acidulée sur une lame de zinc, au sein d'un calorimètre à mercure (fig. 256), on trouve qu'il y a dégagement de 18 grandes calories, pour 35 grammes de zinc consommés : la quantité d'énergie potentielle qui disparaît dans cette réaction chimique est représentée par 18×425 ou 7650 kilogrammètres. — Si maintenant on modifie l'expérience de manière à donner naissance à un courant, en mettant en communication le zinc et le liquide par un long fil de cuivre, dont la plus grande partie soit extérieure au calorimètre, la quantité d'énergie mise en jeu, pour le même poids de zinc consommé, reste encore la même; mais l'expérience montre que le dégagement de chaleur dans le calorimètre est beaucoup plus faible, surtout si le circuit extérieur est très développé. La plus grande partie de l'énergie potentielle disparue dans les corps en présence a donc été transformée en énergie électrique, laquelle s'est elle-même transformée en énergie calorifique, devenue sensible dans le circuit (**).

755. Pile de Volta. — La pile de Volta, qui fut construite en 1794, et qui devint

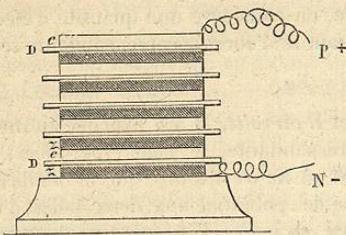


Fig. 550.

l'origine de toutes les autres piles, présente une disposition un peu différente de la pile à tasses.

(*) Ces considérations générales suffisent pour montrer l'impossibilité de la production d'un courant électrique dans un circuit formé uniquement de métaux, comme celui que nous avons indiqué plus haut (fig. 527). En effet, les métaux qui composent ce circuit n'éprouvent, au contact l'un de l'autre, aucune modification dans leur constitution. Dès lors, s'il y avait production d'un courant et des effets qui en sont la conséquence, ces résultats ne seraient accompagnés d'aucune dépense d'énergie. Les mêmes phénomènes pourraient se continuer ainsi indéfiniment : on aurait réalisé un mouvement perpétuel.

(**) Quand on répète l'expérience en repliant le fil de cuivre, de manière à le placer dans le moule d'un second calorimètre à mercure, on trouve que, pour 35 grammes de zinc consommés, la somme des quantités de chaleur dégagées dans les deux calorimètres est encore exactement de 18 grandes calories.

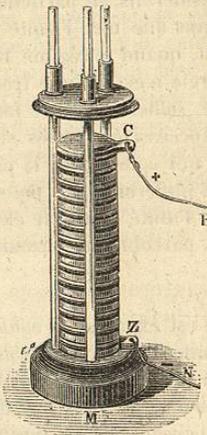


Fig. 551. — Pile à colonne, de Volta

Pour construire une pile de Volta, on place, sur un socle isolant, un disque de zinc *z* (fig. 550), une rondelle de drap *D* imprégnée d'eau acidulée et un disque de cuivre *c*; on répète un certain nombre de fois la même succession, et l'on termine par un disque de cuivre. Au premier disque de zinc est fixé un fil de cuivre *N*; au dernier disque de cuivre est fixé un autre fil de cuivre *P*. — Il est aisé de voir que la disposition des diverses parties de la pile ainsi construite correspond exactement à celle de la figure 529. Le pôle positif est à l'extrémité du fil *P* adapté au dernier cuivre; le pôle négatif, à l'extrémité du fil *N* adapté au premier zinc (*).

C'est cette disposition de disques empilés les uns sur les autres (fig. 551), qui a été l'origine de l'expression de *pile électrique*.

Dans la pile de Volta, en circuit ouvert, la différence de potentiel aux deux pôles est d'environ *un volt par couple*. Il en est de même pour la pile à tasses, et pour toutes les piles que l'on va décrire et qui présentent la même succession : cuivre, zinc, eau acidulée, cuivre.

— Mais ces piles se distinguent les unes des autres par la résistance plus ou moins grande qu'elles opposent au passage de l'électricité, lorsque le circuit est fermé. On conçoit que, à force électromotrice égale, et avec un même circuit extérieur, la quantité d'électricité qui traverse la pile, en un temps donné, doit être d'autant plus grande que la surface des lames est plus considérable, et que l'épaisseur de l'eau acidulée qui les sépare est plus petite.

756. Modifications apportées à la pile de Volta. — Dans la pile de Volta, les rondelles de drap laissent échapper l'eau acidulée, sous l'action du poids qu'elles supportent, et la pile s'affaiblit rapidement. — Aussi a-t-on imaginé d'assujettir verticalement les lames métalliques dans une auge de bois (fig. 555), où l'on verse le liquide. Les pièces de drap deviennent alors inutiles : il suffit de laisser, entre les doubles lames métalliques, des intervalles dans lesquels le liquide pénètre. Cette disposition est connue sous le nom de *pile à auge*. — C'est avec

(*) Volta construisait la pile autrement : il superposait des rondelles formées de deux disques zinc et cuivre soudés; chaque rondelle était placée de façon que le zinc fût à la face supérieure; entre deux rondelles consécutives, était un drap imprégné d'eau acidulée (fig. 552). — Il est facile de voir que, à la partie inférieure, le premier cuivre est inutile, et que, à la partie supérieure, le dernier zinc étant entre deux cuivres, la force électromotrice correspondante au dernier couple n'est pas utilisée dans le courant électrique : on perd donc un élément, quand on emploie la disposition de Volta.

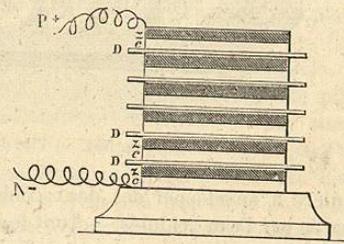


Fig. 552.

une pile semblable, formée de deux cents auges et comprenant en tout deux mille couples, que furent faites, en 1805, à l'Institut royal de Lon-

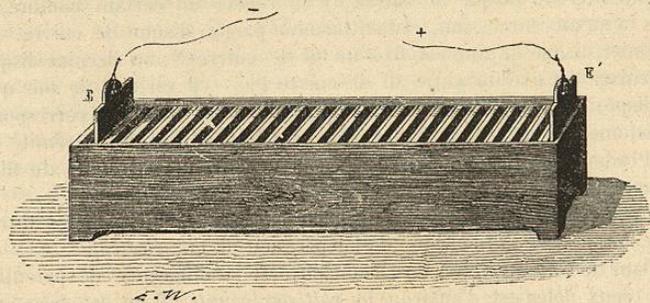


Fig. 553. — Pile à auge.

dres, les célèbres expériences de Davy, qui conduisirent à la découverte des métaux alcalins (771).

Dans la *pile de Wollaston*, les couples successifs, à large surface, sont placés dans des vases séparés, comme dans la pile à tasses; mais, dans chacun des vases (fig. 554), la lame de cuivre C est repliée de

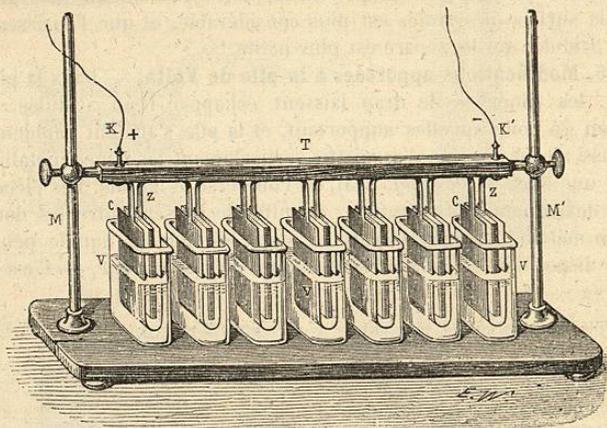


Fig. 554. — Pile de Wollaston.

manière à envelopper des deux côtés la lame de zinc Z, dont elle est séparée par l'eau acidulée. — Tout le système des lames métalliques est ordinairement fixé à une traverse de bois, mobile le long de deux montants M, M'; cette disposition permet d'enlever à la fois toutes ces lames, des vases qui contiennent l'eau acidulée.

La *pile de Münch* (fig. 555) se rapproche, par sa construction, de la pile de Wollaston : on a soudé deux à deux, par leurs bords, des lames

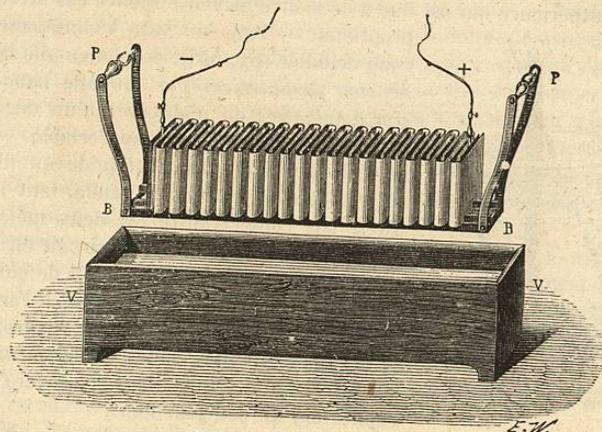


Fig. 555. — Pile de Münch.

de zinc et des lames de cuivre, de manière à en former des doubles lames, telles que cMz (fig. 556) : deux séries opposées de ces doubles lames M, M, M, et M', M', M', sont emboîtées l'une dans l'autre, comme l'indique la figure 556. La pile est terminée, d'un côté par un zinc libre Z, qui porte un fil de cuivre, constituant le pôle négatif; de l'autre par un cuivre libre C, qui constitue le pôle positif. — Toutes

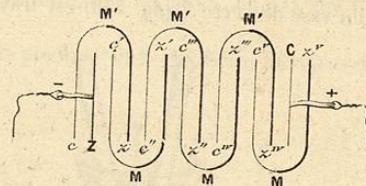


Fig. 556.

les lames sont assujetties (fig. 555) sur des traverses de bois B, B, supportées par des poignées P, P. Pour mettre la pile en activité, on plonge les couples dans une auge VV, contenant de l'eau acidulée. — Cette pile a l'avantage d'être peu volumineuse et d'un maniement facile.

757. Emploi du zinc amalgamé, pour la construction des piles. — Pour la construction des piles, le zinc chimiquement pur aurait, sur le zinc du commerce, l'avantage de n'être point attaqué par l'eau acidulée, tant que le circuit n'est pas fermé : on éviterait ainsi une usure inutile de ce métal. Mais le zinc pur est d'un prix trop élevé pour qu'on puisse l'employer : on a reconnu que le zinc du commerce, lorsqu'on a amalgamé sa surface en le frottant avec du mercure, se comporte, dans une pile, comme le zinc pur lui-même. Il ne se produit pas de dégagement sensible d'hydrogène tant que le circuit n'est pas fermé ;

en outre, quand le circuit est fermé, l'hydrogène se dégage *exclusivement sur le cuivre* de chacun des couples.

Une expérience qui est due à de la Rive met en évidence ces diverses propriétés. — Dans un vase V contenant de l'eau acidulée (fig. 537), on plonge une lame de zinc parfaitement pur, ou une lame de zinc amalgamé; on n'observe qu'un dégagement d'hydrogène à peine appréciable. — Si l'on plonge alors dans le liquide un fil de cuivre, l'action est encore nulle, tant qu'il n'y a pas contact entre les deux métaux; mais, si l'on vient à fermer le circuit en touchant la lame de zinc Z avec le fil de cuivre, comme le représente la figure 537, l'action chimique devient très intense, et l'hydrogène se dégage en petites bulles, *uniquement sur le cuivre*. Cette particularité trouvera son explication un peu plus loin.

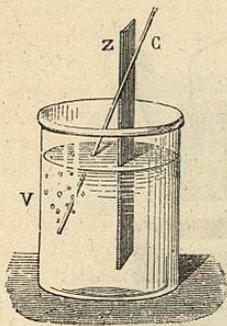


Fig. 537. — Expérience de M. de la Rive.

758. Décomposition de l'eau par un courant. — Peu de temps après l'invention de la pile de Volta, en 1800, Carlisle et Nicholson effectuèrent la décomposition chimique de l'eau par l'action d'un courant électrique. — Voici comment on répète cette expérience.

Un vase de verre V (fig. 538) est traversé, à sa partie inférieure, par deux fils de platine, isolés dans une couche de résine; on y verse de l'eau, à laquelle on ajoute un peu d'acide sulfurique pour la rendre plus conductrice, et l'on place, au-dessus des fils A et B, de petites éprouvettes pleines d'eau, C, D. Dès qu'on fait communiquer les pôles d'une pile avec les fils de platine, au moyen des bornes métalliques P et P', on voit se produire, à la surface des fils A et B, et seulement en ces points, une multitude de petites bulles gazeuses qui s'élèvent dans les éprouvettes: du côté du pôle négatif, il se dégage *uniquement de l'hydrogène*; du

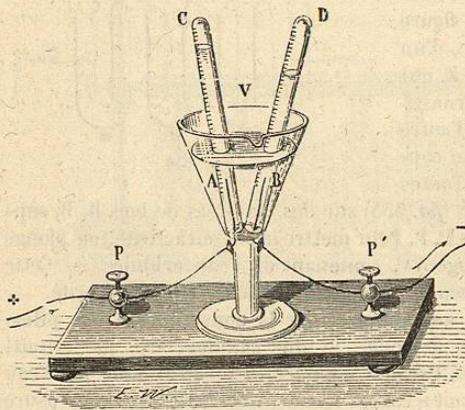


Fig. 538. — Voltamètre.

à la surface des fils A et B, et seulement en ces points, une multitude de petites bulles gazeuses qui s'élèvent dans les éprouvettes: du côté du pôle négatif, il se dégage *uniquement de l'hydrogène*; du

côté du pôle positif, *uniquement de l'oxygène*; le volume de l'hydrogène est double de celui de l'oxygène.

Cette expérience est une véritable analyse de l'eau. — Faraday, qui a spécialement étudié ce genre d'analyse, lui a donné le nom d'*électrolyse* (ἤλεκτρον, électricité; λυειν, décomposer). Il a nommé *électrodes* (ἤλεκτρον, électricité; ὁδός, passage) les surfaces des deux lames A et B, qui servent au passage du courant à travers l'eau, ou, en général, à travers le corps soumis à la décomposition: l'*électrode positive* est celle qui est reliée au pôle positif de la pile, l'*électrode négative* B correspond au pôle négatif. — Enfin la substance qui éprouve la décomposition a reçu le nom d'*électrolyte*.

Remarquons que, dans cette expérience, le résultat est le même que si l'hydrogène de l'eau était transporté dans le sens du courant. L'appareil peut donc servir à déterminer le *sens* d'un courant électrique. — Nous verrons (788) que la quantité de gaz dégagée dans un temps donné est proportionnelle à la quantité d'électricité qui traverse l'appareil pendant le même temps. De là, le nom de *voltamètre*, qui a été donné par Faraday à cet appareil.

759. Théorie de Grotthus. — Lorsqu'on décompose l'eau par un courant électrique, l'oxygène et l'hydrogène apparaissent, comme nous venons de le voir, *exclusivement à la surface des électrodes* A et B; dans l'intervalle des lames de platine, on n'aperçoit aucune trace de décomposition de l'eau. — Voici l'explication qui en a été donnée par Grotthus, en 1806.

Supposons que deux lames de platine P et N (fig. 539), plongées dans l'eau acidulée, soient en communication avec les deux pôles d'une pile. Admettons que, dans chaque molécule d'eau à l'état neutre, l'hydrogène soit chargé d'électricité *positive*, et l'oxygène d'une quantité égale d'électricité *négative*: l'hydrogène sera attiré par la lame N, tandis que l'oxygène sera attiré par la lame P; les molécules d'eau, placées entre les deux lames, s'orienteront donc comme l'indique la figure 539. — Si la force électromotrice de la pile est suffisamment grande, l'action exercée par la lame P, sur la molécule d'eau qui est en contact avec elle, met en liberté l'oxygène de la première molécule. Le départ de l'oxygène rend momentanément libre l'hydrogène de la première molécule; celui-ci, repoussé par la lame P,

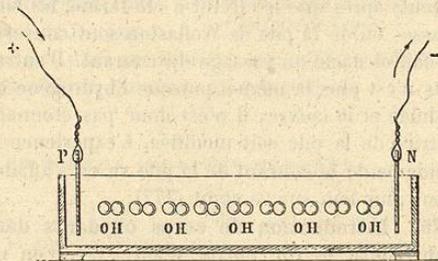


Fig. 539. — Théorie de Grotthus.