

qu'il imprime à l'aiguille aimantée. Plus l'aiguille sera écartée de sa direction nord-sud, plus le courant sera énergique.

381. Examinez l'intensité du courant de la pile remplie d'eau pure.

On remplira le bocal d'eau pure au lieu de l'eau acidulée employée dans l'Exercice précédent. L'intensité du courant est beaucoup moindre, car l'aiguille n'éprouve qu'une très faible déviation. — (L'eau ordinaire n'est jamais absolument pure.)

382. Observez comment varie l'intensité du courant lorsqu'on jette une cuillerée de sel de cuisine dans l'eau qui remplit le bocal dans l'Exercice précédent.

L'intensité du courant augmente, parce que l'eau salée attaque plus fortement le zinc que l'eau pure.

383. Entourez complètement de papier d'étain le zinc de la pile, remplissez le bocal d'eau faiblement acidulée, et examinez si la pile produit de l'électricité.

On tiendra la plaque de zinc bien sèche droite au milieu d'une feuille de papier d'étain, on redressera cette feuille autour du zinc, et on la liera avec un fil. Il faut en tout cas faire en sorte que, en plongeant le zinc dans le liquide, celui-ci ne touche que l'étain sans pouvoir pénétrer jusqu'au zinc. On remplira le bocal d'eau additionnée de quelques gouttes d'acide sulfurique. — Il se produit un courant qui dévie l'aiguille aimantée. Dans cet élément, la plaque soluble est l'étain. L'électricité positive sort de la pile par le charbon, l'électricité négative se porte de l'étain sur le zinc et de là dans le circuit.

384. Entourez complètement de papier d'étain la plaque de charbon, remplissez le bocal d'eau faiblement acidulée, et examinez si la pile produit un courant.

Quand le charbon enveloppé d'étain plonge dans le liquide, celui-ci ne doit toucher que l'étain sans pouvoir pénétrer jusqu'au charbon. — Dans cet élément sont en présence le zinc et l'étain. S'il y avait une plaque de charbon à la place du zinc, l'étain serait la plaque soluble, comme nous le savons par l'Exercice précédent. Mais le zinc et l'étain étant employés ensemble, on n'observera un courant que si l'un des deux métaux est plus

fortement attaqué par le liquide que l'autre: le métal le plus fortement attaqué jouera alors le rôle de plaque soluble. C'est de fait ce qui a lieu pour le zinc. — L'expérience montre qu'il se produit un courant.

Quand deux plaques de mêmes dimensions sont également attaquées par le liquide, les deux courants se neutralisent mutuellement. Tel serait le cas où les deux plaques, zinc et charbon, seraient enveloppées d'étain. Alors on n'observera aucun courant dans le circuit, seulement le liquide s'échauffera.

Si les deux plaques sont du même métal, le zinc par exemple, il ne peut se produire de courant que si les surfaces des plaques sont différentes. C'est alors la plaque dont la surface est la plus grande qui joue le rôle de plaque soluble ou négative.

385. Reliez les pôles de la pile par une ficelle, et examinez si celle-ci est traversée par un courant.

On ne trouve pas de trace de courant. Nous devons donc admettre que l'électricité voltaïque ne peut pas se propager dans la ficelle. Celle-ci est donc un mauvais conducteur pour l'électricité dynamique. Même en mouillant la ficelle, nous ne réussirons pas à dévier l'aiguille aimantée.

Pour examiner si le bois conduit bien ou mal l'électricité dynamique, il faut attacher à chaque pôle un fil de cuivre assez long dont le bout libre soit bien relié à l'un des bouts d'une baguette. Le bois est ainsi intercalé dans le circuit. Nous trouverons qu'il conduit mal l'électricité dynamique.

Nous savons, par l'expérience 380, que le cuivre est bon conducteur. Des essais très simples nous apprendront qu'il en est de même du fer et en général de tous les métaux. Tous sont bons conducteurs, quoique à des degrés différents.

386. Examinez si l'eau conduit bien l'électricité dynamique. (V. la fig.)

D'après une des expériences de l'Exercice précédent, l'eau semble être un mauvais conducteur. Si nous plongeons dans de l'eau les bouts libres des rhéophores, l'aiguille aimantée n'accusera dans le circuit le passage d'aucun courant. — Il n'en sera plus de même si nous relions bien intimement les bouts des fils avec deux feuilles de papier d'étain et que nous plongeons celles-ci

dans l'eau. On prendra par exemple des feuilles de 8^{cm} de long sur 5^{cm} de large. Alors nous constaterons dans le circuit le passage d'un courant. Celui-ci sera d'autant plus fort que les feuilles d'étain seront plus rapprochées l'une de l'autre.

On prendra d'abord de l'eau pure, puis on y mettra un peu de sel. On versera de même dans de l'eau pure quelques gouttes d'acide sulfurique.

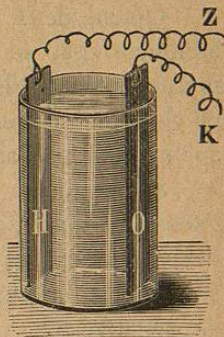
La conductibilité d'un corps dépend 1^o de sa composition chimique, 2^o de sa surface, 3^o de sa longueur. Un corps conduit d'autant mieux que sa section est plus grande et sa longueur moindre.

En comparant la conductibilité de l'eau pour les deux genres d'électricité, statique et dynamique, nous trouvons que l'eau est un bon conducteur pour la première et un conducteur à moitié bon pour la seconde. Tous les autres conducteurs donnent lieu à la même remarque. C'est pour cela qu'on se représente l'électricité statique comme ayant une grande *tension*, l'électricité dynamique comme ayant une faible tension. Grâce à sa forte tension, la première peut se propager dans des corps qui opposent à la seconde une résistance infranchissable.

387. Conservez la disposition de l'expérience précédente, laissez le circuit fermé quelque temps, et observez la surface des feuilles d'étain.

Il s'attache peu à peu aux feuilles d'étain des bulles de gaz. En examinant chimiquement ces gaz, on reconnaît qu'il se porte de l'hydrogène sur la feuille reliée au pôle négatif et de l'oxygène sur la feuille reliée au pôle positif. Le courant électrique a décomposé l'eau en ses éléments.

Des recherches chimiques plus approfondies montrent que la décomposition de l'eau n'est qu'une suite de la décomposition de l'acide sulfurique. Cet acide peut être considéré comme un composé de soufre et d'oxygène, uni à une certaine quantité d'eau. C'est cette eau que décompose le courant. Mais, à mesure qu'elle est décomposée, elle est remplacée par une égale quantité empruntée au liquide environnant; celui-ci finit ainsi par être entièrement décomposé. L'eau ordinaire contient toujours



386.

des traces d'acide sulfurique. La décomposition se fait plus facilement si l'on ajoute une certaine quantité de cet acide.

Au point de vue de la conductibilité pour l'électricité dynamique, il y a une différence essentielle entre les liquides et les solides. Tout liquide composé et pouvant conduire le courant subit, pendant le passage de ce dernier, une décomposition en deux parties dont chacune se porte vers l'un des pôles de la pile. Une semblable décomposition se nomme *électrolyse*.

Le mercure, étant un métal, conduit bien l'électricité, mais, étant un corps simple, il ne peut subir de décomposition. — Si au contraire le courant traverse une solution de sulfate de cuivre, il le décompose en cuivre chimiquement pur, oxygène libre et acide sulfurique. — D'après les expériences faites sur l'eau parfaitement pure, sur l'alcool et sur le pétrole, ces corps ne conduisent généralement pas l'électricité dynamique.

388. Laissez fermé pendant une heure le circuit de l'élément zinc — eau acidulée — charbon, et observez comment varie l'intensité du courant.

On remplira le bocal d'eau et d'acide sulfurique, comme au n^o 380; on réunira les deux pôles par un fil de cuivre. Au commencement, l'aiguille aimantée éprouve une forte déviation; au bout d'une heure, la déviation est presque nulle. — Pourquoi la production d'électricité s'est-elle ainsi affaiblie?

Nous savons, par les explications précédentes, que de l'endroit où le liquide attaque le zinc il s'écoule de l'électricité positive vers le charbon; il s'écoule inversement de l'électricité négative du charbon vers le zinc. Le liquide est donc traversé par un courant, et, par suite, il doit être décomposé (Exercice 387): l'hydrogène se dégage, à la surface du charbon, sous forme de petites bulles de gaz. — Or, cet hydrogène et le liquide forment un nouvel élément dans lequel l'hydrogène joue le rôle de corps soluble ou négatif. Il se produit ainsi dans notre pile principale un second courant de direction contraire à celle du premier et agissant en sens opposé: ces deux courants finissent par se neutraliser mutuellement.

Nous pouvons continuer l'Exercice 387 en détachant des pôles de la pile les fils reliés aux feuilles d'étain et en les réunissant l'un à l'autre. Nous obtenons ainsi une nouvelle pile dans laquelle le pôle positif est la feuille recouverte d'hydrogène.

Le courant ainsi produit est donc de direction contraire à celle du courant primitif. Une pile de ce genre s'appelle *pile secondaire* ou *accumulateur*.

On dit que le charbon recouvert d'hydrogène est *polarisé* ou que la pile elle-même est polarisée; le courant qui prend alors naissance est un *courant de polarisation*. Pour empêcher ce courant de se produire, il faut entourer le charbon d'un corps riche en oxygène, pour que ce gaz puisse se combiner, en formant de l'eau, avec l'hydrogène qui afflue vers le charbon. C'est ce qu'on peut réaliser assez simplement en plaçant le charbon dans un vase poreux rempli d'acide nitrique (eau-forte) et plongeant ce vase poreux dans l'eau acidulée de la pile. L'hydrogène que dégage l'acide sulfurique traverse le vase poreux et emprunte à l'acide nitrique l'oxygène nécessaire pour s'y combiner et former de l'eau. Ainsi la surface du charbon reste libre, la pile ne s'affaiblit pas. — La pile qui vient d'être décrite est la pile de Bunsen. On appelle en général *pile constante* une pile disposée de manière à prévenir la polarisation.

Cet Exercice 388 nous mène à une remarque importante. On ne doit fermer le circuit qu'aussi longtemps que l'exige l'expérience; en dehors de cela, il doit rester ouvert, et il faut, autant que possible, retirer alors le zinc hors du liquide acidulé.

389. Fixez aux deux pôles de la pile deux fils de laiton bien proprement décapés, plongez les bouts libres de ces deux fils dans une solution de sulfate de cuivre, et observez leur surface.

Pour bien assurer le contact, on tournera plusieurs fois les rhéophores autour des fils de laiton, en ayant soin qu'ils se touchent par des surfaces métalliques bien nettes. On peut aussi fixer directement aux bornes les deux fils de laiton. Pour préparer la solution de sulfate de cuivre, on achètera chez un droguiste pour 15 à 20 centimes de ce sel (vitriol bleu), on en mettra quelques cristaux dans un verre, et l'on versera de l'eau dessus. On mêlera de temps en temps jusqu'à ce que le liquide ait pris une belle teinte bleu-foncé: la solution est alors propre à l'usage que nous voulons en faire. — On observe que le fil relié au zinc se trouve, au bout de quelques minutes, recouvert de cuivre rouge: il est *cuivré* par le courant.

En effet, le courant, traversant la solution de sulfate, la décompose. Le sulfate de cuivre est un corps composé de la même manière que l'acide sulfurique, avec cette différence qu'il contient du cuivre à la place de l'hydrogène de l'acide. Or, quand l'acide est décomposé, l'hydrogène se rend au pôle négatif, c'est-à-dire sur le zinc; de même, quand le sulfate est décomposé, le cuivre, qui a remplacé l'hydrogène, se porte, comme lui, au pôle négatif.

Cette expérience nous représente le procédé connu sous le nom de *galvanoplastie*. Grâce à ce procédé, des objets d'une matière peu coûteuse peuvent être aisément recouverts d'une couche d'un métal plus précieux ou plus durable, tel que l'or, l'argent ou le nickel.

390. Montez une pile au bichromate de potasse, reliez le bout de l'un des rhéophores à une lime, en une place où le métal soit bien propre et bien net, promenez sur les dents de la lime le bout de l'autre rhéophore, et observez les étincelles qui se produisent.

On remplit la pile d'une solution de bichromate de potasse dans l'acide sulfurique. Cette solution attaque très vivement le zinc et détermine ainsi une abondante production d'électricité. Pour préparer cette solution on achètera chez un droguiste un peu de ce sel, on le fera dissoudre dans dix fois son poids d'eau en mêlant pour faciliter la dissolution, et l'on y ajoutera peu à peu l'acide sulfurique, environ $\frac{1}{8}$ en volume de l'eau employée.

L'opération doit se faire avec précaution, dans un vase de grès ou de verre; l'émail de la faïence serait rongé par le liquide. Pour remplir une fois la pile, il suffit de 30 à 40 grammes de bichromate, mais il vaut mieux préparer d'avance une certaine quantité du liquide. On peut prendre, par exemple:

- bichromate de potasse 140 grammes,
- eau un litre,
- acide sulfurique . . . 190 grammes ou 110 centimètres cubes.

On versera l'acide sulfurique très lentement en mince filet, en mêlant constamment avec la baguette de verre. Le liquide s'échauffe considérablement, on le laissera bien refroidir avant d'y plonger le zinc, et, surtout ici, on n'y laissera le zinc que le temps strictement nécessaire. On évitera encore plus

soigneusement les taches que peut faire ce liquide, car on ne peut les faire disparaître.

Les étincelles qui se produisent lorsqu'on frotte le fil contre la lime sont des parcelles de fer devenues incandescentes. Elles ne se produisent qu'au moment où le courant est interrompu, c'est-à-dire où le fil se sépare d'une dent de la lime. C'est pourquoi on les appelle *étincelles d'ouverture* ou *de rupture*.

L'arc électrique, qui sert à éclairer les places publiques ou d'autres vastes locaux, est une étincelle du même genre mais prolongée. Lorsqu'on réunit à deux morceaux de charbon de cornue les rhéophores venant d'une puissante source d'électricité et qu'on approche ces charbons jusqu'au contact, les pointes qui se touchent deviennent vivement incandescentes. Si alors on éloigne un peu les charbons l'un de l'autre, il se produit des étincelles de rupture: des parcelles de charbon incandescent se transportent du charbon relié au pôle positif sur l'autre charbon relié au pôle négatif. Ces parcelles se succèdent si rapidement qu'elles peuvent encore conduire le courant. Le passage de celui-ci est d'ailleurs facilité par la chaleur même qui se produit entre les charbons et qui est énorme. Le courant électrique continu entretient également ce transport de particules incandescentes, ce qui produit un arc lumineux persistant. Pour que l'arc s'allume, il faut toujours que les charbons soient en contact; pour que l'arc persiste, il faut que les charbons soient écartés l'un de l'autre, mais pas au delà d'une certaine distance. Moins cette distance varie, plus l'intensité de l'arc lumineux est constante. Comme les charbons se raccourcissent par la combustion successive des parcelles qui s'en détachent, il faut un mécanisme particulier pour les maintenir à la distance voulue. C'est ce qu'on nomme un *régulateur à arc voltaïque*.

391. Étendez sur une plaque de verre une bande aussi étroite que possible de papier d'étain; sur chacun des bouts de cette bande appliquez l'extrémité de l'un des rhéophores de la pile au bichromate, et observez l'effet produit.

La bande d'étain est intercalée dans le circuit et, par suite, traversée par le courant. Mais, étant très mince et très étroite, elle oppose au passage du courant une grande résistance. Il en résulte qu'à cette place, une grande partie de l'électricité se transforme en chaleur: l'étain s'échauffe et fond.

392. Intercalez dans le circuit de la pile au bichromate un fil de fer très fin, et observez l'effet produit.

Le fil de fer rougit. — L'élément doit être fraîchement chargé, car cette expérience demande un courant très intense. On pourrait au besoin ajouter au liquide quelques gouttes d'acide sulfurique. Si l'on ne trouvait pas de fil de fer assez fin, on laisserait quelque temps le fil dans l'acide qui le rongerait et l'amincirait à volonté.

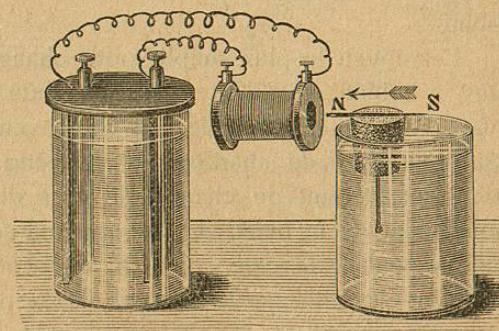
Le phénomène que nous venons d'observer trouve son application dans les *lampes à incandescence*. Dans ces lampes se trouve, au lieu du fil de fer, un mince filament d'un charbon particulier qu'on intercale dans le circuit. A l'air libre, ce charbon serait promptement brûlé ou brisé, car il est très fragile. C'est pourquoi on l'enferme dans une ampoule de verre dans laquelle on fait le vide.

Electro-magnétisme.

393. Reliez la bobine avec la pile, approchez-la de l'aiguille aimantée placée sur son pivot, et observez l'action magnétique de la bobine parcourue par le courant.

La bobine agit comme un aimant. Si l'une de ses extrémités attire le pôle nord de l'aiguille, cette extrémité repoussera le pôle sud lequel sera attiré par l'autre extrémité.

394. Faites passer le courant dans la bobine; approchez celle-ci d'une aiguille aimantée flottant sur l'eau de telle sorte que l'aiguille soit attirée, et observez comment l'aiguille est attirée à l'intérieur de la bobine. (V. la fig.)



394.

L'aiguille ne s'arrêterait que si son milieu parvenait au milieu de la bobine. — Comme aiguille flottante, on prendra

une aiguille à coudre, aimantée de la manière indiquée au n° 359; on la fixera avec un peu de cire molle sur un bouchon de liège qu'on lestera en y enfonçant un clou à la partie inférieure pour l'empêcher de chavirer.

395. Répétez les deux expériences précédentes en remplaçant les aiguilles aimantées par un morceau de fer doux flottant sur un bouchon.

Le fer est attiré également par les deux extrémités de la bobine. Il finit par pénétrer à l'intérieur de la bobine, si cela est possible. Il s'est donc aimanté par influence en présence de la bobine traversée par le courant.

396. Répétez l'expérience précédente en plaçant dans la bobine le noyau de fer doux.

La bobine attirera notablement plus fort le fil de fer. Le noyau s'aimante, comme l'a déjà montré l'Exercice précédent.

397. Examinez si la position des pôles d'un barreau de fer aimanté par le courant dépend de la direction de celui-ci.

On placera le noyau de fer doux dans la bobine, on intercalera celle-ci dans le circuit et l'on approchera de l'aiguille aimantée le barreau qui s'est aimanté. — On verra que les pôles s'invertissent quand on renverse le sens du courant dans la bobine.

Le moyen le plus simple pour changer le sens du courant dans la bobine, c'est d'invertir les bouts des rhéophores. Ainsi, à la borne où était fixé le rhéophore venant du zinc on fixera celui qui vient du charbon et vice-versa. Il existe des dispositions permettant de changer le sens du courant par un seul mouvement de la main. Un tel appareil se nomme *commutateur*. Chacun peut rechercher comment on peut produire cet effet.

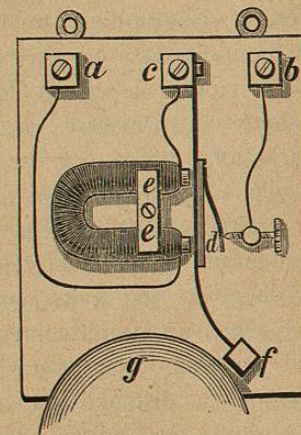
Nous savons que le courant de la pile va du charbon au zinc. En examinant de près comment est enroulé le fil de la bobine, nous trouverons que, lorsque le pôle sud du barreau se trouve du côté de l'observateur, celui-ci voit toujours le courant circuler autour de ce pôle dans le sens des aiguilles d'une montre (V. la fig. 399). L'autre bout du barreau est le pôle nord.

398. Intercalez dans le circuit de la pile au bichromate la bobine avec son noyau de fer doux, faites porter par ce noyau un morceau de fer, et observez comment l'aimantation cesse dès que l'on interrompt le courant.

Le fer doux ne reste aimanté que pendant le temps où le courant circule autour de lui. L'acier resterait aimanté après le passage du courant, comme on peut aisément s'en convaincre en plaçant à l'intérieur de la bobine une aiguille à coudre ou un morceau d'aiguille à tricoter. (V. les Exercices 367 et 374.)

Un barreau de fer aimanté par un courant se nomme *électro-aimant*. L'électro-magnétisme a des applications dans presque tous les appareils électriques. Nous décrivons d'abord la sonnerie électrique dont la figure indique la disposition.

Les points *a* et *b* reçoivent les rhéophores venant d'une pile. Supposons le pôle positif relié au point *a*. Le courant passe de *a* dans l'électro-aimant *ee* et retourne à la pile par *c, d* et *b*. Le noyau de l'électro-aimant s'aimante et attire le morceau de fer doux, nommé *armature*, qui se trouve devant ses pôles. Mais cette attraction de l'armature interrompt le courant, car le ressort *d* porté par l'armature ne presse plus sur la pointe de la vis reliée au point *b*. Le courant étant interrompu, le noyau de fer se désai-



398.

Le fer se désaimante et ne peut plus retenir l'armature. Celle-ci fait ressort et revient à sa première position, le ressort *d* appuie alors de nouveau sur la pointe de la vis et ferme le circuit — et ainsi de suite. Chaque fois que l'armature est attirée, le battant *f* frappe sur le timbre *g*. Pour que la sonnerie ne fonctionne pas constamment, le fil qui la relie à l'un des pôles de la pile est interrompu à l'endroit d'où l'on veut pouvoir sonner: on y place un *bouton d'appel* qui permet, par une simple pression, de mettre en contact les deux bouts du fil interrompu.

On remarquera la forme en fer à cheval de l'électro-aimant. Le fil est enroulé autour du noyau de telle manière qu'il se forme un pôle nord au bout de l'une des branches et un pôle