

rieurement d'une couche de charbon, pôle positif, qui communique par un fil traversant la paroi avec une borne placée sur la surface latérale. Le zinc est un bâton cylindrique dont la hauteur est la moitié de celle de l'étui et qui, placé au centre, est fixé à la base supérieure par un fil métallique qui, traversant cette base, aboutit à une borne qui sera le pôle. — Enfin, on a mis dans le cylindre, avant de le fermer, de l'eau en quantité suffisante pour le remplir à moitié et l'on y a versé 3 à 4 grammes de sulfate mercurique. Lorsque le liquide est placé verticalement, la borne — à la partie supérieure, le liquide ne touche pas les conducteurs, le circuit n'est pas fermé, il n'y a pas de courant. Mais le circuit se ferme et le courant se produit si on amène le cylindre à l'horizontalité ou mieux si on le retourne complètement : il suffit de le ramener à la première position pour arrêter tout courant.

949. — Examinons maintenant les éléments à dépolarisant solide.

Pile au chlorure d'argent. La pile au chlorure d'argent comprend une lame de zinc (fig. 452) et un fil d'argent plongés dans de l'eau contenant en dissolution du chlorure de sodium ou du chlorure d'ammonium; de plus, le fil d'argent est entouré d'une couche de chlorure d'argent : les équations suivantes montrent ce qui se passe, d'abord dans la réaction principale, puis dans la réaction secondaire.

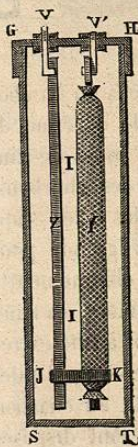
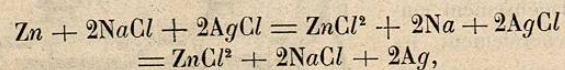


Fig. 452.

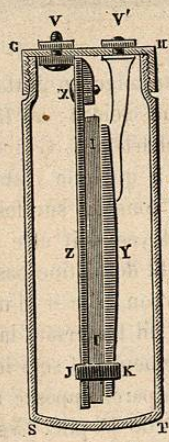


Fig. 453.

de telle sorte que, finalement, on peut résumer la réaction en disant que le zinc (Zn) s'est substitué à une quantité équivalente d'argent (Ag⁺).

Cette pile a une FEM de 1,03 volt. Elle est bonne pour des expériences demandant une grande régularité du courant.

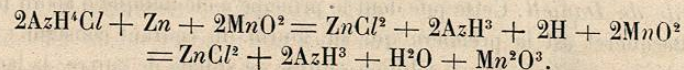
Comme il n'y a pas de dégagement de gaz dans cette pile, M. Gaiffe a pu la disposer dans un cylindre en ébonite fermé hermétiquement (fig. 452). Dans un autre modèle, il a supprimé le liquide libre en plaçant entre le zinc Z et

le chlorure d'argent Y des feuilles de papier buvard I, I imbibées d'une solution du chlorure. Le cylindre étant clos, le liquide ne s'évapore que très lentement; si d'ailleurs le papier vient à sécher, il suffit de l'humecter pour que la pile fonctionne à nouveau (fig. 453).

Pile Leclanché. Dans ces piles, le zinc est sous forme d'un cylindre

de petit diamètre plongeant dans une dissolution de chlorure d'ammonium : le dépolarisant est du bioxyde de manganèse.

On a exprimé les actions chimiques principale et secondaire qui se passent dans cette pile par les équations suivantes :



Mais ces équations ne représentent vraisemblablement pas toutes les réactions.

Dans les premiers modèles (fig. 454), le bioxyde de manganèse concassé en gros grains était placé dans un vase poreux et entourait complètement un prisme de charbon qui servait de pôle positif. Une disposition plus récente, imaginée par M. Barbier, ne comporte plus de vase poreux, ce qui diminue la résistance; le bioxyde de manganèse mélangé avec du charbon constitue un aggloméré solide dont on dispose deux plaques autour du charbon : un morceau de bois sépare le zinc de ces plaques et le tout est maintenu en place par des anneaux de caoutchouc; on a ainsi un bloc solide qu'on déplace aisément s'il est nécessaire (fig. 455).

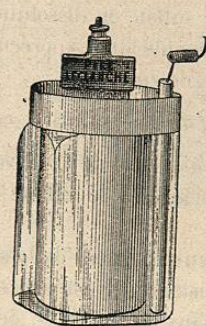


Fig. 454.

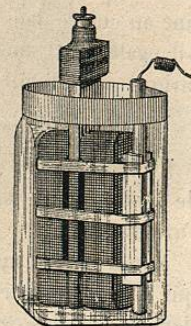


Fig. 455.

La FEM de la pile Leclanché est de 1,48 volt.

La résistance du modèle ordinaire à vase poreux est de 6 ohms environ; celle du modèle à aggloméré diffère peu de 1,5 ohm.

La dépolarisation dans ces piles n'est pas complète quand on leur demande un trop grand débit : elles conviennent, au contraire, très bien pour un service intermittent.

950. — Les piles à dépolarisant liquide présentent, en général, toutes la même disposition : l'action principale réside dans l'attaque du zinc Z (fig. 456) par l'eau acidulée d'acide sulfurique, qui quelquefois cependant est remplacé par une autre substance; le liquide dépolarisant, dont la nature varie, est renfermé dans un cylindre en porcelaine poreuse P plongé dans

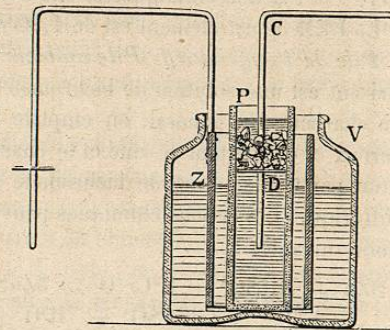


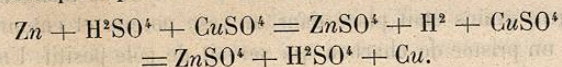
Fig. 456.

le liquide actif; le corps qui est le pôle positif et dont la nature varie aussi avec l'élément considéré est plongé dans le liquide dépolarisant.

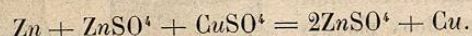
Nous allons passer rapidement en revue les principaux couples à dépolarisant liquide.

Pile de Daniell. Cette pile dont le principe a été indiqué d'abord par C. Becquerel est la première qui ait fourni un courant constant : le liquide dépolarisant est une solution saturée de sulfate de cuivre; la lame qui sert de pôle + est une lame de cuivre C (fig. 456).

Les équations suivantes rendent compte au point de vue chimique de la réaction principale et de l'action secondaire :



On voit que, finalement, l'action chimique revient à une substitution du zinc au cuivre dans le sulfate en dissolution. Aussi, l'élément fonctionne-t-il également, sans modification appréciable, en remplaçant l'acide sulfurique par du sulfate de zinc.



La FEM de cet élément est de 1,08 volt; elle est presque exactement de 1 volt quand on remplace le sulfate de cuivre en dissolution par de l'azotate de cuivre.

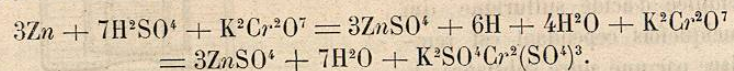
Afin d'éviter l'appauvrissement de la solution du sulfate de cuivre, ce qui augmente la résistance, il est nécessaire de mettre dans le liquide dépolarisant des cristaux de ce sel, D, de manière qu'ils puissent se dissoudre et maintenir la saturation.

La résistance d'un élément Daniell est très variable suivant sa forme et sa dimension.

Pile de Marié-Davy. Dans cette pile, le dépolarisant est le sulfate mercurieux; le pôle positif est constitué par un prisme de charbon aggloméré : la réaction chimique est entièrement analogue à la précédente.

La FEM de cet élément est de 1,20 volt.

Pile de Poggendorff. Pile au bichromate. Dans cet élément le dépolarisant est une solution de bichromate de potassium; le pôle positif est un charbon. En général, on emploie cette pile en supprimant le vase poreux et en mettant le zinc et le charbon dans un même liquide constitué par une solution de bichromate de potassium contenant de l'acide sulfurique. Les actions chimiques peuvent être représentées par les équations suivantes :



L'alun de chrome qui se forme communique rapidement une coloration violet foncé à la liqueur.

La FEM de cet élément atteint 1,8 volt et peut dépasser cette valeur. On peut l'augmenter par l'addition de diverses substances dans le liquide, telles que de l'acide chlorhydrique; mais la pile s'épuise plus rapidement.

La dépolarisation n'est pas complète quand le débit est considérable : on évite cet inconvénient, d'une part, en augmentant la surface des charbons, d'autre part en sortant le zinc du liquide dès que la pile doit cesser de fonctionner. A cet effet, la pile (fig. 457) a la forme d'un ballon surmonté d'un large col et le liquide emplit seulement le ballon; le zinc est monté sur une tige cylindrique qui passe à travers une ouverture pratiquée dans le couvercle, et une vis de pression C permet de le fixer à une hauteur quelconque, de telle sorte que la lame de zinc peut à volonté être plongée tout entière dans le liquide ou être amenée au-dessus de son niveau.

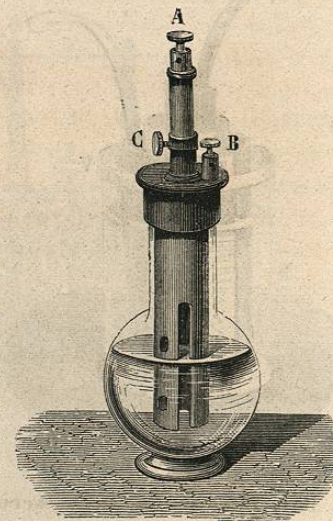


Fig. 457.

La pile au bichromate de potasse est souvent employée pour amener l'incandescence du platine dans le galvano-cautère.

Bien que les modèles diffèrent suivant le constructeur, la disposition générale est toujours la même. Dans une monture sont placées parallèlement des lames de zinc et des plaques de charbon alternant, les unes et les autres ayant une grande surface; ces lames peuvent être groupées diversement, mais généralement elles sont divisées en deux groupes dans chacun desquels elles sont groupées parallèlement et les deux groupes sont à leur tour réunis en série. Les pôles de la pile ainsi formée sont reliés au galvano-cautère.

L'ensemble de toutes ces plaques est alors introduit dans une auge contenant le liquide excitateur, et aussitôt le courant passe; nous n'insistons pas sur les dispositions matérielles qui permettent le facile déplacement.

Il est nécessaire de pouvoir régler le courant, de manière à maintenir, à chaque instant, l'incandescence au degré convenable. On y arrive quelquefois à l'aide de résistances plus ou moins considérables que l'on introduit dans le circuit extérieur; souvent on obtient le réglage en enfonceant plus ou moins les plaques dans le liquide : on ne modifie pas la force électromotrice (946), mais on change la résistance intérieure de la pile dont dépend également l'intensité du courant, et ce changement a une influence d'autant plus notable que la résistance extérieure n'est pas très grande, étant constituée seulement par des fils métalliques.

Pile Bunsen (fig. 458). Le pôle positif est toujours un charbon C, mais le liquide dépolarisant est de l'acide azotique. L'hydrogène dégagé par l'action de l'acide sulfurique sur le zinc réduit l'acide azotique et donne un mélange de composés moins oxygénés dans des proportions non définies, mélange constituant ce qu'on appelle des vapeurs nitreuses. Ces vapeurs acides ont l'inconvénient d'attaquer aisément les métaux, de provoquer la toux et même de produire des accidents plus fâcheux si on les respire pendant longtemps. Aussi, malgré la valeur de la FEM qui est de 1,8 volt et malgré la constance des courants produits, l'emploi des éléments Bunsen doit-il être rejeté, à moins qu'ils ne puissent être placés en plein air ou dans une pièce très largement ventilée.

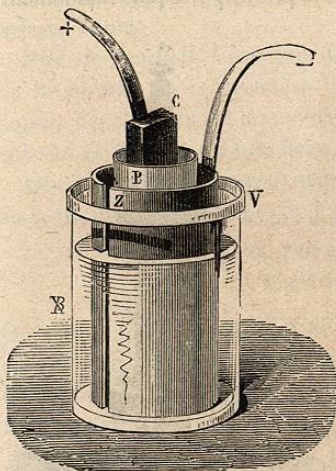


Fig. 458.

951. **Piles secondaires. Accumulateurs.** — On désigne sous le nom de piles secondaires des appareils qui sont normalement à l'état d'équilibre chimique, mais qui, lorsqu'on les a fait sortir de cet état par l'action d'un courant, se comportent comme des couples hydro-électriques. Bien que leur mode d'action repose sur un phénomène connu depuis longtemps, ils n'ont été construits sous une forme pratique qu'à une époque relativement récente (1868), par M. Gaston Planté.

Un élément secondaire (fig. 459) consiste essentiellement en deux lames de plomb C, C' de grande surface, isolées l'une de l'autre et maintenues à une petite distance, et placées dans un vase contenant de l'eau acidulée d'acide sulfurique. Par une série d'opérations préliminaires, consistant à faire passer un courant un grand nombre de fois alternativement dans un sens et dans l'autre, le plomb des plaques a été amené à un état moléculaire spécial, un état spongieux.

Par sa constitution symétrique, un élément de ce genre est nécessairement inerte par lui-même, et pour fonctionner il doit être chargé : à cet effet, on le fait traverser par un courant susceptible de produire l'électrolyse du liquide. La lame de plomb qui a servi d'électrode négative se recouvre d'hydrogène qui se condense sur la surface poreuse; l'autre lame sur laquelle se porte le radical SO_4 de l'acide se recouvre de sulfate de plomb. Si on supprime l'action du courant en maintenant séparées les électrodes, rien ne se produit; mais si on réunit par un conducteur les bornes A, A' qui communiquent aux deux lames de plomb, il y a réaction de l'hydrogène sur le sel formé, destruction pro-

gressive de ce sel et formation d'acide sulfurique et, en même temps, production d'un courant pour lequel, l'hydrogène étant le métal attaqué, la lame sur laquelle ce gaz est condensé est le pôle —.

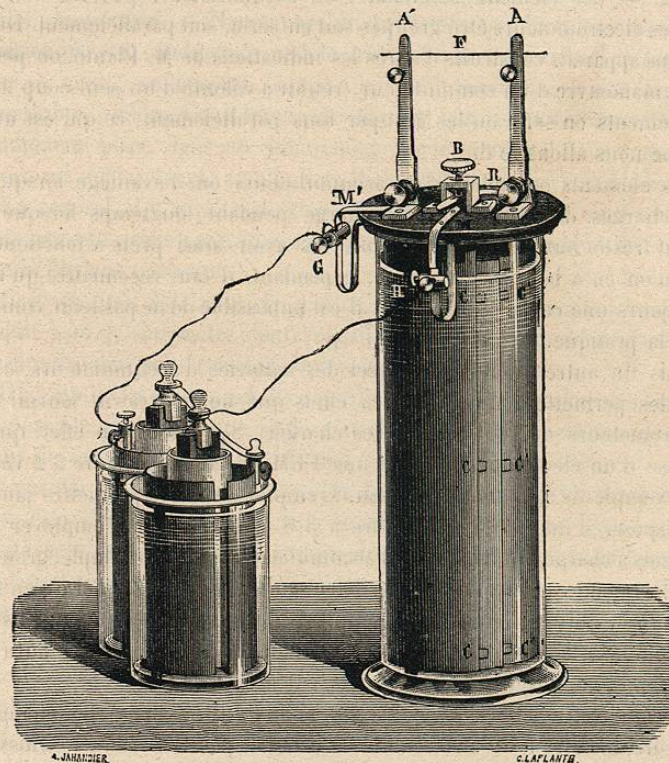


Fig. 459.

Le courant cesse naturellement lorsque le sulfate de plomb a été réduit entièrement.

Un élément secondaire a une FEM de 2 volts environ.

Dans l'industrie, on emploie des dispositions un peu différentes, notamment en recouvrant à l'avance l'une des lames de plomb d'une couche d'oxyde de ce métal. Nous n'avons pas à entrer dans la description détaillée de ces appareils auxquels on donne alors le nom d'*accumulateurs*.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que ces appareils n'accumulent pas l'électricité à proprement parler, comme le font en réalité les condensateurs, mais qu'ils accumulent sous forme d'affinité chimique l'énergie que leur a fournie le courant qui les a traversés. Pendant la décharge, l'énergie potentielle conservée sous forme chimique reparait sous la forme

électrique; il va sans dire, d'ailleurs, que, comme dans tous les cas analogues, ces transformations ne se font pas sans perte, et qu'on ne recueille pas à la décharge toute l'énergie communiquée pendant la charge.

952. — Les éléments secondaires ou accumulateurs peuvent comme tous les électromoteurs être groupés soit en série, soit parallèlement. Dans certains appareils construits d'après les indications de M. Planté, on peut, par la manœuvre d'un commutateur, réunir à volonté d'un seul coup tous les éléments en série ou les grouper tous parallèlement, ce qui est utile comme nous allons le dire.

Les éléments secondaires ou accumulateurs ont l'avantage lorsqu'ils sont chargés de conserver leur charge pendant longtemps lorsque le circuit reste ouvert : on peut donc les avoir ainsi prêts à fonctionner lorsqu'on en a besoin. En réalité, cependant, il faut reconnaître qu'il y a toujours une certaine perte dont il est impossible de ne pas tenir compte dans la pratique.

Mais un autre avantage très réel des batteries d'accumulateurs, c'est qu'elles permettent d'obtenir des effets que ne pourraient fournir les électromoteurs qui ont servi à les charger. Supposons, en effet, qu'on dispose d'un électromoteur ayant une FEM un peu supérieure à 2 volts, par exemple de 2 éléments Bunsen. L'emploi direct ne permettra jamais de disposer d'une FEM supérieure à 3,6 volts. On peut employer ces éléments à charger une batterie d'accumulateurs, 20 par exemple, groupés parallèlement, car leur électrolyse exige seulement 2 volts, quel qu'en soit le nombre, puisque le courant les traverse tous en même temps : l'usure du zinc dans la pile sera seulement d'autant plus grande qu'il y aura un plus grand nombre d'accumulateurs.

Lorsque cette batterie sera chargée, si on l'utilise sans y rien changer, elle correspondra à 20 électromoteurs groupés parallèlement, fournissant par suite une FEM de 2 volts. Mais si on vient à grouper ces accumulateurs en série, ce que permet de faire immédiatement le commutateur dont nous avons parlé, on disposera alors d'une FEM de 40 volts et l'on pourra obtenir des effets que n'auraient pas pu donner les deux éléments Bunsen que l'on possédait. Bien entendu, on n'aura pas augmenté l'énergie que ces éléments auraient fournie, et même, en réalité, on en recueillera une moindre quantité; mais cette énergie dépend de deux facteurs, la différence de potentiel et la quantité d'électricité; avec les éléments Bunsen on avait une grande quantité et une faible différence de potentiel; les accumulateurs groupés en série donnent au contraire une moindre quantité, mais avec une plus grande différence de potentiel.

Les accumulateurs commencent à être employés dans l'industrie et nous aurons ultérieurement à donner quelques rapides indications à ce sujet. Mais de plus, à cause de la propriété que nous venons de signaler, ils peuvent rendre de réels services dans les laboratoires; ils peuvent être

utilisés pour obtenir de la lumière électrique pour des observations de peu de durée, des observations microscopiques, l'examen de diverses cavités chez des malades; ils peuvent également être utilisés pour faire fonctionner le galvanocautère.

953. **Induction.** — Nous avons dit que lorsqu'on place dans un champ magnétique un conducteur mobile traversé par un courant, ce conducteur se meut, en général, jusqu'à ce qu'il parvienne à une position d'équilibre stable. Considérons maintenant un circuit formé d'un fil conducteur placé dans un champ magnétique et auquel nous communiquons un déplacement; quelle sera la conséquence de ce déplacement?

En général, il y aura production d'un courant dans le circuit : ce que nous pouvons encore exprimer en disant que ce déplacement fait naître une FEM dans le circuit.

C'est ce qu'il est facile de mettre en évidence en reliant le circuit mobile à un galvanomètre dont l'aiguille est déviée lors du déplacement du circuit, sauf pour certains déplacements particuliers.

On a étudié les effets produits dans diverses circonstances et on a vu qu'il est possible de donner une règle générale qui s'applique à tous les cas. Nous devons entrer à cet égard dans quelques détails.

Considérons un champ magnétique défini par des lignes de force (814) : lorsqu'un circuit sera placé dans ce champ magnétique, l'espace qu'il limite sera traversé par un certain nombre de ces lignes de force. En déplaçant le circuit, deux cas distincts peuvent se présenter au point de vue de ce nombre :

1° Par le déplacement du circuit, le nombre des lignes de force qui le traversent ne sera pas modifié. Dans ce cas, on n'observera aucun courant, il n'y aura pas production d'une force électromotrice.

2° Par suite du déplacement, il y aura variation du nombre des lignes de force qui traversent le circuit; dans ce cas, on observera un courant, il y aura production d'une force électromotrice.

Dans ce cas, on a même pu reconnaître que le courant qui prend naissance dans le circuit change de sens suivant qu'il y a augmentation ou diminution dans le nombre des lignes de force qui traversent le circuit.

Ces diverses circonstances peuvent être prévues à l'avance si le champ magnétique dans lequel on opère a été bien déterminé, si l'on connaît la disposition de ces lignes de force. Pour que la question soit complètement résolue, il reste à savoir quel sera le sens du courant dans chaque cas. Ce sens est déterminé par la loi suivante, connue sous le nom de *loi de Lenz* et basée sur la connaissance du mouvement que prendrait spontanément le circuit s'il était parcouru par un courant de sens déterminé.

Le courant qui prend naissance dans un circuit se déplaçant dans un champ magnétique est de sens contraire à celui qui produirait le même mouvement du circuit s'il y existait au préalable.

Ceci revient à dire que le courant qui prend naissance dans le circuit est tel qu'il s'oppose au mouvement communiqué au circuit. Il en résulte que, pour continuer le mouvement, il y a à vaincre cette force et, par conséquent à produire un travail mécanique. On peut donc dire dans ce cas que le courant ainsi produit est la conséquence de la dépense de travail mécanique, que c'est ce travail qui est la cause de la production du courant.

Les courants qui prennent naissance dans ces conditions sont dits des *courants induits* et l'action même est désignée sous le nom d'*induction* : elle a été découverte et étudiée d'abord par Faraday. La force électromotrice à laquelle on attribue directement la production du courant est dite FEM d'induction.

Cette dernière dénomination est logique ; il n'en est pas de même de celle de courants induits : les courants observés ne diffèrent en rien, au fond, des autres courants électriques : toutes choses égales d'ailleurs, ils produisent les mêmes effets et obéissent aux mêmes lois ; les particularités qu'ils peuvent présenter, les variations d'intensité ont pour cause les changements de la FEM qui produisent les mêmes résultats qu'ils produiraient quelle que fût l'origine de la FEM. En réalité, on peut dire qu'il n'y a pas spécialement de courants induits, il y a des courants électriques produits par induction.

954. — On reconnaît, comme on pouvait le prévoir, que pour un même circuit, le courant est d'autant plus intense que le champ magnétique est plus puissant, et, d'autre part, que la variation du nombre de lignes de force traversant le circuit est plus rapide. Ceci revient à dire que, dans ces mêmes conditions, la FEM est plus grande.

Il importe de remarquer que, comme il ne peut arriver que très rarement que la variation du nombre des lignes de force traversant le circuit soit uniforme, la FEM variera constamment et qu'il en sera de même de l'intensité du courant qui n'arrivera jamais à l'état permanent (854).

On conçoit que si on fait mouvoir ensemble deux ou plusieurs circuits égaux, il se développera dans chacun d'eux la même FEM : ils seront alors dans le cas des électromoteurs en général (avec cette différence que la FEM y est variable, non constante) et on conçoit qu'on puisse les grouper suivant les indications que nous avons données (865). Généralement on les groupe en séries, ce qui revient à prendre une série de spires d'hélices dont chacune constitue un circuit relié à ses extrémités aux deux circuits voisins ; on a alors une bobine pour laquelle, à chaque instant, on peut appliquer ce que nous avons dit sur le groupement des électromoteurs : à chaque instant, la FEM est la somme des FEM qui existent au même instant dans les diverses spires ; la résistance qui doit entrer dans la formule comprend la résistance de cette bobine et la résistance extérieure, celle de la partie du conducteur qui étant immobile ne subit pas l'effet d'induction.

Comme on peut employer des organes de formes différentes, on remplace souvent le mot bobine par le terme plus général d'*induit*.

On donne le nom d'*inducteur* au corps ou à l'appareil quel qu'il soit auquel est due l'existence du champ magnétique.

955. — Nous avons supposé dans tout ce qui précède que le champ magnétique était invariable et que l'induit s'y déplaçait. Il est facile de prévoir que si, l'induit étant immobile, on déplace l'inducteur, ce qui entraîne le déplacement du champ magnétique invariable qu'il produit, on doit observer les effets que nous avons signalés, car dans ce cas comme dans le précédent, il y a de même en général une variation dans le nombre des lignes de force qui traversent l'induit. L'expérience confirme cette prévision.

Il en serait encore de même si l'induit et l'inducteur se déplaçaient l'un et l'autre ; c'est, en réalité, le déplacement relatif de l'un par rapport à l'autre qui produit l'induction.

Mais on peut concevoir que les mêmes résultats soient obtenus dans d'autres circonstances : si, en effet, l'induit étant fixe, il se produisait une variation dans l'intensité du champ magnétique, les lignes de force changeraient de position et de distance, et il en résulterait une variation dans le nombre des lignes de force qui traversent le circuit. Quoique produites par une autre cause, les conditions seraient donc les mêmes que dans le cas précédent : on en doit conclure que le résultat serait le même, il y aurait induction, l'induit serait parcouru par un courant.

L'expérience confirme aussi cette prévision, comme nous le dirons.

956. **Expériences démonstratives de l'induction.** — Examinons maintenant avec quelques détails les conditions de réalisation expérimentales des principes généraux que nous venons d'exposer, et commençons par le cas d'un champ magnétique invariable, cas dans lequel l'induction est due au déplacement relatif.

Quoiqu'il puisse y avoir induction par déplacement dans le champ magnétique terrestre, nous ne nous arrêterons pas aux expériences qui ont mis le fait en évidence.

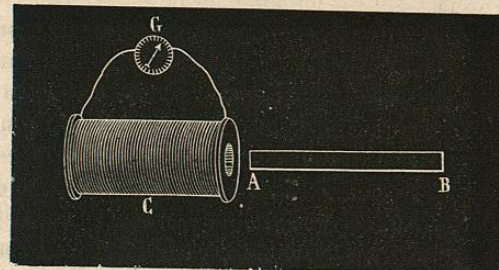


Fig. 460.

Le champ magnétique peut être produit par un aimant AB (fig. 460) : prenons une bobine creuse C dont le fil soit relié à un galvanomètre G. On observe que tout déplacement de l'aimant si la bobine reste fixe, ou de la bobine si l'aimant reste fixe, est accompagné d'un mouvement de

l'aiguille du galvanomètre. Des déplacements en sens contraire de l'aimant ou de la bobine produisent des déviations inverses de l'aiguille. Enfin, si on tient compte du pôle voisin de la bobine et du sens de la déviation de l'aiguille, on reconnaît que, comme la loi de Lenz l'indique, le courant produit dans la bobine est de sens contraire à celui qui existe dans l'aimant, d'après la théorie d'Ampère, s'il y a rapprochement, et qu'il est de même sens s'il y a éloignement.

L'expérience se fait exactement de la même façon si l'inducteur est un solénoïde : à cet effet, on se sert de deux bobines (fig. 461) pouvant entrer l'une dans l'autre, et dont l'une est mobile. On relie le fil de l'une d'elles à une pile et le fil de l'autre à un galvanomètre ; on répète les mêmes expériences qu'avec l'aimant, et les résultats sont aussi les mêmes.

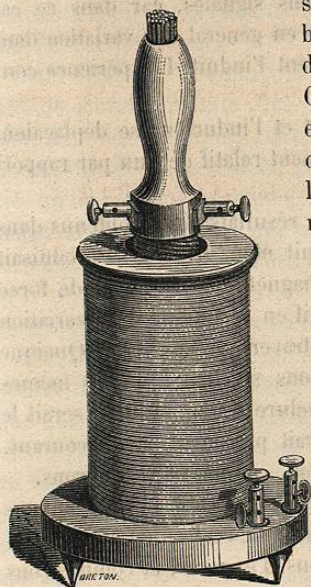


Fig. 461.

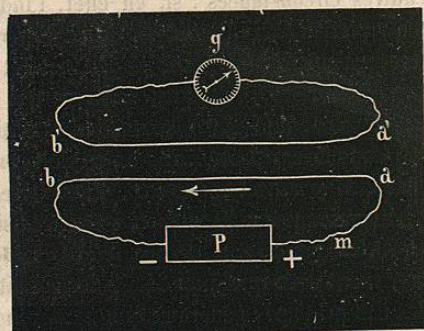


Fig. 462.

Enfin, nous savons qu'un fil traversé par un courant produit un champ magnétique, il doit donc pouvoir servir d'inducteur. En effet, soit un fil ab (fig. 462) parcouru par un courant et soit $a'b'$ un autre fil placé parallèlement et relié à un galvanomètre g . Si l'on fait varier la distance des deux fils, l'aiguille du galvanomètre est déviée et le sens de la déviation change, suivant que cette distance augmente ou diminue. On reconnaît encore que, conformément à la loi de Lenz, si les fils se rapprochent, le courant qui parcourt le fil induit est de sens contraire à celui du courant inducteur. Il est de même sens s'il y a éloignement des deux fils.

957. — Étudions maintenant les effets produits par variation du champ magnétique.

Plaçons, par exemple, un aimant F (fig. 463) dans une bobine, il ne produit aucun effet, puisqu'il est immobile ; approchons-en un fer doux AB qui, par lui-même, serait sans action, puisqu'il ne donne pas

naissance à un champ magnétique. Mais, en présence de l'aimant F , il y a aimantation par influence et, par conséquent, variation du champ magnétique : l'aiguille du galvanomètre est déviée. On éloigne le fer doux, l'aiguille est déviée en sens inverse.

Une action analogue se produit si l'on met le fer doux dans la bobine en F et qu'on déplace en dehors l'aimant AB . Mais, dans ce cas, il y a à

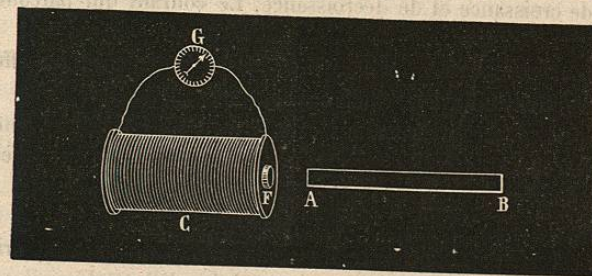


Fig. 463.

la fois déplacement et variation du champ magnétique : les deux actions sont d'ailleurs de même sens, car le courant produit est plus intense que si l'aimant était déplacé en l'absence du fer doux.

On peut faire une expérience analogue, soit à l'aide des solénoïdes ou des bobines (fig. 460), soit à l'aide des fils parallèles (fig. 461) : les solénoïdes et les fils étant invariablement placés, il y a courant quand on établit le courant, c'est-à-dire quand on fait naître le champ magnétique ; il y a courant inverse quand on interrompt le courant, ce qui supprime le champ magnétique. Il y a courant également lorsqu'on fait varier l'intensité du courant inducteur. Mais, bien entendu, tant que le courant inducteur passe sans variation, il n'y a pas induction.

Enfin, si dans le solénoïde (fig. 461) on introduit un faisceau de fer doux, il y aura aimantation en même temps que production du courant, et les effets d'inductions seront augmentés.

Quant au sens des courants produits, il est donné par la règle suivante :

Le courant qui parcourt l'induit a le même sens que le courant inducteur lorsque celui-ci commence ou augmente d'intensité ; il a un sens contraire, quand le courant inducteur cesse ou diminue d'intensité.

958. — Dans les applications, les mouvements communiqués à l'induit ou à l'inducteur sont toujours des mouvements de rotation. Il résulte de là, si nous supposons, par exemple, que ce soit l'induit qui se déplace, que, après une révolution complète, il aura repris sa position primitive : par suite, si, pendant une partie de ce mouvement, le nombre de lignes de force par lequel il a été traversé a augmenté, il faut qu'il décroisse du même nombre pendant l'autre partie : pendant une révolution complète,