taux, comme le fer, l'acier, le zinc, l'étain, le plomb, ils se dorent mal. Pour obtenir une bonne dorure, on est obligé de les cuivrer préalablement au moyen de la pile; c'est ensuite cette couche de cuivre qu'on dore comme il a été dit ci-dessus.

1030. **Argenture.** — Le même procédé s'applique exactement à l'argenture galvanique; il n'y a de différence que dans la composition du bain. Il est ordinairement formé de 1 gramme de cyanure d'argent et de 10 grammes de cyanure de potassium dissous dans 150 grammes d'eau. A l'électrode positive est suspendue une plaque d'argent qui empêche le bain de s'appauvrir, et à l'électrode négative sont les pièces à argenter, bien décapées.

Remarques. — 1° *Nickelure.* — Unprocédé de nickelure, analogue aux précédents, commence à avoir un grand nombre d'applications industrielles. Le bain est une solution de sulfate double d'ammoniaque et de nickel.

2° *Aciérure.* — On peut de même *aciérer* le cuivre, en le plaçant dans un bain de chlorure double de fer et d'ammoniaque.

CHAPITRE V

EFFETS MÉCANIQUES DES COURANTS. — ÉLECTRODYNAMIQUE.

1031. **Effets mécaniques des courants.** — Dans le flux électrique qui constitue les courants, il y a quelquefois transport, dans le sens de leur direction, de matière pondérable. L'arc voltaïque, que nous étudierons plus loin, en offre un exemple; on constate qu'il y a transport de particules de charbon du pôle positif au pôle négatif : c'est là un effet mécanique des courants. Il en est d'autres beaucoup plus importants : ce sont les *mouvements* qu'ils produisent à distance, soit sur les aimants mobiles, soit sur des conducteurs mobiles traversés eux-mêmes par des courants. Ce sont ces effets mécaniques proprement dits des courants que nous allons maintenant étudier.

1032. **Actions mutuelles entre les courants électriques.** — Les effets mécaniques les plus simples sont les actions mutuelles qui s'exercent entre des conducteurs métalliques parcourus par des courants. Lorsque deux fils métalliques voisins sont traversés simultanément par un courant électrique, il se produit entre eux des attractions ou des répulsions analogues à celles qui s'exercent entre les pôles des aimants. Ces phénomènes, dont la découverte est due à Ampère (1052), constituent une branche de l'électricité dynamique qu'on nomme *électrodynamique.* Les effets sont différents, suivant la direction des courants en présence et suivant leurs positions relatives. Ils peuvent être rangés en trois catégories : les effets de *déplacement*, d'*orientation* et de *rotation.* Les lois qui les régissent sont les suivantes.

DÉPLACEMENT DES COURANTS PAR LES COURANTS.

1033. **Lois des courants parallèles.** — 1° *Deux courants parallèles de même sens s'attirent.*

2° *Deux courants parallèles de sens contraires se repoussent.*

Ces lois se démontrent expérimentalement à l'aide d'un appareil dû à Ampère, modifié ensuite par Pouillet, et enfin par Obellianne.

Description de l'appareil. — Il se compose de deux colonnes de laiton A et D, entre lesquelles il y en a une plus petite *c*. La colonne D porte un cadre en

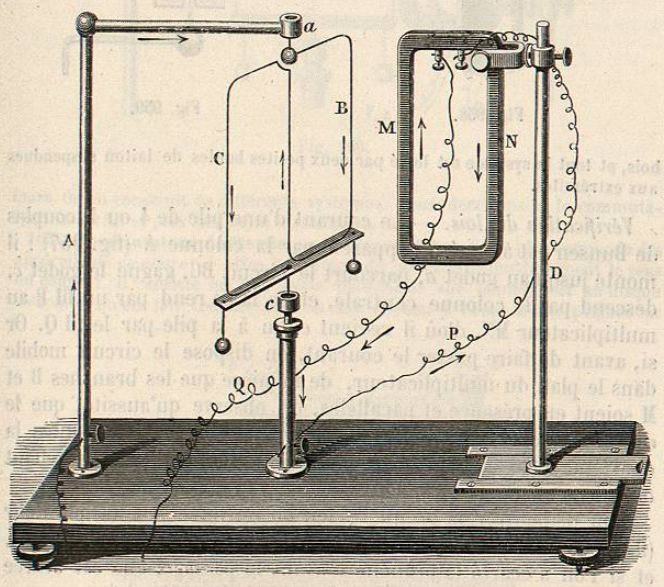

Fig. 957.

bois M, dit *multiplicateur* (fig. 957), qu'on peut fixer à différentes hauteurs au moyen d'une vis de pression : c'est un cadre de bois sur lequel le fil conducteur du courant a été enroulé 20 fois, ce qui augmente beaucoup l'action du courant. Ce multiplicateur est maintenu par deux articulations qui permettent, l'une de le renverser sur lui-même (fig. 960), l'autre de le placer horizontalement (fig. 963). La petite colonne est creuse, et dans son intérieur glisse un tube de laiton terminé par un godet *c*, plein de mercure, qu'on peut élèver plus ou moins. La colonne A supporte un godet *a*, rempli égale-

ment de mercure, et représenté en coupe et en vraie grandeur dans la figure 959. Il est percé, en dessous, d'un trou capillaire dans lequel s'engage la pointe d'une aiguille à coudre fixée à une petite boule de laiton. Cette pointe se prolonge jusqu'au mercure et tourne librement dans le trou. Quant au circuit mobile, il se compose d'un fil de cuivre rouge partant de la boule de laiton et se contournant, dans le sens des flèches, du godet *a* au godet *c* (fig. 957). Ses deux branches inférieures sont fixées à une mince planchette de

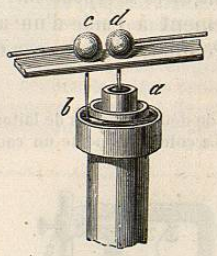

Fig. 958.

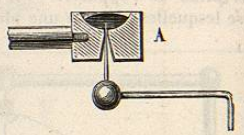

Fig. 959.

bois, et tout le système est lesté par deux petites boules de laiton suspendues aux extrémités.

Vérification des lois. — Le courant d'une pile de 4 ou 5 couples de Bunsen est amené à l'appareil par la colonne A (fig. 957) : il monte jusqu'au godet *a*, parcourt le circuit BC, gagne le godet *c*, descend par la colonne centrale, et de là se rend par un fil P au multiplicateur MN, d'où il revient enfin à la pile par le fil Q. Or si, avant de faire passer le courant, on dispose le circuit mobile dans le plan du multiplicateur, de manière que les branches B et M soient en présence et parallèles, on observe qu'aussitôt que le courant passe, la branche B est repoussée : cela démontre la deuxième loi; car dans les branches B et M les courants, marchant dans le sens des flèches, sont *parallèles* et *de sens contraires*.

Pour démontrer la première loi, on renverse le multiplicateur (fig. 960). Les courants sont alors *parallèles* et *de même sens*, et si l'on a écarté la branche B avant le passage, elle est attirée dès que le courant passe, ce qui vérifie la première loi.

Remarques. — 1° Dans l'appareil d'Obellianne les deux godets ne sont pas disposés comme dans la figure 957, mais réunis en un godet à deux compartiments concentriques isolés l'un de l'autre (fig. 958). Une des extrémités du circuit plonge dans le compartiment central *a*, l'autre dans le compartiment *b*. Avec cette disposition, la rotation s'opère sans résistance dans le compartiment central; mais, dans le second, la pointe fixée à la boule *c* ne peut tourner qu'en déplaçant le mercure, d'où résulte une résistance assez grande, surtout si le mercure n'est pas bien pur. Avec le godet représenté dans la figure 959 cette résistance disparaît.

2° Dans les expériences qui précèdent et dans celles qui suivent, il est souvent nécessaire de renverser le sens des courants. On arrive à ce résultat en faisant passer les courants dans de petits appareils qu'on nomme *commutateurs*. On en construit de différents systèmes. Nous décrirons ici le commutateur de Bertin et plus loin celui de Ruhmkorff.

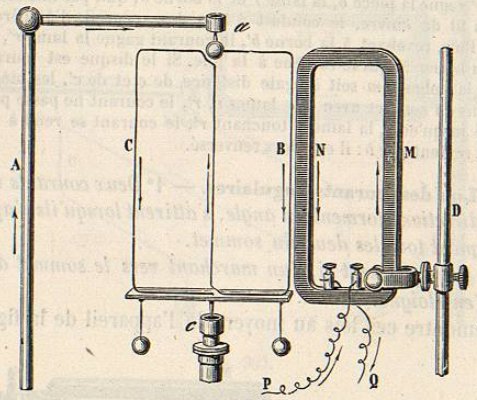

Fig. 960.

1034. **Commutateur de Bertin.** — Ce commutateur est le plus commode des appareils de ce genre; il offre l'avantage de montrer immédiatement le sens du courant. Il consiste en une petite planchette sur laquelle est un disque d'ébonite qu'on fait tourner sur un axe central à l'aide d'une poignée *m*

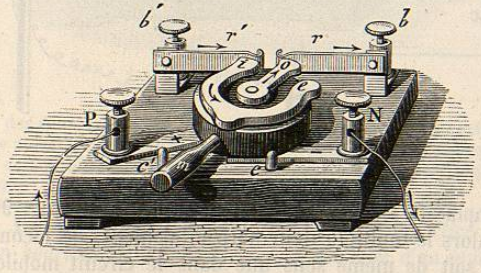

Fig. 961.

fig. 961), entre deux arrêts *c*, *c'*. Sur le disque sont fixées deux lames de cuivre dont l'une *o* est toujours positive, étant en communication par l'axe et par la lame + avec la borne P qui reçoit le rhéophore positif de la pile; l'autre *i e*, recourbée en fer à cheval, est en communication par frottement au-dessous du disque avec une lame —, qui se rend à la borne négative N. Sur le bord opposé

de la planchette sont deux bornes b, b', auxquelles sont adaptées deux lames élastiques de cuivre r, r',

Le disque étant tourné comme le montre la figure, le courant qui arrive à la borne P gagne la pièce o, la lame r et la borne b, qui, par une seconde lame ou par un fil de cuivre, le conduit à l'un des appareils d'Ampère (fig. 957, 958, etc.). Puis, revenant à la borne b', le courant gagne la lame r', la pièce ie et enfin la borne N qui le ramène à la pile. Si le disque est tourné de manière que la poignée m soit à égale distance de c et de c', les pièces o et ie n'étant plus en contact avec les lames r, r', le courant ne passe pas; et si m est tourné jusqu'en c, la lame o touchant r', le courant se rend à la borne b' d'abord et revient par b : il est alors renversé.

1035. **Lois des courants angulaires.** — 1° *Deux courants rectilignes dont les directions forment un angle, s'attirent lorsqu'ils s'approchent ou s'éloignent tous les deux du sommet.*

2° *Ils se repoussent si, l'un marchant vers le sommet de l'angle, l'autre s'en éloigne.*

On démontre ces lois au moyen de l'appareil de la figure 957,

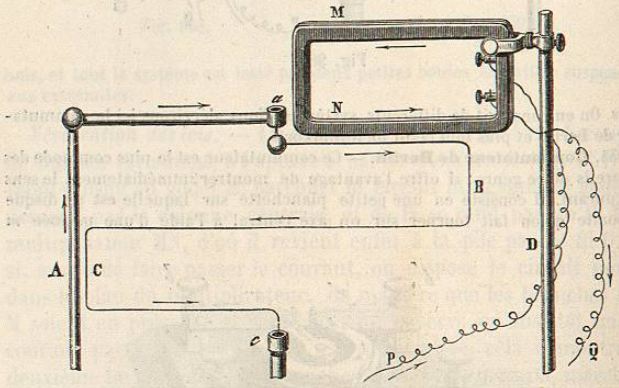

Fig. 962.

en y remplaçant le circuit mobile par le circuit BC (fig. 962). Disposant alors le multiplicateur horizontalement, de façon que son courant soit de même sens que dans le circuit mobile, si l'on écarte celui-ci et qu'on fasse passer le courant, le circuit se rapproche aussitôt, ce qui vérifie la première loi.

Pour vérifier la seconde, il suffit de retourner le multiplicateur de façon que les courants soient de sens contraires, et aussitôt il y a répulsion (fig. 963).

Conséquence. — Ampère a conclu de cette loi que, *dans un courant rectiligne, deux éléments consécutifs se repoussent.*

On vérifie ordinairement cette conséquence par l'expérience suivante. Sur une planchette sont pratiquées deux cavités longitudinales contenant du mer-

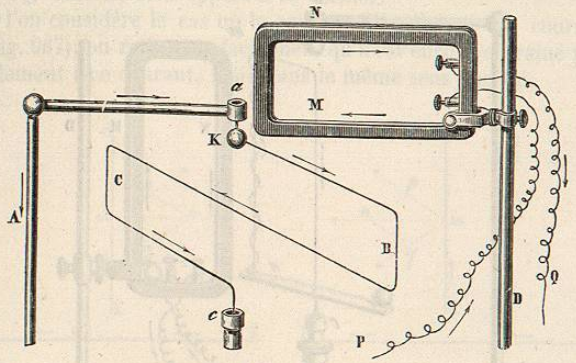

Fig. 963.

cure, et les deux bains sont reliés par un fil de cuivre recourbé, qui repose dessus. Dès qu'un courant arrivant par la borne a (fig. 964) passe du premier bain au deuxième par l'intermédiaire du fil de cuivre, celui-ci est repoussé et

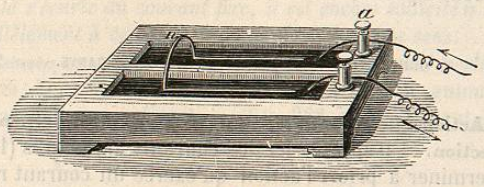

Fig. 964.

s'éloigne des deux bornes. On en conclut que les éléments de courant en contact sur le mercure et le cuivre se repoussent; mais il est à remarquer que les éléments de courant qui agissent l'un sur l'autre sont plutôt angulaires que rectilignes.

1036. **Loi des courants sinueux.** — *L'action attractive ou répulsive d'un courant sinueux est la même que celle d'un courant rectiligne ayant mêmes extrémités.*

Cette loi ne se vérifie qu'autant que l'écart des sinuosités est *très petit*, c'est-à-dire négligeable par rapport à la longueur totale du circuit sinueux. On emploie le même appareil. On dispose le multiplicateur verticalement (fig. 965), et l'on place tout auprès un circuit mobile mn, composé d'une partie rectiligne descendante et d'une partie sinueuse ascendante. Lorsque le courant passe, on

n'observe ni attraction ni répulsion : ce qui prouve que les ac-

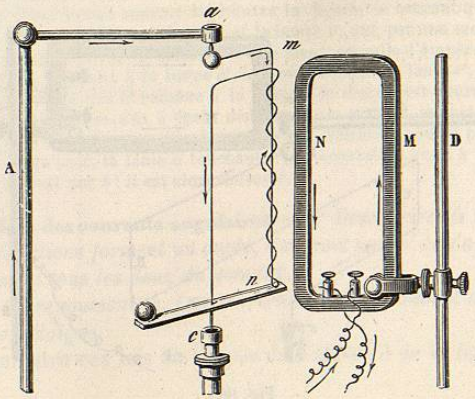

Fig. 965.

tions contraires du multiplicateur sur le fil rectiligne et sur le fil sinueux sont égales.

ORIENTATION DES COURANTS PAR LES COURANTS.

1037. **Action d'un courant indéfini sur un courant perpendiculaire à sa direction.** — D'après la loi des courants angulaires (1035), on peut déterminer à priori l'action qu'exerce un courant rectiligne PQ (fig. 966), fixe et indéfini, sur un courant mobile KH perpendiculaire à sa direction.

Pour cela, soit OK la perpendiculaire commune à KH et PQ (laquelle se réduit à un point si les deux lignes PQ et KH se rencontrent). Supposons que le courant PQ soit dirigé de Q vers P dans le sens des flèches et soit d'abord le cas où le courant HK se rapproche du courant PQ. D'après la première loi des courants angulaires, la portion QO du courant PQ attire le courant HK, puisque ces courants se dirigent tous les deux vers le sommet de l'angle formé par leurs directions. Quant à la portion PO du courant PQ, elle repousse au contraire le courant KH; car ici les deux courants sont de sens opposés par rapport au sommet de l'angle. Représentant donc par *mq* et *mp* les deux forces, l'une attractive, l'autre répulsive, qui sollicitent le courant KH, forces qui sont de même intensité, puisque tout est symétrique des deux côtés du point O,

ces deux forces se composent en une force unique *mn* (46, IV), laquelle tend à entraîner le courant KH parallèlement au courant PQ, dans un sens opposé à ce dernier.

Si l'on considère le cas où le courant KH s'éloigne du courant PQ (fig. 967), on reconnaît facilement qu'il est encore entraîné parallèlement à ce courant, mais dans le même sens que lui.

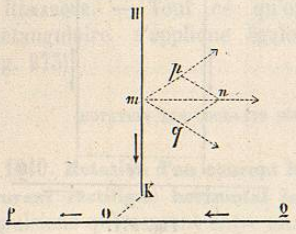

Fig. 966.

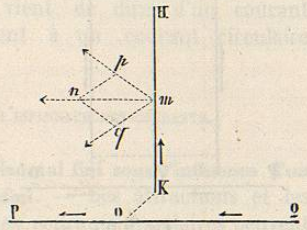

Fig. 967.

On peut donc énoncer cette loi : *Un courant fini mobile, qui s'approche d'un courant fixe indéfini, est sollicité à se mouvoir dans une direction parallèle et opposée à celle du courant fixe; si le courant mobile s'écarte du courant fixe, il est encore sollicité à se mouvoir parallèlement à ce courant, mais dans le même sens.*

1038. **Conséquences.** — 1° *Orientation d'un courant vertical unique.* — Si l'on a un courant vertical, mobile autour d'un axe XY parallèle à sa direction (fig. 968 et 969), tout courant

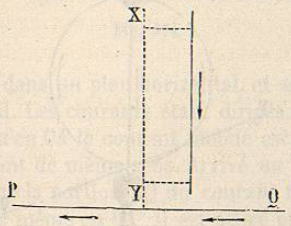

Fig. 968.

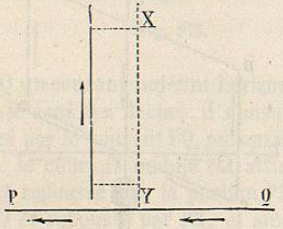

Fig. 969.

horizontal PQ aura pour effet de faire tourner le courant mobile autour de son axe, *jusqu'à ce que le plan défini par l'axe et le courant soit devenu parallèle à* PQ; le courant vertical s'arrêtera, par rapport à son axe, *du côté d'où vient le courant* PQ (fig. 968), *ou du côté où il se dirige* (fig. 969), *selon qu'il est descendant ou ascen-*

dant, c'est-à-dire selon qu'il s'approche ou qu'il s'écarte du courant horizontal.

2° *Orientation d'un double courant vertical.* — On déduit encore du principe ci-dessus qu'un système de deux courants verticaux, mobiles ensemble autour d'un axe vertical (fig. 970 et 971), est

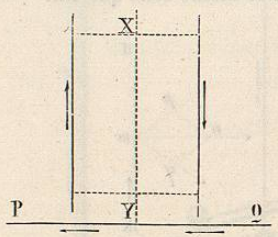

Fig. 970.

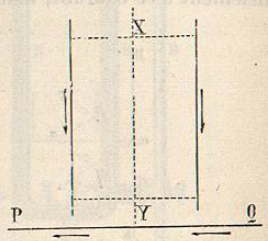

Fig. 971.

dirigé, par un courant horizontal PQ, dans un plan parallèle à ce courant, quand des deux courants verticaux l'un est ascendant et l'autre descendant (fig. 970), mais que s'ils sont tous deux descendants (fig. 971), ou tous deux ascendants, le système n'est pas dirigé.

1039. **Action d'nn courant rectiligne indéfini sur un courant rectangulaire on circulaire.** — Il est facile de reconnaitre qu'un cou-

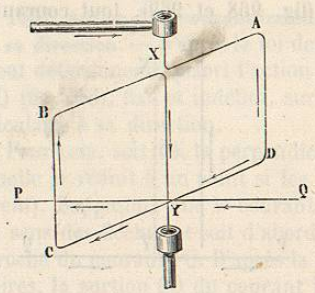

Fig. 972.

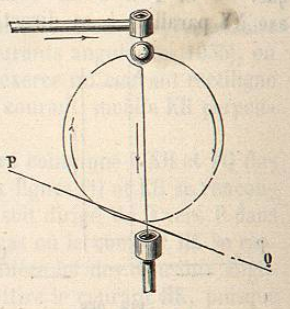

Fig. 973.

rant horizontal indéfini exerce sur un courant rectangulaire mobile autour d'un axe vertical (fig. 972) la même action directrice que ci-dessus. En effet, d'après la direction des courants (marquée par les flèches), la portion QY agit par attraction non seule-

ment sur la portion horizontale YD (loi des courants angulaires), mais sur la partie verticale AD (loi des courants perpendiculaires). La même action a évidemment lieu entre la portion PY, et les parties CY et BC. Donc *le courant fixe* PQ *tend à diriger le courant rectangulaire mobile* ADCB *dans une position parallèle à* PQ, *et telle que, dans les fils* CD *et* PQ, *le sens des deux courants soit le même.*

Remarque. — Tout ce qu'on vient de dire d'un courant rectangulaire s'applique également à un courant circulaire (fig. 973).

ROTATION DES COURANTS SOUS L'INFLUENCE DES COURANTS.

1040. **Rotation d'un courant horizontal fini sous l'influence d'un courant rectiligne horizontal indéfini.** — Les attractions et les répulsions qu'exercent entre eux les courants angulaires peuvent produire, *au lieu d'un simple déplacement, un mouvement circulaire continu.*

En effet, soit un courant OA (fig. 974), mobile autour du point

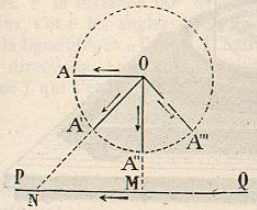

Fig. 974.

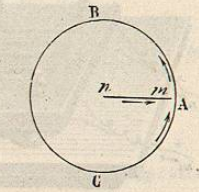

Fig. 975.

O dans un plan horizontal, et soit PQ un courant indéfini horizontal. Ces courants étant dirigés dans le sens des flèches, il s'ensuit qu'en OA le courant mobile est attiré par le courant PQ, puisqu'ils sont de même sens. Arrivé en OA', le courant mobile est attiré par la portion NQ du courant fixe et repoussé par la portion PN. De même en OA'' il est attiré par MQ et repoussé par PM, et ainsi de suite; d'où résulte un mouvement de rotation continu dans le sens AA'A''A'''. Donc, *par l'effet du courant fixe et indéfini* PQ, *le courant mobile* OA *tend à tourner d'un mouvement continu dans une direction rétrograde par rapport à celle du courant fixe.* Si le courant mobile était dirigé de A vers O, la rotation aurait lieu en sens contraire.

1041. **Rotation d'un courant horizontal fini sous l'influence d'un**

courant circulaire horizontal. — L'effet sera encore *un mouvement circulaire continu*. Soient, en effet, deux courants placés dans un plan horizontal, l'un ABC (fig. 975), fixe et circulaire, l'autre *mn*, rectiligne et mobile autour du centre *n*. Ces courants, dirigés dans le sens des flèches, s'attirent dans l'angle *n*AC, car ils vont tous les deux vers le sommet (1035, 1°). Dans l'angle *n*AB, au contraire, ils se repoussent, car l'un va vers le sommet, tandis que l'autre s'en éloigne. Les deux effets concourent donc pour faire tourner le fil *mn* dans le sens ACB.

1042. **Rotation d'un courant vertical sous l'influence d'un courant circulaire horizontal.** — Un courant circulaire horizontal qui agit sur un courant rectiligne vertical, lui imprime aussi *un mouvement de rotation continu*.

On constate cette rotation au moyen d'un vase de cuivre rouge autour duquel s'enroule une lame de même métal recouverte de soie ou de laine, et parcourue par un courant fixe (fig. 976). Au

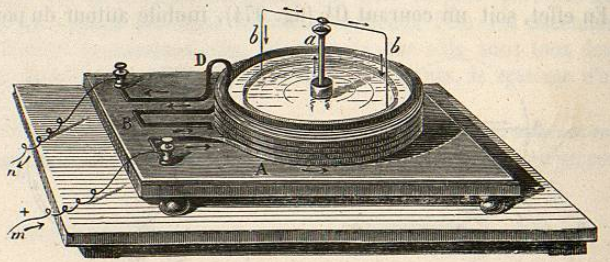

Fig. 976.

centre du vase est une colonne de laiton *a*, terminée par une capsule qui contient du mercure. Dans celui-ci plonge un pivot qui supporte un fil de cuivre rouge *bb*, recourbé à ses extrémités en deux branches verticales qui vont se souder à un anneau très léger de cuivre rouge, plongeant dans de l'eau acidulée contenue dans le vase. Le courant d'une pile arrivant par le fil *m* se rend dans la lame A, d'où, après avoir fait plusieurs circuits autour du vase, il arrive à la lame B, et de là gagne, en dessous du vase, la partie inférieure de la colonne *a*. Montant dans cette colonne, il passe dans les fils *bb*, dans l'anneau de cuivre rouge dans l'eau acidulée et dans les parois du vase, d'où il revient à la pile par la lame D. Le courant se trouvant ainsi fermé, le circuit *bb* et l'anneau se mettent à tourner en sens contraire du cou-

rant fixe. Ce mouvement est dû à l'action du courant circulaire sur le courant des branches *bb*, comme il est facile de le voir d'après les deux lois des courants angulaires : la branche *b*, de droite, est attirée en avant par la portion A du circuit fixe, et la branche *b*, de gauche, est attirée en sens contraire par la portion opposée. Quant à l'action du courant circulaire sur la partie horizontale du circuit *bb*, elle concourt évidemment à faire tourner dans le même sens; mais son action peut être rendue négligeable par la distance.

1043. **Loi élémentaire. — Calcul d'Ampère.** — En se fondant sur les lois expérimentales ci-dessus démontrées, Ampère a calculé la *loi élémentaire* des actions électrodynamiques. On appelle ainsi l'expression analytique de la force qui s'exerce entre deux *portions infiniment petites* ou *éléments* de courants, déterminés en intensité et en position.

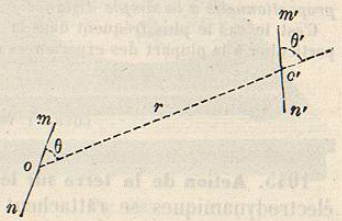

Fig. 977.

Soient *m n* et *m' n'* deux éléments de deux courants d'intensités *i* et *i'* (fig. 977), soient σ et σ' leurs longueurs, *r* la distance 00' de leurs milieux, θ et θ' les angles qu'ils font avec la ligne 00', et ω l'angle de leurs deux directions. Ampère est arrivé à l'expression suivante de la force réciproque *f* qui s'exerce entre ces deux éléments :

$$f = \frac{ii'\,\sigma\sigma'}{r^2}\left(\cos\omega - \frac{3}{2}\cos\theta\,\cos\theta'\right).$$

La force *f* est *positive* ou *négative*, suivant que les deux courants *se repoussent* ou *s'attirent*.

1044. **Conséquences.** — Connaissant cette loi élémentaire, on peut calculer l'action qui s'exerce entre deux portions finies de courants, placées d'une manière quelconque l'une par rapport à l'autre.

Exemple. — *Action d'un courant indéfini* XY *sur un courant fini* AB (fig. 978). On démontre, à l'aide de la formule d'Ampère, que l'action se réduit à une force R normale à AB, qui tend à diminuer l'angle des deux courants s'ils s'approchent ou s'ils s'éloignent tous deux du sommet, et qui tend à augmenter l'angle si l'un des courants s'éloigne tandis que l'autre s'approche du sommet.

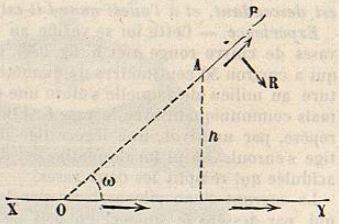

Fig. 978.

L'intensité de cette force est donnée, dans le cas général, par la formule

$$R = ii'\left(\frac{l}{h} - \frac{1}{2}\frac{l^2}{h^2}\sin\omega + \ldots\right),$$

où l est la longueur AB, h la distance de l'extrémité A à XY, ω l'angle des courants, et i et i' leurs intensités. Le facteur entre parenthèses est la somme d'une série indéfinie de termes de plus en plus petits.

Cas particulier. — Si h est grand par rapport à l, c'est-à-dire si le courant mobile est à une grande distance, la fraction $\frac{l^2}{h^2}$ est négligeable et, à fortiori, les puissances d'un ordre plus élevé. La formule précédente se réduit alors à

$$R = \frac{ii'\,l}{h}.$$

Donc l'attraction ou la répulsion d'un courant indéfini sur un courant fini, suffisamment éloigné, est une *force constante, normale au courant mobile, proportionnelle à sa longueur, indépendante de son orientation, et inversement proportionnelle à la simple distance.*

C'est le cas le plus fréquent dans la pratique. Cette formule s'applique en particulier à la plupart des expériences décrites ci-dessus.

COURANT TERRESTRE.

1045. Action de la terre sur les courants. — Aux phénomènes électrodynamiques se rattachent les actions que le globe terrestre exerce sur les courants mobiles, isolés de tout autre courant. On a constaté que la terre agit sur eux, comme sur les aimants, en leur imprimant tantôt une orientation déterminée, tantôt un mouvement de rotation continu, suivant que ces courants sont disposés dans une direction verticale ou horizontale.

1046. Orientation des courants verticaux. — Loi. — *Tout courant vertical, mobile autour d'un axe qui lui est parallèle, vient se placer, sous l'influence de la terre, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, et s'arrête, après quelques oscillations, à l'est de son axe de rotation lorsqu'il est descendant, et à l'ouest quand il est ascendant.*

Expérience. — Cette loi se vérifie au moyen d'un appareil formé de deux vases de cuivre rouge a et K (fig. 980), d'inégales grandeurs. Le plus grand a, qui a environ 30 centimètres de diamètre, est percé à son centre d'une ouverture au milieu de laquelle s'élève une colonne de laiton b, isolée du vase a, mais communiquant avec le vase K. Elle se termine par un godet dans lequel repose, par un pivot, une légère tige de bois. A l'une des extrémités de cette tige s'enroule un fil fin de platine ce, dont chaque bout plonge dans de l'eau acidulée qui remplit les deux vases.

Le courant d'une pile arrivant par le fil m passe dans une lame de cuivre qui, par-dessous le support en bois de l'appareil, va se souder au pied de la colonne b; il monte alors en b, gagne le vase K, rempli d'eau acidulée, monte de là dans le fil c, redescend par le fil e, et se rendant aux parois du vase a au travers de l'eau acidulée que celui-ci contient, il atteint le fil n, qui le ramène à la pile. Dès que le circuit est fermé, on voit le fil e se mouvoir autour de la colonne b et s'arrêter à l'est de cette colonne lorsqu'il est descendant, comme cela a lieu dans le dessin; mais s'il est ascendant, ce qu'on obtient à l'aide

d'un commutateur n, le fil e s'arrête à l'ouest, dans une position diamétralement opposée à la précédente.

Si à la tige à un seul fil de la figure 980 on substitue la tige à deux fils de la figure 979, cette tige n'est pas dirigée; car, chaque fil tendant à se placer à

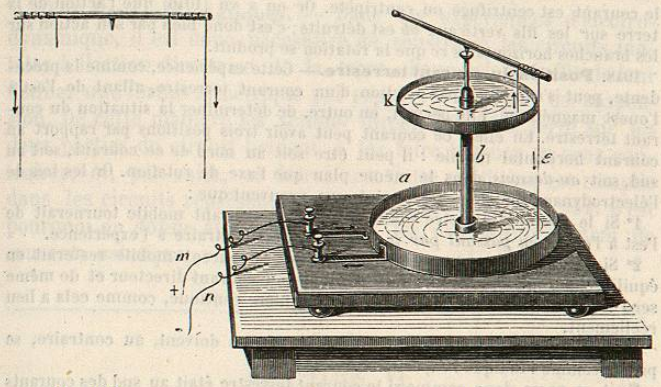

Fig. 979. Fig. 980.

l'est de la colonne b, il se produit deux effets égaux et de directions contraires, qui se font équilibre : elle constitue un courant *astatique.*

Hypothèse du courant terrestre. — De même qu'on explique aisément l'action de la terre sur les aimants par l'hypothèse d'un aimant terrestre, de même on explique son action sur un courant vertical par l'hypothèse d'un courant terrestre. Tout se passe dans l'expérience ci-dessus comme si *un courant indéfini, allant de l'est à l'ouest*, agissait sur le courant mobile, *perpendiculairement* à sa direction.

1047. Rotation des courants horizontaux, mobiles autour d'un axe vertical. — *Loi.* — L'action de la terre sur les courants horizontaux ne con-

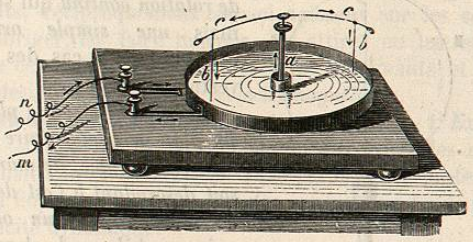

Fig. 981.

siste plus à les diriger, mais *à leur imprimer un mouvement de rotation continu : la rotation a lieu de l'est à l'ouest, en passant par le nord, quand le courant horizontal s'éloigne de l'axe de rotation, et de l'ouest à l'est quand il s'en rapproche.*

Expérience. — Cette loi se démontre au moyen d'un appareil ne différant du précédent que parce qu'il n'a qu'un seul vase (fig. 981). Le courant montant par la colonne *a* passe dans les deux fils *cc* et descend par les fils *bb*, d'où il revient à la pile. C'est alors que le circuit *bccb* se met à tourner d'un mouvement continu, de l'est à l'ouest ou de l'ouest à l'est, suivant que dans les fils *cc* le courant est centrifuge ou centripète. Or on a vu (1046) que l'action de la terre sur les fils verticaux *bb* est détruite; c'est donc bien par son action sur les branches horizontales *cc* que la rotation se produit.

1048. **Position du courant terrestre.** — Cette expérience, comme la précédente, peut s'expliquer par l'action d'un courant terrestre, allant de l'est à l'ouest magnétique. Elle permet, en outre, de déterminer la situation du courant terrestre. En effet, ce courant peut avoir trois positions par rapport au courant horizontal mobile : il peut être soit au nord de ce courant, soit au sud, soit *au-dessous*, dans le même plan que l'axe de rotation. Or les lois de l'électrodynamique, démontrées ci-dessus, prouvent que :

1° Si le courant terrestre était *au nord*, le courant mobile tournerait de l'est à l'ouest, *en passant par le sud;* ce qui est contraire à l'expérience.

2° Si le courant terrestre était *au-dessous*, le courant mobile resterait en équilibre dès qu'il se serait mis parallèle au courant directeur et de même sens : il ne tournerait donc pas d'une manière continue, comme cela a lieu réellement.

3° Si le courant terrestre est *au sud*, les choses doivent, au contraire, se passer comme l'indique l'expérience.

Tout se passe donc comme si le courant terrestre était au sud des courants mobiles. Les phénomènes et, par suite, la conclusion seraient les mêmes en tous les points de notre hémisphère. D'ailleurs, si l'on se transportait dans l'hémisphère sud, on trouverait qu'en tous les points le mouvement de rotation aurait lieu en sens inverse. On en conclurait, par les mêmes raisonnements, que le courant terrestre est au nord de cet hémisphère.

Donc, en résumé, la terre agit en tout lieu comme *un courant indéfini tournant de l'est à l'ouest autour, et dans le plan même, de l'équateur magnétique.*

1049. **Orientation des courants fermés, mobiles autour d'un axe vertical.** — Si le circuit est fermé, qu'il soit rectangulaire ou circulaire, ce n'est plus *un mouvement de rotation continu* qui se produit, mais *une simple orientation*, comme dans le cas des courants verticaux (1046).

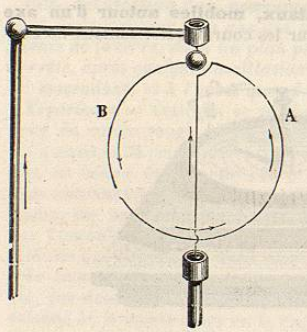

Fig. 982.

Le courant vient se placer dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, de manière qu'il soit descendant à l'est de son axe de rotation pour un observateur qui regarde le nord, et ascendant à l'ouest.

Ce fait est une conséquence directe des lois précédentes. Il en résulte, en effet, que dans le circuit fermé (fig. 982) les actions de la terre sur les parties horizontales, inférieure et supérieure, sont égales et inverses et, par conséquent, se font équilibre, tandis que dans les parties latérales le courant tend à se placer d'un côté à l'est, de l'autre à l'ouest, d'après la loi des courants verticaux (1046).

1050. **Courants astatiques.** — Dans les expériences d'électrodynamique, il est donc nécessaire de soustraire les circuits mobiles à l'action directrice de la terre. Pour cela il suffit de leur donner une forme symétrique par rapport à leur axe de suspension. De cette manière les actions directrices de la terre sur les deux parties du circuit tendent à les faire tourner en sens contraires, et, par suite, se détruisent. Cette condition est remplie dans les circuits représentés dans les figures 960 et 962. C'est pourquoi on donne aux courants qui les parcourent le nom de *courants astatiques.*

CHAPITRE VI

EFFETS MÉCANIQUES DES COURANTS.

ÉLECTROMAGNÉTISME.

1051. **Orientation des aimants par les courants.** — L'action que les courants exercent sur les aimants se manifeste par trois sortes d'effets : 1° effets d'orientation ; 2° effets de rotation ; 3° effets d'attraction ou de répulsion. De plus, tous ces effets sont *réciproques*, c'est-à-dire que, de même que les courants agissent sur les aimants, réciproquement ceux-ci agissent sur les courants, pour les diriger, les faire tourner, les attirer ou les repousser. L'étude de ces actions et réactions entre les aimants et les courants est désignée par le nom d'*électromagnétisme.*

1052. **Orientation des aimants par les courants.** — 1° *Expérience d'Œrsted.* — *Règle d'Ampère.* — L'action directrice des courants sur les aimants fut découverte en 1820 par Œrstedt, professeur de physique à Copenhague. C'est une des expériences fondamentales de l'électricité dynamique.

Pour répéter l'expérience d'Œrsted, on tend horizontalement, dans la direction du méridien magnétique, un fil de cuivre au-dessus d'une aiguille aimantée mobile (fig. 983). Tant que le fil n'est point traversé par un courant, l'aiguille lui demeure parallèle ; mais aussitôt qu'on lance un courant dans le fil, l'*aiguille*