on aura $i = 0$, c'est-à-dire qu'il ne passera pas de courant dans le pont et qu'un galvanomètre intercalé dans ce pont restera au zéro. C'est ce cas particulier qui est utilisé.

2° *Application de la méthode.* — Imaginons qu'on forme les deux côtés BA et BC avec deux bobines de résistance qu'on peut rendre équivalentes; qu'en CD on place un *rhéostat* R, c'est-à-dire *un conducteur de résistance variable et constamment connue*, et en AD la résistance inconnue x ; et enfin un galvanomètre dans le pont.

On modifie alors les résistances variables jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre reste au zéro. A ce moment le courant dérivé du pont est nul, et l'on a

$$r' r_2 - r'' x = 0, \quad \text{d'où} \quad x = \frac{r' r_2}{r''}.$$

On aura immédiatement x en fonction des trois résistances connues.

Remarque. — Pour faire plus commodément l'expérience, on prend quelquefois $r' = r''$: il suffit pour cela d'avoir deux bobines de résistance *équivalentes*. On place ensuite la résistance à mesurer entre A et D et l'on fait varier la longueur du fil d'un *rhéostat* qu'on place entre B et D, jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre soit ramenée au zéro.

Comme $r'' = r'$, l'équation ci-dessus se réduit à

$$x = r_2.$$

On a avantage à rendre les trois résistances r', r'', r_1 aussi égales que possible, parce que la méthode présente alors son maximum de sensibilité.

Appareil. — Dans la pratique, la diagonale qui contient le galvanomètre et qui constitue le pont est également en dehors du losange, comme la diagonale qui contient la pile. Tout le système est disposé sur une table horizontale. Les portions B, A, D sont des règles métalliques (fig. 1006) de résistances négli-

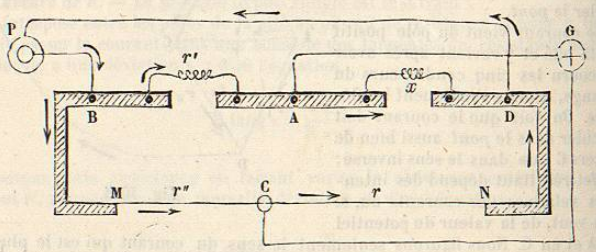

Fig. 1006.

geables, portant en B, A, D des poupées qui servent à attacher les fils des bobines. On attache en r' une boîte de résistance connue (sur le côté BA) ; en x on met la résistance à mesurer (AD). MN est un *rhéostat de Pouillet*, c'est-à-dire un simple fil de platine tendu, que le curseur C divise en deux portions qui forment les côtés BC et CD.

La manipulation est des plus simples. On n'a qu'à faire mouvoir le curseur D jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre reste au zéro. A ce moment, on a l'équation d'équilibre ci-dessus, d'où l'on tire

$$\frac{x}{r'} = \frac{r}{r''}.$$

CHAPITRE IX

EFFETS CALORIFIQUES ET LUMINEUX DES COURANTS VOLTAÏQUES. THERMO-ÉLECTRICITÉ.

1086. **Phénomènes généraux.** — 1° *Fusion et volatilisation des solides.* — Un courant qui parcourt un fil métallique y produit des effets analogues à ceux des décharges de batteries : le fil s'échauffe, devient incandescent, fond ou se volatilise, selon qu'il est plus ou moins long et d'un diamètre plus ou moins fort. Avec une pile puissante, tous les métaux, même l'iridium et le platine, sont fondus. Le charbon est le seul corps qui ait été réfractaire à la fusion par les courants. Cependant Despretz, avec une pile en batterie formée de six séries parallèles de 100 éléments Bunsen chacune, a porté des baguettes de charbon très pur à une température telle, qu'elles se sont courbées, ramollies, et ont pu se souder ensemble.

Il n'est pas besoin d'une pile aussi puissante pour manifester les effets calorifiques des courants. Avec 30 éléments Bunsen on peut fondre et volatiliser des fils fins de plomb, d'étain, de zinc, de cuivre, d'or, d'argent, de fer et même de platine, avec de vives étincelles diversement colorées. Le fer et le platine brûlent avec une lumière d'un blanc éclatant; le plomb, avec une lumière purpurine; celle de l'étain et de l'or est d'un blanc bleuâtre; celle du zinc est mêlée de blanc et de rouge; enfin, le cuivre et l'argent donnent une lumière verte.

2° *Échauffement des liquides.* — Le passage du courant à travers un liquide l'échauffe aussi, et d'autant plus, que le courant est plus intense et que le liquide est moins bon conducteur. Ce dégagement de chaleur est plus difficile à observer dans les liquides, parce qu'ils ont une plus grande chaleur spécifique que les solides, et que les gaz produits absorbent une grande quantité de chaleur latente. Par exemple, dans la décomposition de l'eau, on constate que l'élévation de température est moindre au pôle négatif qu'au pôle positif : or on sait que le volume de l'hydrogène qui s'y dégage est double du volume d'oxygène qu'on recueille au pôle positif.

1087. **Lois de Joule.** — Les lois de ces phénomènes ont été découvertes par Joule. Il les a vérifiées au moyen d'un calorimètre spécial

qui permettait d'évaluer la quantité de chaleur dégagée dans un fil de résistance connue par un courant d'intensité connue. En voici les énoncés :

1° *La quantité de chaleur dégagée dans un temps donné est en raison directe du carré de l'intensité du courant.*

2° *La quantité de chaleur dégagée est, toutes choses égales d'ailleurs, en raison directe de la résistance du conducteur.*

Ces lois sont comprises dans la formule suivante :

$$Q = ArI^2,$$

où A est une constante, r la résistance de la portion de circuit considérée, et I l'intensité du courant.

Ces lois s'appliquent non seulement au circuit extérieur de la pile, mais aussi à la pile elle-même et à chacun de ses éléments. Elles ont été vérifiées par Becquerel, qui les a étendues aux conducteurs extérieurs liquides, dans le cas du moins où il n'y a pas de réaction secondaire absorbant de la chaleur.

1088. **Origine de la chaleur dégagée dans la pile.** — Cette chaleur est due à l'oxydation du zinc et à la combinaison de l'oxyde avec l'acide sulfurique. M. Joule a fait voir qu'*elle est proportionnelle au nombre d'équivalents de zinc consommés pour produire le courant.* Le courant *ne crée* donc *pas* la chaleur, il ne fait que transporter dans les différentes parties du circuit, proportionnellement à la résistance, la chaleur dégagée dans la pile par les actions chimiques.

Silbermann et Fabre, qui ont vérifié la loi de Joule à l'aide de leur calorimètre, ont constaté que la double action chimique de l'oxydation du zinc et de la combinaison avec l'acide sulfurique de l'oxyde formé dégage 18 796 petites calories par équivalent de zinc dissous, et que ces calories se retrouvent intégralement dans le circuit extérieur et intérieur de la pile.

1089. **Conséquences.** — 1° *Application à l'électrolyse.* — La chaleur développée par le courant en un point quelconque de son circuit est donc empruntée aux réactions chimiques dont la pile est le siège. Un courant ne pourra donc produire un effet calorifique donné en un point de son circuit extérieur qu'autant que cet effet n'exigera pas une quantité de chaleur supérieure à la quantité fournie par la pile. Ainsi il est impossible de décomposer l'eau avec le courant d'un seul élément Daniell, parce que la décomposition de 1 équivalent d'eau absorbe plus de 34 000 petites calories, tandis que la dissolution de 1 équivalent de zinc dans la pile n'en dégage que 18 796. Au contraire, le courant de 1 élément Bunsen suffira, parce que l'ensemble des réactions qui s'y produisent dégage au moins 52 000 calories.

2° *Application à la thermodynamique.* — L'action électromotrice dans la pile se traduisant en chaleur, et celle-ci pouvant toujours se convertir en travail, on a pu comparer la pile à une machine à feu, où la combustion du zinc remplacerait celle du charbon, et qui serait capable de produire un travail déterminé, *équivalent* à la chaleur qui disparaît dans le circuit. En effet, M. Fabre ayant placé, dans un des mouffles du calorimètre à mercure, une petite pile, et dans l'autre un tout petit moteur électromagnétique qu'on pouvait faire marcher à volonté, a trouvé que, tant que la machine était en repos, la chaleur dégagée dans tout le circuit était constamment de 18 796 calories par équivalent de zinc dissous, mais que le nombre de calories diminuait dès que la machine fonctionnait, et que la chaleur disparue était proportionnelle au travail effectué.

1090. **Effets lumineux.** — Les effets lumineux des courants sont des conséquences directes de leurs effets calorifiques. Dès que le dégagement de chaleur est assez intense, il y a un *dégagement de lumière*, qui se manifeste soit par des étincelles, soit par l'incandescence des rhéophores, soit par un *arc voltaïque*.

Les pôles d'une pile possédant peu de tension, sauf dans le cas d'un nombre de couples considérable, il ne se produit point d'étincelle quand on les réunit par un fil de cuivre; mais, à la rupture du circuit une étincelle apparaît, d'autant plus forte que les couples sont plus nombreux. Quand les pôles d'une pile puissante sont réunis par un fil de fer ou de platine, assez fin pour être très résistant, mais assez gros pour n'être pas fondu, ce fil devient incandescent et jette un vif éclat pendant tout le temps que le courant passe. Si le fil est enroulé sur lui-même en hélice, l'effet lumineux est augmenté.

1091. **Arc voltaïque.** — C'est surtout en faisant communiquer les électrodes avec deux cônes de charbon de coke bien calciné qu'on obtient un bel effet de lumière électrique (1007). Le charbon *b* est fixe, tandis que le charbon *a* s'élève ou s'abaisse plus ou moins à l'aide d'une crémaillère à laquelle il est fixé, et d'un pignon qu'on fait tourner à la main par un bouton *c*. Les charbons étant mis en contact, le courant passe et les rend aussitôt incandescents. Si on les écarte alors, il se produit de l'un à l'autre un arc lumineux, d'un éclat éblouissant, auquel on a donné le nom d'*arc voltaïque*.

La longueur de l'arc varie avec la force électromotrice de la pile. Dans les expériences de Despretz, l'arc atteignait, dans l'air, une longueur de 7 centimètres, quand le charbon positif était en haut ; s'il était en bas, l'arc était plus court de près de 2 centimètres. Lorsque les charbons sont disposés horizontalement, ils doivent être plus rapprochés, l'arc s'éteignant plus facilement : ce qui résulte de ce que le refroidissement par l'air est augmenté.

Expériences de Davy. — C'est Davy qui le premier, à Londres, en 1801, fit un arc voltaïque à l'aide de deux cônes de charbon de bois léger, et d'une pile à auges de 2000 couples dont les plaques avaient près de 11 centimètres de côté. Comme ce charbon brûle très vite à l'air, on était obligé d'opérer dans le vide. Foucault

utilisa, pour produire l'arc, un charbon de coke provenant des résidus des cornues à gaz. Ce charbon, qui est dur et compact, peut être taillé en baguettes; il ne brûle que lentement à l'air, ce qui dispense d'opérer dans le vide.

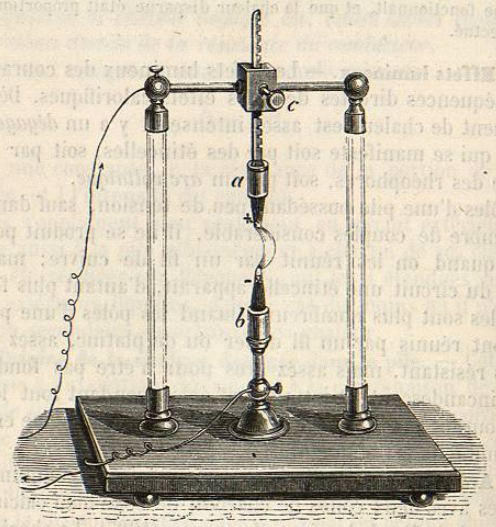

Fig. 1007.

1092. **Transport par l'arc voltaïque, sa constitution.** — On constate que, même dans le vide, le charbon positif décroît lentement, et se creuse, tandis que le charbon négatif augmente. Dans l'air la différence est beaucoup plus sensible : le charbon positif *s'use deux fois plus vite* que le charbon négatif (fig. 1008). On a d'abord admis pour expliquer ce fait qu'il y a transport des molécules de charbon du premier pôle au second. Mais si, au lieu de former l'arc entre deux charbons, on prend deux métaux différents, cuivre et argent par exemple, comme électrodes, on reconnaît, par les dépôts qui se produisent, qu'il y a transport dans les deux sens. C'est ce qui a lieu également avec les charbons; mais comme c'est du pôle positif au pôle négatif que le transport est plus abondant, on ne constate que l'effet résultant.

La haute température qu'atteignent les charbons au moment où on les met en contact, et le transport qui se produit lorsqu'on les sépare, montrent que l'arc voltaïque est dû aux molécules de

charbon qui sont volatilisées, puis transportées d'un pôle à l'autre. Elles forment une chaîne continue qui suffit pour fermer le circuit; mais cette chaîne, présentant une grande résistance, s'é-

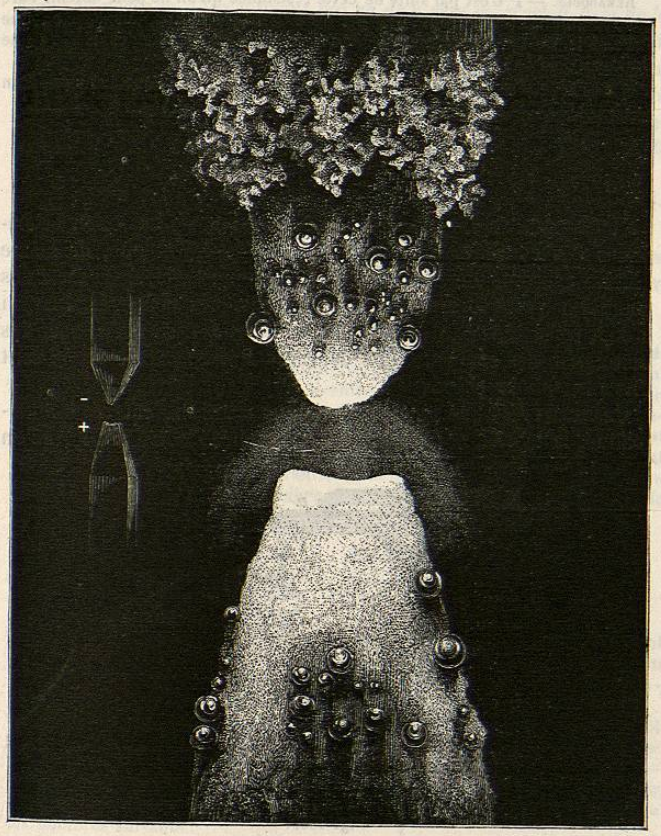

Fig. 1008.

chauffe, jusqu'à produire le vif dégagement de lumière qui caractérise l'arc.

En résumé, l'arc voltaïque est dû à l'incandescence d'un conducteur gazeux *très résistant*, dont l'éclat est considérablement augmenté, comme celui de toutes les flammes, par la présence de

particules solides de charbon. Matteucci a démontré que, sauf l'énorme différence de conductibilité, il y a identité entre l'arc voltaïque et les autres parties du circuit.

Remarques. — 1° C'est par suite de cette résistance qu'on ne peut obtenir l'arc qu'avec un grand nombre de couples, 40 Bunsen au moins, disposés en une seule série. C'est par la même cause que l'écart entre les deux charbons a une limite au delà de laquelle l'arc s'éteint.

2° La figure 1008 représente la projection d'un arc voltaïque au moyen d'un microscope photo-électrique (expérience de Foucault).

COURANTS THERMO-ÉLECTRIQUES.

1093. **Définition. — Expérience de Seebeck.** — Les effets calorifiques des courants sont *réciproques*, c'est-à-dire que, de même que les courants engendrent de la chaleur, celle-ci, dans certaines conditions, peut engendrer des courants. Ces courants, dont on a déjà parlé plus haut, sont appelés *thermo-électriques*, pour les distinguer des courants, dits courants *hydro-électriques*, qui sont dus aux actions chimiques.

On savait déjà que plusieurs cristaux naturels, comme la tourmaline, la topaze, acquièrent des propriétés électriques lorsqu'on

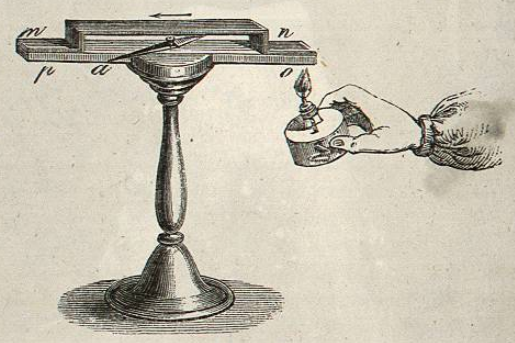

Fig. 1009.

élève leur température, et Volta avait découvert qu'une lame d'argent chauffée inégalement à ses extrémités constitue un élément électromoteur; mais c'est Seebeck qui le premier, en 1821, démontra nettement que le mouvement de la chaleur dans un circuit métallique donne naissance à des courants électriques.

Il prenait pour circuit une lame de cuivre *mn* dont les extrémités sont recourbées et soudées à une lame de bismuth *op*

(fig. 1009). Dans l'intérieur du circuit ainsi formé est une aiguille aimantée *a* mobile sur un pivot. On place l'appareil dans la direction du méridien magnétique et l'on chauffe l'une des soudures : on voit alors l'aiguille prendre une déviation qui indique le passage d'un courant *qui va de n vers m, c'est-à-dire de la soudure chaude à la soudure froide, en passant par le cuivre.* Si, au lieu de chauffer la soudure *n*, on la refroidit avec de la glace, en conservant à l'autre soudure sa température, il se produit encore un courant, mais de sens inverse, c'est-à-dire allant de *m* vers *n*. Dans les deux cas, le courant est d'autant plus intense que *la différence de température des deux soudures est plus grande.*

Enfin, si l'on chauffait également les deux soudures, il n'y aurait pas production de courant.

Cette expérience réussirait également avec un circuit d'autres métaux, tels que le platine et le fer; mais la déviation du galvanomètre changerait de sens et de grandeur.

1094. **Série thermo-électrique. — Pouvoirs thermo-électriques des métaux.** — Ces variations de sens et d'intensité du courant thermo-électrique ont été étudiées par plusieurs physiciens, entre autres par Becquerel. Il mesurait l'intensité dans chaque cas, au moyen d'un galvanomètre. Il a déterminé d'abord le *sens* des courants obtenus par l'association des différents métaux. Il est parvenu à les ranger dans un ordre tel, que chaque métal de la série, étant associé à l'un quelconque des suivants, donne un courant qui va du premier au deuxième, *en passant par la soudure chaude.* Cette série de métaux, dite *série thermo-électrique*, est la suivante :

Bismuth.	Étain.	Argent.	Antimoine.
Platine.	Cuivre.	Fer.	
Plomb.	Or.	Zinc.	

Becquerel détermina ensuite le *pouvoir thermo-électrique* d'un métal accouplé à un autre dans un circuit fermé, c'est-à-dire l'intensité relative du courant qu'on obtient en chauffant un des points de contact à une température donnée, tandis que l'autre est maintenue à zéro.

Ayant soudé à la suite les uns des autres une série de métaux différents, et mis les deux bouts en communication avec le galvanomètre, il chauffa successivement chacune des soudures jusqu'à 20°, toutes les autres étant maintenues à zéro. La conductibilité restant sensiblement la même, le pouvoir thermo-électrique était mesuré par la déviation du galvanomètre. Il a obtenu les nombres suivants :

SOUDURE CHAUFFÉE.	INTENSITÉ DU COURANT.
Fer-étain	31 24
Fer-cuivre	27 96
Cuivre-platine	8 55
Fer-platine	36 87
Argent-cuivre	2

1095. **Couples** et **Piles thermo-électriques.** — On nomme *couple*

thermo-électrique un système de deux métaux soudés l'un à l'autre, dont les extrémités libres peuvent être réunies par un conducteur. La figure 1009 représente un couple de bismuth et cuivre, et la figure 1010 le couple bismuth-cuivre dont Pouillet s'est servi dans ses recherches sur les lois des courants.

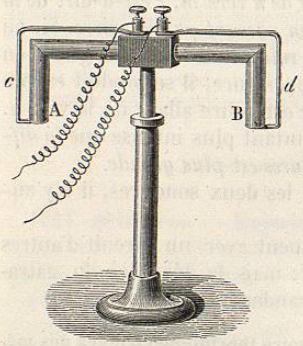

Fig. 1010.

En réunissant plusieurs de ces couples en série comme des éléments de Volta, c'est-à-dire de façon que le deuxième cuivre du premier se soude au bismuth du second et ainsi de suite, on forme une *pile thermo-électrique*. On la fait fonctionner en maintenant les soudures de rang impair, par exemple, à zéro dans de la glace, et en chauffant celles de rang pair à 100° dans des vases remplis d'eau bouillante (fig. 1011).

On a beaucoup varié la disposition des piles thermo-électriques; l'une des plus connues est celle qui fut adoptée par Nobili et appliquée par Melloni dans son thermomultiplicateur (fig. 1014).

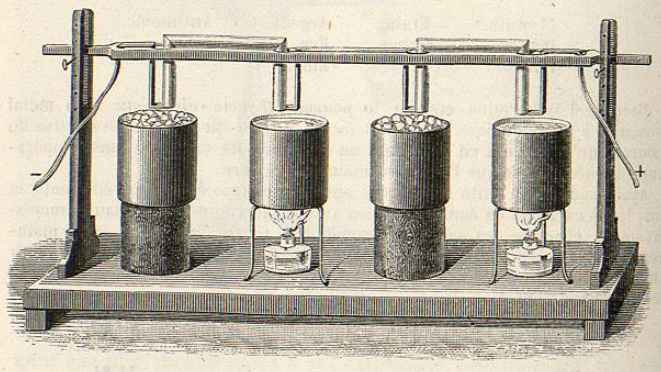

Fig. 1011.

1096. **Lois des courants thermo-électriques.** — Becquerel a trouvé que la production des courants électriques est soumise aux lois suivantes :

1° *Dans un couple thermo-électrique, tant que la différence de température entre les deux soudures reste la même, le courant est rigoureusement constant.*

2° *L'intensité des courants thermo-électriques augmente avec la différence de température entre les soudures; et si l'une d'elles est à zéro, cette intensité est proportionnelle, jusqu'à 45°, à la température de l'autre soudure.*

3° *Dans une pile thermo-électrique, l'intensité du courant, toutes choses égales d'ailleurs, est proportionnelle au nombre des couples.*

Remarques. — 1° Dans la deuxième loi, la limite de 45° s'applique au cuivre et bismuth, mais elle varie avec les métaux. Pour le fer et le cuivre elle s'étend jusqu'à 300°, et beaucoup au delà pour le fer et le palladium.

2° A ces lois on peut ajouter la loi de Pouillet, qui fut, comme on le sait, trouvée d'abord pour cette espèce même de courants. L'intensité I d'un courant thermo-électrique fourni par une pile dans des conditions déterminées est donnée par la formule générale

$$I = \frac{E}{r},$$

E étant la force électromotrice de la pile et r la résistance extérieure. Quant à la résistance intérieure, elle est ici complètement négligeable. C'est là le caractère distinctif de ces courants.

1097. **Constantes des piles thermo-électriques.** — Les piles thermo-électriques ne se distinguent des piles hydro-électriques que par l'absence de résistance intérieure et par la petitesse de la force électromotrice. Leurs effets sont donc les mêmes que ceux d'une pile hydro-électrique qui aurait une résistance intérieure négligeable et une faible force *électromotrice*. La plus puissante pile thermo-électrique connue a été construite par M. Clamond. Elle est formée de 6000 éléments, associés en série, et constitués chacun par du fer et un alliage bismuth-antimoine, avec soudure autogène. La pile étant fortement chauffée au coke a une *force électromotrice* de 109 volts (soit $0^{v},02$ par élément) et une *résistance intérieure* de $15^{ohms},5$ (soit $0^{ohms},0025$ par élément).

C'est pourquoi l'on doit éviter de lancer les courants thermo-électriques dans de longs fils, quand on veut les mesurer au galvanomètre. On doit prendre, dans ce cas, un multiplicateur à fil court et gros, tandis que pour les courants hydro-électriques le fil peut être plus ou moins fin et long.

1098. **Origine des courants thermo-électriques.** — Les courants thermo-

électriques ne sont point dus au contact des métaux hétérogènes, car ils peuvent se développer dans des circuits formés d'un seul métal. Ils ne proviennent pas non plus d'actions chimiques, puisque Becquerel a constaté qu'ils se produisent également dans le vide et dans un gaz inerte, tel que l'hydrogène. Magnus a fait voir qu'un circuit de deux conducteurs cylindriques de cuivre, d'inégal diamètre, mais dans les mêmes conditions physiques l'un et l'autre, étant chauffé à l'un des points de contact, ne donne point de courant, quelle que soit la différence de diamètre et de masse entre ces conducteurs. Il ne s'en produit qu'*autant qu'il existe une différence de structure ou de densité des deux côtés du point chauffé.*

Par exemple, il ne se manifeste aucun courant lorsqu'on chauffe en l'un quelconque de ses points un fil de cuivre réunissant les deux bouts du fil de cuivre qui s'enroule autour du galvanomètre. Mais si l'on détruit l'homogénéité de ce dernier fil en un de ses points, en le tordant plusieurs fois sur lui-même, ou en le nouant, et qu'on chauffe alors près de ce point, l'aiguille indique, par sa déviation, un courant allant du point chauffé au point où l'homogénéité a été détruite. En chauffant de l'autre côté de ce dernier point, le courant se produit en sens inverse.

1099. **Thermomultiplicateur.** — La plus importante application des courants thermo-électriques est celle qui a été faite par Melloni au thermomultiplicateur, appareil dont on a indiqué les nombreux usages dans l'étude de la chaleur rayonnante (§ 626 et fig. 679).

On a vu que le thermomultiplicateur est un appareil thermométrique extrêmement sensible, constitué par la réunion d'un galvanomètre et d'une pile thermo-électrique.

Le galvanomètre employé est celui de Nobili, à deux aiguilles astatiques. La pile thermo-électrique est la pile de Nobili et Melloni.

Le système d'un barreau de bismuth et d'un barreau d'antimoine soudés ensemble forme un *couple* de cette pile (fig. 1012).

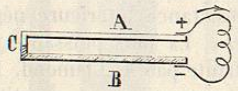

Fig. 1012.

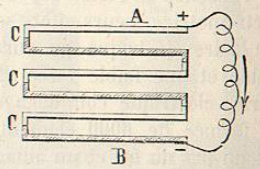

Fig. 1013.

Un seul couple ne fournirait qu'un courant très faible; mais si l'on soude entre eux plusieurs couples à la suite les uns des autres, de manière que toutes les soudures de rang impair soient à une même extrémité, et les soudures de rang pair à l'autre, on a, sous un petit volume, une pile d'autant plus intense que les couples sont plus nombreux (fig. 1013). On réduit encore le volume de la pile en disposant parallèlement, les unes à côté des autres (fig.

1014), plusieurs séries de couples semblables à celle de la figure 1013; le dernier bismuth de la première série se soude latéralement au premier antimoine de la deuxième, et ainsi de suite, au nombre de cinq ou six séries, de manière à former un ensemble de 25 ou 30 couples dont les barreaux ont environ 30 millimètres de longueur. La pile ainsi disposée est maintenue dans une monture de cuivre P supportée par un pied à charnière, ce qui permet de

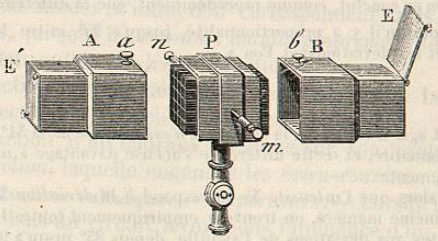

Fig. 1014.

lui donner différentes inclinaisons. Les couples sont isolés les uns des autres et isolés de la monture par des bandes de papier verni. Enfin, sur les côtés de l'appareil sont fixées deux bornes m, n, qui communiquent, l'une avec le premier antimoine, l'autre avec le dernier bismuth : ce sont les deux pôles de la pile. Pour protéger les deux faces de celle-ci, deux étuis rectangulaires A et B se fixent par des vis de pression a et b sur la pièce P. Enfin, deux écrans E et E', qu'on élève ou qu'on abaisse à volonté, permettent de ne laisser arriver la chaleur que sur une des faces de la pile.

1100. **Graduation du thermomultiplicateur.** — L'opération consiste à graduer le galvanomètre de l'instrument de manière que ses indications mesurent directement les intensités des faisceaux calorifiques qui tombent sur la pile.

On prend deux sources de chaleur à peu près égales, par exemple deux lampes de Locatelli, A et B.

1° On fait agir A, toute seule, à une distance telle qu'elle produise une déviation de 1° : on prend pour *unité de chaleur* la radiation correspondante.

2° On fait de même agir B, de l'autre côté, jusqu'à ce qu'il se produise une déviation de 1°, inverse de la précédente : à ce moment, B envoie aussi l'*unité de chaleur* sur la pile. Si alors on faisait agir les deux sources simultanément, l'aiguille du galvanomètre devrait rester au zéro : c'est ce que l'expérience vérifie.

3° On rapproche alors A, tout en laissant B en place, jusqu'à ce que la déviation redevienne 1°. Soit $I_{a'}$ l'intensité actuelle du faisceau émis par A et I_b celle du faisceau émis par B : comme la déviation est due à la différence d'action des deux sources, on a évidemment

$$I_{a'} - I_b = 1, \quad \text{d'où} \quad I_{a'} = 1 + I_b.$$

Or I_b est égal à 1, donc $I_{a'} = 2$.

Or, si l'on faisait agir A tout seul, le galvanomètre *subirait une déviation égale à* 2° : donc un faisceau *d'intensité* 2 est représenté par *une déviation de* 2°.

Cette proportionnalité se maintient jusqu'à 25°, c'est-à-dire que de 0° à 25° les indications du galvanomètre sont proportionnelles aux intensités des faisceaux reçus par la pile.

3° Poursuivons la graduation. Supposons que A produise une déviation de 25° : le faisceau qu'elle envoie alors sur la pile a une intensité 25. Plaçons B de l'autre côté de manière à ramener l'aiguille au 0° : l'intensité du faisceau émis par B est alors 25. Rapprochons A jusqu'à produire une déviation de plus de 10°. On en conclut, comme précédemment, que la différence $I_a - I_b$ est égale à 10 (puisqu'il y a proportionnalité, jusqu'à 25°, entre les intensités calorifiques et les déviations) et l'on a

$$I_a = I_b + 10 = 25 + 10 = 35.$$

Or, si l'on fait agir A tout seul, la déviation *n'est pas* 35°, *mais* 34°. Il n'y a donc plus proportionnalité, et cette différence s'accuse davantage à mesure que la déviation augmente.

On notera alors que l'*intensité* 35 correspond à la *déviation* 34°. En continuant de la même manière, on trouvera empiriquement toutes les intensités, correspondantes aux déviations de l'aiguille, depuis 25° jusqu'à 90°.

Remarque. — Si le faisceau calorifique n'agit que peu de temps sur la pile, celle-ci ne s'échauffe pas et l'aiguille revient au 0° dès que l'action cesse. Il n'en est pas ainsi lorsque l'action dure. Or on était d'abord obligé de la faire durer jusqu'à ce que l'aiguille eût pris sa position d'équilibre finale. Melloni ayant remarqué que l'*impulsion initiale* de l'aiguille est *proportionnelle* à la *déviation finale*, on peut substituer l'observation des impulsions à celle des déviations. Cela permet de réduire chaque expérience à *un instant*.

2° La graduation empirique du thermomultiplicateur se composera donc d'une table à trois colonnes, indiquant la première les impulsions, la deuxième les déviations de l'aiguille et la troisième les quantités de chaleur correspondantes. On doit construire une table pour chaque instrument.

3° Cette graduation du galvanomètre peut, en outre, servir à la mesure de courants quelconques. En effet, lorsqu'il y a équilibre dans les expériences précédente, la quantité de chaleur reçue par la pile est égale à celle qu'elles rayonne; or, celle-ci est proportionnelle à la différence des températures des deux faces, et cette différence elle-même est, comme on sait, proportionnelle à l'intensité du courant thermo-électrique produit. Donc les indications du galvanomètre mesurent à la fois les intensités calorifiques et les intensités des courants.

CHAPITRE X

INDUCTION ÉLECTRODYNAMIQUE.

1101. **Définitions.** — Nous avons appelé *induction électrostatique* ou *influence* l'action qu'exercent à distance les corps électrisés sur les corps à l'état neutre. Faraday a appelé *courants d'induction*,

ou *courants induits*, des courants qui sont produits *à distance* dans des circuits métalliques fermés par l'influence soit de courants électriques, soit d'aimants puissants, soit du magnétisme terrestre. Il y a donc lieu de distinguer, suivant l'origine des courants induits :

1° L'induction par les courants ou *induction voltaïque;* 2° l'induction par les aimants, ou *induction magnétique;* 3° l'induction par la terre, ou *induction tellurique*.

A ces trois modes d'induction correspondent trois catégories de courants, qui sont les *courants induits proprement dits;* on peut y ajouter deux autres modes d'induction :

1° L'induction par des décharges de bouteilles de Leyde ou de batteries électriques, appelée *leyde-électrique;*

2° L'induction d'un courant voltaïque sur son propre circuit, ou *self-induction*, laquelle engendre les *extra-courants*.

1102. **Induction voltaïque.** — *Expériences.* — Lorsqu'un courant induit naît dans un circuit fermé sous l'influence d'un autre courant, ce dernier est appelé *courant inducteur*.

L'induction voltaïque se produit dans trois circonstances :

1° Quand le courant inducteur commence ou finit;

2° Quand l'intensité du courant inducteur croît ou décroît;

3° Quand la distance du courant inducteur augmente ou diminue.

1er *Procédé.* — On prend une *bobine* à deux fils (fig. 1015) : on

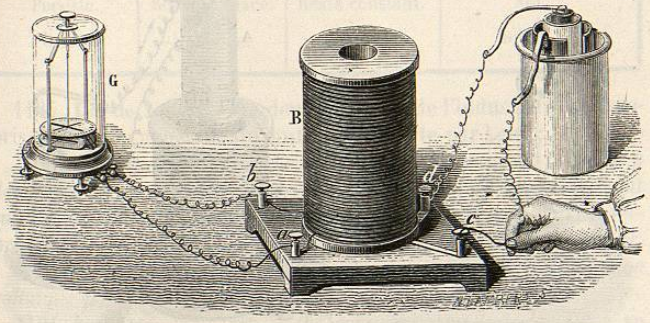

Fig. 1015.

appelle ainsi un cylindre de carton ou de bois sur lequel s'enroulent en hélice, d'abord un gros fil de cuivre, puis un fil plus fin, tous les deux recouverts de soie ou de coton. Le gros fil, qui ne fait qu'un petit nombre de tours, vient se terminer à deux bornes