les yeux, bondit sur ses pattes et se mit à battre des ailes. Il put vivre encore pendant six à huit minutes.

Le passage d'un *courant* dans un membre mort, dans un cadavre qui n'est pas encore entré en décomposition, produit des contractions, des mouvements, des gestes analogues à ceux qu'on observe pendant la vie, mais désordonnés et plus violents. Aldini, de Bologne, se rendit célèbre en promenant en Italie, en France et en Angleterre, ses hideuses expériences sur des corps de suppliciés. Ne pouvant les rapporter toutes, nous en exposerons une que nous résumons : c'est la plus belle effet, le 4 novembre 1818, par le docteur Andrew Ure, aux savants et aux curieux de Glasgow. Le principal sujet était le corps de l'assassin Clydsdale, homme d'environ trente ans, de moyenne taille, mais trapu, musclé et d'une vigueur athlétique. Après être resté une heure attaché au gibet, il fut apporté encore chaud à l'amphithéâtre anatomique. Par deux incisions pratiquées l'une au-dessous de l'occiput, l'autre à la hanche gauche, on découvrit la vertèbre *atlas* et le nerf sciatique, qui furent alors mis en communication, au moyen de tiges métalliques, avec les deux pôles d'une forte pile. Le *courant* passait, et aussitôt tous les muscles du corps étaient saisis de mouvements convulsifs, semblables à un frisson violent.

On faisait ensuite entrer le *courant* par la moelle épinière et on le faisait sortir par le tendon d'Achille, situé au talon. La jambe avait alors des contractions et des extensions si énergiques, qu'elle renversait presque ceux qui voulaient la maintenir.

Par une incision faite dans la région du cou et mise sur le cartilage de la cinquième côte, on fit communiquer le nerf diaphragmatique gauche avec le diaphragme, et l'on vit aussitôt une chose prodigieuse : le cadavre respira! La poitrine et le ventre s'élevaient et s'abaissaient; une bougie allumée, placée devant la bouche, fut éteinte par l'expulsion de l'air. Dans le compte rendu de son expérience, le docteur Ure n'hésite point à affirmer que si, sans blesser la moelle épinière et sans ouvrir les vaisseaux sanguins du cou, on se fût borné à mettre en jeu les organes pulmonaires et les muscles, il y a quelques probabilités qu'on aurait pu restaurer la vie; il conclut ainsi : « Cet événement, sans doute peu désirable dans le cas d'un assassin, a peut-être contribué à démontrer la loi, jusqu'ici cependant bien pardonnable dans une circonstance où il aurait été infiniment honorable et utile à la science. » Il paraît, ajoute facétieusement un historien de cette séance, qu'on tenait prêt un projet d'établissement et de mariage, même obligé de toutes les pièces morales, pour le ressuscité de la science.

On mit aussi en jeu les muscles de la face. On produisit, avec une rapidité et une énergie effrayantes, tous les mouvements et toutes les grimaces possibles, roulements d'yeux, rires, contractions, etc. Les spectateurs furent épouvantés; quelques-uns s'évanouirent, d'autres quittèrent l'amphithéâtre. Enfin, pour terminer, on fit passer le fluide électrique par les articulations des doigts de la main. Les doigts s'ouvraient et se fermaient avec une agilité inimitable. Quand le poing était fermé, il s'ouvrait malgré les plus puissantes étreintes employées à le contenir.

Tous ces phénomènes ont été depuis répétés sur des corps d'animaux, et toujours avec succès, quand les animaux étaient morts récemment et de mort violente.

Sur les êtres vivants, les *courants* provoquent des sensations et des commotions, dont la vivacité, proportionnelle à l'intensité du *courant*, peut aller jusqu'à produire la mort. La commotion se fait sentir au moment où s'établit la communication qui détermine le *courant*, et au moment où cette communication est interrompue. Pendant le passage continu du fluide, on n'éprouve qu'une sorte d'agacement nerveux et un léger frémissement des muscles. Cependant, si le *courant* continu est prolongé, il peut opérer des transports de fluides à travers les tissus organiques et rétablir ou modifier certaines fonctions vitales. Des poulets, soumis à l'action continue d'un *courant* intense, s'affaiblirent bientôt peu à peu et moururent. L'autopsie montra que les intestins avaient été refoulés vers le bassin et que le sang avait quitté certaines parties pour s'accumuler dans d'autres.

Une demi-heure après qu'ils ne donnaient plus aucun signe de vie, des cochons d'Inde, qu'on avait asphyxiés, furent placés dans un *courant* continu et firent peu à peu complétement ranimés. Sur d'autres animaux, on a pu, par le passage d'un *courant*, rétablir les fonctions de l'estomac, des intestins, des glandes, etc. De pareils résultats ont naturellement suggéré l'idée d'appliquer l'électricité à la médecine, et nous verrons aux mots ÉLECTROTHÉRAPIE et CHAÎNES GALVANIQUES le parti qu'on en a tiré et l'espoir qu'on en peut attendre.

Les *courants* électriques agissent aussi sur la vie végétale; ils peuvent diminuer la contractilité des vaisseaux lactifères et ralentir le mouvement circulatoire de certaines plantes. Enfin, tantôt ils entravent, tantôt ils favorisent la germination, mais cela par un effet de décomposition de l'eau dans laquelle plongent les racines ou la graine. Les éléments acides, transportés au pôle positif, nuisent à la végétation; tandis que les éléments alcalins, transportés au pôle négatif, la favorisent.

2° *Effets physiques*. Le principal effet physique des *courants* consiste dans l'échauffement des substances qu'ils traversent. Un fil métallique placé dans un *courant* peut être porté au rouge, au rouge blanc, peut être fondu et même volatilisé. *Quand le fil est homogène, l'échauffement augmente avec l'étendue des couples de la pile; et ce fil est d'autant plus facile à échauffer qu'il est plus fin, plus court et plus mauvais conducteur.* C'est ce que Joule exprime par la loi suivante : *Lorsqu'un courant traverse un fil métallique homogène, la quantité de chaleur dégagée dans l'unité de temps est proportionnelle : 1° à la résistance que le fil oppose au passage du courant; 2° au carré de l'intensité de ce courant.*

Si le fil est composé de plusieurs autres fils soudés les uns au bout des autres, le passage du *courant* présente diverses particularités fort curieuses. D'abord la température change dans les soudures, suivant le sens du *courant*, c'est-à-dire suivant l'ordre des métaux parcouras. Par exemple, si le *courant* passe d'un fil de cuivre dans un fil de fer, la température, au point de jonction, est moins élevée que lorsqu'il marche en sens contraire. En outre, s'il y a plus de deux fils, et, par suite, plusieurs soudures, elles s'échauffent inégalement, et même quelques-unes peuvent se refroidir. Peltier soudait une lame de bismuth entre deux lames de cuivre : sous l'action d'un faible *courant*, l'une des soudures s'échauffait, l'autre se refroidissait.

Les liquides traversés par des *courants* subissent sans doute aussi des effets thermiques; mais il est difficile d'en saisir la manifestation, à cause des actions chimiques provoquées par l'électricité.

Un *courant* peut aussi parcourir et échauffer des gaz. Lorsqu'on laisse une petite solution de continuité dans le fil réophore d'une pile en activité, l'intervalle qu'elle forme est traversé par une bande lumineuse, d'une chaleur et d'un éclat incomparables, à laquelle on a donné le nom d'arc voltaïque. V. ARC, ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE, LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Le passage d'un *courant* enlève à certains fils, notamment à ceux de cuivre, une partie de leur élasticité. Souvent la diminution d'élasticité n'a lieu que pendant le passage du *courant* et cesse aussitôt après. Mais l'effet mécanique le plus singulier des *courants* est le transport des liquides à travers une membrane ou une cloison poreuse. On a un vase de verre divisé en deux compartiments verticaux au moyen d'une membrane de vessie; l'un des compartiments est plein d'eau, et l'on y plonge l'électrode positif d'une forte pile; l'autre compartiment ne contient qu'un peu d'eau, dans laquelle plonge l'électrode négatif. On voit l'eau baisser dans le compartiment plein et monter dans l'autre, si bien que le niveau, dans celui-ci, devient bientôt le plus élevé. De plus, *la quantité de liquide transportée dans des temps égaux est proportionnelle à l'intensité du* courant *et paraît indépendante de l'épaisseur et de la surface de la membrane.* Ce phénomène pourrait être rattaché à ceux que le *courant* produit, dans les animaux, sur le sang, et dans les végétaux sur la sève.

3° *Effets chimiques*. Ils sont si nombreux et si importants qu'on en a fait l'objet d'une branche distincte de la science, sous le nom *d'électro-chimie*. Nous renvoyons le lecteur à l'article consacré à cette science, ainsi qu'aux mots GALVANOPLASTIE et OZONE.

4° *Effets magnétiques*. Si un fil métallique, traversé par un *courant*, est disposé parallèlement à une aiguille aimantée librement suspendue, l'aiguille quitte le méridien magnétique et se met en croix avec le *courant*, son pôle austral tourné à la gauche de ce dernier, si l'observateur qui le personnifie regarde l'aiguille. De cette simple observation, faite en 1820 par Œrsted, est sortie l'une des plus belles et des plus fécondes sciences modernes, l'*électro-magnétisme*.

— *Action des courants sur les aimants*. La cause inconnue de l'action qui s'exerce entre le *courant* et l'aiguille s'appelle *force électro-magnétique*. Elle opère dans tous les sens et à travers toutes les substances, excepté au travers des substances magnétiques. Son intensité diminue à mesure qu'augmente la distance entre l'aiguille et le *courant*.

Mais le *courant* ne dévie pas seulement l'aiguille de sa position; il peut encore, lorsqu'elle est convenablement placée, lui imprimer un mouvement de rotation continu. Pour faire l'expérience, on fait passer le *courant* dans un cylindre rempli de mercure, au milieu duquel se tient debout, testé par un contre-poids de plaline, un aimant de forme cylindrique. Dès que le *courant* passe, l'aimant tourne sur lui-même avec d'autant plus de rapidité que la pile est plus puissante. Nous verrons, au mot SOLÉNOÏDE, comment Ampère explique cette rotation.

Laplace a démontré que l'intensité de l'action exercée par un élément du *courant* est en raison inverse du carré de la distance, comme toutes les forces connues, et proportionnelle au sinus de l'angle formé par la direction du *courant* et par la ligne menée du milieu de l'élément considéré au milieu de l'aimant. En évaluant d'après ce principe la somme des actions élémentaires exercées sur une petite aiguille aimantée par un *courant* rectiligne indéfini, on trouve que *l'intensité de l'action du* courant *est en raison inverse de la simple distance*.

Cette loi fondamentale a été démontrée expérimentalement par Biot et Savart au moyen de l'appareil représenté fig. 4. AB est une aiguille

Fig. 4.

aimantée de 0 m. 015 à 0 m. 020 de longueur, suspendue à un fil de cocon, et garantie contre l'agitation de l'air par une cloche de verre. L'action magnétique de la terre est neutralisée par un barreau convenablement placé. CD représente la direction d'un gros fil de cuivre de 2 à 3 m. de longueur, traversé par un *courant*. Ce fil, maintenu toujours verticalement, est porté successivement à diverses distances de l'aiguille; celle-ci se met en croix avec lui, ayant son pôle austral à gauche du *courant*. Si on l'écarte alors un peu de cette position, elle y revient par une série d'oscillations isochrones, dont le nombre dépend de l'énergie électro-magnétique. (V. MAGNÉTISME et BALANCE DE COULOMB.) Soient, dans une première expérience, *d* la distance du *courant* au milieu de l'aiguille, *n* le nombre d'oscillations exécutées dans un temps donné, et *f* la force qui les a provoquées; dans une deuxième expérience, *d'*, *n'*, *f'* les quantités analogues. On a

$$\frac{f}{f'} = \frac{n^2}{n'^2}.$$

Ainsi, après avoir observé *n* et *n'*, et mesuré *d* et *d'*, il est facile de comparer les intensités des *courants*. On en trouve que

$$\frac{n^2}{n'^2} = \frac{d}{d'} \quad \text{d'où} \quad \frac{f}{f'} = \frac{d'}{d}.$$

Si, au lieu d'être rectiligne, le *courant* est, comme KMN, composé de deux branches également inclinées par rapport au plan horizontal qui contient l'aimant, l'intensité de son action sur cet aimant varie toujours en raison inverse de la distance; mais, de plus, *elle est proportionnelle à la tangente trigonométrique de la moitié de l'angle formé par les deux branches du fil.* Cela revient à dire que l'intensité décroît avec l'angle; elle est maximum quand l'angle est de 180 degrés, auquel cas le *courant* est rectiligne, comme CD. Elle est minimum quand l'angle est nul, parce qu'alors les deux parties du *courant* sont superposées, et, par conséquent, s'entre-détruisent.

On pourrait, d'après les principes précédents, déterminer l'action mutuelle d'un aimant et d'un *courant* pour toutes les positions relatives qu'ils sont susceptibles d'occuper, pour toutes les formes qu'un *courant* peut revêtir, et pour les différents modes de suspension qu'on peut donner à l'aiguille aimantée. Et, d'un autre côté, on pourrait chercher à vérifier les résultats du calcul en faisant passer les *courants* à travers des conducteurs mobiles construits en fils flexibles. C'est ce qu'a fait l'illustre Ampère, et ce qui l'a conduit successivement à la découverte de toutes les lois de l'électro-magnétisme, et à proclamer l'identité des deux causes jusqu'alors distinctes qui produisent les phénomènes magnétiques et les phénomènes électro-dynamiques. Mais cette marche nous entraînerait dans des développements qui excéderaient les limites d'un article de dictionnaire. Nous nous bornerons à énumérer les principales conclusions de la théorie.

— *Aimantation par les courants*. En septembre 1820, Arago, ayant plongé dans la limaille de fer une portion du fil conjonctif de la pile, vit la limaille s'attacher autour du fil comme autour d'un aimant, et y adhérer tant que le *courant* passait; mais elle se détachait et tombait dès que le circuit était rompu. D'un autre côté, les *courants* étant sans action sur les substances non magnétiques, il faut bien reconnaître que l'attraction qu'ils exercent n'est point due à l'électricité statique, mais à un principe analogue au magnétisme. Ne se pourrait-il pas dès lors que le *courant* aimantât les substances magnétiques, comme ferait un aimant? C'est ce que reconnut Arago, en plaçant de petites aiguilles d'acier sur le fil réophore. Elles s'attachaient au fil et se mettaient en croix avec lui, comme dans l'expérience d'Œrsted; le pôle nord à gauche. On séparait alors les aiguilles du fil, et elles restaient aimantées. Ainsi l'électricité peut engendrer le magnétisme. Pour produire une aimantation plus énergique, on fait passer le *courant* dans une petite spirale qui entoure la substance à aimanter. Par exemple, on place le barreau d'acier dans un tube de verre, autour duquel on enroule en hélice le fil réophore de la pile, et l'on fait passer le *courant*. Le barreau d'acier est aimanté au bout de très-peu de temps.

Si, au lieu d'acier, le tube contient un barreau de fer doux, l'aimantation est encore prompte; mais elle cesse des que le *courant* est interrompu. V. ÉLECTRO-AIMANT. — V. aussi *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. 1er, un travail étendu de M. Abria sur toutes les circonstances de l'aimantation par les *courants*.

En aimantant les substances magnétiques, le *courant* développe dans leur masse des mouvements moléculaires encore peu connus et mal déterminés, qui se traduisent par des changements de forme, des vibrations sonores, des oscillations; d'où l'on serait induit à conclure que l'aimantation résulte d'un arrangement spécial des particules de la matière. Si cet arrangement persiste, on a un aimant permanent; s'il est passager, si les molécules reviennent à leur premier état d'équilibre, les effets magnétiques se montrent aussi passagers. Les molécules des corps, ou au moins de certains corps, seraient donc susceptibles de prendre et de garder une *disposition magnétique*, qui en ferait des aimants; de sorte que toute action mécanique capable de provoquer cette disposition devrait provoquer en même temps l'aimantation. C'est en effet ce qui semble résulter de quelques observations : on a vu du fer, de l'acier, etc., s'aimanter par la rupture, par l'échauffement, par la torsion, etc. De même on a vu des aimants perdre leur magnétisme par le choc ou la rupture, probablement parce qu'alors les molécules perdaient leur orientation magnétique.

— *Action des courants sur les courants*. L'expérience d'Œrsted révélait entre l'électricité et le magnétisme une relation qu'on n'avait point jusque-là soupçonnée; et qui parut être à Ampère assez intime pour lui faire supposer que les causes de ces deux genres de phénomènes, jusqu'alors considérées comme indépendantes, pourraient bien être les mêmes. Mais, pour que cette intuition fût légitime, il fallait de toute nécessité que deux *courants* quelconques exerçassent des actions mécaniques réciproques, et Ampère fut conduit ainsi à rechercher si, en réalité, ces actions existent. L'expérience confirma les vues de cet illustre physicien; il détermina les lois des attractions et des répulsions de deux éléments de *courant*, et il parvint ensuite à composer des conducteurs de forme telle, qu'étant traversés par un *courant* ils possèdent toutes les propriétés des aimants, dont ils expliquent rationnellement la constitution. C'est ainsi qu'Ampère interpréta le magnétisme par l'électricité, dans une théorie qui est une des plus fécondes de la physique. » (J. Jamin.)

Les actions réciproques des *courants* sont très-variées; elles dépendent du sens des *courants*, de leur distance, de leur intensité, de leur longueur : de là des calculs, souvent longs et pénibles, dont nous exposerons les principes essentiels au mot ÉLECTRO-DYNAMIQUE. Ici nous nous bornerons à faire connaître les faits.

Tout l'artifice des expériences consiste à rendre mobiles les conducteurs parcourus par les *courants*, pour les mettre en état de manifester librement les influences qu'ils subissent. On peut les rendre mobiles de plusieurs manières. Une des plus simples est celle qui a été réalisée par M. G. de La Rive dans l'appareil suivant (fig. 5). Un flotteur en liège

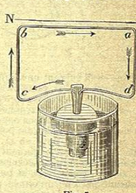

Fig. 5.

plongé dans de l'eau acidulée, porte, adhérant à sa surface inférieure, un couple zinc et cuivre, ou mieux un couple à charbon, destiné à produire un *courant* électrique. Les pôles de ce couple sont mis en communication, à travers la masse de liège, avec un fil de cuivre qui constitue un conducteur mobile. On peut augmenter l'intensité du *courant* en faisant faire à ce fil plusieurs circuits parallèles et isolés, comme dans le *multiplicateur*. Pour constater les diverses influences que ce *courant* peut recevoir d'un autre *courant*, on en approche un fil métallique MN, qui joint les deux pôles d'une pile en activité. Si le fil MN est présenté parallèlement au fil *ad* ou au fil *ab*, les déplacements du flotteur sur le liquide accusent des attractions ou des répulsions, suivant le sens des *courants*. Il y a attraction si les *courants* marchent dans le même sens, et répulsion s'ils marchent en sens contraires. Donc :

1° *Deux* courants *parallèles s'attirent quand ils sont de même sens, et se repoussent quand ils sont de sens contraires.*

2° Au moyen du même appareil, on croisant le fil MN avec *ab* ou *ad*, on reconnaît que : *Deux* courants *croisés s'attirent quand ils marchent dans le même sens par rapport au point de croisement, et se repoussent quand ils marchent en sens contraires.* Par point de croisement on entend un point quelconque de la perpendiculaire commune aux deux conducteurs.

3° *Les parties consécutives d'un même* courant *se repoussent.* Une des plus élégantes démonstrations de ce principe est la suivante (fig. 6). Plusieurs billes de fer, placées en

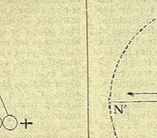
Fig. 6.

ligne droite, sont suspendues à des fils rattachés au même point d'appui; elles se touchent. Aux deux boules extrêmes sont soudés deux fils, communiquant chacun avec un des pôles d'une même pile. Pendant le passage du *courant*, on voit les boules extrêmes s'écarter, et des étincelles qui partent entre les autres boules indiquent qu'elles ne sont pas toujours en contact.

4° *Deux* courants *contraires de même tension, faisant partie d'un même circuit, s'annulent mutuellement.* On démontre ce principe en présentant au conducteur flottant de la fig. 5 un fil de cuivre replié sur lui-même et parcouru par un *courant* : le flotteur reste immobile.

5° *L'action d'un* courant *rectiligne est la même que celle d'un* courant *sinueux.* On dispose, près d'un *courant* mobile, un fil de cuivre recourbé, dont une branche est rectiligne et l'autre sinueuse, et l'on y fait passer un *courant* : le *courant* mobile ne bouge pas.

L'équivalence entre l'action d'un *courant* sinueux et celle d'un *courant* linéaire, qui en est la projection, permet de remplacer un *courant* sinueux par un rectiligne (pourvu qu'il soit peu étendu) par sa corde ou par ses deux projections faisant entre elles un angle quelconque.

Réciproquement, une petite portion de *courant* rectiligne AB (fig. 7) peut être remplacée par une partie sinueuse ou polygonale ACB. On peut donc composer et décomposer les *courants* en leur appliquant la règle du parallélogramme des forces, et par ce moyen prévoir, comme l'a fait Ampère, tous les phénomènes qui doivent se produire lorsque deux *courants* sont mis en présence l'un de l'autre, dans des conditions données.

Fig. 7.

— *Rotation d'un courant par l'action d'un courant*. Concevons un *courant* fixe indéfini FQ et un *courant* fini mobile MN, perpendiculaire à la direction du premier (fig. 8). Soit

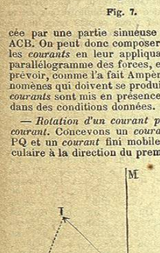

Fig. 8.

ON la perpendiculaire commune aux deux *courants*. Le point de croisement étant sur cette perpendiculaire, il y aura attraction entre les parties MN et PO, qui marchent vers le point de croisement. Cette attraction pourra être représentée par la droite HR. Au contraire, il y aura répulsion entre les parties MN et OQ, qui s'éloignent du point de croisement, et cette répulsion pourra être représentée par la droite HI. Par raison de symétrie, les deux forces HI, HK seront égales et également inclinées par rapport à MN. Leur résultante HR sera donc perpendiculaire au *courant* MN, et elle l'entraînera parallèlement au *courant* PQ, de Q vers P.

Si le *courant* MN marchait de N en M, il est aisé de voir que la résultante HR l'entraînerait en HR', parallèlement au *courant* PQ, et dans le même sens que ce *courant*.

Supposons maintenant que le *courant* MN ne puisse pas se déplacer tout d'une pièce, mais qu'il soit mobile seulement autour du point M (fig. 9). Qu'arrivera-t-il? Le *courant*

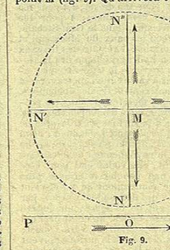

Fig. 9.

MN sera à la fois repoussé par la partie OQ, et attiré par la partie PO. S'il était libre, il se dirigerait, en restant parallèle à lui-même, dans la direction MN'. Mais, comme il est fixé au point M, il tournera autour de ce point et viendra prendre la position MN', parallèle à PQ. Mais les deux *courants* PQ et MN' étant de sens contraires, ils se repousseront, et le *courant* MN' continuera de tourner de la seule manière qui lui soit permise, en s'éloignant de PQ; il viendra alors occuper la position MN''. Dans cette position, le *courant* MN'' est attiré par la partie OQ et repoussé par la partie PO. S'il était libre, il se déplacerait parallèlement à lui-même, suivant la direction MN'''; mais il ne peut que tourner autour du point M; il viendra donc occuper la position MN''', parallèle à PQ. Il sera alors attiré et par suite revîendra à son point de départ, pour recommencer sa course, tant que les piles resteront en activité.

Le même effet serait produit, si le *courant* fixe PQ était tangent en un point quelconque de la circonférence horizontale qui a MN pour rayon, ou s'il était remplacé par cette circonférence elle-même. C'est ce qu'on vérifie par l'expérience.

— *Courants terrestres*. Nous avons étudié plus haut l'action des *courants* sur les aimants. Le principe de l'égalité entre l'action et la réaction conduit à admettre que les aimants doivent aussi agir sur les *courants*, et, de fait, ils agissent d'une manière qui a été prévue par le calcul, puis vérifiée par l'expérience. (V. AIMANT, ÉLECTRO-MAGNÉTISME, MAGNÉTISME.) Parmi ces actions, il en est une où la terre semble jouer le rôle du *courant* indéfini fixe dans la rotation d'un *courant* horizontal mobile. Prenez un conducteur quelconque, mobile autour d'un axe vertical, et faites-y passer un *courant*. Il tournera de lui-même et prendra une direction déterminée, comme s'il était sous l'influence soit d'un aimant, soit d'un *courant*. Il se placera perpendiculairement au méridien magnétique, de manière que, dans la partie inférieure du circuit, le *courant* marche de l'est à l'ouest. Tout se passe comme s'il y avait, dans l'équateur magnétique de la terre, un *courant* indéfini allant de l'est à l'ouest. L'hypothèse de ce *courant* terrestre, expliquant ainsi les mouvements spontanés des *courants* mobiles, a été introduite par Ampère. Ce physicien considérait le globe terrestre comme sillonné par des *courants* intérieurs parallèles à l'équateur magnétique. Pour faciliter les calculs, on peut ramener l'ensemble des actions de tous ces *courants* à l'action d'un seul *courant* hypothétique, auquel on attribue une intensité et une position telles qu'elles rendent compte de ces effets. C'est ce *courant* qui a été appelé *courant moyen de la terre*. Nous exposons, dans l'article consacré au magnétisme, les hypothèses par lesquelles on a prétendu expliquer l'origine des *courants* terrestres.

— *Courants astatiques*. Deux *courants*, dont les effets réciproques contre-balancent l'action qu'un troisième *courant* exercerait sur chacun d'eux isolément, sont dits *astatiques*. Il importe, dans les expériences d'électro-dynamique, de pouvoir annuler l'intervention de la terre, qui empêcherait de rapporter les mouvements produits à leurs véritables causes. Pour cela, chaque expérience devrait être répétée une seconde fois, mais en renversant le *courant* fixe, de manière à changer le sens de l'action sur le *courant* mobile. Le *courant* mobile subirait ainsi successivement deux déviations contraires qui, si la terre n'agissait, seraient égales, et dont la différence représenterait précisément l'action de la terre, de façon qu'on pourrait en tenir compte.

L'emploi des *courants* astatiques permet d'éviter la répétition des expériences. Les circuits sont repliés de manière à former deux figures (rectangles, circonférences, etc.) que le *courant* parcourt en sens inverses : l'action de la terre sur l'une des moitiés est ainsi contre-balancée par son action contraire sur l'autre.

— *Courants d'induction*. V. INDUCTION.

— II. COURANTS ATMOSPHÉRIQUES. Quand on examine l'atmosphère dans son ensemble, on reconnaît bientôt que le caprice proverbial de ses mouvements n'est qu'apparent et en quelque sorte localisé accidentellement; il disparaît presque totalement pour faire place à une immense circulation régulière et continue, donnant naissance à des *courants* dont la rapidité, la longueur et la direction ont pu être déterminées depuis quelques années.

La région la plus chaude du globe terrestre forme une zone qui devrait coïncider avec l'équateur géographique; mais, à cause de l'inégale répartition des terres et des mers entre les deux hémisphères, elle se développe un peu au nord de la ligne équatoriale, suivant une ligne sinueuse appelée *équateur thermique*. Sur cette zone, l'air fortement échauffé s'élève en masse vers les hautes régions de l'atmosphère, comme on le voit s'élever dans l'intérieur d'une cheminée en activité. Pour remplacer l'air ainsi pompé, de nouvelles masses d'air, rasant la surface du sol, arrivent des deux pôles, et constituent déjà deux *courants* inférieurs, allant, dans notre hémisphère, du nord au sud, et, dans l'hémisphère austral, du sud au nord. Par leur rencontre sous l'équateur thermique, et par l'effet du tirage équatorial, ces deux *courants* perdent leur vitesse et produisent l'état particulier dont jouit la région des calmes.

Cependant, quand l'air ainsi arrêté et aspiré est parvenu à une certaine hauteur qui nous est inconnue, il se partage en deux nappes qui, en vertu de leur propre poids, refluent et s'étalent dans la direction des pôles. De là, deux *courants* supérieurs, allant en sens contraire des *courants* inférieurs.

Les deux *courants* inférieurs, qui vont des pôles à l'équateur, sont ordinairement appelés *vents alizés*. Les deux *courants* supérieurs, qui vont de l'équateur aux pôles, sont les *contre-alizés*. Examinons de plus près ces derniers. Le *contre-alizé* supérieur part des hauteurs de l'atmosphère dans la région équatoriale; sa marche est d'abord très-rapide, mais elle diminue graduellement de vitesse à mesure qu'il s'éloigne de son point de départ, et qu'il avance vers les pôles, il se rapproche graduellement de la terre par l'effet du refroidissement. Un moment vient, à peu près vers le tropique, où il en est assez près pour contrarier la marche de l'*alizé* inférieur qui rase la terre. Aussi, à partir des tropiques jusqu'aux pôles, l'existence des deux *courants* est elle difficile à constater, non-seulement à cause de leur rencontre, mais encore à cause des continents étendus et accidentés qui remplissent ces intervalles. Ce n'est guère qu'entre les tropiques qu'on peut reconnaître la régularité des *courants atmosphériques*.

Jusqu'ici nous n'avons pas tenu compte du mouvement de rotation de la terre sur elle-même. La terre tourne avec son atmosphère, dont la hauteur est estimée à environ 70 ou 80 lieues. Ce mouvement de rotation s'effectue de l'ouest à l'est, dans un intervalle de 24 heures, mais avec des vitesses très-inégales pour les différents points de la surface de la terre. Par exemple, tandis que la vitesse d'un point pris à l'équateur est de 416 lieues par heure, celle d'un point pris à la latitude de Paris n'est plus que de 273 lieues dans le même temps; au pôle même cette vitesse est nulle. Imaginons un instant que l'air, qui sous le 55e degré de latitude parcourt 238 lieues par heure, soit transporté, en conservant sa vitesse, sous le 49e degré, où est Paris. On voit ce qui va arriver. Tandis que chaque point terrestre du 49e degré fait 273 lieues à l'heure, chaque molécule d'air ne fait que 238 lieues. Le sol gagnera donc sur l'air une avance de 35 lieues par heure dans le sens de l'est, ou, ce qui revient au même, l'air sera en retard sur le sol de 35 lieues par heure; et, comme le sol paraît toujours en repos, les habitants du 49e degré attribueront à l'air une vitesse vers l'ouest de 35 lieues par heure, ce qui constitue un véritable ouragan.

Appliquons cet exemple au cas des *courants alizés* de l'hémisphère boréal. En marchant vers l'équateur, le *courant* atteint successivement des parallèles dont les diamètres, et par conséquent les vitesses, vont en croissant. Il sera donc de plus en plus en retard sur la marche des régions qu'il traverse; et, tout en progressant vers le sud, il semblera tendre vers l'ouest. Sa route apparente sera donc du nord-est au sud-ouest; et telle est, en effet, la direction des *alizés* de notre hémisphère. Par des considérations pareilles, on verrait aisément que les *alizés* du sud marchent du sud-est au nord-ouest.

Nous avons dit plus haut que l'équateur thermique est ordinairement, et surtout en

été, situé au nord de l'équateur géographique. Cette circonstance fait un peu dévier la marche ordinaire des *alizés* de l'hémisphère austral. Quand l'*alizé* austral a franchi l'équateur géographique, il rencontre des parallèles dont la vitesse est graduellement décroissante, et son retard, au lieu d'augmenter, doit faiblir. Le *courant*, qui jusqu'alors marchait vers le nord-est, se redresse un peu vers le nord; il en est de même de l'*alizé* boréal en hiver.

Il est aisé de voir que les *courants* supérieurs, ou contre-alizés, doivent se diriger, comme ils le font en effet, du sud-ouest vers le nord-est dans notre hémisphère, et du nord vers le sud-est dans l'hémisphère austral; car ces *courants*, à mesure qu'ils s'éloignent de l'équateur, traversent des parallèles dont la vitesse est graduellement décroissante, et prennent par conséquent de l'avance vers l'est sur ces parallèles.

Si la terre était parfaitement ronde et sans aspérités, s'il n'atmosphère était sans nuages, il n'y aurait probablement sur la surface du globe pas d'autres vents que les alizés et les contre-alizés. Mais ces *courants*, dans leur marche, se heurtent à des élévations de terrain, à des montagnes qui les divisent, les font refluer, et, en les détournant de leur route, les poussent sur d'autres masses d'air dont, par cela même, la marche est troublée. Les nuages prodiguent, quoique à un degré moindre, un effet pareil. De plus, ils font baisser la température de la masse d'air à laquelle ils cachent le soleil, et produisent ainsi dans cette masse des *courants* de sens compliqués, allant des parties froides vers les plus chaudes. On voit que les *courants* réguliers sont exposés à de nombreuses perturbations.

Nous avons dit plus haut que les contre-alizés, qui viennent de l'équateur, et les alizés, qui y vont, se rencontrent à peu près sous les tropiques. C'est pourquoi les météorologistes considèrent la ligne des tropiques comme coupant en deux circuits la circulation générale de l'atmosphère. Le circuit direct est limité aux régions tropicales; le circuit dérivé s'étend des tropiques à une distance variable des pôles, peut-être jusqu'aux pôles mêmes. Ces deux circuits, séparés par des *courants* verticaux, sont reliés entre eux par une partie de leurs nappes supérieures et inférieures. On a appelé *courant* équatorial la branche du contre-alizé supérieur qui plonge dans le circuit direct, et *courant* polaire, le *courant* de retour qui passe du même circuit dans le circuit direct, pour s'y joindre à l'alizé inférieur.

Considérons le *courant* équatorial dans notre hémisphère. Il va du sud-ouest au nord-est, comme le contre-alizé supérieur dont il est le prolongement. A mesure qu'il pénètre à de plus hautes latitudes, les parallèles qu'il traverse décroissent rapidement. Le *courant* prend donc une vitesse relative de plus en plus grande vers l'est, et sa direction finit par devenir franchement de l'ouest à l'est. Pareil effet se produit dans l'hémisphère sud. Ainsi, dans cette zone, les vents relatifs viennent généralement de l'est à l'ouest, au contraire, à une certaine distance des pôles, ils courent de l'ouest à l'est.

Dès que le *courant* équatorial, dit M. Marié-Davy, a pris la direction de l'ouest à l'est, il cesse de descendre vers le pôle. Par le seul fait de sa vitesse acquise, et grâce à la forme arrondie de la terre, il tend à se rapprocher de l'équateur. Dans ce mouvement rétrograde, il repasse par des parallèles de plus en plus grands, dont la vitesse est croissante. Sa vitesse vers l'est devient donc bientôt considérable, et se transformer peu à peu en une vitesse relative vers l'ouest. Le *courant* polaire, comme l'alizé, souffle finalement du nord-est.

En appliquant à chaque région les considérations théoriques que nous venons de développer, et en rassemblant une multitude d'observations, on est parvenu à construire des cartes qui indiquent la direction des *courants* de l'atmosphère sous toutes les latitudes aux différentes époques de l'année.

Lorsqu'un *courant* rencontre sur sa route une bourrasque, un tourbillon, une tempête, etc., il les transporte sur toutes les contrées par où il passe, tant que le météore n'est pas épuisé. Aujourd'hui, grâce au télégraphe, une tempête atmosphérique sévissant en une région déterminée de l'Europe peut être annoncée, plusieurs heures à l'avance, aux villes et aux côtes qu'elle visitera. C'est le service que rend, tous les jours, à toutes les ports de l'Europe l'office météorologique établi à l'Observatoire sous la direction de M. Marié-Davy.

Les *courants* marins jouent aussi un rôle important dans la production des *courants atmosphériques*. Il y a notamment un *courant* d'eau chaude, le *Gulf-Stream*, qui sort du golfe du Mexique, longe les côtes orientales de l'Amérique du Nord, traverse ensuite l'Atlantique de l'ouest à l'est, et vient réchauffer les côtes occidentales et septentrionales de l'Europe. La chaleur des eaux se communique à la nappe d'air située au-dessus. Il y a donc entre cette nappe d'air et l'air environnant une différence de température d'autant plus prononcée que la saison est plus froide. La nappe chaude tend à s'élever; l'air froid qui l'entoure se précipite alors de chaque côté pour en remplir la place. De là des appels d'air qui sont une des causes des per-