

suivant une période dont les termes ne sont pas encore connus faute d'observations assez prolongées, *annuels*, ce sont les moins prononcés, et enfin *diurnes*, ce sont les plus complexes, car ils varient dans leur grandeur avec les différents mois de l'année et même avec les années, étant sous ce rapport soumis à une période décennale. Quant aux changements irréguliers, ils paraissent obéir eux-mêmes à certaines lois, soit quant aux époques, soit quant aux lieux de leur apparition; car, chose assez remarquable, ils se montrent d'une manière presque toujours simultanée dans les lieux du globe les plus distants les uns des autres, constituant ce que M. de Humboldt appelle des *orages magnétiques*.

L'influence du lieu d'observation sur les éléments magnétiques est également considérable; mais elle ne peut être évaluée exactement qu'autant qu'on tient compte du temps, puisque sans cela aucune comparaison ne serait possible sous ce rapport entre les divers points du globe. Voici en quoi peut se résumer cette influence du lieu :

1° La déclinaison ne paraît pouvoir être rattachée ni de près, ni de loin, à la position géographique; les lieux où la déclinaison est nulle, c'est-à-dire dans lesquels la direction de l'aiguille aimantée coïncide avec le plan du méridien terrestre paraissent déterminer par leur situation sur le globe trois lignes différentes dont deux surtout bien marquées, qui ont la forme générale de méridiens, mais ne sont nullement ni régulières, ni stables. L'une de ces lignes passait à Paris en 1663; elle a eu dès lors un mouvement vers l'ouest, qui paraît s'être arrêté, et elle passe maintenant par Philadelphie. Quant aux lignes qui passent par les points qui, sans avoir une déclinaison nulle, ont la même déclinaison, et qu'on a nommées méridiens magnétiques, elles sont très-irrégulières également et ne forment point des grands cercles de la sphère.

2° L'inclinaison et l'intensité paraissent marcher en général ensemble. Ces deux éléments ont leur moindre valeur dans les régions équatoriales; toutefois, la notion d'un équateur magnétique, c'est-à-dire d'une ligne passant sur la sphère terrestre par tous les points à la fois où l'inclinaison serait nulle et

l'intensité aurait sa moindre valeur, ne paraît pas pouvoir être admise, sinon très-approximativement. Mais à partir des régions équatoriales, on voit, à mesure qu'on s'avance vers les régions polaires, dans l'un comme dans l'autre hémisphère, l'intensité aussi bien que l'inclinaison, augmenter d'une manière sensible et assez régulière, quoique cependant elles soient loin d'être les mêmes dans des lieux situés sur les mêmes parallèles. Malgré cette uniformité approximative de la marche de l'inclinaison et de l'intensité, ce n'est pas aux points où l'inclinaison est à son maximum, c'est-à-dire à 90°, que se trouve le maximum d'intensité.

3° Les variations ne sont pas les mêmes sur tous les points du globe, quoiqu'elles obéissent en général aux mêmes lois. Ainsi les variations de déclinaison sont de signes contraires dans les deux hémisphères; il n'existe point de lieux où elles soient nulles; seulement dans des points situés entre les tropiques et même dans quelques-uns situés en dehors (tels que le Cap de Bonne-Espérance), le sens de la variation est pendant une moitié de l'année environ, inverse de ce qu'il est pendant l'autre moitié. Quant à l'amplitude des variations des divers éléments magnétiques, elle augmente en général avec l'intensité absolue du magnétisme lui-même, étant plus considérable, à mesure qu'en partant de l'équateur on se rapproche des régions polaires.

§ 3. Hypothèses sur les causes des phénomènes du magnétisme terrestre.

L'examen détaillé que nous avons fait dans le paragraphe précédent des résultats divers et nombreux qu'ont déjà fournis les observations magnétiques si multipliées sur la surface du globe, nous permet maintenant de chercher les causes auxquelles on peut les attribuer.

Un point bien établi, et qui l'avait déjà été par Gilbert, c'est que les forces qui agissent sur l'aiguille aimantée émanent directement du globe terrestre; la simple analyse de ces forces et de leurs effets le démontre; la variation de l'inclinaison

et de l'intensité avec la latitude même et avec la hauteur au-dessus du sol, la nature de l'action directrice, etc., ne sont compatibles qu'avec la notion d'un magnétisme terrestre, c'est-à-dire d'une cause ayant une origine dans la terre. Mais quel est ce magnétisme? Où réside-t-il? Quelle est sa forme, sa distribution, son origine? Voilà les questions qui se présentent naturellement.

Gilbert avait cru que la terre est un aimant et qu'elle a par conséquent deux pôles magnétiques assez voisins de ses pôles terrestres; après lui Halley était arrivé à croire que pour expliquer tous les phénomènes du magnétisme terrestre, il fallait admettre l'existence, non pas de deux, mais de quatre pôles. M. Hansteen, plus tard, était arrivé à la même conclusion et avait même assigné la place de ces quatre pôles. Il faudrait, dans cette hypothèse, admettre que la terre serait traversée par deux aimants se croisant dans son centre, et dont les axes formeraient entre eux un certain angle. Il est vrai qu'il existe dans la terre un oxyde de fer magnétique doué de polarité; M. de Humboldt a fait des observations curieuses sur le magnétisme polaire de certaines roches et même d'une montagne. Mais, outre qu'on ne peut admettre que la terre renferme une assez grande quantité de ces roches magnétiques pour constituer le magnétisme terrestre, on ne comprendrait pas à quoi tiendrait la distribution régulière qu'affecterait leur polarité magnétique. Elles ne peuvent donc jouer d'autre rôle que celui de déterminer des anomalies locales dans la direction générale de l'aiguille aimantée, ou dans l'intensité du magnétisme terrestre.

Au reste, l'hypothèse de pôles magnétiques dans l'intérieur de la terre avait été soumise au calcul par M. Biot qui avait trouvé que pour faire rentrer dans cette hypothèse toutes les observations relatives au magnétisme terrestre, il fallait nécessairement admettre que les deux pôles étaient très-rapprochés l'un de l'autre et à très-peu de distance du centre de la terre. Mais les nouvelles observations, qui ont été faites depuis le calcul de M. Biot, c'est-à-dire depuis quarante ans, ne sont plus compatibles avec l'hypothèse de deux pôles égaux et contraires situés d'une manière quelconque dans l'intérieur de

notre globe; c'est ce qu'a démontré M. Pouillet, qui, en fondant sur cette hypothèse une formule générale, s'est assuré qu'elle ne pouvait point représenter les résultats des observations, qu'il n'y avait en particulier aucune possibilité de représenter avec une approximation suffisante l'ensemble des déclinaisons observées, ni même des déclinaisons qui appartiennent à l'équateur terrestre ou à un parallèle quelconque, et que cette impossibilité ne résulte pas même des incertitudes qui peuvent exister sur le véritable tracé de l'équateur magnétique. Le calcul montre que, si le magnétisme de la terre était dû à deux pôles magnétiques égaux et contraires situés d'une manière quelconque, il devrait y avoir une exacte symétrie des déclinaisons, aux extrémités d'une même ligne passant par le point où l'axe magnétique traverse l'équateur; or au contraire on voit sur la circonférence de l'équateur une dissymétrie frappante; au lieu de deux points où la déclinaison est nulle on en trouve trois; et au lieu d'avoir des *maxima* de déclinaison égaux et opposés, il arrive que l'un de ces *maxima* surpasse l'autre de plusieurs degrés. Il est donc évidemment impossible d'expliquer les phénomènes magnétiques en supposant que pour tous les points de la terre les centres d'action soient les mêmes.

L'hypothèse des quatre pôles de Halley et M. de Hansteen satisfait-elle mieux aux exigences des observations? Nous le pensons d'autant moins que les points auxquels M. Hansteen a appliqué la dénomination de pôles n'en ont point les caractères; ce sont seulement, comme M. Sabine l'a fait voir, les points de la plus grande intensité magnétique pour deux systèmes qui se distinguent l'un de l'autre par la différence dans le degré de la variation séculaire à laquelle les phénomènes paraissent être sujets dans chacun d'eux. D'ailleurs, pourquoi seulement quatre pôles et deux aimants, une fois qu'on ne peut s'arrêter à l'idée naturelle de deux pôles et d'un seul aimant? Ajoutons encore contre l'hypothèse de pôles magnétiques proprement dits, situés dans l'intérieur du globe, l'impossibilité de concilier l'existence de centres magnétiques puissants plus ou moins près de celui de la terre, avec l'existence bien probable dans cette portion du

globe, d'une très-haute température qui est incompatible avec un magnétisme prononcé.

L'opinion de Gauss, que tout l'ensemble du globe est magnétique et qu'il existe un grand nombre de centres magnétiques, nous paraît infiniment plus rationnelle. Seulement M. Gauss est obligé d'assigner à chaque portion du globe une puissance magnétique moyenne considérable, savoir à chaque huitième de mètre cube la force magnétique d'un barreau aimanté capable de supporter le poids d'une livre.

M. Barlow, après avoir démontré que ni la présence d'un seul aimant, ni l'arrangement de plusieurs aimants dans l'intérieur du globe, ne pourraient produire les phénomènes du magnétisme terrestre, estime qu'on peut, au contraire, en rendre très-bien compte en admettant, comme Ampère, des courants électriques circulant autour du globe terrestre dans la direction à peu près de l'est à l'ouest. Il a cherché à confirmer cette hypothèse en distribuant sur la surface d'un globe en bois une série de courants électriques disposés de façon à produire sur une aiguille aimantée soustraite à l'influence terrestre et placée dans diverses positions, le même genre d'action que la terre lui imprime dans des positions analogues; et l'expérience a confirmé ses prévisions, du moins d'une manière générale.

Nous sommes très-disposé à croire que les forces qui produisent le magnétisme terrestre ont leur origine dans la portion solidifiée, c'est-à-dire dans l'écorce solide du globe terrestre, ce qui n'empêche pas que les points d'application de leurs résultantes puissent être quelque part dans l'intérieur du globe plus ou moins près de son centre. Dès lors l'idée de courants électriques circulant dans cette enveloppe solide et formant un solénoïde plus ou moins compliqué, nous paraît la plus naturelle. Mais d'où naissent ces courants et quelle est la cause qui détermine leur direction? Nous avons bien admis, pour expliquer l'électricité atmosphérique, une production d'électricité résultante d'actions chimiques qui ont lieu dans l'intérieur du globe terrestre; mais nous ne pourrions comprendre comment ce développement d'électricité pourrait donner naissance à des

courants circulants de l'est à l'ouest. Cette direction doit être évidemment liée au mouvement de rotation de la terre qui a lieu de l'ouest à l'est; et par conséquent ce n'est que dans l'existence de courants d'induction provenant d'une action magnétique extérieure à la terre, mais susceptible de s'exercer sur elle, qu'on pourrait trouver la confirmation de l'hypothèse d'Ampère adoptée par M. Barlow.

En effet, les courants d'induction sont liés plus ou moins, quant à leur direction, avec le sens du mouvement du corps induit; et on sait qu'en faisant tourner rapidement sur son axe un corps rond, sphérique par exemple, sous l'influence d'un pôle magnétique, on peut y déterminer des courants induits continus. Mais où serait, quand il s'agit de la sphère terrestre, le corps inducteur? Evidemment on ne peut le trouver que dans la lune ou dans le soleil. La lune exerce bien une influence sur les mouvements de l'aiguille aimantée, mais cette influence est bien faible, et rien ne nous fait découvrir des traces de magnétisme ou d'électricité dynamique dans la lune, dont la masse d'ailleurs est trop petite par rapport à la terre pour supposer qu'elle puisse agir sur elle; ce serait bien plutôt la terre qui pourrait agir sur la lune¹.

Ce n'est que dans le soleil que nous pourrions trouver un corps extérieur à la terre capable d'exercer sur elle une action inductrice. D'abord le soleil nous paraît posséder des propriétés électro-dynamiques puissantes, car il est bien probable que sa lumière est due à d'énergiques courants électriques qui l'en-

¹ En effet, partant du fait que la terre jouit par une cause ou une autre des propriétés d'un gros aimant plus ou moins irrégulier, il est évident que par son mouvement rapide de rotation, elle doit induire dans la lune, dont le mouvement est bien moindre, des courants fermés plus ou moins intenses suivant la conductibilité des matériaux dont est formé notre satellite. Ce serait l'action de ces courants sur l'aiguille qui expliquerait les légères variations dues à l'influence de la lune. Une question intéressante à résoudre serait, connaissant exactement la distribution du magnétisme terrestre sur notre globe, de rechercher quelle devrait être pour les différentes phases de la lune, la direction des courants induits sur sa surface par le magnétisme de la terre, et de voir si cette direction s'accorderait avec l'effet lunaire signalé par divers observateurs.

tourent; du moins il n'existe pas une lumière artificielle qui ait plus de rapport dans toutes ses propriétés avec la lumière solaire que la lumière électrique, telle que celle qui jaillit entre deux pointes de charbon qui communiquent respectivement avec les deux pôles d'une pile. De plus, les astronomes sont disposés, par des phénomènes d'un autre ordre, à admettre une polarité magnétique dans le soleil. M. Lamont rappelle que Bessel avait déjà mis en avant l'existence d'une pareille force pour expliquer les phénomènes présentés par la comète de Halley, dont une partie de la matière cométaire paraissait attirée par le soleil, et l'autre repoussée dans un sens opposé. Mais, tout en attribuant au soleil une forte puissance magnétique et en reconnaissant que la terre en tournant sous l'influence de cette puissance, doit posséder des courants induits, il y aurait bien des points à examiner avant de faire passer cette simple hypothèse au rang d'une théorie satisfaisante. Il faudrait se faire une idée de la distribution dans le soleil des forces magnétiques pour pouvoir en déduire la direction des courants induits dans le globe terrestre, car, tout en reconnaissant que le sens de la rotation du corps induit a la plus grande part d'influence dans la direction des courants provenant de cette induction, la position du corps inducteur en a aussi une considérable. Le mouvement de la terre dans son orbite, et par conséquent son changement de position par rapport au soleil chaque jour de l'année, pourrait-il se concilier avec la direction à peu près constante de son magnétisme?

Quant à l'irrégularité partielle que doit présenter la distribution des courants induits autour de la terre tout en obéissant à la loi générale de la direction de l'est à l'ouest, elle pourrait très-bien s'expliquer par les différences dans le degré de conductibilité des couches de l'écorce terrestre. On conçoit très-bien que notre globe ne peut pas être assimilé à une sphère creuse d'une épaisseur et d'une nature parfaitement uniformes, et que par conséquent les courants induits ne peuvent pas y avoir une direction aussi régulière que celle qu'ils affecteraient dans une semblable sphère. On sait déjà par les recherches de quelques géologues, et plus particulièrement de M. Louis Nec-

ker, qui le premier a signalé ce rapprochement, qu'il y a une liaison assez marquée entre les lignes d'égale intensité magnétique et la direction de certaines chaînes de montagnes, et par conséquent de certains soulèvements. Le déplacement séculaire de la direction des forces magnétiques du globe ne serait-il point lié à un travail de soulèvement graduel qui s'opérerait au-dessous de sa surface, et qui, en altérant la distribution des matériaux dont se compose son écorce, modifierait par là le sens des courants induits? Ce serait comme un canal dont la direction serait graduellement changée. Ce qui donnerait quelque probabilité à cette hypothèse, c'est que la déclinaison séculaire du pôle nord de l'aiguille aimantée à l'ouest a coïncidé avec le mouvement des glaces polaires, et en particulier avec l'apparition des *banquises*, près des côtes du Groënland; mouvement et apparition que les géologues s'accordent en général à attribuer à un soulèvement graduel du fond de la mer. Quant aux variations d'inclinaison et d'intensité avec la position géographique du lieu d'observation, elles seraient une conséquence rigoureuse des lois de l'électro-dynamique, une fois qu'on admettrait que notre globe est entouré d'une ceinture de courants électriques ayant tous une direction générale de l'est à l'ouest; et les anomalies que présentent cette inclinaison et cette intensité, aussi bien que la déclinaison, seraient un résultat des irrégularités nécessaires qui existent, à cause de sa non-homogénéité, dans la masse traversée par les courants induits.

Au reste, l'influence magnétique du soleil n'est pas une hypothèse gratuite; nous en trouvons une preuve dans la concordance qui existe entre les mouvements magnétiques sur la surface de la terre et les positions diverses du soleil par rapport aux lieux d'observation. On avait d'abord cherché à expliquer cette concordance par une action indirecte du soleil, et à cet égard on avait proposé des hypothèses que nous allons successivement exposer, soit pour montrer en quoi elles sont insuffisantes, soit parce que, si elles ne jouent pas le premier rôle, elles ont du moins une part importante dans l'explication de certains phénomènes du magnétisme terrestre.

La première de ces explications, qui a été essentiellement

développée par M. Aimé, consiste à attribuer les variations diurnes des éléments magnétiques à des courants thermo-électriques émanés tous du point le plus échauffé, point qui, se déplaçant avec le soleil, doit faire le tour du globe en vingt-quatre heures; de sorte qu'en chaque lieu de la terre, excepté sur le parallèle où est le centre d'action, la direction et la force des courants changent pendant toute la durée du jour. Il doit résulter de là que les mouvements diurnes de déclinaison sont généralement symétriques des deux côtés de l'équateur, et le méridien où la température de la croûte terrestre est le plus échauffé se trouvant à peu près celui de 2 heures après midi, c'est vers le lieu où l'équateur est coupé par ce méridien qu'on peut placer le centre où aboutissent les courants thermo-électriques. Les observations faites dans les deux hémisphères sont assez d'accord avec cette hypothèse; mais elle a contre elle, indépendamment d'une objection générale qui est commune à toutes les explications qu'on rattache à une action indirecte du soleil, le peu de probabilité de l'existence de courants thermo-électriques sur la surface de la terre, soit à cause de l'imparfaite conductibilité de cette surface, soit à cause de la proportion énorme d'eau qu'elle présente; or nous avons vu que les liquides ne sont pas susceptibles de thermo-électricité¹.

La seconde explication fondée sur une action indirecte du soleil consiste à admettre l'existence de courants électriques cheminant sur chaque hémisphère des pôles à l'équateur; ces courants seraient la conséquence de la réunion continue qui doit avoir lieu entre l'électricité positive qui s'échappant avec la vapeur d'eau de mer, des régions équatoriales vers les régions supérieures de l'atmosphère se rend de là vers les régions polaires, et la négative qui est restée dans le sol. J'ai cherché à montrer, en développant cette explication, que le sens des courants est d'accord avec celui des variations dont les *maxima*

(1) L'influence de la température de la surface du globe sur les phénomènes du magnétisme terrestre avait déjà été signalée par M. Hansteen, qui avait fait l'observation que la température dans le voisinage de trois de ses quatre pôles magnétiques, est beaucoup plus basse que dans d'autres contrées situées sous la même latitude.

et les *minima* correspondent pour chaque localité aux époques du jour et de l'année où par l'effet de la position du soleil la température est la plus élevée, et par conséquent l'évaporation la plus forte. Nous reviendrons sur cette explication qui, si elle est, comme nous allons le voir, insuffisante à elle seule pour rendre compte des variations régulières, doit très-probablement être admise pour expliquer une partie des phénomènes dont il s'agit, et en particulier les perturbations; car il est certain que l'électricité atmosphérique ou terrestre, que nous avons vu jouer un si grand rôle dans les phénomènes météorologiques, doit exercer une action sur les mouvements de l'aiguille aimantée. Mais la régularité avec laquelle, par les temps d'orage et pendant les plus violentes tempêtes comme par les temps les plus calmes, l'aiguille aimantée accomplit le plus souvent son oscillation, paraît peu compatible avec une explication qui ferait dépendre cette oscillation uniquement de cette électricité si variable dans ses manifestations.

La troisième explication est celle de Faraday qui attribue les variations magnétiques aux propriétés magnétiques de l'oxygène de l'atmosphère, propriétés qui suivent dans leur degré de force les variations de la température, en ce sens que le réchauffement les atténue, et que le refroidissement les exalte. Suivant le cours du soleil dans ses effets calorifiques sur l'atmosphère, M. Faraday parvient à montrer que les diverses variations qu'éprouve l'aiguille aimantée proviennent des différents états magnétiques de l'atmosphère correspondants à ses divers degrés de température; l'influence des heures du jour et des saisons se trouvant ainsi liée avec les variations de la température qui en résulte pour l'atmosphère. Mais nous ferons à cette explication, outre l'objection générale que nous allons présenter, l'objection particulière que nous avons faite à la précédente, fondée sur la difficulté de faire dépendre les mouvements magnétiques si réguliers dans leur période, d'une action dont l'intensité doit être aussi variable que l'est le réchauffement par l'effet du soleil de l'oxygène de l'atmosphère.

L'objection générale que nous pouvons faire à toutes ces explications, indépendamment de la difficulté de les concilier

avec la régularité des mouvements de l'aiguille aimantée, c'est que l'époque des variations, ainsi que l'a très-bien démontré M. Sabine, ne dépend pas de la position du soleil relativement à chaque lieu d'observation, ce qui devrait nécessairement exister si l'action du soleil est une action indirecte provenant de son effet calorifique, mais dépend de sa position absolue, c'est-à-dire de sa présence dans l'un ou l'autre hémisphère; tellement que par exemple la variation diurne change de sens en même temps à Sainte-Hélène et au Cap de Bonne-Espérance, quoique leur latitude soit très-différente, et ce changement a lieu pour les deux stations, lors même que l'une et l'autre sont dans l'hémisphère austral, au moment où le soleil traverse l'équateur, c'est-à-dire aux deux équinoxes seulement, et non au moment où il traverse les parallèles sur lesquels elles sont situées.

C'est donc, avons-nous dit, dans l'action directe du soleil qu'il faut chercher l'explication des variations ordinaires et périodiques des éléments magnétiques; le Père A. Secchi vient de le démontrer par une analyse remarquable qu'il a faite de ces variations et de leurs rapports avec les positions du soleil.

S'occupant d'abord des variations diurnes et annuelles de la déclinaison, le Père Secchi résume les résultats des observations nombreuses faites sur ces variations en quelques principes, que nous reproduisons d'autant plus volontiers qu'ils donnent une idée à la fois exacte et générale de cet ordre de phénomènes, quelle que soit du reste la théorie qu'on adopte pour les expliquer.

1° Les variations diurnes de l'aiguille aimantée suivent dans leur cours le temps du lieu d'observation.

2° Le pôle de l'aiguille qui se trouve le plus rapproché du soleil (le pôle sud dans notre hémisphère) exécute une double excursion diurne de la manière suivante: il se trouve à un maximum d'excursion occidentale quatre ou cinq heures avant que le soleil passe au méridien du lieu; de là il marche vers l'orient avec une vitesse croissante, dont le maximum se présente vers le passage du soleil par le méridien magnétique, et il atteint la limite de son excursion orientale une ou deux

heures après ce passage. Lorsque le soleil s'abaisse pour se coucher, l'aiguille retourne en arrière, et quand le soleil passe au méridien inférieur, la même oscillation se répète pendant la nuit, mais avec moins d'amplitude. Les heures limites de ces changements varient avec les saisons; généralement elles s'avancent en été, et se retardent en hiver. Toutes les variations sont les mêmes dans les deux hémisphères, pourvu qu'on change le nom du pôle dont on suit la marche. Comme les points d'inflexion de la courbe diurne dépendent du passage du soleil au méridien magnétique, si deux lieux situés dans l'hémisphère boréal ont des déclinaisons opposées, le premier à l'est, le second à l'ouest, les phases du second seront retardées par rapport à celles du premier. Si les lieux qu'on considère ne sont pas dans le même hémisphère, il faudra tenir compte à la fois de leur déclinaison et de l'opposition qui résulte dans leurs mouvements magnétiques, du fait qu'ils sont dans des hémisphères différents.

3° L'excursion diurne de l'aiguille est la somme de deux excursions séparées, dont la première dépend de l'angle horaire et la seconde de la déclinaison du soleil. Ces deux oscillations, en se superposant d'une manière variable, produisent par leurs interférences tous les phénomènes de variation diurne et annuelle ordinaire. C'est ce qu'on peut constater au moyen des observations faites à Toronto, à Hobarton, à Sainte-Hélène et au Cap de Bonne-Espérance, qui montrent que la position de l'aiguille aimantée à un instant quelconque dépend de la situation du soleil, relativement au méridien du lieu et relativement à l'équateur. On peut éliminer l'effet de l'une de ces causes de façon qu'il ne reste que la seconde. Pour avoir seule la période diurne, on n'a qu'à prendre la moyenne de toutes les observations faites pendant une année à chacune des heures de la journée, et si l'on construit graphiquement une courbe en prenant les heures pour abscisses, et les moyennes de déclinaison ainsi obtenues pour ordonnées, on obtient une courbe qui représente l'oscillation diurne que l'aiguille exécuterait si la déclinaison du soleil était constante. Maintenant on prend seulement ces moyennes pour chaque mois, on a alors une

courbe des moyennes horaires mensuelles qui passe tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de la première, qui est celle des moyennes horaires annuelles. Pour apprécier l'effet de la déclinaison du soleil, il n'y a qu'à retrancher les ordonnées de la courbe moyenne annuelle des ordonnées de la courbe moyenne mensuelle; on obtient ainsi une nouvelle courbe représentant pour chaque mois l'effet du déplacement du soleil. On remarque que ces courbes mensuelles sont d'une forme pareille à celle des courbes annuelles, qu'elles sont opposées pour les mois de déclinaison opposée, et que pour les mois équinoxiaux, elles sont très-peu prononcées, de telle façon que l'on y voit prédominer la partie du mois qui participe de la plus grande distance de l'équinoxe; cela est surtout évident pour le mois de septembre pour lequel le changement semble se faire le jour même du passage du soleil à l'équateur. La marche de la courbe indique nettement que la grandeur de l'excursion dépend à la fois de la déclinaison du soleil et de la force magnétique absolue au lieu d'observation¹. Ainsi les excursions sont moindres à Sainte-Hélène qu'au Cap, moindres au Cap qu'à Hobarton, moindres à Hobarton qu'à Toronto. Le signe des courbes mensuelles ne dépend ni de la latitude géographique ni du passage du soleil au zénith du lieu; c'est ce que M. Sabine avait fait déjà remarquer en ce qui concerne Sainte-Hélène. Évidemment les moments auxquels correspondent dans chaque station ces maxima d'excursion dépendent du passage du soleil au méridien magnétique; toutefois la grandeur des excursions n'est pas en rapport avec les saisons du lieu, mais avec la position absolue du soleil par rapport à la terre; il ne faut pas oublier qu'il s'agit non de l'amplitude des variations diurnes, mais des mensuelles. Ainsi la plus grande excursion mensuelle à Hobarton et au Cap a lieu dans le mois d'août, qui est un mois d'hiver, et cette plus grande excursion a lieu à Toronto dans le même mois, c'est-à-dire en été. A Sainte-Hélène elle ne se

¹ Ce résultat de l'observation est bien favorable à la théorie qui fait dépendre de l'action du soleil, aussi bien la force absolue que la variation qu'elle éprouve dans sa direction et dans son intensité.

produit pas quand le soleil est au zénith, mais bien quand il en est le plus éloigné, savoir dans les mois de juin, juillet et août. Quand on veut éliminer des courbes mensuelles l'effet de la déclinaison solaire, il suffit d'ajouter deux à deux les mois où le soleil a une déclinaison opposée, et on reconnaît alors l'existence d'une période semi-diurne que nous avons déjà constatée, de sorte qu'on peut regarder comme certain que l'aiguille est constamment soumise à une période d'oscillation diurne et à une autre période semi-diurne; cette dernière paraît dépendre plutôt de la latitude géographique que de la latitude magnétique.

Le Père Secchi croit en résumé pouvoir conclure de toutes les phases qu'éprouve la variation de la déclinaison que *le soleil agit sur l'aiguille aimantée comme s'il était lui-même un grand aimant placé à une grande distance de la terre, et ayant ses pôles de même nom que ceux de la terre tournés du même côté du ciel*. Il faut seulement avoir égard pour reconnaître l'exactitude de cette loi aux actions inverses que l'aiguille éprouve de la part du soleil dans les 24 heures par l'effet de la rotation de la terre, la face de l'aiguille qui regarde le soleil étant différente à midi et à minuit, et la terre étant interposée à la seconde époque. Nous reviendrons dans un instant sur la manière dont il faut envisager cette action du soleil sur l'aiguille; mais il nous faut auparavant montrer que les variations des éléments magnétiques, autres que la déclinaison, rentrent dans la même loi.

Les variations de la force horizontale déterminées par le magnétomètre bifilaire, et celles de la force verticale, comparées à Sainte-Hélène, au Cap, à Toronto et à Hobarton, conduisent le Père Secchi à cette solution générale, savoir que la composante horizontale et la composante verticale peuvent se résoudre en périodes diurnes et semi-diurnes qui dépendent de la déclinaison du soleil et de la latitude géographique. Quant à l'inclinaison, ses phases sont analogues à celles de la déclinaison, mais avec une avance de trois heures, et les *maxima* de force horizontale correspondent en général aux *minima* d'inclinaison, ce qui doit être. La force totale est soumise à

Toronto à deux périodes, dont le maximum et le minimum principal sont à 5 heures après midi, et à 3 heures ou 4 heures du matin, et le maximum et le minimum principal à 6 ou 8 heures, et 10 ou 11 heures du matin. A Hobarton, la période secondaire se manifeste moins complètement dans certains mois que dans d'autres, et au Cap les variations de la force totale sont presque complémentaires de celles de la déclinaison¹. Nous rappelons encore ici l'observation importante de M. Sabine, qu'à Toronto et à Hobarton, la force totale est à son maximum dans les mêmes mois, savoir décembre et janvier, quoiqu'ils correspondent à des saisons opposées dans les deux hémisphères, d'où le Père Secchi conclut que la force perturbatrice solaire est plus grande quand la distance du soleil est plus petite et qu'elle ne dépend pas des saisons.

Il me semble plus naturel d'en conclure que ce n'est pas seulement la force perturbatrice, mais la force même absolue du magnétisme terrestre qui dépend du soleil, d'autant plus que le Père Secchi admet bien que ce n'est pas sur l'aiguille directement qu'agit le soleil, mais qu'il agit sur elle indirectement en modifiant le magnétisme du globe. Or, si l'action du soleil est l'origine des propriétés magnétiques de la terre, soit par un effet direct d'aimantation, soit, ce qui est plus probable,

¹ Pour bien se rendre compte de tout l'ensemble des périodes d'oscillation qu'éprouve l'aiguille, il faut supposer, avec M. Sabine, une aiguille aimantée suspendue non plus par un axe, mais par un seul point savoir son centre de gravité, et qui serait libre d'obéir à toutes les impulsions simultanées quelle que soit leur direction. M. Sabine a construit les courbes que tracerait une aiguille dans ces conditions, en prenant deux axes coordonnés rectangulaires dont l'origine représente la position moyenne diurne de l'aiguille, et en prenant pour chaque heure les déclinaisons pour abscisses et les inclinaisons pour ordonnées. On reconnaît alors que l'oscillation de l'aiguille a toujours dans les vingt-quatre heures une période double, l'une diurne, l'autre nocturne, dont l'extension varie notablement suivant les saisons. La période diurne, très-développée en été, se resserre en hiver; tandis que la période nocturne, à peine marquée en été, s'étend notablement en hiver. Un caractère remarquable de toutes les périodes simples, c'est que le maximum et le minimum se produisent à six heures de distance environ. On voit que l'aiguille perd sa plus grande vitesse au moment où le soleil passe au méridien magnétique, et que les mouvements d'inclinaison sont complémentaires à 3 heures de distance de ceux de déclinaison.

par la production de courants d'induction ayant la direction générale de l'E. à l'O., il est facile de concevoir que les changements de position relative du soleil et de la terre, soit diurne, soit annuelle, doivent entraîner des modifications dans la direction, l'intensité et la distribution de ces courants. En particulier, la différence qui existe entre la période nocturne et la période diurne serait une conséquence de l'interposition de la terre entre le soleil et le lieu où est l'aiguille, interposition qui doit nécessairement modifier les courants induits; il ne peut y avoir identité à cet égard entre deux points situés, il est vrai, aux extrémités du même diamètre d'une sphère, mais dont l'un est tourné vers le corps inducteur, tandis qu'entre ce corps et l'autre se trouve interposée toute la masse de la sphère. Il y aurait un grand intérêt à étudier soit théoriquement, soit expérimentalement, quelle devrait être la distribution des courants induits sur une sphère conductrice à laquelle un mouvement rapide de rotation serait imprimé sous l'influence d'un fort aimant inducteur, en cherchant à déterminer l'état électrodynamique de chacun des points de la sphère au même instant, ce qui permettrait d'en conclure l'état électrodynamique du même point dans ses positions successives pendant une rotation de la sphère¹.

Comme nous l'avons déjà remarqué, les résultats qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une sphère conductrice homogène, ne seraient applicables que d'une manière très-générale au cas de la terre, puisque cette homogénéité et cette conductibilité parfaites n'existent pas chez elle; mais c'est sur les phénomènes de direction et d'intensité absolues que cette différence entre le cas réel et le cas hypothétique se ferait surtout sentir; les variations en seraient beaucoup moins influencées, comme on le conçoit facilement, sauf cependant les variations séculaires qui trouveraient leur explication dans les modifications qu'éprouve la constitution même du globe. De semblables modifications doivent entraîner, en effet, des changements dans la direction et l'intensité des courants induits;

¹ Il serait probablement plus facile d'obtenir cette détermination en faisant mouvoir l'aimant plutôt que la sphère.