

de nouveau au nord en faisant un grand coude semi-circulaire, qui se termine à la mer Blanche. Du reste, la détermination des positions variables des lignes sans déclinaison n'a d'autre utilité que d'indiquer par leur changement celui de la direction des forces magnétiques sur l'ensemble de la surface du globe. Mais pour que cette détermination fût bien exacte, il faudrait connaître quels sont au même moment tous les points où l'aiguille de déclinaison est exactement dirigée dans le plan du méridien terrestre.

La conception des pôles magnétiques, commode pour fixer les idées sur la direction des forces du magnétisme terrestre, a cependant l'inconvénient de conduire à considérer ces pôles comme étant véritablement des centres d'où émanent les forces magnétiques, ce qui n'est point le cas; d'un autre côté, elle n'a pas l'avantage, à ce qu'il paraît, de satisfaire à toutes les exigences des observations. Aussi M. Duperrey a-t-il cherché à se représenter l'état magnétique des différents points du globe d'une manière indépendante de toute idée sur la position et le nombre des pôles magnétiques. Partant d'un point quelconque et cheminant toujours dans le sens de la direction de l'aiguille aimantée, d'abord vers le pôle nord, ensuite vers le pôle sud, et relevant tous les points par lesquels il a passé, il forme une courbe qui réunit tous ces points, et qui est pour lui un méridien magnétique. Prenant ensuite un autre point voisin du premier, il trace de la même manière un second méridien magnétique qui rencontre nécessairement le premier en deux points situés, l'un vers le pôle nord, l'autre vers le sud. En traçant sur le globe un certain nombre de ces méridiens et prenant les points d'intersection de deux méridiens voisins, on a dans chaque hémisphère une courbe fermée résultant de la réunion de tous ces points d'intersection, et on peut admettre, si l'on veut, que le pôle magnétique de chaque hémisphère se trouve au centre de l'aire renfermée par ces courbes. M. Duperrey a tracé sur les mêmes cartes, outre les méridiens magnétiques, des courbes normales aux méridiens, et qu'il a appelées *parallèles magnétiques*. Celle de ces courbes perpendiculaires qui passe par le milieu du méridien serait l'équateur magné-

tique, mais elle diffère de la courbe qui passe par tous les points de nulle inclinaison à laquelle on a en général réservé le nom d'équateur magnétique, et de celle qui passe par tous les points d'intensité minimum qui n'est point non plus la même exactement que celle d'inclinaison nulle, quoiqu'on lui ait aussi donné le nom d'équateur magnétique.

Les lignes d'égale inclinaison, soit isocliniques, seraient les vrais parallèles magnétiques analogues aux parallèles terrestres, si on considérait la ligne d'inclinaison nulle comme l'équateur magnétique. Mais elles ne sont point régulières et sont d'autant moins parallèles entre elles qu'elles se rapprochent davantage des régions polaires.

M. Duperrey estime que les lignes d'égale inclinaison ont, comme celle d'égale déclinaison, l'inconvénient de n'être pas l'expression d'un fait dépendant uniquement de l'action du magnétisme, car elles expriment deux faits à la fois, l'un qui dépend uniquement de l'action du magnétisme, l'autre de la direction particulière que suit chaque verticale. La ligne sans inclinaison ne peut donc pas, d'après cela, être considérée comme l'équateur magnétique; toutefois M. Duperrey, ayant cherché quelle serait la figure du véritable équateur magnétique, c'est-à-dire d'une courbe qui ne dépendrait d'aucune cause étrangère au magnétisme, et par conséquent dont la condition serait d'être perpendiculaire à tous les méridiens magnétiques et dont la moyenne des latitudes nord et sud serait zéro, ce qui est à peu près la moyenne des latitudes de la ligne sans inclinaison, il a trouvé que cette courbe ne diffère pas beaucoup de la ligne sans inclinaison. Le plan moyen de cette nouvelle courbe fait avec le plan de l'équateur terrestre un angle de $10^{\circ}54'$, et son axe, qui semble exprimer la direction suivant laquelle le globe est aimanté, perce la surface de la terre en deux points situés dans les régions polaires, l'un à $79^{\circ}6'$ latitude nord et $71^{\circ}31'$ longitude ouest, l'autre à $79^{\circ}6'$ latitude sud et $108^{\circ}28'$ longitude est. Or le plan moyen de la véritable ligne sans inclinaison, telle que l'a tracée M. Duperrey au moyen de deux cent soixante-dix observations qu'il a recueillies, fait un angle de $10^{\circ}49'$ avec l'équateur terrestre et

perce la surface du globe en deux points situés, l'un à $79^{\circ}11'$ latitude nord et $78^{\circ}10'$ longitude ouest, et l'autre à $79^{\circ}11'$ latitude sud et $101^{\circ}40'$ longitude est; la différence n'est donc pas bien grande entre ces deux plans¹. Il faut remarquer cependant que les extrémités de l'axe de l'équateur magnétique, tel qu'il résulte de la ligne sans inclinaison, aussi bien que de la ligne perpendiculaire aux méridiens magnétiques, ne coïncident point avec les points de la surface du globe où l'aiguille affecte la direction de la verticale, et qu'on nomme pour cette raison pôles magnétiques. En effet, M. Duperrey ayant pu, dans sa recherche des méridiens magnétiques, déterminer exactement la position de ces points, a trouvé que l'un était situé à $70^{\circ}10'$ latitude nord et $100^{\circ}40'$ longitude ouest², et l'autre à 75° latitude sud et 136° longitude est. Il remarque avec raison que la non coïncidence des pôles avec les extrémités de l'axe de l'équateur magnétique, n'est point une raison pour repousser l'idée que le magnétisme terrestre provienne de deux centres d'action, pourvu que ces centres soient voisins du centre de la terre, car il suffit que ces deux centres soient sur une corde voisine parallèle à l'axe de l'équateur magnétique, pour que les pôles magnétiques de la surface soient aux extrémités d'une seconde corde à peu près parallèle, mais située au-delà de celle-ci par rapport au centre du globe.

Nous avons déjà vu qu'une des circonstances qui compliquent l'étude de la distribution du magnétisme sur le globe

¹ Il résulte du travail de M. Duperrey que la ligne sans inclinaison (équateur magnétique) ne rencontre la ligne équinoxiale que dans deux points, lesquels sont presque diamétralement opposés, et situés, l'un dans l'Océan Atlantique, l'autre dans le Grand Océan, à peu près dans le plan du méridien de Paris; que là où cet équateur ne rencontre que quelques îles éparses, il ne s'éloigne que bien peu de la ligne équinoxiale, qu'il s'en éloigne davantage lorsque les îles se multiplient, et ne parvient à son maximum d'excursion, soit au nord, soit au sud, que dans les deux grands continents qu'il traverse, qu'enfin il existe entre les sections australe et boréale de cette courbe singulière, une symétrie remarquable, beaucoup plus parfaite qu'on ne l'avait d'abord supposée.

² Cette détermination est très-rapprochée de celle qu'a obtenue directement le capitaine Ross, et qui est de $70^{\circ} 5' 17''$ latitude nord, et $96^{\circ} 45' 18''$ longitude ouest,

terrestre, c'est le défaut de parallélisme entre les lignes d'é-gale inclinaison et celles d'é-gale intensité¹, défaut constant et qui ne provient point d'irrégularités accidentelles. Ce point résultait déjà des observations de M. de Humboldt; il résulte également des recherches de M. Hansteen, comme nous l'avons remarqué. M. Duperrey, qui a complété le travail de M. Hansteen sur les lignes isodynamiques en ce qui concerne l'hémisphère austral, a obtenu à cet égard des résultats dont l'exactitude se trouve parfaitement confirmée par les observations toutes récentes du capitaine Fitz-Roy. Un principe assez important que M. Duperrey a mis en évidence, c'est que ces lignes isodynamiques coupent à angles droits les directions de l'aiguille de déclinaison, soit les méridiens magnétiques; ce sont donc ces lignes qui seraient les véritables parallèles magnétiques. L'équateur magnétique serait alors par conséquent la ligne passant par les points de tous les méridiens dont l'intensité est la plus petite; ce qui ne signifie point que cette intensité minimum y soit partout la même, car elle varie de l'unité à 0,867; aussi les lignes isodynamiques voisines de l'équateur magnétique viennent s'y terminer obliquement sans passer outre. Au fond, quoique la ligne des plus petites intensités magnétiques ne soit pas la même que la ligne sans inclinaison, ces deux courbes ne sont pas très-éloignées l'une de l'autre, suivant l'opinion de M. Duperrey, comme nous l'avons vu plus haut, quand nous avons montré qu'il n'y a pas une grande différence entre l'équateur magnétique tel que M. Duperrey le définit et l'équateur magnétique déterminé, soit par la ligne sans inclinaison, soit par la ligne des intensités minima. Nous avons déjà fait remarquer que M. Duperrey diffère de M. Hansteen, non-seulement en ce qu'il ne croit pas nécessaire d'admettre quatre pôles magnétiques, mais en ce qu'il trouve que l'intensité magnétique moyenne de l'hémisphère austral est supérieure à celle du boréal, la première étant 1,0152 si la seconde est représentée par l'unité.

La question de l'intensité magnétique est au fond celle dont

¹ Il existe néanmoins, comme nous l'avons établi dans § 1^{er}, une relation intime entre l'inclinaison et l'intensité (Voyez plus haut, p. 214).

l'étude peut jeter le plus de jour sur le magnétisme terrestre; en effet des trois espèces de lignes magnétiques, lignes d'égale déclinaison, lignes d'égale inclinaison et lignes d'égale intensité, les dernières sont les plus importantes, car elles expriment l'égalité des résultantes magnétiques en tous les points de la surface de la terre par où elles passent, et indépendamment de toute autre considération étrangère au magnétisme; ce qui n'a pas lieu avec les deux autres espèces de lignes. Mais il faut reconnaître que l'exacte détermination des intensités présente de grandes difficultés quand il s'agit de comparer celle d'un lieu avec celle d'un autre, et il en résulte quelquefois des divergences parmi les observations qui obligent de laisser certaines questions en suspens. Ainsi d'après M. Fitz-Roy l'intensité magnétique serait un peu plus faible à l'île de Sainte-Hélène qu'à l'île de l'Ascension où passe la ligne sans inclinaison, tandis que le fait contraire résulte positivement des observations de M. de Tesson. Cependant la science possède un très-grand nombre de déterminations d'intensité dignes de toute confiance, et nous en avons déjà indiqué plusieurs en parlant des lignes isodynamiques de M. Hansteen; sans les rappeler, bornons-nous à remarquer que le rapport qui existe entre la plus faible et la plus forte intensité est supérieure au rapport de 1 à 2; en effet les intensités observées à New-York et à Hobart-Town, comparées à celles de Sainte-Hélène, sont comme 1,81 est à 0,84 ou comme 2,16 est à 1; il est même probable que ce rapport peut s'élever à celui de 2,5 à 1.

Il résulte, ainsi que nous l'avons vu, des recherches nombreuses sur l'intensité magnétique faites par Humboldt, puis par Humboldt et Gay-Lussac et après eux par MM. Hansteen, Sabine, Ermann, Quetelet, Forbes et bien d'autres, que l'intensité va en augmentant à mesure que, s'éloignant des régions équatoriales, on s'approche des régions polaires. Voici même la loi des variations qu'on peut tirer du tableau des observations depuis l'équateur magnétique jusqu'au pôle magnétique boréal.

Inclinaisons.	Intensités
0°	1.0
24°	1.1

Inclinaisons.	Intensités.
45°	1.2
64°	1.3
73°	1.4
76° $\frac{2}{3}$	1.5
81°	1.6
86°	1.7

L'influence de la hauteur sur l'inclinaison et l'intensité magnétiques serait intéressante à connaître. Malheureusement les observations propres à résoudre cette question font défaut. On avait bien conclu de l'observation faite par MM. Biot et Gay-Lussac dans leur voyage aérostatique que le décroissement de la force magnétique à la hauteur à laquelle ils étaient parvenus, n'était pas sensible. Mais on n'avait pas fait attention que la différence de température étant de 40° entre la surface du sol et la région aérienne où Gay-Lussac fit osciller son aiguille, cette aiguille avait acquis un magnétisme plus fort par l'effet de l'abaissement de température, ce qui fait qu'elle aurait dû osciller plus vite si le magnétisme terrestre avait agi sur elle avec autant d'intensité que près du sol. Cette vitesse étant demeurée la même, il faut en conclure que la force magnétique du globe a diminué avec la hauteur. Cette diminution de la force magnétique avec la hauteur résulte également des observations faites en 1829 au sommet du mont Elbrouz (dans le Caucase) par M. Kupffer. Il est probable aussi que c'est à la diminution d'intensité qu'on doit attribuer la diminution d'inclinaison que j'ai eu l'occasion d'observer à l'Hospice du grand Saint-Bernard en 1829, avec M. le professeur Gautier, au moyen d'une excellente boussole d'inclinaison de Gambey. J'avais trouvé à Genève le 15 juillet que l'inclinaison était de 65°, 42', 8; au grand Saint-Bernard, d'après des observations faites le 20 et le 21 juillet, elle était de 65°, 9', 8, ce qui fait une différence de 0°, 33' entre Genève et le Saint-Bernard; retranchant pour la différence de 22° de latitude, 0°, 16', 8, ainsi que l'observation directe indique qu'il faut le faire, il reste une différence de 16', 2 due uniquement à la différence de hauteur. Déjà Schukburgh avait trouvé une différence de 20' entre l'incli-

naison à Genève et l'inclinaison au sommet du Mole. On ne peut attribuer dans ces deux cas les différences à une attraction exercée par la masse de la montagne quand l'observation se fait au bas, puisque la station inférieure (Genève) était suffisamment éloignée du voisinage des montagnes pour qu'on pût y regarder leur action sur l'aiguille comme insensible. Il n'y a pas de doute cependant que les différents éléments magnétiques, et en particulier l'intensité, ne soient influencés dans bien des cas par des circonstances locales; c'est ce qui résulte au reste d'une manière évidente des recherches, soit de M. Forbes, soit de M. Bravais sur le décroissement de l'intensité horizontale avec la hauteur. M. Forbes a déduit d'une longue série d'observations qu'il a faites dans les Alpes et dans les Pyrénées un coefficient de diminution égale à 0,000034 pour cent pieds anglais, mais M. Bravais estime que ce coefficient est trop fort pour les Alpes; d'après ses propres observations, le décroissement avec la hauteur dans les stations qui entourent le Mont-Blanc ne serait au plus que 0,001 par kilomètre, ce qui ne ferait que 0,000033 par cent pieds, coefficient dix fois moindre que celui de M. Forbes. M. Bravais croit qu'en ce qui concerne les Pyrénées les résultats de M. Forbes sont beaucoup plus favorables à l'opinion d'un décroissement de l'intensité horizontale. M. Forbes avait trouvé en effet pour les Pyrénées une diminution de 0,000053 pour cent pieds anglais, qui correspond à 0,000054 pour un kilomètre; et en tout cas le décroissement serait beaucoup plus rapide dans les Pyrénées que dans les Alpes.

L'analyse que nous venons de faire de la distribution des forces magnétiques sur la surface du globe, nous montre que cette distribution, quoique présentant bien des irrégularités locales, est soumise cependant à des lois générales qui se reconnaissent toujours; c'est ce que nous ferons ressortir, plus loin, d'une manière plus explicite que nous ne l'avons encore fait; mais nous devons auparavant nous arrêter sur un point essentiel, que nous avons déjà signalé, et qui est destiné à jeter un grand jour sur l'origine du magnétisme terrestre, savoir la variation qu'éprouvent constamment chacun de ses éléments.

Nous avons déjà parlé des variations séculaires, mais il existe en outre des variations annuelles et des variations diurnes. La variation diurne consiste dans le changement continu de direction et l'intensité qu'éprouvent pendant les vingt-quatre heures qui constituent un jour, la force du magnétisme terrestre en un lieu déterminé; aussi se manifeste-t-elle sous la forme de variations diurnes de déclinaison, de variation diurne d'inclinaison et de variation diurne d'intensité. Si, ne nous occupant que de la première de ces variations, nous prenons la moyenne entre les positions extrêmes qu'affecte l'aiguille dans les vingt-quatre heures par rapport au méridien terrestre du lieu d'observation, ou, ce qui revient au même, entre son maximum et son minimum de déclinaison dans un même jour, différence qui constitue l'amplitude de la variation, nous obtenons la déclinaison absolue moyenne du jour¹. La variation annuelle se déduit de la comparaison de ces déclinaisons moyennes du jour; dans ce but on les groupe par mois, et on prend la différence qui existe entre les moyennes mensuelles *maxima* et *minima*, en ayant soin de tenir compte de la variation séculaire qui influe d'une manière différente sur les mois du commencement et sur ceux de la fin de l'année.

Enfin la variation séculaire elle-même s'obtient en prenant la moyenne des déclinaisons moyennes diurnes ou mensuelles de l'année, et en la retranchant de celle de l'année précédente ou suivante, selon que l'aiguille tend à se rapprocher ou à s'éloigner du méridien terrestre. Il faut avoir soin de ne point confondre la variation mensuelle avec l'amplitude moyenne de la variation diurne de chaque mois. Ainsi, si je prends pour chaque mois de l'année la moyenne de l'amplitude de la déclinaison qui a lieu chaque jour à une même heure, je puis trouver de grandes différences à cet égard entre les différents mois, différences qui, par contre, peuvent devenir très-faibles

¹ Ce mode de détermination n'est point à l'abri de toute objection. M. Aimé montre, par une suite d'observations, que le résultat auquel il conduit peut différer beaucoup de celui qu'on obtient en prenant la moyenne des observations faites toutes les heures pendant vingt-quatre heures.

ou nulles, si je prends la moyenne des déclinaisons moyennes de tous les jours du mois. En effet, le premier résultat dépend de la grandeur de l'amplitude de la variation de la déclinaison dans un même jour, tandis que le second ne dépend que du changement que l'aiguille peut éprouver dans sa direction moyenne absolue d'un jour à l'autre, ou mieux d'un mois à l'autre, changement qui peut être nul ou très-faible, lors même qu'il y a eu de très-grandes différences dans l'amplitude de la variation diurne entre un jour et le suivant.

Ce que nous venons de dire de la déclinaison s'applique également aux variations diurnes, annuelles et séculaires des deux autres éléments, l'inclinaison et l'intensité; mais, comme nous le verrons, les variations, surtout en ce qui concerne l'intensité, sont beaucoup moins sensibles et par conséquent bien plus difficiles à apprécier.

La découverte des variations diurnes de l'aiguille aimantée remonte à l'année 1722; elle a été faite par Graham; mais ce n'est que depuis le commencement de ce siècle, surtout depuis trente à quarante ans, que ces variations ont été observées dans plusieurs endroits avec assez de soin pour qu'on ait pu y découvrir quelque loi. Si on ne considère la variation diurne que d'une manière générale, voici en quoi on peut dire qu'elle consiste :

Dans l'hémisphère nord, le pôle nord de l'aiguille de déclinaison marche de l'est à l'ouest depuis 8 h. $\frac{1}{4}$ du matin jusqu'à 1 h. $\frac{1}{4}$ après midi; de l'ouest à l'est depuis 1 h. $\frac{1}{4}$ après midi jusqu'au soir.

Dans l'hémisphère sud, le pôle sud de l'aiguille de déclinaison marche de l'est à l'ouest depuis 8 h. $\frac{1}{4}$ du matin jusqu'à 1 h. $\frac{1}{4}$ après midi, et de l'ouest à l'est depuis 1 h. $\frac{1}{4}$ après midi jusqu'au soir.

On voit, d'après cela, que les mouvements de l'aiguille dans un des hémisphères sont opposés à ce qu'ils sont dans l'autre; de sorte que si un observateur partant de Paris s'avance vers l'équateur, la pointe nord de son aiguille, tant qu'il sera dans notre hémisphère, effectuera tous les matins un mouvement vers l'occident, tandis que dès qu'il aura passé dans l'autre,

cette même pointe éprouvera tous les matins un mouvement vers l'orient. Or il semble impossible que ce changement du mouvement occidental en mouvement oriental se fasse d'une manière brusque. On a donc cru qu'il devait y avoir nécessairement entre la zone où s'observe le premier de ces mouvements, et celle où s'opère le second, une ligne où le matin le pôle nord de l'aiguille ne marcherait ni à l'orient ni à l'occident et resterait par conséquent stationnaire. Cette ligne est-elle l'équateur terrestre, l'équateur magnétique? C'est ce qu'on ignore encore. On a bien trouvé que l'amplitude des variations diurnes était beaucoup moindre dans les lieux voisins de ces lignes, mais on n'a pas encore trouvé de points où elle fût complètement nulle; il est probable, comme nous le verrons, qu'il n'en existe pas.

Revenant aux variations diurnes dans l'hémisphère nord, si nous les suivons de plus près, nous trouvons, comme cela résulte d'un très-grand nombre d'observations et en particulier de celles de M. Arago, que l'aiguille, pour revenir de son excursion orientale vers l'occident, s'y prend à deux fois dans les vingt-quatre heures, qu'elle fait ainsi deux oscillations complètes et éprouve par conséquent deux déclinaisons *maxima* et deux *maxima* de la manière suivante :

1° A partir de 11 heures du soir, le pôle nord de l'aiguille marche de l'occident à l'orient, atteint une déclinaison *maximum* à 8 h. $\frac{1}{4}$ du matin, et rétrograde ensuite vers l'occident pour atteindre sa déclinaison *maximum* à 1 h. $\frac{1}{4}$.

2° A partir de 1 h. $\frac{1}{4}$, l'aiguille marche de nouveau vers l'orient, atteint un second *minimum* entre 8 et 9 h. du soir et revient ensuite vers l'occident pour un second *maximum* à 11 h. du soir. L'amplitude la plus grande est celle de la demi-oscillation qui s'exécute de 8 h. du matin à 1 h. de l'après-midi; c'est pourquoi nous l'avons indiquée comme constituant d'une manière générale la variation diurne.

L'amplitude des variations diurnes n'est point la même dans les divers lieux; elle n'est point non plus la même aux différentes époques de l'année dans le même lieu. Ainsi, au moyen d'observations faites pendant quinze années, de 1820 à 1834,

Arago a trouvé que l'amplitude de la variation diurne était en moyenne de 13 à 11 minutes pendant les mois de mars, d'avril, de mai, de juin, de juillet, d'août, de septembre et d'octobre¹, et de 8 à 6 pendant les mois de novembre, de décembre, de janvier et de février; que le maximum moyen de la variation diurne a lieu en avril et le maximum moyen en décembre, et que la variation diurne moyenne est comprise entre 3 et 17 minutes qui sont les deux valeurs extrêmes, la première en décembre, la seconde en juin.

L'inclinaison a aussi une variation diurne, mais cette variation plus faible que celle de la déclinaison ne va pas en général au delà de 3 à 4 degrés. D'après les observations de M. Arago, il y aurait un maximum d'inclinaison entre 8 et 9 heures du matin, un minimum après 2 et 3 heures après midi, un second maximum entre 8 et 9 heures du soir, et un minimum entre 11 heures du soir et minuit. Les plus grandes amplitudes des variations diurnes semblent avoir lieu après les équinoxes.

L'intensité éprouve aussi des variations diurnes indépendantes de celles de l'inclinaison, ainsi que cela résulte de nombreuses observations de M. Arago faites et calculées avec beaucoup de soin. M. Hansteen, qui avait aussi observé des variations diurnes d'intensité, estime qu'elles ne sont qu'apparentes si on a soin de tenir compte de la variation de l'inclinaison.

Cependant on a généralement reconnu qu'il existe une variation diurne, non-seulement pour l'intensité horizontale, celle qui dépend à la fois de la variation de l'inclinaison et de celle de l'intensité absolue, mais aussi pour cette dernière intensité qu'on désigne sous le nom d'*intensité totale*.

Indépendamment des variations diurnes, M. Arago a constaté, en prenant les déclinaisons moyennes mensuelles, deux *maxima* vers mars et septembre, c'est-à-dire vers les équinoxes, et deux *minima* vers juin et décembre, c'est-à-dire vers les

¹ Les mois de mars et d'octobre sont ceux de ces mois où l'amplitude moyenne de la variation est la moindre (11' 22 et 11' 0); le mois d'avril est celui où elle est la plus forte (13' 20").

solstices; ce résultat est d'accord avec celui qu'avait obtenu Cassini qui le premier avait remarqué une variation annuelle; mais d'après ce savant cette variation consistait seulement en ce que la déclinaison diminue depuis l'équinoxe du printemps jusqu'au solstice d'été, et que, à partir de cette époque jusqu'à l'équinoxe du printemps, c'est-à-dire pendant les neuf autres mois, la déclinaison moyenne mensuelle augmente, l'aiguille reprenant son chemin vers l'ouest. M. Arago avait trouvé que des observations faites par Gilpin constataient l'existence à Londres en 1800 d'une oscillation périodique semblable à celle découverte à Paris en 1786 par Cassini.

Au milieu de toutes les observations sur les variations diurnes des trois éléments magnétiques et dont les résultats sont généralement d'accord¹, nous transcrivons le tableau suivant qui renferme le résumé d'observations de trois années (1843, 1844 et 1845) faites avec le plus grand soin par M. Lamont à Munich. Nous y trouvons réunies les variations diurnes des trois éléments; les variations de la déclinaison et de l'inclinaison sont exprimées en minutes; celles des intensités horizontale et totale en dix millièmes de la valeur entière. Comme les variations présentent des caractères essentiellement différents selon que la déclinaison du soleil est boréale ou australe, M. Lamont divise l'année en deux moitiés, et distingue les variations de l'hiver et les variations de l'été.

¹ Il existe cependant une exception remarquable à la loi générale des variations diurnes, c'est celle qui a été observée par M. Gay à Valdivia, au Chili, sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud. Au lieu de deux mouvements de va et vient dans les vingt-quatre heures, M. Gay en a constamment observé trois: un le matin à l'est, un second au milieu de la journée à l'ouest, et le troisième le soir encore à l'est; les heures des *maxima* et des *minima* diffèrent un peu suivant les saisons; mais le triple mouvement a toujours lieu de sorte qu'on peut regarder le phénomène comme constant. L'amplitude des variations change beaucoup d'un jour à l'autre; cependant, d'après un grand nombre d'observations, on peut l'évaluer à 6' 5", 2, moyenne de six mois; en été, cette moyenne serait de 7' 1", 9, et en automne de 5' 8", 4.

HEURES.	DÉCLINAISON.		INTENSITÉ HORIZONTALE.		INCLINAISON.		INTENSITÉ TOTALE.	
	ÉTÉ.	HIVER.	ÉTÉ.	HIVER.	ÉTÉ.	HIVER.	ÉTÉ.	HIVER.
	1 h. mat.	2,22	0,76	13,65	5,04	0,08	0,29	8,03
2 —	2,05	0,98	12,98	4,58	0,16	0,36	7,73	2,43
4 —	1,80	1,49	12,02	5,93	0,23	0,14	7,21	3,15
6 —	0,52	1,47	9,99	6,77	0,50	0,00	6,08	3,59
7 —	0,00	1,37	7,27	6,70	0,97	0,01	4,51	3,58
8 —	0,05	0,97	3,23	5,14	1,56	0,25	2,26	2,70
9 —	1,33	1,19	0,29	2,56	1,92	0,60	0,33	1,26
10 —	3,73	2,39	0,00	0,46	1,97	0,92	0,00	0,04
11 —	6,47	3,98	1,87	0,00	1,66	1,07	1,17	0,00
Midi	8,70	5,28	5,47	1,80	1,23	0,92	3,47	1,24
1 h. soir.	9,58	5,56	8,61	3,34	0,92	0,78	5,30	2,45
2 —	9,04	4,84	10,58	3,27	0,79	0,85	7,15	2,60
3 —	7,67	3,47	11,83	2,81	0,72	0,94	8,16	2,40
4 —	5,85	2,48	11,69	2,18	0,79	1,02	8,19	2,11
5 —	4,38	2,06	11,90	2,11	0,72	0,99	8,38	1,90
6 —	3,41	1,45	12,75	3,18	0,56	0,81	8,66	2,55
8 —	2,56	0,60	15,24	4,43	0,10	0,57	9,73	3,11
10 —	2,23	0,00	15,16	5,29	0,00	0,34	9,33	3,13
Minuit.	2,14	0,44	14,15	5,40	1,10	0,27	8,65	2,84

Chacun des éléments magnétiques a deux *maxima* et deux *minima* de variations dans 24 heures :

	Maxima.		Minima.	
Déclinaison.	5 h. matin*	1 h. soir	8 h. matin	10 h. soir*
Inclinaison.	10 h. matin	4 h. soir*	7 h. matin*	11 h. soir
Intensité hor.	6 h. matin*	11 h. soir	10 h. matin	5 h. soir*
Intensité totale.	7 h. matin*	10 h. soir	2 h. matin*	10 h. soir*

Les maxima et les minima affectés d'un astérisque sont moins marqués en été.

Les observations de M. Lamont l'ont amené à reconnaître une variation séculaire de la déclinaison très-régulière, savoir :

1841-1842	—	6'48
1842-1843	—	6'72
1843-1844	—	6'85
1844-1845	—	6'70

La variation séculaire de l'intensité horizontale est beaucoup

moins régulière, ainsi que M. Hansteen l'a déjà remarqué. Les observations de M. Lamont donnent pour cette variation :

1842-1843	—	0,0038
1843-1844	—	0,0021
1844-1845	—	0,0014

Nous avons déjà vu que la variation séculaire de l'inclinaison n'est pas très-régulière, et qu'après avoir été de 5' de 1778 à 1810, elle n'est que 3' 5 environ de 1820 jusqu'à ce jour.

Une remarque importante de M. Lamont est que, si on tient compte de la variation séculaire et qu'on ramène les observations à ce qu'elles seraient si elles étaient faites à la même époque, on ne trouve pas que la variation *annuelle* des éléments magnétiques soit bien sensible. On a en effet :

	Déclinaison.	Intensité.
Janvier, février, mars.	16° 40'88	1,9348
Avril, mai, juin.	40'94	1,9351
Juillet, août, septembre.	40'81	1,9343
Octobre, novembre, décembre.	40'73	1,9348

Au reste, en ce qui concerne la variation annuelle, nous devons remarquer que déjà il y a une différence fondamentale entre les résultats d'Arago et ceux de Cassini, puisqu'Arago reconnaît deux *maxima* dans l'année et qu'il n'y a qu'un *maximum* suivant Cassini, et que de plus, les *maxima* et les *minima* d'Arago sont très-peu prononcés. Ne serait-il point possible que cette variation annuelle eût diminué et presque disparu depuis que la variation séculaire a elle-même diminué d'amplitude? Il en serait de même pour l'inclinaison à laquelle Arago avait trouvé une variation annuelle indépendamment de la variation séculaire, et qui consistait en ce qu'elle avait un *minimum* en avril et un *maximum* en août.

L'amplitude de la variation diurne paraîtrait, d'après les observations de M. Lamont, être variable dans un même lieu suivant les années. Ainsi la différence entre les déclinaisons à 8 heures du matin et à 1 heure après midi serait pour 1834-1835 de 8'25, et irait en croissant jusqu'en 1836-1837 où elle serait de 12'90, à partir de quoi elle irait graduellement en

diminuant jusqu'en 1844-1845 où elle ne serait plus que de 7' 41.

M. Lamont a confirmé cette variation régulière dans l'amplitude des variations par des observations diurnes suivies jusqu'en 1855, et il a été conduit à reconnaître que la grandeur des variations de la déclinaison a une période décennale, de telle sorte qu'elle augmente régulièrement pendant cinq ans et décroît de même pendant cinq autres années. Il trouve que l'époque de la plus faible déclinaison est 1843-1844 et celle de la plus grande 1848-1849. Outre le maximum déjà signalé de 1836-1837, il en trouve un autre en 1817 au moyen des observations du colonel Beaufoy, et même un autre en 1786-1787 au moyen de celles de Cassini. La même période décennale se remarque dans les variations de l'intensité horizontale; ainsi en 1843 cette intensité a un minimum, puis un maximum en 1848, à partir duquel elle recommence à décroître jusqu'en 1853. Déjà en comparant les observations d'intensité, faites par M. Kreil à Milan, en 1837-1839, avec les siennes plus récentes, M. Lamont avait trouvé que la variation de cet élément, tout comme celui de la déclinaison, a diminué depuis l'époque mentionnée.

Indépendamment des variations régulières, les éléments magnétiques sont soumis à des variations irrégulières, soit perturbations, qui sont en général simultanées dans plusieurs lieux différents et paraissent soumises elles-mêmes à certaines lois générales. Pour étudier ces mouvements irréguliers, il faut soustraire de chaque observation la valeur moyenne mensuelle de la déclinaison, qui correspond à la même heure; ce qui reste est la déviation de l'aiguille de sa marche régulière. M. Lamont a dressé des tableaux qui présentent ces déviations pour plus de 20,000 observations. Leur inspection montre que les mouvements irréguliers de l'aiguille ont une période diurne régulière; on y voit que les heures du *maximum* et du *minimum* de ces périodes coïncident avec les heures des *maxima* et des *minima* secondaires de notre tableau des variations diurnes inséré plus haut. M. Lamont en déduit cette conséquence remarquable que la marche diurne telle que nous l'observons est due

à deux causes différentes; nous verrons plus loin que cette remarque de M. Lamont est d'accord avec une remarque semblable de M. Bravais et de M. Sabine, à l'occasion d'observations faites dans des lieux très-différents. M. Kreil, qui a fait une étude particulière des perturbations magnétiques, a cru y remarquer une espèce de périodicité annuelle; mais il faudrait un très-grand nombre d'années d'observations pour démontrer l'existence réelle d'une semblable périodicité. Nous reviendrons du reste sur les mouvements irréguliers de l'aiguille aimantée en nous occupant de l'aurore boréale avec l'apparition de laquelle ils sont intimement liés.

Nous n'avons étudié jusqu'à présent les variations magnétiques que dans un même lieu, en ne les envisageant que dans leurs rapports avec le temps. Mais les variations des forces magnétiques du globe ne dépendent pas uniquement du temps; elles dépendent aussi, comme ces forces elles-mêmes, du lieu d'observation. Cet élément de la question a une immense importance par le jour qu'il peut jeter sur la nature et l'origine des forces dont il s'agit; aussi a-t-on multiplié les observations magnétiques sur des points très-différents de la surface du globe, et a-t-on cherché à rendre, autant que possible, simultanées les observations faites dans ces diverses stations. Nous avons déjà signalé sous ce rapport les travaux de M. Sabine, et les observations qui se font sous sa direction dans quatre points du globe bien différents, soit les uns des autres, soit de Greenwich et autres lieux européens, avec des instructions parfaitement semblables dans tous ces observatoires. Ces quatre stations sont Toronto, Sainte-Hélène, le Cap de Bonne-Espérance et Hobart-Town. Notons aussi les observations simultanées qui se sont faites pendant longtemps avec des instruments parfaitement semblables dans un très-grand nombre d'observatoires, par Gauss et plusieurs savants qui s'associèrent et arrêterent qu'il y aurait par an six périodes d'observations d'une durée chacune de vingt-quatre heures, plus deux périodes supplémentaires pendant chacune desquelles les observations se feraient de cinq en cinq minutes. Enfin MM. Lottin et Bravais, dans les régions boréales, M. Aimé à Alger, ont également, par