

l'humidité de l'air; elle est la plus petite à l'époque de la plus grande humidité, et la plus grande lors du minimum d'humidité. Ce rapprochement entre l'amplitude de la variation de l'inclinaison et le degré plus ou moins grand de l'humidité de l'air, ne peut provenir que de ce que l'électricité positive qui est dans l'atmosphère pouvant se réunir d'autant plus facilement avec la positive du sol que l'air est plus humide, les courants dirigés du pôle à l'équateur, et par conséquent la déviation de l'aiguille qu'ils déterminent, sont d'autant plus faibles qu'une proportion plus grande des deux électricités s'est neutralisée directement, et par conséquent que l'air est plus humide.

Mais c'est surtout dans la production des perturbations de l'aiguille que l'action des courants dont il s'agit fait sentir son influence. Ce sont eux probablement qui constituent cette onde polaire dont parle M. Bravais, qui agit concurremment avec l'onde équatoriale, c'est-à-dire avec l'influence qui semble provenir de l'équateur, et qui elle-même serait le résultat de l'action directe du soleil. Cette origine de l'onde polaire expliquerait pourquoi les perturbations sont d'autant plus prononcées et plus fréquentes que les stations où on les observe sont plus rapprochées des pôles. Elle serait moins facile à concilier, il est vrai, avec le fait si remarquable de la simultanéité généralement observée des perturbations dans des lieux de la terre les plus distants les uns des autres, quoique cependant on puisse concevoir une solidarité assez complète, sous le rapport de leur état électrique, entre toutes les parties du globe terrestre, une fois qu'il est reconnu que ce globe est un très-bon conducteur. Au reste, le phénomène des perturbations magnétiques étant intimement lié à celui qui doit faire l'objet particulier de notre étude dans le paragraphe suivant, nous renvoyons à ce paragraphe tout ce que nous aurions encore à dire sur son origine.

§ 4. **Phénomènes naturels liés avec le magnétisme terrestre.** —
Aurores boréales.

Le siège du magnétisme terrestre étant dans la terre elle-

même, il semble que les phénomènes qui se passent à sa surface ou à son intérieur doivent modifier ce magnétisme ou être modifiés par lui. Jusqu'ici cependant cet ordre de relations n'a pas été constaté d'une manière bien positive; il est pourtant probable que les variations qu'ont éprouvées, depuis qu'on les observe, la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité magnétiques ont dû dépendre de changements survenus à la surface du globe, tels que le déplacement des glaces polaires, ou de modifications éprouvées par les couches inférieures de la terre, telles que soulèvements, affaissements, etc. Mais ces changements et ces modifications ont lieu d'une manière en général si lente et si continue qu'il est difficile de s'assurer s'il existe quelque liaison entre eux et les mouvements de l'aiguille aimantée. Toutefois on a remarqué, en bien des occasions, que l'aiguille aimantée est affectée par les tremblements de terre. Ainsi M. Arago observa, le 19 février 1822, une agitation extraordinaire dans l'aiguille des variations diurnes de l'Observatoire, et il y avait au même moment un fort tremblement de terre en Auvergne, à Lyon et en Suisse. M. Gay a également observé à Valdivia, sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, une perturbation très-remarquable de l'aiguille aimantée à l'époque d'un terrible tremblement de terre qui eut lieu dans ces parages en février 1836.

Mais parmi les phénomènes naturels, il en est un dont la connexion avec le magnétisme terrestre est si bien établie que l'on a, dans le mouvement qu'éprouve l'aiguille aimantée, une preuve de sa présence. Ce phénomène est celui de l'aurore boréale ou plutôt de l'aurore polaire, car il y a des aurores australes aussi bien que des aurores boréales. Voici la description qu'en donne M. de Humboldt dans le *Cosmos* à qui je l'emprunte, à cause de la manière remarquable avec laquelle les principaux détails de l'apparence du phénomène y sont exposés, de façon à en faire ressortir les points essentiels.

« Une aurore boréale est toujours précédée de la formation à l'horizon d'une sorte de voile nébuleux qui monte lentement jusqu'à une hauteur de 4 à 6, à 8, et même de 10 degrés. C'est vers le méridien magnétique du lieu que le ciel, d'abord pur,

commence à se rembrunir. A travers ce segment obscur, dont la couleur passe du brun au violet, les étoiles se voient comme à travers un épais brouillard. Un arc plus large, mais d'une lumière éclatante, d'abord blanc, puis jaune, borde le segment obscur. Quelquefois l'arc lumineux paraît agité pendant des heures entières, par une sorte d'effervescence et par un continuuel changement de forme avant le lever des rayons et des colonnes de lumière, qui montent jusqu'au zénith. Plus l'émission de la lumière polaire est intense, et plus vives en sont les couleurs, qui du violet et du blanc bleuâtre passent par toutes les nuances intermédiaires, au vert et au rouge purpurin. Tantôt les colonnes de lumière paraissent sortir de l'arc brillant, mélangées de rayons noirâtres semblables à une fumée épaisse, tantôt elles s'élèvent simultanément en différents points de l'horizon; elles se réunissent en une mer de flammes dont aucune peinture ne saurait rendre la magnificence, car à chaque instant de rapides ondulations en font varier la forme et l'éclat. Le mouvement paraît accroître la visibilité du phénomène. Autour du point qui répond, dans le ciel, à la direction prolongée de l'aiguille d'inclinaison, les rayons paraissent se rassembler, et former la couronne boréale. Il est rare que l'apparition soit aussi complète et se prolonge jusqu'à la formation de la couronne; mais quand celle-ci paraît, elle annonce toujours la fin du phénomène. Les rayons deviennent alors plus rares, plus courts et moins vivement colorés. On ne voit bientôt plus sur la voûte céleste que de larges taches nébuleuses immobiles, pâles ou d'une couleur cendrée; elles ont déjà disparu que les traces du segment obscur, par où l'apparition débute, persistent encore à l'horizon. »

La liaison qui paraît exister entre la lumière polaire et l'apparition d'une certaine espèce de nuages est confirmée par tous les observateurs; tous ont affirmé que la *lumière polaire émettait ses plus vifs rayons lorsque les hautes régions de l'air contenaient des amas de cirro-stratus assez ténus et assez légers pour faire naître une couronne autour de la lumière*. Quelquefois ces nuages se groupent et s'arrangent à peu près comme les rayons d'une aurore boréale; alors ils paraissent troubler l'aiguille

aimantée¹. Après une brillante aurore boréale, on a pu reconnaître dans la matinée suivante des traînées de nuages qui avaient paru pendant la nuit autant de rayons lumineux.

La hauteur absolue des aurores boréales a été estimée d'une manière très-différente par les observateurs. On a cru longtemps pouvoir la déterminer en regardant, de deux endroits très-distants l'un de l'autre, la même partie de l'aurore, par exemple, la couronne; mais on parlait d'une base inexacte, savoir que les deux observateurs avaient bien les yeux dirigés sur le même point en même temps, tandis qu'il est bien prouvé maintenant que la couronne est un effet de perspective dû à la convergence apparente des rayons parallèles situés dans le méridien magnétique; de sorte que chacun voit son aurore boréale comme chacun voit son arc-en-ciel. Aussi l'aspect du phénomène dépend-il de la position de l'observateur. Le siège de l'aurore boréale est dans les régions supérieures de l'atmosphère; quelquefois même il paraît qu'elle se produit dans les régions moins élevées où se forment les nuages. C'est du moins ce qui résulte de quelques observations, de celles notamment du capitaine Franklin, qui vit une aurore boréale dont la lumière lui parut éclairer la surface inférieure d'une couche de nuages, tandis qu'à 30 ou 40 kilomètres plus loin, M. Kendal qui avait veillé toute la nuit sans perdre le ciel de vue un seul moment, n'aperçut aucune trace de lumière. Le capitaine Parry a vu une aurore boréale se dessiner contre le flanc d'une montagne, et on assure qu'on a aperçu quelquefois un cercle lumineux sur la surface même de la mer, autour du pôle magnétique. Le lieutenant Hood et le docteur Richardson s'étant placés à une distance d'environ 18 lieues l'un de l'autre, pour faire des observations simultanées d'où l'on pût conclure la parallaxe du phénomène, et par conséquent sa hauteur, furent conduits à reconnaître que l'aurore boréale n'était pas à une hauteur supérieure à deux lieues. Enfin M. Liais ayant eu l'occasion

¹ Le Père Secchi a remarqué que les perturbations magnétiques se manifestent à Rome pendant que le ciel est voilé de nuages légèrement phosphorescents, qui de nuit présentent l'apparence de faibles aurores boréales.

d'appliquer une méthode, qu'il a imaginée pour mesurer la hauteur des aurores boréales, à une aurore vue à Cherbourg le 31 octobre 1853, a trouvé que l'arc de cette aurore était à environ 4,000 mètres au-dessus du sol pour son bord inférieur¹.

Mairan et Dalton avaient cru que l'aurore boréale était un phénomène cosmique et non atmosphérique. Mais déjà M. Biot, qui avait eu l'occasion d'observer lui-même les aurores aux îles Schetland en 1817, avait été conduit à reconnaître que c'est un phénomène atmosphérique, par la considération que les arcs et les couronnes de l'aurore ne participent nullement au mouvement apparent des astres d'orient en occident, preuve qu'ils sont entraînés par la rotation de la terre. Dès lors, presque tous les observateurs sont arrivés à la même conclusion; nous citerons en particulier MM. Lottin et Bravais qui ont observé plus de cent quarante-trois aurores boréales.

Il est donc bien constant maintenant que l'aurore boréale n'est point un phénomène extra-atmosphérique. Aux preuves tirées de l'apparence même du phénomène, on peut en ajouter d'autres tirées de certains effets qui l'accompagnent, tels que le bruit de crépitation que les habitants les plus rapprochés du pôle affirment entendre quand il y a apparition d'une aurore, et que l'odeur sulfureuse qui l'accompagne. Enfin, si le phénomène se passait en dehors de notre planète et de son atmosphère, pourquoi n'aurait-il lieu qu'aux régions polaires?

M. de Tesson qui, dans le voyage autour du monde de la *Vénus*, a eu l'occasion de voir une belle aurore australe, qu'il décrit avec beaucoup de soin, estime aussi que ce phénomène se passe dans l'atmosphère. Le sommet de l'aurore boréale

¹ La méthode de M. Liáis consiste à mesurer les temps t et t' qu'il faut à un arc de l'aurore pour parcourir le même angle, suivant son rayon au zénith et à l'horizon; en admettant que toutes les parties d'un même arc se meuvent avec la même vitesse, on a $h \left(\frac{t'^2}{t^2} - 1 \right) = 2r$, h étant la hauteur cherchée, et r le rayon de la terre. On peut, en se servant du rapport moyen des mouvements angulaires des pieds et des arcs de l'aurore, déterminé au moyen d'un certain nombre d'observations, se passer de l'hypothèse de l'égalité des vitesses.

étant dans le méridien magnétique, il n'était élevé que de 14° au-dessus de l'horizon, et le centre de l'arc était sur le prolongement de l'aiguille d'inclinaison, l'inclinaison étant d'environ 68° au lieu d'observation. M. de Tesson n'a pas entendu de bruit provenant de l'aurore, ce qu'il attribue à ce qu'il était trop éloigné du lieu du phénomène; mais il rapporte l'observation d'un officier distingué de la marine française, M. Verdier, qui, dans la nuit du 13 octobre 1819, étant dans les parages de Terre-Neuve, avait entendu très-distinctement une sorte de pétilllement, soit de crépitation, lorsque le bâtiment qu'il montait s'était trouvé au milieu d'une aurore boréale.

Au reste, elle trouve sa confirmation dans le fait généralement admis par les habitants des régions boréales que, quand les aurores paraissent basses, on entend un craquement semblable à celui de l'étincelle électrique. Les Groënländais croient que les âmes des morts se battent alors dans les airs. M. Ramm, inspecteur des forêts de Norwège, écrivait à M. Hanssteen en 1825, qu'il avait entendu ce bruit qui coïncidait toujours avec l'apparition des jets lumineux, quand, n'ayant que dix ans, il avait traversé une prairie couverte de neige et de givre près de laquelle il n'existait pas de forêts. Le docteur Gisler, qui a longtemps habité le nord de la Suède, remarque que la matière des aurores boréales descend quelquefois si bas qu'elle touche le sol; au sommet des hautes montagnes, elle produit sur la figure des voyageurs un effet analogue à celui du vent. Le docteur Gisler ajoute qu'il a souvent entendu le bruit des aurores et qu'il ressemble à celui d'un fort vent ou au bruissement que font quelques matières chimiques dans l'acte de leur décomposition. M. Necker, qui a décrit un grand nombre d'aurores qu'il a observées à la fin de 1839 et au commencement de 1840 à l'île de Sky en Écosse, n'a jamais lui-même entendu le bruit dont il s'agit; mais il remarque que ce bruit a été entendu très-souvent d'une personne chargée des observations météorologiques au phare de Swenburghead (à l'extrémité méridionale du Shetland). Du reste, M. Necker, comme tous les autres observateurs, signale les gelées blanches, les chutes de pluie et de neige comme accompagnant l'apparition des

auroras. M. Necker n'est pas le seul qui n'ait pas entendu le bruit; MM. Lottin et Bravais, qui ont observé un si grand nombre d'auroras, ne l'ont jamais entendu non plus, et un grand nombre d'autres observateurs sont dans ce cas. Cette divergence peut tenir à ce qu'il faut être très-rapproché de l'aurore pour entendre la crépitation dont il s'agit, et à ce qu'il est possible aussi qu'elle n'ait pas toujours lieu, du moins d'une manière assez forte pour être entendue.

Nous venons de signaler, comme effets concomitants de l'aurore boréale, un bruit de crépitation analogue à celui de décharges éloignées et une odeur sulfureuse semblable à celle qui accompagne la chute de la foudre. M. Matteucci a encore observé à Pise, pendant l'apparition d'une forte aurore boréale, des signes prononcés d'électricité positive dans l'air. Mais, de tous les phénomènes, ceux qui ont le plus invariablement lieu en même temps que l'apparition d'une aurore boréale, ce sont les effets magnétiques. Les aiguilles aimantées éprouvent dans leur direction normale des perturbations qui la font dévier en général, à l'ouest d'abord, puis ensuite à l'est. Ces perturbations varient d'intensité; mais elles ne manquent jamais d'avoir lieu, et se manifestent même dans des lieux où l'aurore boréale n'est pas visible. Cette coïncidence, constatée par M. Arago sans aucune exception, pendant plusieurs années d'observation, est telle que le savant français a pu, sans jamais être pris en défaut, accuser, du fond des caves de l'Observatoire de Paris, l'apparition d'une aurore boréale dans notre hémisphère. M. Matteucci a eu l'occasion d'observer, sous une forme nouvelle et remarquable, cette influence magnétique : il a vu, pendant l'apparition de l'aurore boréale du 17 novembre 1848, les armures de fer doux servant aux télégraphes électriques placés entre Florence et Pise rester attachées à leurs électro-aimants, comme si ceux-ci étaient fortement aimantés, sans que cependant l'appareil fût en action et sans que les courants des piles fussent mis en activité. Cet effet singulier cessa avec l'aurore, et le télégraphe ainsi que les piles purent opérer de nouveau sans avoir éprouvé aucune altération. M. Highton a aussi observé, en Angleterre, une action bien prononcée de l'aurore

boréale sur un fil télégraphique; le télégraphe fut mis hors de service pendant trois heures par l'effet de l'aurore boréale du 17 novembre 1848; l'aiguille aimantée était toujours rejetée du même côté, même avec beaucoup de force.

M. de Tesson cite encore une observation faite en 1848, dans les mêmes parages de Terre-Neuve où ont été faites celles dont nous avons déjà parlé, par un officier de marine, M. Baral, qui s'aperçut, au bout de quelques jours, qu'on avait fait fausse route en suivant les indications des compas; et, vérification faite, on trouva toutes les boussoles du bord affolées. Il n'y avait eu cependant, depuis les dernières observations de déclinaison magnétique, aucun orage, aucun tonnerre, aucun phénomène électrique apparent; on n'avait pas touché aux compas. Seulement, le soir même du jour où les dernières observations de déclinaison avaient été faites, il y avait eu une aurore boréale des plus brillantes, et M. Baral n'avait pas hésité d'attribuer à l'influence de cette aurore l'affolement des boussoles, conclusion d'autant moins suspecte d'être dictée par la théorie, qu'à cette époque (1818) les rapports entre l'électricité et le magnétisme n'étaient pas encore connus.

La liaison intime et constante qui règne entre le phénomène de l'aurore boréale et le magnétisme terrestre a fait désigner, par M. de Humboldt, comme nous l'avons déjà dit, sous le nom d'*orage magnétique*, l'ensemble des perturbations qui se manifestent dans l'équilibre des forces magnétiques de la terre. La présence de cet orage est accusée par les oscillations de l'aiguille aimantée, et ensuite par l'apparition de l'aurore, dont ces oscillations sont comme les avant-coureurs, et qui elle-même met fin à l'orage, comme dans les orages électriques un phénomène de lumière, l'éclair, annonce que l'équilibre, momentanément troublé, vient de se rétablir enfin dans la distribution normale de l'électricité.

Si nous rapprochons les détails que nous venons de donner des lois de l'électricité et du magnétisme que nous avons déjà exposées, il nous semble qu'il ne faut pas aller chercher ailleurs que dans l'électricité elle-même, et dans l'influence mutuelle que cet agent à l'état de mouvement et le magnétisme exercent

l'un sur l'autre, l'origine de l'aurore boréale et l'explication des phénomènes qui l'accompagnent. C'est ce que nous allons essayer de démontrer avant d'entamer l'exposition des nombreuses observations que nous avons encore à rapporter sur le phénomène lui-même, observations dont les résultats, comme nous le verrons, nous fourniront une confirmation remarquable de la vérité de notre théorie.

Nous avons vu que l'atmosphère est constamment chargée d'électricité positive, électricité fournie par les vapeurs qui s'élèvent de la mer essentiellement dans les régions tropicales, et que la terre est par contre électrisée négativement; la recomposition ou neutralisation des deux électricités contraires de l'atmosphère et du globe terrestre, s'opère au moyen de l'humidité plus ou moins grande dont sont imprégnées les couches d'air inférieures. Mais c'est surtout dans les régions polaires où les glaces éternelles qui y règnent, condensent constamment les vapeurs aqueuses sous forme de brume que cette recomposition doit s'opérer, d'autant plus que les vapeurs positives y sont portées et accumulées par le courant tropical qui, à partir des régions équatoriales où il occupe les parties les plus élevées de l'atmosphère, s'abaisse à mesure qu'il s'avance vers les latitudes les plus élevées, jusque dans le voisinage des pôles où il vient en contact avec la terre. C'est donc là que la décharge entre l'électricité positive des vapeurs et la négative de la terre, doit essentiellement avoir lieu avec accompagnement de lumière quand elle est suffisamment intense, si, comme c'est presque toujours le cas près des pôles et quelquefois dans les parties supérieures de l'atmosphère, elle rencontre sur sa route des particules glacées extrêmement ténues, qui forment les brumes et les nuages très-élevés.

Nous avons déjà dit, et nous en verrons de nouvelles preuves plus loin, que l'apparition de l'aurore boréale est effectivement liée avec la présence dans l'atmosphère de ces particules de glace formant comme une espèce de brume ténue qui, devenant lumineuse par la transmission de l'électricité, doit apparaître simplement comme une surface éclairée plus au moins étendue et plus ou moins découpée. C'est bien ainsi que le phénomène

se passe dans les parties de l'atmosphère les plus éloignées de la terre. On aperçoit ce qu'on nomme des *plaques aurorales* d'une couleur pourpre ou rouge violet, plus ou moins étendues, selon que cette espèce de voile formé par des particules glacées, s'étend plus ou moins loin à partir des pôles. La ténuité de ce voile est telle qu'elle permet d'apercevoir les étoiles à travers les plaques aurorales, et, quant à son existence, indépendamment des preuves indirectes que nous en avons données par l'apparition des phénomènes qui en sont la conséquence, nous en avons une démonstration directe dans l'observation de MM. Bixio et Barral qui, s'étant élevés en ballon à une grande hauteur, se trouvèrent tout d'un coup, quoique le ciel fût parfaitement serein et l'atmosphère sans nuage, au milieu d'un voile parfaitement transparent formé par une multitude de petites aiguilles glacées si fines qu'elles étaient à peine visibles.

Maintenant, si nous examinons ce qui doit se passer dans la portion de la brume lumineuse, qui est la plus rapprochée du globe terrestre et par conséquent des régions polaires, nous trouverons que le pôle magnétique¹ doit exercer sur cette matière électrisée, qui est un véritable conducteur mobile traversé par une succession de décharges, une action analogue à celle qu'exerce dans l'expérience que nous avons décrite en nous occupant des effets lumineux de l'électricité, le pôle d'un électro-aimant sur les jets de lumière électrique qu'on y fait converger dans l'air extrêmement raréfié². Nous avons vu que, dès que le cylindre de fer doux qui sert d'électro-aimant est aimanté, la lumière électrique, au lieu de partir indifféremment des divers points de la surface supérieure qui sert de pôle, comme cela avait lieu avant l'aimantation, part uniquement de tous les points de la circonférence de cette surface, de manière à former autour d'elle comme un anneau lumineux continu. Cet anneau a un mouvement de rotation autour du cylindre aimanté,

¹ Nous désignons sous ce nom le point d'application de la résultante des forces magnétiques émanées du globe, sans nous préoccuper de la nature et de l'origine de ces forces.

² Tome II, page 248, figure 220.

tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, suivant la direction de la décharge et le sens de l'aimantation. Enfin quelques jets plus brillants semblent partir de cette circonférence lumineuse sans se confondre avec le reste de la gerbe. Dès que l'aimantation cesse, le phénomène lumineux redevient ce qu'il était auparavant, et ce qu'il est généralement dans l'expérience connue sous le nom de *l'œuf électrique*.

Or, ce qui se passe en petit dans l'expérience dont nous venons de parler est exactement ce qui a lieu en grand dans le phénomène de l'aurore boréale. En effet, M. Hansteen¹, et après lui MM. Lottin et Bravais, ont été conduits à admettre comme conséquence de leurs nombreuses observations, que l'arc de l'aurore boréale est un anneau lumineux dont les différents points sont sensiblement à égale distance de la terre, et qui est

¹ Voici exactement comment M. Hansteen s'exprime sur ce point, sans avoir aucune idée préconçue et uniquement d'après les observations :

« Souvent les aurores sortent d'une zone déterminée de la terre, formant un anneau placé autour du pôle magnétique, et située sans doute dans l'Amérique du Nord. Il se dessine alors dans le ciel une zone ou un cercle de lumière, qu'on peut considérer comme tracé sur une sphère concentrique à la terre. Si l'on fait passer un plan horizontal par le point où est situé le lieu d'observation, on ne voit de ce point qu'un arc du cercle; on en aperçoit plus d'une moitié de Christiania à cause de l'élévation, et il y paraît elliptique à cause de l'obliquité de sa situation. J'ai vu deux fois l'ellipse presque tout entière. Le plus communément nous voyons ici (Christiania) le sommet de l'arc ou son point le plus rapproché de nous, au nord de notre zénith; mais en Islande et au Groënland on est presque toujours au dedans du cercle. En Islande on aperçoit le sommet de l'arc au sud dans le méridien magnétique. Au Groënland, où la déclinaison approche de 90° et où par conséquent l'arc est dirigé du sud au nord, son sommet paraît à l'est. Que d'ordinaire la lumière boréale sorte en effluve d'un cercle grand ou petit tracé autour du pôle magnétique, c'est ce qui me paraît évident par l'observation suivante : *Pendant l'aurore boréale et plusieurs jours après, l'intensité horizontale est notablement diminuée, et elle reprend seulement peu à peu sa valeur habituelle. Au contraire, la moyenne déclinaison diurne reste à peu près invariable. L'effusion se faisant dans une zone coupée symétriquement par le méridien magnétique, l'intensité est affectée isolément sans que la direction moyenne soit changée. Lorsque certains filets sortent de terre, des rayons lumineux semblent jaillir de l'arc. Pour que le sifflement soit entendu au lieu d'observation, il faut que les filets jaillissent de terre tout autour de l'observateur avec véhémence et par un air très-calme.* »

centré autour du pôle magnétique boréal, de manière à couper à angles droits tous les méridiens magnétiques qui convergent vers ce pôle¹. Un tel anneau, vu par un observateur placé à la surface du sol, lui offre évidemment l'apparence connue de l'arc de l'aurore, et son sommet *apparent* est toujours nécessairement situé dans le méridien magnétique du lieu. M. Bravais observe, en outre, que l'arc semble éprouver une sorte de mouvement de rotation de l'ouest à l'est, en passant par le sud. Toute cette description du phénomène est parfaitement d'accord avec le résultat de l'expérience que je viens de rappeler, et le sens du mouvement de rotation de l'anneau lumineux est précisément celui qui doit avoir lieu d'après les lois qui régissent l'action mutuelle des courants, si c'est bien l'électricité positive qui part de l'atmosphère pour se diriger vers la surface du sol, y pénétrer autour du pôle magnétique nord, se réunir à la négative et constituer ainsi le courant.

Le diamètre de l'anneau lumineux est d'autant plus grand que le pôle magnétique est plus éloigné de la surface du sol, puisque ce pôle doit se trouver sur l'intersection du plan de l'anneau avec l'axe du globe terrestre; si l'on pouvait déterminer rigoureusement la position de l'aurore boréale, on aurait ainsi un moyen de connaître exactement celle du pôle lui-même.

Il résulte de ce qui précède que chaque observateur voit ainsi le sommet de l'arc auroral à son méridien magnétique; il n'y a donc que ceux qui sont sur le même méridien magnétique qui voient le même sommet et qui puissent, par des observations simultanées, en prendre la hauteur.

Si le sommet de l'arc dépasse le zénith de l'observateur, celui-ci est entouré de toutes parts par la matière de l'aurore boréale qui sort de terre². C'est alors qu'en étant plus rappro-

¹ M. Quetelet, en compulsant les récits d'anciennes observations, a trouvé dans la position des aurores boréales un déplacement qui indiquerait que du temps d'Aristote, il y a 2200 ans, la région magnétique la plus forte était de 24° à l'est de Bruxelles, au lieu de 20° à l'ouest comme elle l'est maintenant.

² Cette matière n'est pas autre chose que les vapeurs aqueuses traversées par

ché du lieu où se passe le phénomène, il entend le bruissement que nous avons signalé, surtout s'il est en rase campagne et dans un endroit tranquille; tandis que si l'arc n'atteint pas son zénith, l'observateur se trouve en dehors de la région où s'opère l'émanation du courant électrique, il ne voit qu'un arc un peu plus élevé au nord ou au sud, suivant qu'il se trouve dans l'un ou l'autre hémisphère, et il n'entend aucun bruit, à cause de son trop grand éloignement. Le bruissement dont nous venons de parler est le résultat de l'action d'un pôle magnétique puissant sur des jets électriques lumineux très-rapprochés de ce pôle, ainsi que me l'a prouvé l'expérience directe par laquelle j'ai réussi à produire un bruit parfaitement semblable en rapprochant d'un morceau de fer fortement aimanté l'arc lumineux qui se dégage entre les pôles d'une batterie voltaïque¹. Quant à l'odeur sulfureuse que quelques observateurs ont sentie en étant également au milieu, pour ainsi dire, de l'aurore boréale, elle provient, comme celle qui accompagne la chute de la foudre, de la conversion en ozone de l'oxygène de l'air, par le passage des décharges électriques.

La lumière de l'aurore boréale n'est point polarisée, c'est ce qu'avait déjà remarqué M. Biot en 1817 dans ses observations aux îles Shetland. Ce résultat négatif a été confirmé par M. Macquorn Rankine, qui a montré que cette absence de polarisation ne tient point à la faiblesse de la lumière de l'aurore boréale, puisque cette même lumière, vue par réflexion sur l'eau, se trouve être polarisée par le fait de cette réflexion. Or, l'étude la plus attentive de la lumière électrique artificielle, aussi bien celle des décharges à travers l'air que celle de l'arc voltaïque dans le vide, n'a pu y faire découvrir la moindre trace de polarisation: nouvelle preuve de l'identité des deux genres de phénomènes. Mais c'est surtout dans la concordance

les décharges, et qui en général ne sont lumineuses qu'à une certaine hauteur du sol, soit parce que l'air y est plus raréfié, soit parce qu'elles-mêmes se trouvent congelées, et plus susceptibles par conséquent de dégager la lueur électrique.

¹ Tome II, pages 238 et suivantes

de l'apparition des aurores avec celle de certains nuages ainsi qu'avec les perturbations de l'aiguille aimantée, que nous trouvons encore une importante confirmation de notre théorie.

Les observations du docteur Richardson, dont nous avons parlé plus haut, en montrant que l'aurore se trouve à des hauteurs qui ne sont pas considérables, indique en même temps qu'elle est liée à la formation et aux modifications variées des *cirro-stratus*. Le lieutenant Hood, en parlant du mouvement des bandes lumineuses de l'aurore, dit qu'il est convaincu qu'elles sont emportées par le vent, parce que les colonnes conservent exactement leur situation relative, ce qui n'a jamais lieu quand la matière lumineuse se meut dans l'air par son action directe et propre. Enfin, ce qui prouve la coexistence avec l'aurore boréale de petites aiguilles de glace dans l'atmosphère telles qu'on en trouve dans les nuages élevés, c'est l'observation du docteur Richardson qui, ayant vu par une température de près de 32° centigrades au-dessous de 0° une aurore dont l'arc supérieur était voisin du zénith, remarqua que, quoique le ciel parût parfaitement serein pendant le phénomène, il en tombait une neige fine, à peine apercevable à l'œil nu, mais qu'on découvrait aisément quand elle était reçue sur la main et s'y fondait. On avait observé le même fait précédemment, par un soleil brillant dont les rayons permettaient de voir très-nettement les aiguilles de glace flottantes dans l'air.

Tous les observateurs sont d'accord sur l'existence d'un *stratus*, soit segment obscur qui, reposant sur l'horizon septentrional, paraît être le fond de toutes les aurores boréales. C'est du moins ce qui résulte des observations nombreuses de M. Struve à Dorpat, et de celles de M. Argelander à Abo; c'est comme un voile qui, quoique laissant passer la lumière des étoiles, donne au ciel un aspect plus sombre; puis ce segment obscur finit par être bordé par un arc lumineux. L'existence de ce segment obscur est confirmée par l'observation de Gisler qui dit qu'en Suède, sur les hautes montagnes, le voyageur est quelquefois enveloppé subitement d'un brouillard très-transparent, d'un gris blanchâtre passant un peu au vert, qui s'élève du sol et se transforme en aurore boréale.

Les cirro-cumulus et les brumes deviennent lumineuses quand elles sont traversées par des décharges électriques suffisamment énergiques, et quand la lumière du jour n'est plus là pour effacer leur lueur plus faible. Toutefois, il peut arriver quelquefois qu'on les aperçoive même de jour; ainsi M. Arago établit d'une manière péremptoire que le docteur Henri Ussher ne s'est point trompé dans une notice publiée dans le tome II des *Mémoires de l'Académie d'Irlande*, quand il décrit une aurore boréale vue en plein jour, à midi, le 24 mai 1778. Cet observateur, dans le jour qui suivit une nuit où il avait observé une brillante aurore boréale, ayant trouvé que les astres oscillaient beaucoup dans sa lunette, aperçut dans le ciel des rayons d'une lumière blanche et vacillante, qui s'élevaient de tous les points de l'horizon vers le pôle de l'aiguille d'inclinaison, où ils formaient une coupole légère et blanchâtre semblable à celle que présentent la nuit les plus brillantes aurores boréales. M. Arago a constaté, en consultant les anciens registres de l'Observatoire, les perturbations considérables qu'éprouva au même moment l'aiguille des variations diurnes, preuve que le phénomène observé par le docteur Ussher était bien une aurore boréale de jour.

On trouve également dans la relation de M. de Tëssan, du voyage de la *Vénus*, que M. Cornulier, officier très-instruit de la marine royale, a souvent observé dans les parages de Terre-Neuve une direction particulière qu'affectent de jour les cirrus, qui annoncent toujours pour la nuit une belle aurore boréale¹. M. Cornulier, d'accord avec M. Verdier, est convaincu, en étudiant la disposition de ces cirrus, qu'il y a presque tous les jours des aurores boréales dans ces parages, et que leur éclat seul est variable; il croit que, si on ne les observe pas toutes, cela tient à ce que la brume et les nuages des couches inférieures en masquent la vue. Cette remarque est tout à fait

¹ Il n'y a aucun doute que la direction qu'affectent les cirrus, surtout vers les régions polaires, ne soit due à l'électricité qu'ils transmettent; transmission qui pourrait également expliquer la phosphorescence qu'ils manifestent quelquefois.

d'accord avec les observations d'aurores boréales qui sont faites maintenant depuis quatre ans d'une manière très-soignée, dans l'hémisphère septentrional, au Canada en particulier. M. Lefroy a enregistré à l'Observatoire magnétique de Toronto les observations d'aurores boréales qui sont faites sous sa direction, dans différentes stations au nombre de treize, non comprises d'autres observations fort nombreuses faites aux États-Unis, et qui sont recueillies par le professeur Henry, secrétaire de la *Smithsonian Institution*. Il résulte de tout cet ensemble d'observations que l'aurore boréale apparaît dans presque toutes les nuits claires, et dans lesquelles la pleine lune ne brille pas d'un éclat trop grand; mais elle ne se montre pas à la fois dans toutes les stations. Cela est vrai surtout pour les mois dont les jours sont les plus longs. D'octobre en mars, on peut dire que dans ces mois il n'y a presque pas une nuit où l'on n'aperçoive une aurore boréale; mais c'est en février qu'elles sont les plus brillantes. Il résulte des tableaux qui donnent le nombre des aurores aperçues dans chaque mois de l'année, qu'on en a vu en tout pendant 261 nuits en 1850, et pendant 207 en 1851. Une chose assez remarquable, mais assez naturelle cependant, c'est que la proportion des nuits dans lesquelles on voit l'aurore est d'autant plus grande qu'on est plus rapproché du pôle magnétique.

Revenant à la coexistence des particules glacées dans l'air avec les aurores, nous en trouvons une preuve frappante dans les observations faites au Canada et aux États-Unis. Des registres d'observations météorologiques, tenus avec beaucoup de soin, indiquent l'état de l'atmosphère les jours qui précèdent et qui suivent l'apparition d'aurores boréales. Or, presque toujours, l'aurore est précédée de la chute de la pluie et surtout de la neige; il arrive aussi très-souvent, mais non toujours, que cette chute a lieu après l'aurore. Enfin l'apparition des halos lunaires, qui précède le plus souvent celle des aurores boréales, est une preuve de la présence dans l'atmosphère de ces particules glacées qui forment le réseau illuminé par la transmission de l'électricité.

Mais, de toutes les preuves en faveur de l'origine électrique