

[par Christine Focquenoy Simonnet, docteure en histoire, chercheuse associée aux laboratoires CREHS (Centre de Recherche et d'Études Histoire et Sociétés), université d'Artois et CIREL (Centre Interuniversitaire de Recherche en Éducation de Lille), guide-conférencière]

Les aurores boréales, mythes et science

CONFÉRENCE
À DOMICILE



Aurore boréale en Islande 📍 www.iceland.is

CONFÉRENCE À DOMICILE

Les voiles colorés éclairant le ciel nocturne constituent un des plus beaux spectacles offerts par la nature. L'aurore polaire, « boréale » dans l'hémisphère Nord et « australe » dans l'hémisphère Sud, suscite fascination et peur depuis l'Antiquité. Elle nourrit mythes et superstitions, stimule l'imaginaire des écrivains et artistes et attise la curiosité des voyageurs. L'histoire de son étude scientifique se poursuit pour approfondir la compréhension de son mécanisme. Les prévisions météorologiques spatiales constituent un enjeu scientifique mais aussi économique pour prévenir les effets sur notre planète.

Les aurores ont nourri l'imaginaire. Les anthropologues et ethnologues ont analysé les mythes et légendes, traductions des peurs et interprétations des peuples face à un phénomène inexplicable.

Les aurores, peurs et mystère depuis l'Antiquité


Les aurores ont nourri l'imaginaire. Les anthropologues et ethnologues ont analysé les mythes et légendes, traductions des peurs et interprétations des peuples face à un phénomène inexplicable. Les livres de Régis Boyer constituent une référence passionnante dans ce domaine. La quête de sens face à l'inconnu relève d'une dimension surnaturelle ou sacrée. Les aurores sont reliées au divin, à la mort, au monde caché et constituent de bons ou funestes présages. Le nom *Aurora borealis*, fusion d'Aurora, déesse romaine de l'aube, et de Borée, dieu grec du vent du Nord, scelle l'appartenance au divin. Nous ne pouvons détailler ici la richesse d'interprétation des différents peuples. Le mot inuit « aqsalijaat » utilisé pour qualifier l'aurore a pour signification « la trace des joueurs de football » : ce sont les âmes des disparus jouant avec des crânes de morses. Pour les Indiens du Wisconsin, ce sont les fantômes des ennemis décédés, avides de vengeance. L'interprétation des Vikings relevait également du registre guerrier car, pour eux, ces étranges lumières émanaient des armures des Valkyries. Pour des tribus indiennes canadiennes ou de l'Alaska, les aurores reflètent la danse d'esprits humains. Selon une tradition circumpolaire, elles sont colorées par le sang versé. Un mythe algonquin raconte que Nanahbozho, créateur de la Terre, a allumé un grand feu pour que les humains ne l'oublient pas. Cette symbolique du divin est reprise par les shamans inuits canadiens qui entrent en transe pour voyager au sein des aurores afin d'y trouver conseil pour exercer leur médecine. Des légendes reflètent le lien avec la nature, comme en Islande, riche en Sagas et Eddas, où la population respecte les êtres du monde caché, elfes et trolls. En finnois, on appelle les aurores *revontulet*, signifiant « feux de renard », car elles émanent des étincelles qui jaillissent de leurs fourrures. Dans le sud de la Suède, on les désigne sous le terme same *guovssahas*, « la lumière que l'on peut entendre », car ce sont les Samis qui courent à la recherche de leurs rennes. Les tambours chamaniques des Samis sont d'ailleurs décorés de symboles liés aux aurores.




Frederic Edwin Church, *Aurora Borealis*
 Wikimedia Commons

CONFÉRENCE À DOMICILE



Ci-contre : Peder Balke, *Nordlys*, huile sur toile conservée au Norsk Kunst Museum de Tromsø  Wikimedia Commons

En-dessous : Anna Boberg (n.d.), Aurores boréales. Étude du nord de la Norvège  Wikimedia Commons



L'observation des aurores est ancestrale. En Chine, des textes de 3 000 ans av. J.-C. dépeignent des dragons se déplaçant dans le ciel. Anaximène de Millet (550–480 av. J.-C.) tente une première explication scientifique pour ces « nuages de gaz enflammés ». Pour Hippocrate (460–370 av. J.-C.), elles résultent de la réflexion de la lumière émise par le Soleil sur les glaces des pôles. Aristote (iv^e av. J.-C.), dans *Météorologiques*, décrit « des déchirures du ciel nocturne derrière lesquelles on voit des flammes ». Pour Sénèque, dans *Questions naturelles*, « c'est un gouffre par lequel le ciel entrouvert semble vomir des flammes ». Pline l'Ancien (23–79) les considère comme une colère des dieux, un funeste présage. Cette superstition subsiste au Moyen-Âge. Les premières études scientifiques de la Renaissance ne seront pas dénuées de mysticisme.

Dans les récits de voyage du xix^e siècle, la description de l'aurore constitue un attendu prisé, qui mêle observation scientifique et imaginaire romantique. Les aurores inspirent les écrivains « qui ont projeté sur le Nord un discours mobilisant observations scientifiques, considérations sociales et politiques ainsi que rêves, peurs et fantasmes. Cette projection peut être appelée « boréalisme » (Briens, 2016). L'aurore boréale dont la puissance de fascination s'exerce sur les écrivains et les artistes, condense cet imaginaire, analysé par Briens et Chartier (2016). Comme le résume Battail (2016), l'appel du Grand Nord oscille entre fascination exotique et curiosité scientifique. Citons quelques exemples. Jules Verne souligne que « la longue nuit du pôle réserve des enchantements et des merveilles » dans son roman *Le Pays des fourrures* (1873), situé dans le grand nord canadien. Il avait donné une description détaillée du phénomène, en 1866, dans *Les aventures du capitaine Hatteras* au pôle Nord : « Cette coloration prenait la forme régulière d'une bordure jaune pâle, dont les extrémités semblaient s'arc-bouter sur le champ de glace. Peu à peu, la zone brillante s'élevait dans le ciel suivant le méridien magnétique, et apparaissait striée de bandes noirâtres ; des rejets d'une matière lumineuse s'élançaient, s'allongeaient alors, diminuant ou forçant leur éclat ; le météore, arrivé à son zénith, se composait souvent de plusieurs arcs, qui se baignaient dans les ondes rouges, jaunes ou vertes de la lumière.

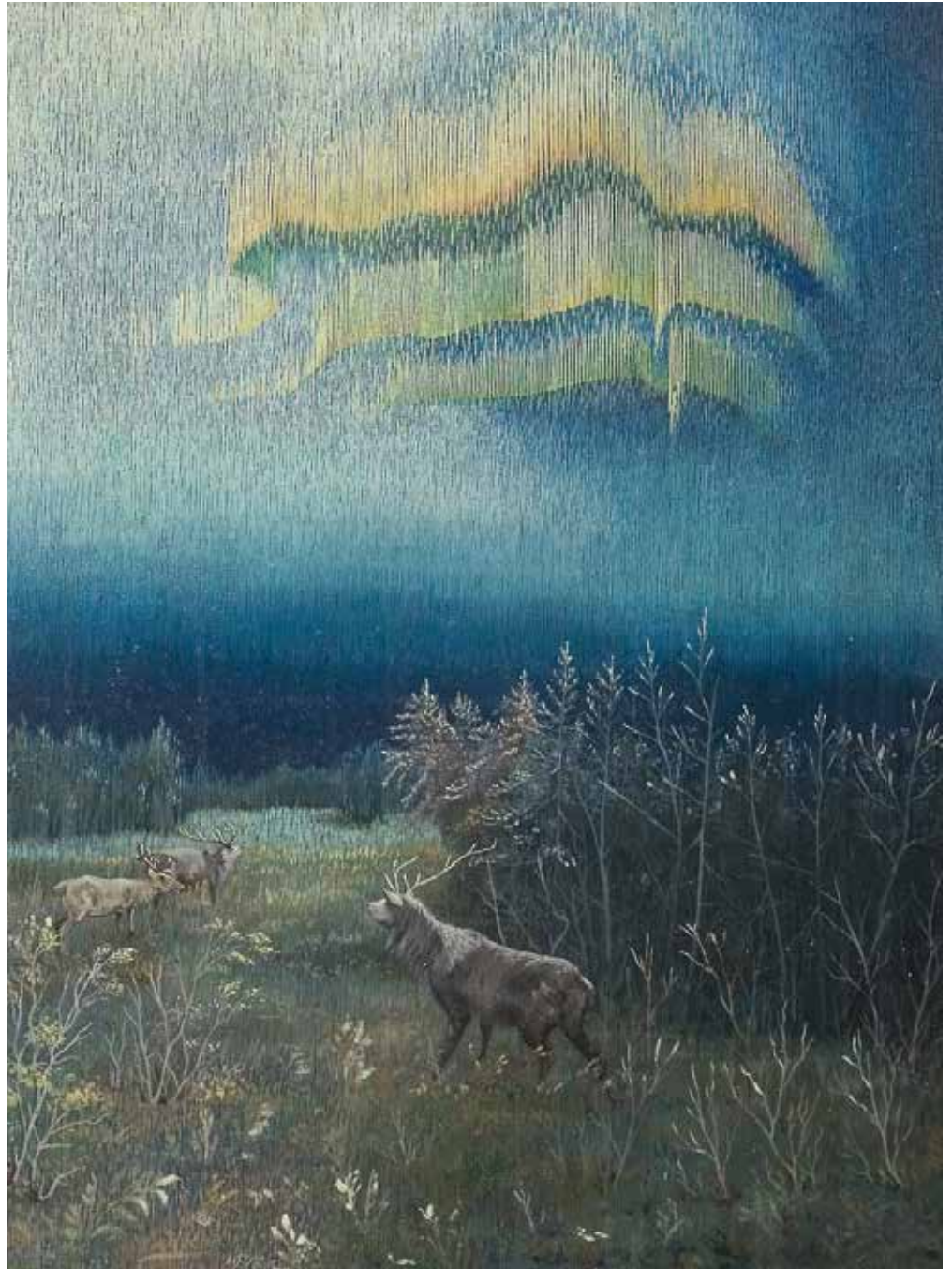
C'était un éblouissement, un incomparable spectacle. » (p.184). C'est également un éblouissement pour Pierre Loti qui écrit dans *Fleurs d'ennui* (1882) : « À travers le cristal étincelant des glaçons qui nous entourent, les reflets d'en haut se décomposent en tant d'arcs-en-ciel, que nous croyons marcher au milieu d'un monde fait tout entier de gemmes précieuses. » La thématique du mystère empreint de spirituel de « cette étrange magnificence » constitue un topos littéraire. Flaubert s'appuie sur l'ouvrage *Cosmos* (1845) d'Humboldt, pour rédiger son poème *La Tentation de saint Antoine* qui tisse des liens entre les phénomènes célestes et le sacré. Le poète canadien William Chapman consacre un poème à l'Aurore boréale, dans son recueil *Les Aspirations* (1904) où il file la métaphore du mystère et décline l'opposition entre l'ombre et la lumière dans un paysage éthéré.


CONFÉRENCE À DOMICILE

Les aurores boréales constituent une source d'inspiration pour les peintres.

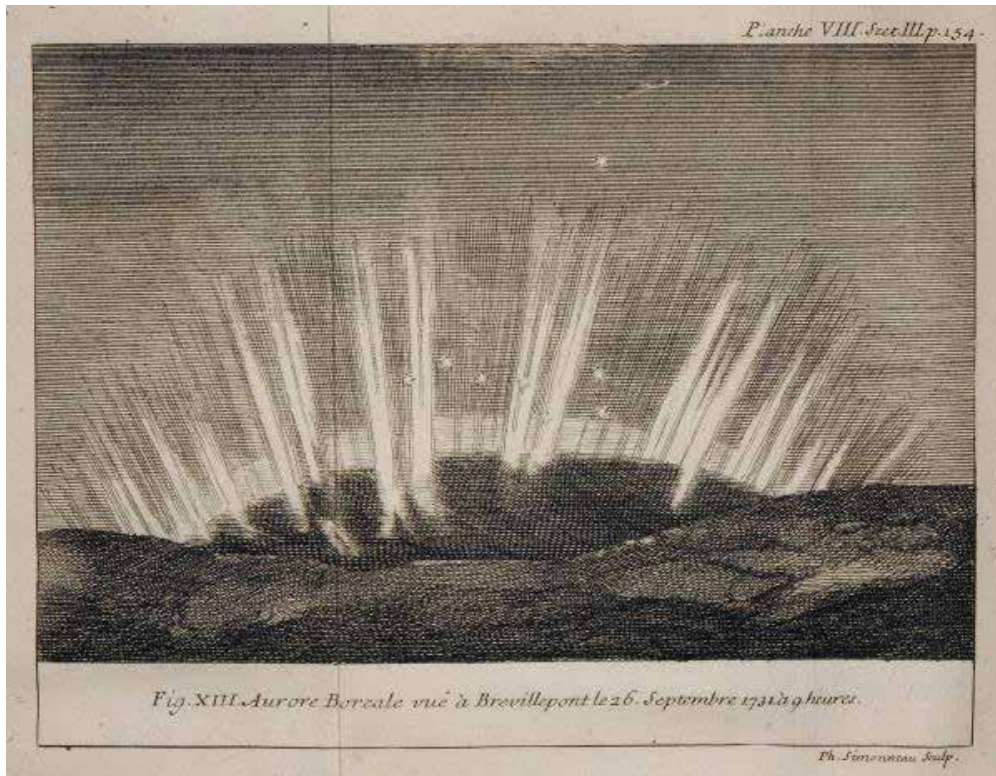
Les aurores boréales constituent également une source d'inspiration pour les peintres, notamment les Scandinaves. Peder Balke (1804-1887) transcrit sur la toile les aurores qui ont illuminé le ciel de ses nombreux voyages norvégiens. L'American Art Museum de Washington montre la palette colorée d'*Aurora Borealis* (1865) de Frederic Edwin Church. Le musée de Stockholm permet de découvrir la vision poétique de la Suédoise Anna Boberg (1864-1935).

Le Louvre conserve le tableau *Baie de la Madeleine* du Français François-Auguste Biard (1799-1882) qui a effectué une expédition dans l'archipel du Svalbard en 1839. On peut admirer les toiles de Nosov Mikhail Mikhailovich, dont *Autumn polar Northern Lights*, au musée national d'art de la République de Sakha, Iakoutsk (Sibérie).



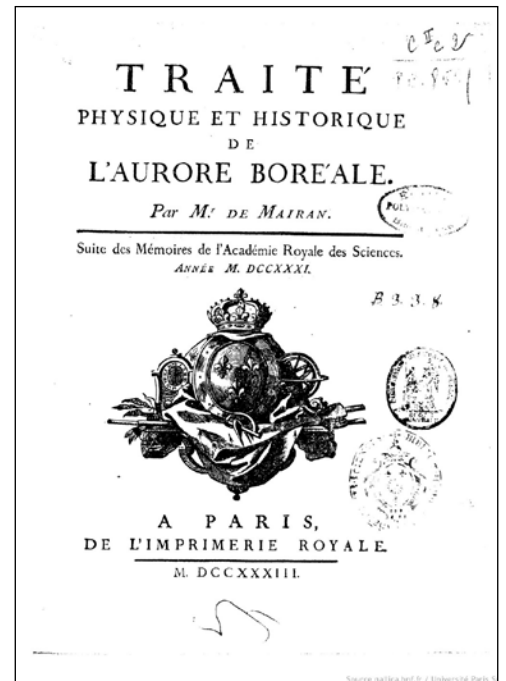
Autumn Polar Northern Lights (1948), huile sur toile de Mikhailovich  Google Arts & Culture

Nous pourrions citer d'autres peintres comme Carl Svantje Hallbeck ou Tom Thomson, mais laissons un peu de place aux autres arts. Prisonnier de guerre dans un stalag de Silésie en 1940, Olivier Messiaen, dans son *Quatuor pour la fin des temps*, traduit en musique « l'arc-en-ciel de l'Ange, et d'étranges tournoiements de couleurs » qui étaient, selon toute vraisemblance, des aurores boréales. Le compositeur atteint une dimension eschatologique, « un éblouissement perpétuel », « une éternelle musique de couleurs, une éternelle couleur de musiques ». Des artistes contemporains interrogent la place de l'humain dans l'univers, en centrant leur travail sur les aurores, comme Anna Hill en Laponie, ou le Suisse Dan Acher qui a illuminé le ciel de Rennes, en juillet 2021, en simulant une aurore par une performance technologique et magnétique.



Ci-dessus : illustration du *Traité physique et historique de l'aurore boréale*, de Dortous de Mairan. BNF

À droite : première page du *Traité physique et historique de l'aurore boréale*, de Dortous de Mairan. BNF



D'autres scientifiques étudient le phénomène. Ainsi, Johan Carl Wilcke et Anders Celsius découvrent que l'aurore s'accompagne de perturbations du champ magnétique terrestre, et Benjamin Franklin rattache l'aurore à la circulation atmosphérique. Les travaux se poursuivent au XIX^e siècle. En 1845, Humboldt publie *Cosmos. Essai d'une description physique du monde*. En 1820, Jean-Baptiste Biot analyse la lumière des aurores et démontre qu'elle n'est pas polarisée. En 1860, Elias Loomis de l'université de Yale publie la première carte connue de fréquence d'apparition des aurores boréales. Le physicien allemand Hermann Fritz la complète en 1881 et établit la cartographie des isochasmes (du grec *chasmata*, signifiant « gouffre », terme utilisé par Aristote pour traduire ses observations). Entre 1896 et 1917, le physicien norvégien Kristian Birkeland invente une machine, la *Terrella* (visible au musée du CNAM), pour étudier le phénomène en laboratoire. Ses expériences montrent l'analogie entre la formation des aurores et les mécanismes conduisant aux décharges électriques dans les tubes à décharge.

Aujourd'hui, l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG) a repensé l'expérience de Birkeland en construisant un dispositif, la *Planeterrella*, permettant de simuler les interactions entre étoiles et planètes. Ils ont ainsi prédit l'existence d'aurores bleues sur Mars.

À la Renaissance les premières analyses scientifiques apparaissent. Galilée est le premier à utiliser le nom d'aurore boréale.

Les observations et expéditions scientifiques

Au Moyen Âge, moines et érudits consignent les observations des aurores. À la Renaissance les premières analyses scientifiques apparaissent. Galilée est le premier à utiliser le nom d'aurore boréale. Le mathématicien français Gassendi publie une description détaillée de l'aurore exceptionnelle du 12 septembre 1691. Au mini-âge glaciaire lors du règne de Louis XIV succède une période d'intense activité solaire. Face à la recrudescence des aurores boréales qui impressionnent les populations au début du XVIII^e siècle, des expéditions scientifiques sont organisées et l'Académie royale des sciences demande une explication rationnelle à Dortous de Mairan (1678-1771) et la Royal Society formule la même demande auprès d'Edmond Halley (1656-1742).

Les deux scientifiques divergent dans l'analyse du phénomène. De Mairan, pour qui l'aurore est une manifestation particulière de la lumière zodiacale, réfute l'hypothèse d'Halley basée sur les fluides magnétiques émanant des pôles, et promeut le rôle de l'atmosphère solaire : « Je pense en avoir assez dit en son lieu sur l'insuffisance du système de M. Halley, pour expliquer la formation de l'Aurore Boréale par le fluide magnétique qui émane de la Terre. » De Mairan se fourvoie dans cette réfutation mais son *Traité physique et historique de l'aurore boréale* publié en 1733, constitue un repère dans l'histoire scientifique des aurores, par la richesse des données recueillies. Et son hypothèse de l'apport de matière « de l'atmosphère du Soleil à l'atmosphère terrestre » sera démontrée au XX^e siècle.

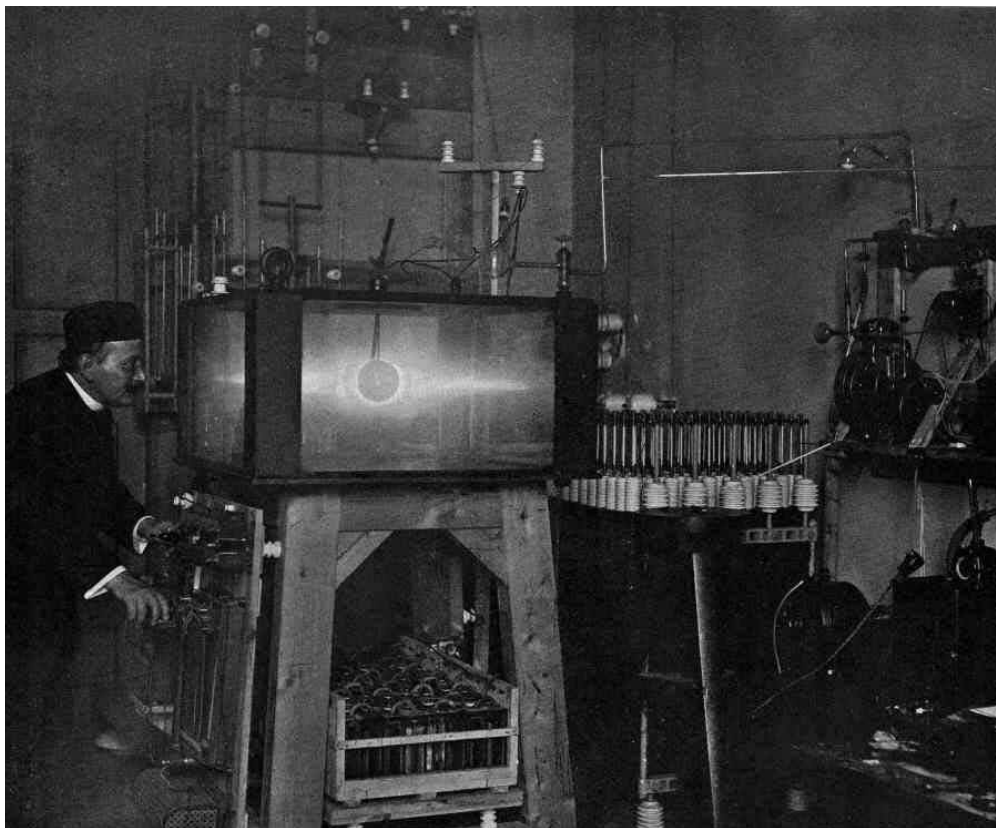
CONFÉRENCE À DOMICILE

Un phénomène toujours étudié par les scientifiques et prisé par les voyageurs

Le lien entre les aurores et l'activité solaire a donc été établi depuis le XVIII^e siècle, mais c'est l'exploration spatiale qui a permis de conforter l'hypothèse et de déchiffrer les mécanismes physiques à l'origine des aurores.

Rappelons quelques caractéristiques de notre planète et du Soleil pour comprendre la formation des aurores. La Terre est la plus grande des quatre planètes rocheuses de notre système solaire. Son grand noyau central riche en fer atteint une température de 6 000 °C. La Terre se comporte comme un aimant très puissant car son manteau extérieur liquide se déplace à mesure qu'elle tourne sur elle-même, comme une dynamo sur un vélo. Le champ magnétique terrestre, qui forme une bulle invisible autour de la planète, agit comme un bouclier protecteur, contre la plupart des particules projetées à grande vitesse dans l'espace par les tempêtes solaires. Mais il arrive parfois que des particules traversent la barrière proche des pôles magnétiques, ce qui produit les aurores polaires.

Nous savons grâce aux spectrographes que le Soleil, âgé de 4,6 milliards d'années, est presque entièrement composé de deux gaz, l'hydrogène et l'hélium. Cette boule de gaz chaud, instable, est 1,3 million de fois plus grosse que la Terre. La température avoisine les 5 500 °C à la surface et atteint environ 15 millions de degrés au centre. Le gaz est concentré à environ dix fois la densité du plomb. Sous ces températures et pressions élevées, le Soleil devient un réacteur nucléaire dans lequel l'hydrogène est transformé en hélium. Un flux constant d'électrons, de protons et de particules atomiques se produit. Ce flux de particules chargées, projetées dans l'espace constitue le vent solaire. La plupart des particules sont déviées par l'écran magnétique de la terre mais certaines passent à travers et descendent alors en spirale le long des lignes du champ magnétique. Elles entrent en collision avec des atomes de la haute atmosphère, ce qui crée l'aurore. Si les particules rencontrent des atomes d'oxygène, l'aurore sera de couleur verte. C'est la couleur la plus fréquente mais la palette des aurores présente du rouge, du pourpre et, plus rarement du bleu, en fonction de la nature locale du champ magnétique qui explique aussi les différentes formes des aurores : arc, bande, couronne (Bernard et Chareyron, 2018).



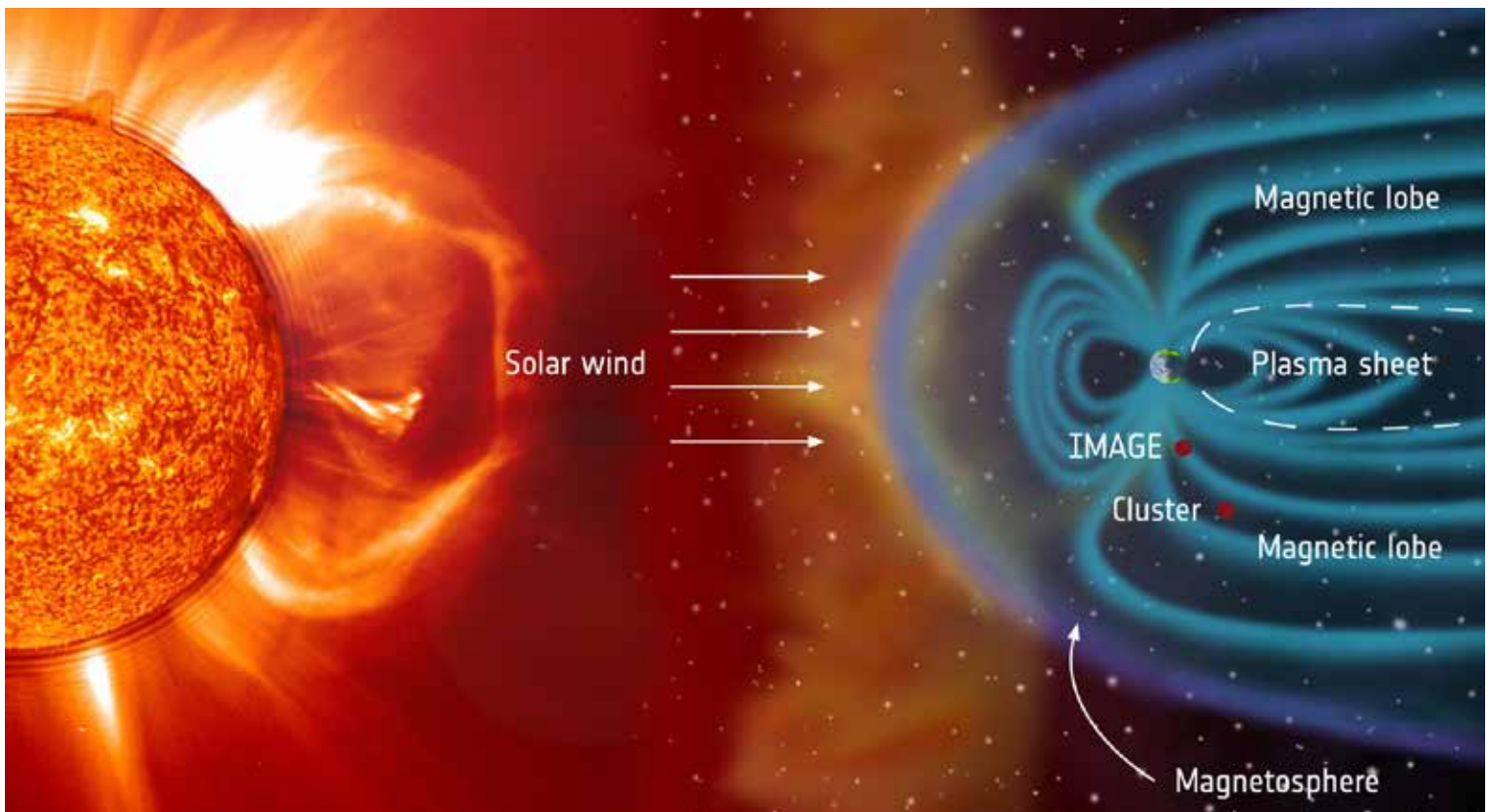
Birkeland et sa Terrella  Wikimedia Commons

C'est dans les régions polaires que les aurores sont les plus fréquentes et les plus spectaculaires.

Des « trous » sombres, appelés « aurores noires » apparaissent parfois dans ce rideau coloré. Ils se produisent en des points où les particules s'échappent vers le haut en direction de l'espace au lieu de descendre dans l'atmosphère (ESA, 2020).

En cas d'activité solaire exceptionnellement puissante, les aurores peuvent descendre jusqu'à des latitudes très basses, comme celle de 1872 observée à Bombay et en Égypte. En mars 2015, l'intensité de la tempête solaire a permis l'observation des aurores en France. C'est néanmoins dans les régions polaires que les aurores sont les plus fréquentes et les plus spectaculaires. En effet, dans ces régions, le vent solaire peut pénétrer plus profondément dans la haute atmosphère terrestre grâce aux cornets polaires, ouvertures en forme d'entonnoir que l'on observe dans la magnétosphère située au-dessus des pôles.

Pour mieux comprendre comment le Soleil interagit avec notre planète, l'agence spatiale européenne (ESA) a lancé en 2000 la mission Cluster, constellation de quatre satellites qui volent en formation à travers l'environnement magnétique de la Terre. Cluster a étudié, modélisé et cartographié en 3D, la magnétosphère terrestre et son interaction avec les particules énergétiques du vent solaire, et a réaffirmé l'importance de notre magnétosphère, véritable bouclier qui nous protège du vent solaire. Les données recueillies ont permis, notamment, d'analyser les « sous-orages », phénomènes magnétiques violents provoqués par des variations du flux de particules chargées charriées par le vent solaire, entrant en collision avec le bouclier magnétique de la Terre. « Pendant les sous-orages, la queue de la magnétosphère est comprimée et éjecte de puissants flux de plasma à haute énergie. Ces flux sont propulsés en direction de notre planète à une vitesse qui peut atteindre quelques milliers de kilomètres par seconde, ce qui permet aux particules de plasma de s'infiltrer dans la couche supérieure de l'atmosphère terrestre et de générer ainsi des aurores polaires. » (ESA, 2013)



Observation des aurores par Cluster et Image (ESA, 2020) ESA

Le champ de recherche de la météorologie spatiale demeure fécond et crucial. En effet, en période d'intense activité, l'éruption de nuages de plasma solaire peut avoir des conséquences néfastes sur les activités humaines et endommager les satellites, les réseaux de communication, et la distribution d'électricité. En 1859 déjà, une intense tempête solaire, baptisée « l'événement Carrington », avait engendré des surtensions provoquant l'incendie des télégraphes. Plus récemment, en 1989, le Canada a été privé d'électricité pendant neuf heures. Cet événement illustre la vulnérabilité de nos sociétés technologiques. La mission Cluster a contribué à la découverte de l'origine des « électrons tueurs », des particules énergétiques présentes dans la ceinture externe de radiation de la Terre qui peuvent causer des dégâts aux satellites. « Cluster a découvert que ces électrons apparaissaient lorsque les ondes de choc liées aux tempêtes solaires comprimaient les lignes de champ magnétique qui entourent la Terre. C'est cette compression qui, à son tour, fait vibrer les lignes de champ magnétique et fait accélérer les électrons à des vitesses élevées et dangereuses. » (ESA, 2020). Dans le cadre des prévisions météorologiques spatiales, le satellite Lagrange lancé en 2019 par l'ESA surveille les taches solaires potentiellement dangereuses et les vents solaires à grande vitesse. Cette fonction d'alerte recouvre des enjeux économiques et humains importants. Avertis de l'arrivée d'une tempête solaire, les autorités civiles et les opérateurs commerciaux peuvent prendre des mesures pour limiter les dégâts, protéger les satellites et les réseaux de télécommunication et de distribution d'électricité, mais aussi pour reprogrammer les sorties dans l'espace des astronautes. Les chercheurs parisiens du Centre de physique théorique et du laboratoire astrophysique ont découvert un élément déclenchant de l'éruption solaire, la formation d'une corde magnétique qui émerge de l'intérieur du Soleil. Différentes études scientifiques sont en cours, notamment au sein de l'ESA ou de la NASA. En février 2020, la sonde européenne Solar Orbiter qui mobilise cinq laboratoires du CNRS a décollé en direction du Soleil afin d'élucider plusieurs mystères concernant la physique de notre étoile. Une nouvelle mission sino-européenne SMILE (Solar wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer) sera lancée en 2023. SMILE permettra d'approfondir encore nos connaissances sur l'interaction entre le Soleil et la Terre. Les scientifiques étudient également les aurores sur les autres planètes. En 2020, ils ont modélisé la lueur verte d'oxygène dans l'atmosphère de Mars (Mission Exomars), pour améliorer la compréhension de la physique atomique et de la physique quantique.

Pour le voyageur,
la vision de ces voiles
lumineux qui ondulent
dans le ciel demeure
une expérience magique.

Les aurores constituent une manne économique pour les pays du Nord car elles attirent touristes et chasseurs d'aurores. En juillet dernier, l'hôtel islandais Rangá a publié une offre d'emploi « chasseurs d'aurores ». Pour le voyageur, la vision de ces voiles lumineux qui ondulent dans le ciel demeure une expérience magique. En attendant de la vivre grâce à Arts et Vie (L'Islande sous la lumière des aurores boréales, séjour prévu pour février 2022), il peut se délecter des clichés et vidéos pris par les astronautes, comme Thomas Pesquet qui nous a offert, en août 2021, de sublimes photos des aurores australes.

CONFÉRENCE À DOMICILE



Aurore au-dessus du Canada, photographiée par l'astronaute Scott Kelly 21/01/2016 > NASA Public Domain

Références bibliographiques :

Agence spatiale européenne (ESA), articles *Les menaces de l'espace*. (2004) ; *Les aurores polaires, somptueuses manifestations de l'activité solaire*. (2013) ; *Le soleil*. (2018) ; *Aurore australe et météorologie spatiale*. (2019) ; *La mission Cluster : 20 années d'étude de la magnétosphère terrestre*. (2020) ; *ExoMars repère une lueur verte unique sur la Planète rouge*. (2020, juin), sur <https://www.esa.int>.

Battail, J. (2016). L'Appel du Grand Nord. Entre fascination exotique et curiosité scientifique. *Études Germaniques*, 282, 235-249.

Bernard, D. et Chareyron, D. (2018). Les aurores polaires. (Téléchargeable sur <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr>)

Briens, S. (2016). Boréalisme. Le Nord comme espace discursif. *Études Germaniques*, 282(2), 179-188.

Chartier, D. (2016). Qu'est-ce que l'imaginaire du Nord ? *Études Germaniques*, 282, 189-200.

Dortous de Mairan, J.-J. (1733). *Traité physique et historique de l'aurore boréale*. Paris : Imprimerie royale.

Le Gars, S. (2015). Dortous de Mairan et la théorie des aurores polaires : Trajectoire et circulation d'une idée, de 1733 à 1933. *Revue d'histoire des sciences*, 68, 311-333.

Sites : ASC, BNF, CNES, CNRS, ESA, IPAG, NASA.

Pour aller plus loin

Voir aussi la vidéo (2016) en timelapse d'aurores polaires depuis la station spatiale internationale (ISS)

 JE DÉCOUVRE