

## Introduction

Le sujet de cet ouvrage n'est pas l'observation et l'interprétation scientifiques de l'aurore boréale, que nous avons traitées dans un ouvrage précédent (Chassefière 2022c), mais le contexte humain, institutionnel et philosophique dans lequel ont évolué dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle les principaux savants impliqués dans l'observation du phénomène. L'aurore boréale par elle-même, comme phénomène physique, n'y est abordée que lorsque la compréhension du fait scientifique permet d'éclairer le contexte humain ou philosophique dans lequel il s'inscrit. C'est aux observateurs d'aurores boréales, pour l'essentiel des astronomes dont les centres d'intérêts principaux doivent être plutôt recherchés dans l'astronomie, et ses applications à la cartographie, et à leurs trajectoires individuelles et collectives, dans un espace institutionnel et philosophique en profonde mutation, que cet ouvrage est consacré. Le choix du thème de l'aurore boréale comme fil conducteur du récit tient au caractère fédérateur du phénomène, qui, du fait de sa très grande altitude, ne peut être caractérisé correctement que par des mesures faites simultanément en des lieux distants de milliers de kilomètres, échelle qui est celle de l'Europe, et non de chacun de ses États. Mais avant d'entamer notre voyage européen dans le monde savant des Lumières, il est utile de survoler le paysage humain et scientifique qui en constitue le cadre.

L'aurore boréale est un phénomène encore relativement peu connu au début du XVIII<sup>e</sup> siècle. L'abbé Pierre-Nicolas Bertholon fournit une très longue analyse, historique et scientifique, du phénomène dans l'article « Aurore boréale » du *Dictionnaire de physique*<sup>1</sup> (1793). Il cite Aristote, témoin d'une aurore en Macédoine, qui compare l'apparence de l'aurore boréale, lorsqu'elle est étendue, à « l'embrasement d'une campagne dont on brûle le chaume ». Aristote donne des noms imagés aux jets de lumière

---

1. Le *Dictionnaire de physique*, publié en 1793, constitue le tome premier d'un ensemble de quatre encyclopédies dont les tomes second, troisième et quatrième sont appelés *Encyclopédie méthodique*, publiés respectivement en 1816, 1819 et 1822.

observés à cette occasion : « tisons allumés, torches, lampes, poutres ardentes ». Les couleurs les plus répandues de l'aurore boréale sont selon lui « le pourpre, le rouge vif et la couleur de sang ». Bertholon rapporte de nombreux témoignages du passé, depuis l'Antiquité jusqu'au tout début du XVIII<sup>e</sup> siècle, faisant état de scènes de panique chez les populations, et d'associations fréquentes de l'aurore boréale à un présage funeste, annonçant guerres et désolation. Notamment, la peur de l'Apocalypse, qui saisit l'Europe à la fin du XV<sup>e</sup> siècle, et dure jusqu'au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle, confère aux aurores boréales et aux autres phénomènes inexplicables, comme les arcs-en-ciel, les halos solaires ou lunaires, ou les feux volants (les météoroïdes entrant dans l'atmosphère) un caractère particulièrement inquiétant (Schröder 2005). Les superstitions en la matière restent vives au tournant du XVIII<sup>e</sup> siècle. L'astronome Maria Winkelmann-Kirch, qui observe de Berlin l'aurore boréale de mars 1707, s'interroge ainsi dans une lettre écrite à Gottfried Wilhelm Leibniz en novembre de la même année à propos du phénomène : « Je ne suis pas sûre de ce que la nature a essayé de nous dire » (Schiebinger 1987, p. 183). La reprise durable des aurores boréales en 1716, après une longue période d'interruption (attribuable à la faible activité solaire, repérable au nombre moindre de taches visibles sur le disque : on parle du « minimum de Maunder », qui s'étend approximativement de 1645 à 1715), à l'exception des timides reprises de 1686 et 1707, marque un tournant important dans l'appréhension populaire des phénomènes atmosphériques inexplicables. À Halle, en Allemagne, le philosophe et physicien Christian Wolff, une semaine après l'événement, donne à la demande des citoyens de sa ville une conférence sur le sujet, pour fournir son interprétation de l'aurore boréale, un phénomène naturel selon lui, tout à fait explicable sans faire appel à aucune intervention divine (Schröder 2005).

L'irruption du phénomène de l'aurore boréale suscite un engouement considérable chez les savants de l'époque, et ceci d'autant plus qu'il est encore mal documenté, et que les seules explications rationnelles du phénomène sont encore fortement inspirées de la météorologie aristotélicienne. Celle-ci attribue l'origine des aurores boréales et d'autres phénomènes lumineux atmosphériques aux vapeurs sèches soulevées dans l'atmosphère par la chaleur du soleil. Par opposition à la vapeur humide, qui reste proche de la surface terrestre et donne lieu aux pluies, la vapeur sèche monte et s'étend jusqu'à la limite entre la sphère terrestre et la sphère céleste en rotation, le contact avec l'éther en mouvement provoquant son inflammation : « Il faut penser que, comme une matière inflammable, ce que nous appelons ici le feu s'étend jusqu'à l'extrémité de la sphère qui entoure la terre, de telle sorte que le moindre mouvement qu'il reçoit lui suffit, comme à la fumée, pour s'enflammer perpétuellement ; car la flamme n'est que l'incandescence d'un air sec » (Aristote 1863, p. 21-22). Galilée, probable inventeur de la dénomination d'aurore boréale pour désigner le phénomène, écrit dans un texte de 1619, signé par son élève Mario Guiducci, que le phénomène « n'a pas d'autre origine que le fait qu'une parcelle de l'air chargé de vapeur qui

entoure la terre est, pour une raison quelconque, anormalement raréfiée, et, étant extraordinairement sublimée, s'élève au-dessus du cône d'ombre de la terre en sorte que ses parties supérieures sont éclairées par le soleil et rendues capables de nous refléter sa splendeur, formant ainsi pour nous cette aurore boréale » (Siscoe 1978, citation reprise de (Drake et O'Malley 1960, p. 53)). Ainsi, s'il considère, comme Aristote, que la cause matérielle tient à des vapeurs émanées de la Terre, il attribue la lumière de l'aurore boréale, non à une inflammation, mais à la réflexion par ces vapeurs de la lumière du soleil. Une explication similaire est fournie par Pierre Gassendi, témoin d'aurores boréales en 1621, ce dernier insistant sur le caractère planétaire du phénomène, lié selon lui à une disposition intérieure particulière du globe terrestre expulsant des vapeurs à travers une partie importante de sa surface (Bernier 1684, p. 266). René Descartes, dans son essai *Les Météores*, publié en 1637, avance trois explications possibles de l'aurore boréale :

« La première est qu'il y ait en l'air plusieurs nues assez petites pour être prises pour autant de soldats, et qui, tombant l'une sur l'autre, enveloppent assez d'exhalaisons pour causer quantité de petits éclairs et jeter de petits feux, et peut-être aussi faire ouïr de petits bruits au moyen de quoi ces soldats semblent combattre. La seconde, qu'il y ait aussi en l'air de telles nues, mais qu'au lieu de tomber l'une sur l'autre, elles reçoivent leur lumière des feux et des éclairs de quelque grande tempête, qui se fasse ailleurs si loin de là qu'elle n'y puisse être aperçue. Et la troisième, que ces nues, ou quelques autres plus septentrionales de qui elles reçoivent leur lumière, soient si hautes que les rayons du soleil parviennent jusques à elles. » (Descartes 1824, p. 263-264)

La première explication, qui assimile l'aurore boréale à un petit orage, est étroitement inspirée de la vision aristotélicienne, bien qu'en différant sur le mécanisme de l'inflammation, associé chez Descartes à un mouvement qui se produit au sein de l'atmosphère. La troisième explication s'inspire directement de l'idée de Galilée et de Gassendi, la deuxième constituant une hypothèse intermédiaire, les vapeurs transmettant une lumière qui n'est pas celle du soleil, mais provient d'un orage lointain.

Bertholon détaille pas moins de douze explications possibles de l'aurore boréale proposées dans le courant du XVIII<sup>e</sup> siècle. Edmond Halley, le premier à prendre scientifiquement position après la reprise marquée des aurores en 1716, publie en 1717 une explication basée sur l'idée que l'aurore boréale est le fait de la matière magnétique circulant dans le grand aimant terrestre, s'inspirant de la théorie de l'aimant de Descartes (Halley 1717). Après avoir exposé, dans le même article, la théorie d'inspiration aristotélicienne d'exhalaisons s'enflammant dans l'atmosphère, dont il pense qu'elle ne peut expliquer l'extension géographique considérable de l'aurore, il avance sa propre

explication selon laquelle c'est la matière subtile magnétique, qu'il suppose sortir par le pôle boréal de la Terre et circuler dans l'éther vers son pôle austral, qui génère les phénomènes lumineux de l'aurore à haute latitude. Jean-Jacques Dortous de Mairan, quelques années plus tard, conçoit un système de l'aurore basé sur l'idée que la matière subtile à l'origine de la lumière septentrionale provient du soleil, dont l'atmosphère, à laquelle il attribue avec Jean-Dominique Cassini l'origine de la lumière zodiacale, et qui peut s'étendre au-delà de l'orbite de la Terre, précipite dans l'air subtil constituant la haute atmosphère de la Terre. En se mélangeant à l'atmosphère, la matière solaire se stratifie, et produit les structures lumineuses de l'aurore. Le traité de l'aurore boréale de Mairan, achevé en 1731, est publié deux ans plus tard (Mairan 1733). C'est autour de ces deux grands systèmes, ainsi que de celui de l'inflammation des exhalaisons sèches hérité de la météorologie d'Aristote, qui reste défendu par de nombreux savants jusqu'au milieu du siècle, que se développe la pensée scientifique de l'époque en matière de sciences de l'atmosphère et de météorologie. Un quatrième système sera proposé par Leonhard Euler une quinzaine d'années plus tard (Euler 1746), faisant appel à un effet de la poussée exercée par les rayons solaires sur les particules de la haute atmosphère, ceux-ci étant supposés les expulser vers l'espace de la même façon qu'ils repoussent, selon Euler, les enveloppes des comètes pour former leurs queues. Bertholon mentionne d'autres théories développées à la même époque, inspirées des idées de Galilée ou Gassendi qui voient dans le soleil la source du rayonnement auroral. Ainsi, l'abbé Hell, de l'Observatoire de Vienne, suppose un effet des particules de glace en suspension dans l'atmosphère réfléchissant et réfractant les rayons du soleil ou de la lune, ainsi qu'il se produit dans les parhélies. D'autres font appel à la couverture de neige et de glace des régions polaires, qui réfléchiraient vers les couches supérieures de l'atmosphère la lumière rasante du soleil (placé juste au-dessous de l'horizon), ces couches renvoyant à leur tour cette lumière vers l'observateur situé à la surface de la Terre. Mais, dans la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, tous ces systèmes sont supplantés par l'hypothèse d'une origine électrique pour les aurores, ceci sur la base des similarités de texture et de couleur des aurores boréales avec les lumières générées au sein d'enceintes préalablement électrisées. John Canton, en 1753, publie le premier modèle électrique de l'aurore boréale, défendant l'idée que l'aurore est produite par une décharge entre nuages électrisés positivement et négativement passant par la haute atmosphère, dont la résistance électrique est moindre (Canton 1753). Bertholon cite également les travaux de Benjamin Franklin, et les siens propres, sur l'hypothèse d'un effet de l'électricité. Il faudra attendre la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, avec la découverte des précipitations de particules solaires, pour que le véritable mécanisme, impliquant les particules du vent solaire, le champ magnétique terrestre et la circulation des particules solaires le long des lignes de champ, ne vienne opérer la synthèse des explications proposées, notamment, par Halley, Mairan et Canton.

Dans son traité de 1733, Mairan avance que, si son système est exact, à savoir si les aurores boréales sont le résultat de la précipitation de matière de l'atmosphère solaire dans l'atmosphère terrestre, les aurores doivent être plus fréquentes lorsque la Terre est plus proche du Soleil, c'est-à-dire au voisinage de son périhélie sur son orbite autour du Soleil, vers le solstice d'hiver, et lorsque l'hémisphère nord de la Terre pointe dans la direction du mouvement de la Terre sur son orbite, dans la période comprise entre le solstice d'été et le solstice d'hiver, captant frontalement la matière solaire. Il estime ainsi que les futures observations d'aurores boréales permettront de tester la validité de son hypothèse. Dans la deuxième édition du traité, parue en 1754, mettant en application la méthode tracée vingt ans plus tôt, il passe en revue les observations existantes d'aurores boréales, notamment celles qui sont intervenues depuis la parution de son premier traité. Son but est d'analyser statistiquement les fréquences d'apparition des aurores aux voisinages du périhélie (décembre-janvier) et de l'aphélie (juin-juillet) de la Terre sur son orbite autour du Soleil dans le cadre de son système, système d'où, selon lui, « résulte la liaison constante de l'aurore boréale et de ses apparitions, avec ce fluide lumineux ou éclairé par le Soleil, qui s'étendant quelquefois jusqu'à la Terre et au-delà, doit par les lois de la gravitation, tomber dans l'atmosphère terrestre, et y produire ce phénomène ». Il commence par analyser les aurores répertoriées par un professeur de philosophie à Helmstadt en Allemagne, Jean-Nicolas Frobès, qui a publié en 1739 un catalogue de 796 aurores boréales observées entre 500 et 1739, dont les trois quarts sont postérieures à 1716, décrivant ainsi l'avantage de l'approche statistique qui, par la multiplication des observations, tant leurs résultats que leurs interprétations, lisse et au final annule les biais liés aux mesures et appréciations individuelles :

« C'est que le principe de fréquence dont il s'agit étant vrai, toutes ces différences disparaissent sur les grandes masses de temps et de nombres ; tout se compense enfin selon la doctrine des hasards, et le rapport cherché se manifeste. Si la manière de voir ou de juger, d'un observateur, d'un historien, ses attentions, ses préjugés, sa superstition même, lui font multiplier ou omettre certains phénomènes, des dispositions contraires dans un autre lui feront rejeter ce que celui-là a admis, et retenir ce qu'il avait rejeté [...] Si les longs crépuscules de l'été, et plus longs dans un climat que dans l'autre, nous font perdre quelques petites aurores boréales, les nuits sombres de l'hiver, et dont la longueur est relative à ces climats en raison inverse des jours et des crépuscules, nous en dérobent d'autres de même espèce. [...]

C'est donc de cette diversité même, de temps, de pays et d'écrivains, et de ces grandes masses d'années, d'observations et de nombres, que nos inductions sur la correspondance dont il s'agit, tireront leurs plus grandes forces. » (Mairan 1754, p. 486-487)

Il analyse ainsi les séries d'observations qui lui ont été délivrées par plusieurs observateurs d'aurores boréales de divers pays d'Europe, dont il fournit les références. 233 observations proviennent de Joseph-Nicolas Delisle, directeur de l'Observatoire impérial de Saint-Pétersbourg, que dans la suite nous appellerons pour simplifier Observatoire de Saint-Pétersbourg, où elles ont été réalisées par lui-même et ses collègues en poste à l'Observatoire, Friedrich Christoph Mayer et Georg Wolfgang Krafft. Les 57 aurores boréales observées par le frère cadet de Delisle, Louis de La Croyère, également en poste à Saint-Pétersbourg, lors de son voyage en Sibérie de 1727-1730, ne sont pas utilisées par Mairan dans son analyse car prises selon lui à trop haute latitude, dans des conditions extrêmes du cycle diurne de l'ensoleillement susceptibles de biaiser la statistique des aurores observées. 224 observations d'aurores sont fournies par Anders Celsius, directeur de l'Observatoire astronomique d'Uppsala, certaines observées par lui, d'autres par ses collègues suédois. 106 sont le fait de Christfried Kirch, directeur de l'Observatoire royal de Berlin, et 91 de Johann Friedrich Weidler, de Wittenberg, une ville située à une centaine de kilomètres au sud-ouest de Berlin. 88 observations proviennent de Eustachio Zanotti, successeur d'Eustachio Manfredi, autre observateur d'aurores, à la direction de l'Observatoire astronomique de Bologne, et Jacopo Bartolomeo Beccari de la même ville. D'autres observations ont été publiées à Londres en 1749 par Thomas Short, répertoriant 148 aurores boréales. Parmi toutes ces observations, Mairan élimine celles qui correspondent à une même aurore vue par différents observateurs, ce qui arrive fréquemment compte tenu de la très grande hauteur du phénomène, en moyenne 175 lieues, soit 700 km, qui fait qu'il peut être vu de très loin, les aurores ayant lieu le plus souvent entre 400 km et 1 200 km d'altitude (Mairan 1754, p. 433-434). Examinant ainsi les cas de plus de 2 000 aurores, en grande majorité postérieures à 1716, Mairan déduit que les aurores boréales sont plus fréquentes pendant les mois d'hiver, lorsque la Terre est plus proche du Soleil, tout en notant le biais qui pourrait provenir du fait que l'été est aussi la période pendant laquelle les nuits sont les plus courtes, le phénomène étant alors susceptible d'être masqué par la plus grande luminosité ambiante.

La question de la capacité d'un système à être testé par la collecte des observations dans la durée, qui est un atout essentiel de la théorie de l'aurore boréale de Mairan, est importante, et s'inscrit dans un débat qui agite toute la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle autour de la question de l'esprit de système, dans cette période de renversement de l'approche mécaniste déductive héritée de Descartes au profit de l'approche inductive partant des seuls résultats de l'observation et de l'expérience prônée par les tenants de l'empirisme anglais, emmenés par Isaac Newton. Dès sa prise de fonction de secrétaire perpétuel de l'Académie royale des sciences en 1699, Bernard le Bovier de Fontenelle, dans sa préface à l'*Histoire de l'Académie royale*

*des sciences*<sup>2</sup> (Fontenelle 1699), que nous désignerons dans la suite du simple nom de « l’Histoire », prône l’accumulation patiente des observations comme préalable à l’élaboration de tout système, « car il faut que la Physique systématique attende à élever des Édifices, que la Physique expérimentale soit en état de lui fournir les matériaux nécessaires ». Le système est bien pour Fontenelle, comme pour Mairan qui l’exprime parfaitement dans sa préface à la *Dissertation sur la glace* (Mairan 1749), la forme accomplie de la connaissance (Mazauric 2007), mais il ne peut en aucun cas être posé *a priori*, devant au contraire découler de l’observation des phénomènes. À « l’esprit de système » hérité de Descartes, qu’il récuse, Jean le Rond D’Alembert oppose dans son discours préliminaire de l’*Encyclopédie* de 1751 un « esprit systématique » consistant à « réduire autant qu’il sera possible, un grand nombre de phénomènes à un seul qui puisse en être regardé comme le principe » (D’Alembert 1893, p. 23), dans lequel le système ne se situe donc pas en amont des phénomènes qu’on cherche à expliquer, mais à l’articulation entre ces phénomènes, qu’il s’agit de comparer et d’étudier de façon réfléchie. Cette question des systèmes constitue un arrière-plan important de la vie scientifique de l’époque, telle que nous la relatons dans cet ouvrage.

La quasi-totalité des observateurs d’aurores boréales cités par Mairan dans son mémoire de 1754, pour la plupart également impliqués dans des mesures quotidiennes des paramètres météorologiques (température, pression, vitesse du vent, etc.), sont en contact régulier les uns avec les autres, ainsi que nous le décrirons au fil des pages de cet ouvrage. Ainsi, Joseph-Nicolas Delisle entretient une correspondance serrée avec Kirch et Celsius, et échange aussi régulièrement avec Zanotti et Weidler, durant les longues années qu’il passe à Saint-Pétersbourg. Celsius, lors de son voyage européen de 1732-1737, qu’il conclut par sa participation à l’expédition menée par Pierre Louis Moreau de Maupertuis en Laponie pour mesurer la forme de la Terre, réalise des observations avec Kirch à Berlin, puis avec Manfredi à Bologne, passe par Wittenberg pour y rencontrer Weidler, puis séjourne à Paris, où il côtoie la sœur de Delisle (celui-ci se trouvant alors à Saint-Pétersbourg), qui interagit occasionnellement avec l’Académie royale des sciences et le Collège royal, dont son frère reste membre malgré son absence. À Padoue, Celsius rencontre Giovanni Poleni et lui transmet ses observations d’aurores boréales. Poleni, un partisan du système de Mairan, au fait des attentes de ce dernier, met lui-même en tables les observations de son collègue suédois et les transmet à Mairan, qui ensuite rencontrera directement Celsius lors du passage de ce

---

2. Chaque volume, en règle générale un par an, des actes de l’Académie royale des sciences, est composé d’une série de mémoires (les Mémoires de mathématiques et de physique de l’Académie royale des sciences de Paris) précédée par une section composée d’articles de Fontenelle introduisant et vulgarisant la science présentée dans les mémoires (l’*Histoire de l’Académie royale des sciences*, que l’on appellera l’Histoire sans autre précision dans la suite de l’ouvrage), et suivie d’une section consacrée aux Éloges des académiciens décédés.

dernier à Paris. Delisle réalise des thermomètres qu'il envoie dans toute l'Europe, en vue de permettre des mesures de température qui puissent être comparées d'un pays à l'autre. Au début des années 1740, Celsius, avec son associé Olof Hiorter, observe une agitation de l'aiguille aimantée durant certaines aurores boréales, et les mesures de déclinaison de l'aiguille, jusque-là plutôt dédiées à la cartographie de la déclinaison en vue d'améliorer la navigation, prennent un intérêt également pour l'interprétation de l'aurore boréale.

Ces observateurs, dans l'ensemble, ne prennent pas explicitement parti sur le système de l'aurore qu'ils privilégient, et même, pour certains, comme Celsius, s'interdisent de le faire, se limitant à l'enregistrement systématique et patient des données en vue de travaux scientifiques futurs, travaux dont l'analyse statistique réalisée par Mairan en 1754 est la parfaite illustration. On sait que Weidler, ainsi que François de Plantade, qui observe des aurores boréales à Montpellier, sont partisans du système de Halley. Mayer, à Saint-Pétersbourg, privilégie l'hypothèse de l'inflammation des matières sulfureuses. Poleni, qui observe quelques aurores depuis Padoue, et beaucoup d'autres savants en Europe sont séduits par le système cosmo-atmosphérique de Mairan. Ils sont tous astronomes et, à ce titre, dédient la plus grande partie de leur temps à l'observation des planètes et des étoiles, notamment leurs conjonctions (éclipses de Lune et de Soleil, occultations d'étoiles par la Lune, ou de ses satellites par Jupiter, transits de Mercure, etc.), ainsi que des comètes, dans une période où la vérification de la conformité des trajectoires de comètes aux lois de Newton est un sujet majeur pour des newtoniens convaincus, comme le sont Delisle ou Celsius. Ces astronomes, dans leurs observatoires, ont aussi la charge de l'observation météorologique, qui inclut les aurores boréales, considérées jusqu'alors comme un phénomène météorologique, dans la tradition aristotélicienne. De par les longues nuits de veille passées à observer, ils sont amenés à être les témoins d'aurores boréales, celles-ci étant particulièrement fréquentes aux latitudes d'Uppsala ou de Saint-Pétersbourg. Leurs instruments d'observation leur permettent de caractériser angulairement les structures de l'aurore boréale (arcs, jets, etc.) relativement à la surface de la Terre et à la direction du nord géographique, conduisant notamment à des estimations de hauteur du phénomène, grâce à des mesures de parallaxe faites à partir d'observations distantes de la même structure, ou à des modèles idéalisés, tels que celui de Mayer, permettant d'estimer la hauteur de l'aurore à partir d'une mesure en un seul point. Les hauteurs estimées sont considérables (plusieurs centaines, voire plus de mille kilomètres), suggérant une atmosphère beaucoup plus élevée qu'on ne l'a cru au siècle précédent (typiquement moins de cent kilomètres, voir (Chassefière 2022c, chap. 7)), et conduisant certains savants, comme Euler, à lui attribuer une origine purement cosmique.

Ces observateurs d'aurores ont tous eu des responsabilités importantes dans le système institutionnel d'académies scientifiques et d'observatoires alors en émergence



dans les pays européens et en Russie. Celsius est celui qui, au retour de son voyage européen, a repris la Société royale des sciences d'Uppsala et son projet d'Observatoire. Manfredi a été le fondateur, à la fin du siècle précédent, de l'Accademia degli Inquieti, sur laquelle se sont bâtis ensuite l'Académie des sciences de l'Institut de Bologne et son Observatoire, dont Manfredi, puis Zanotti, seront les directeurs. La famille Kirch, Gottfried Kirch et sa femme Maria Winkelmann, ainsi que leur fils Christfried Kirch et ses sœurs, jouent un rôle déterminant dans la production scientifique de l'Observatoire royal de Berlin, la pièce centrale de l'Académie créée par Gottfried Wilhelm Leibniz dans la même ville au tournant du siècle, dont Gottfried Kirch, puis Christfried, assurent la direction. Quant à Joseph-Nicolas Delisle, il est l'artisan majeur de la création *ex nihilo* d'un observatoire astronomique à Saint-Petersbourg, dans le cadre de l'Académie impériale des sciences voulue par Pierre le Grand, et montée avec l'aide de Christian Wolff, un disciple de Leibniz, sur un schéma identique à celui de l'Académie royale des sciences de Prusse, que nous appellerons souvent, pour simplifier, Académie de Berlin. À ces acteurs de l'observation, il faut joindre Halley et Mairan, concepteurs des deux grands systèmes en rupture avec la vision cartésienne des Météores, le premier ayant joué un rôle essentiel dans la conduite de la Royal Society of London et de son Observatoire (en tant que secrétaire de la société à partir de 1713, puis, à partir de 1720, comme directeur de l'Observatoire royal de Greenwich), le deuxième ayant pris en 1741, pour trois ans, la succession de Fontenelle au secrétariat perpétuel de l'Académie royale des sciences de Paris. Ce groupe de savants couvre à lui seul les principales académies de l'époque (Londres, Paris, Uppsala, Berlin, Bologne, Saint-Petersbourg), et ses membres ont pour beaucoup joué des rôles éminents dans la création, ou la direction, de ces académies et de leurs observatoires. Ces observatoires constituent, jusqu'au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, l'essentiel des établissements d'importance en astronomie d'Europe.

L'institutionnalisation de l'astronomie sur le continent européen a été entamée dans la deuxième moitié du XVII<sup>e</sup> siècle à travers la création de deux grands observatoires, l'Observatoire royal de Paris en 1667 dans le cadre de la nouvelle Académie royale des sciences de Paris (Maury 1864) fondée l'année précédente, l'Observatoire royal de Greenwich en 1675 dans le cadre de la Royal Society of London (Mailly 1867) fondée en 1660. Au siècle suivant seront créées de nombreuses autres académies, l'Académie royale des sciences de Prusse à Berlin en 1700, la Société royale des sciences d'Uppsala en 1710, l'Académie des sciences de l'Institut de Bologne en 1714, l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg en 1725, et une quinzaine d'autres dans le courant du XVIII<sup>e</sup> siècle (Sigrist 2013). Les Académies de Paris, Londres, Berlin, Uppsala, Bologne, Saint-Petersbourg, que nous étudierons plus particulièrement dans cet ouvrage, toutes dotées d'un observatoire astronomique en constituant une partie intégrante, rassemblent à elles seules entre 30 et 40 % des astronomes européens de l'époque, dont le nombre avoisine un demi-millier dans la deuxième

moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle (*Ibid.*). Ces astronomes n'observent pas que dans les observatoires rattachés à ces académies, tant s'en faut. Rien qu'à Paris, une dizaine d'observatoires privés sont utilisés par des académiciens astronomes (Passeron 2013). Au niveau européen, plus d'une soixantaine de quarts de cercle mobiles ont été livrés aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles dans une cinquantaine d'observatoires différents (Turner 2002), ce qui traduit l'existence de plusieurs dizaines d'observatoires de valeur à cette époque. L'observation des paramètres météorologiques, ainsi que des aurores boréales, constitue dans les observatoires publics rattachés aux académies des activités de service, reconnues et auxquelles sont consacrés des moyens en hommes et en matériel.

L'aurore boréale constitue l'exemple emblématique d'un objet par nature observable simultanément par des observateurs de différents pays, dont précisément l'observation par des témoins distants de plusieurs centaines ou milliers de kilomètres est nécessaire pour en caractériser précisément la morphologie et les dimensions, et appelle à ce titre la constitution de réseaux coordonnés d'observation. Contrairement aux phénomènes astronomiques, dont l'observation peut également requérir des campagnes coordonnées à l'échelle du globe, par exemple pour mesurer les parallaxes précises de la Lune, des planètes ou du Soleil fournissant leurs distances, les aurores boréales constituent des événements imprévisibles nécessitant une surveillance constante, et l'accumulation d'observations en grand nombre, notamment à des fins statistiques, comme on l'a vu. L'aspect coopératif de l'observation des aurores boréales en constitue une dimension importante, même si celle-ci ne représente qu'un volet relativement annexe de l'activité des astronomes de l'époque, dont le domaine principal d'expertise est celui de l'astronomie et de la prévision des trajectoires des corps célestes, en particulier dans cette période de pénétration de la mécanique newtonienne, dont certains, comme Delisle ou Celsius, se fixent pour objectif d'en fournir la validation observationnelle. Les aurores boréales ne sont presque jamais mentionnées dans la correspondance que Delisle entretient avec ses interlocuteurs européens, la raison en étant que leur observation ne peut donner lieu à aucun calcul destiné à en prévoir le déroulement de manière univoque, comme c'est le cas avec les trajectoires des corps célestes. Le système proposé par Mairan, qui fait intervenir le soleil et l'orbite terrestre comme déterminants partiels tranche néanmoins avec cet état de fait en donnant à l'aurore boréale une dimension astronomique, fournissant des critères de validation relativement clairs. Le présent ouvrage, qui s'appuie sur le cercle d'une quinzaine d'astronomes fournisseurs d'observations d'aurores précédemment décrit, ne concerne pas principalement, nous l'avons dit, la science des aurores boréales, qui a déjà fait l'objet de longs développements dans une publication précédente (Chassefière 2022c), mais plutôt le contexte humain, institutionnel et philosophique dans lequel ces astronomes observateurs d'aurores évoluent.

Une particularité du phénomène de l'aurore boréale, dans cette première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle qui voit la pénétration du newtonianisme sur le continent peu à peu

s'amplifier, est que les systèmes proposés pour le décrire ne s'inscrivent pas dans une dualité claire entre influences cartésienne et newtonienne. Le système proposé par Halley, un proche de Newton, reprend la théorie de l'aimant de Descartes, tandis que celui de Mairan, défenseur des tourbillons cartésiens, revendique l'inclusion de la loi mathématique de la gravitation proposée par Newton pour définir la taille de la zone d'accrétion de la matière solaire par la Terre sur son orbite, même si cette particularité n'en constitue pas un aspect central. Pieter van Musschenbroek, un physicien hollandais professant les idées de Newton, défend le système cartésien de l'inflammation des exhalaisons. De nombreux observateurs d'aurores, on l'a dit, ne prennent pas parti en faveur d'un système particulier. L'aurore boréale n'est pas par elle-même, si l'on s'en tient à la question de son observation, un objet clivant en termes d'appartenance à telle ou telle école philosophique, la coopération requise pour l'observer et la caractériser l'emportant largement, et soudant des communautés d'obédiences diverses. Le développement du système de Mairan, dans la deuxième moitié de la décennie 1720, s'inscrit néanmoins dans une période particulière d'opposition marquée entre cartésiens et newtoniens. Plusieurs auteurs, comme Pierre Brunet (1970) et ultérieurement John Bennett Shank (2008), décrivent la période qui s'ouvre en 1727 et se prolonge jusqu'à la fin des années 1730, comme un moment de forte réaction cartésienne face à la pénétration de plus en plus affirmée du newtonianisme. Pour le premier, c'est dès le début du XVIII<sup>e</sup> siècle que s'amorce la réaction cartésienne, l'opposition se faisant de plus en plus vive à partir de 1727, tandis que pour le second, le processus ne démarre réellement qu'en 1715 du fait d'un rejet publiquement affiché de Descartes par les newtoniens, l'éloge de Fontenelle à Newton en 1727 amplifiant la prise de conscience par les cartésiens de l'Académie de la menace newtonienne (une synthèse des périodisations proposées dans la littérature peut être trouvée dans (Crépel et Schmit 2017, p. 21-40)). Dans ce contexte particulier, le système de Mairan, qui fait appel aux matières subtiles, est comme nous le verrons clairement érigé par Fontenelle, secrétaire de l'Académie et défenseur intransigeant de la théorie des tourbillons, en un monument de la pensée cartésienne contre l'influence grandissante des idées de Newton.

Dans le chapitre 1, nous nous questionnons sur le silence entretenu durant plusieurs décennies dans les volumes de l'Académie royale des sciences sur le système de l'aurore boréale de Halley, que vient encore renforcer à la fin des années 1720 le rejet par l'Académie d'un mémoire de la Société royale des sciences de Montpellier, écrit à l'issue de la grande aurore boréale de 1726 par François de Plantade, proposant un système similaire à celui de Halley. Les arguments opposés à Plantade pour justifier le rejet de son mémoire par différents interlocuteurs parisiens ne semblent pas pouvoir expliquer la décision prise, en premier lieu parce que Plantade, un savant reconnu par ailleurs fondateur de la Société royale des sciences de Montpellier, explique que son système diffère suffisamment dans le détail de celui de Halley pour

mériter d'être exposé dans les volumes des Mémoires parisiens. En second lieu, la crise déclenchée par le rejet du mémoire menace le lien organique établi en 1706 entre les deux institutions, conséquence autrement plus grave que n'aurait pu l'être la publication d'un mémoire dont au moins la partie descriptive avait été jugée de bonne qualité. À partir d'une analyse des faits, et des positionnements des principaux acteurs parties prenantes, à savoir notamment le secrétaire perpétuel Fontenelle, et Mairan lui-même, très proche de Fontenelle, et en replaçant l'épisode dans le contexte de l'intensification des relations scientifiques entre l'Académie royale des sciences et la Royal Society of London, nous suggérons que les arguments communiqués à Plantade par différents interlocuteurs parisiens pour justifier le rejet de son mémoire masquent une motivation d'ordre « politique », au sens de la défense de la sphère d'influence cartésienne, dans une période de durcissement du conflit entre cartésiens et newtoniens, l'affirmation du système de l'aurore boréale de Mairan constituant une pièce de la contre-offensive cartésienne.

Le chapitre 2 présente la trajectoire de vie et d'étude de Joseph-Nicolas Delisle, un astronome académicien invité à Saint-Pétersbourg, nouvelle capitale de la Russie, par Pierre le Grand pour y prendre la direction d'un Observatoire astronomique dans le cadre de la nouvelle Académie impériale des sciences, depuis lequel il observera entre autres plus de deux cents aurores boréales dans la décennie qui suit son arrivée, en 1726. Le contexte de la publication de ces observations, en 1738, dans le cadre de l'Académie des sciences russe, est surprenant à plus d'un titre. Le caractère isolé de cette publication, dans laquelle en sont annoncées d'autres qui doivent lui succéder en vue de réaliser une Histoire céleste de toutes les observations astronomiques européennes, et qui cependant ne paraîtront jamais, le caractère tardif de la publication des expériences de diffraction de la lumière menées vingt ans plus tôt à Paris par Delisle qu'on trouve dans le même ouvrage, publiées dans un recueil où elles n'ont *a priori* pas à figurer, l'interrogation sur les raisons qui ont poussé Delisle à accepter l'offre du tsar de venir s'installer en Russie, sont autant de questions qui méritent d'être examinées. Les intérêts premiers de Delisle, un acteur essentiel de la diffusion des thèses newtoniennes sur le Vieux Continent dans la première moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, se trouvent dans la mécanique céleste, et les relevés astronomiques, essentiellement d'éclipses, destinés à mesurer la position des lieux géographiques à des fins cartographiques, principale raison pour laquelle, avant même la mission de montage d'un observatoire, il est invité en Russie. Nous montrons à quel point, dans les années 1715-1725, les projets scientifiques de Delisle en France sont contrariés du fait de ses convictions newtoniennes, influant probablement sur sa décision de quitter la France. Ce chapitre, bien que nous éloignant de la thématique des aurores boréales, annonce le suivant consacré à l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg, qui nous y ramène en partie.

Le chapitre 3 est centré sur la création de l'Académie impériale des sciences à Saint-Pétersbourg, et les difficultés qu'elle rencontre dans les premiers temps. Nous partons dans cette étude d'un fait particulier, qui est la conférence donnée par Christian Wolff dans sa ville de Halle une semaine après la grande aurore boréale de mars 1716, s'adressant aux citoyens de sa ville afin de leur fournir une explication rationnelle du phénomène. Une grande partie des savants invités à rejoindre l'Académie de Saint-Pétersbourg ont été recommandés par Wolff, et nous illustrons l'influence de Wolff sur les travaux menés à l'Académie en prenant l'exemple de son disciple Friedrich Christoph Mayer, un observateur des aurores boréales partenaire de Joseph-Nicolas Delisle à l'Observatoire, qui renonce à l'observation des aurores boréales car ne croyant pas dans ses observations, qui lui indiquent une altitude de la matière aurorale cent fois plus élevée que le ne prédit le système qu'il défend, inspiré de celui de Wolff, accordant au phénomène une origine orageuse. Nous montrons comment Leonhard Euler, au contraire de Mayer, qu'il côtoie pendant plusieurs années à l'Observatoire de Saint-Pétersbourg, résout le paradoxe en proposant vingt ans plus tard un nouveau système de l'aurore boréale la plaçant très au-dessus de l'atmosphère, et discutons les attitudes scientifiques des deux hommes au regard de leurs écoles de pensée respectives. Nous examinons ensuite, sur un plan plus large, l'évolution de la jeune académie sous les effets quelquefois contradictoires du wolffianisme et du newtonianisme, et les obstacles rencontrés, notamment la censure religieuse, ainsi que les graves dysfonctionnements dans la gestion administrative de l'Académie, qui, alliés à l'instabilité politique générale qui règne alors en Russie, provoquent le départ prématuré de plusieurs savants de grande envergure, comme Daniel Bernoulli, Euler, et finalement Delisle. Nous concluons en explicitant la dynamique d'évolution de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg tout au long du XVIII<sup>e</sup> siècle qui, en dépit des nombreuses difficultés rencontrées, permet finalement à une communauté scientifique russe, notamment astronomique, d'émerger vers la fin du siècle.

Plus de deux cents observations d'aurores parmi celles analysées par Mairan en 1754 ont été réalisées par Anders Celsius, qui en a publié une compilation durant son voyage européen, tandis qu'il se trouvait en Allemagne, et c'est à Celsius, et à sa dimension internationale affirmée qu'est consacré le chapitre 4. Outre ses observations d'aurores, Celsius a découvert la relation entre aurore boréale et magnétisme en mettant le premier en évidence la variation irrégulière de l'aiguille aimantée durant les aurores, documentée très précisément par son assistant Olof Hiorter dans une série de milliers de mesures réalisées au début des années 1740, dont certaines en correspondance avec celles de l'horloger George Graham à Londres. Celsius a voyagé cinq ans en Europe au milieu des années 1730 et a constitué un réseau de correspondants parmi les meilleurs astronomes de l'époque. Outre l'observation astronomique proprement dite, notamment sur la problématique de la détermination des longitudes, ou autour de l'observation des comètes et du calcul de leurs orbites suivant les lois de la

mécanique newtonienne, alors défendue par quelques savants, dont notamment Joseph-Nicolas Delisle, des réseaux de savants se constituent autour de l'observation des aurores boréales, des variations de déclinaison de l'aiguille aimantée ou des paramètres météorologiques. Celsius, au même titre que Delisle, est un membre très actif de ces différents réseaux, fortement interconnectés entre eux. Nous nous intéressons dans ce chapitre à la vie de Celsius et aux campagnes d'observations dans lesquelles il fut impliqué à différents titres, ainsi qu'à la genèse de la Société royale d'Uppsala et de son Observatoire, ainsi qu'à leurs homologues de Stockholm, dont Celsius fut le principal artisan, dans le contexte d'un manque de moyens chronique en termes d'infrastructures et d'équipements. Ce n'est qu'au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, deux ans seulement avant la mort de Celsius, que l'Observatoire astronomique d'Uppsala fut officiellement mis sur pied, suite à trois décennies d'efforts opiniâtres des astronomes suédois pour observer, coûte que coûte, et tenter d'obtenir des autorités politiques, avec plus ou moins de succès, des moyens à la hauteur de leurs ambitions.

Lors de son voyage européen, Anders Celsius remarque la compétence en astronomie des sœurs des astronomes qu'il visite, Christfried Kirch tout d'abord à Berlin, puis Eustachio Manfredi à Bologne. À Paris, il est hébergé au voisinage de la sœur et de la mère de Joseph-Nicolas Delisle, alors à Saint-Pétersbourg. Ainsi, une grande partie des astronomes du premier XVIII<sup>e</sup> siècle impliqués dans l'observation des aurores boréales, et plus généralement dans l'observation astronomique, sont-ils membres de ménages, ou foyers, astronomiques, unités informelles au sein desquelles hommes et femmes se partagent sur un pied d'égalité, tout au moins au sein du foyer, le travail d'observation, les hommes étant seuls habilités à exercer publiquement le métier d'astronome du fait des conventions de genre de l'époque. C'est à la description de ces ménages qu'est consacré le chapitre 5. Nous sommes dans une période de mise en place d'académies de grande renommée, comme à Berlin ou à Bologne, et les cercles privés que constituent les ménages astronomiques, voire les embryons encore relativement informels de futures académies à l'œuvre dans les salons italiens, coexistent un certain temps avec les nouvelles institutions, suivant des modalités qui varient d'un pays à l'autre. Nous analysons dans ce chapitre la constitution et les modalités de fonctionnement des ménages Kirch, Manfredi et Delisle, pour les deux premiers en liaison étroite avec les académies et observatoires astronomiques nés à Berlin et Bologne de la démarche des Lumières, visant à développer la science expérimentale, dont nous décrivons les circonstances de la naissance et de la phase de montée en puissance. Nous analysons les ressemblances et différences entre ces ménages, et les diverses institutions auxquelles ils sont liés. Nous élargissons, dans le cas de l'Italie, la question du genre à d'autres femmes scientifiques que les Manfredi, femmes dont les parcours sont emblématiques de la spécificité italienne en la matière.

L'aurore boréale en elle-même ne constitue pas, on l'a dit, le sujet principal de l'ouvrage, qui s'en sert plutôt comme d'un support à la narration, un fil particulier reliant entre eux les différents acteurs, celui-ci pouvant prendre davantage d'épaisseur dans certains passages, comme au chapitre 1, à propos de la querelle qui oppose Paris à Montpellier concernant le mémoire refusé de Plantade, ou au chapitre 3, lorsqu'il est question du renoncement de Mayer à l'observation des aurores boréales. Mais c'est aux personnalités ou aux parcours de vie de quelques-uns des savants marquants qui ont observé et étudié le phénomène, et aux institutions (académies, observatoires) au sein desquelles ces savants ont évolué que l'ouvrage est avant tout consacré. Ces savants, pour la plupart, se sont intéressés en premier lieu à l'observation astronomique, voire à la météorologie, activités qui nécessitaient également la mise en réseau d'instruments et de méthodes, l'observation des aurores boréales, voire l'élaboration de systèmes supposés les expliquer, ne constituant qu'une part limitée de leur activité. Parlant des hommes, des idées qu'ils défendent, des institutions qu'ils modèlent, il n'était donc pas possible, ni même souhaitable, de restreindre le champ scientifique de notre narration à la seule question des aurores boréales. La problématique, par exemple, du rôle des femmes dans la production des savoirs, est bien plus large, concernant tous les secteurs de l'astronomie, et au-delà de la science en général. La lecture du présent ouvrage doit être entreprise comme un voyage rétrospectif à travers l'Europe des premiers observateurs d'aurores boréales, au cours duquel nous croiserons et recroiserons souvent les mêmes savants, mais chaque fois dans des contextes, ou suivant des angles, différents, en essayant ainsi de rendre compte du fourmillement d'idées et de rencontres qu'a constitué le développement de la science expérimentale dans l'époque charnière des Lumières.