

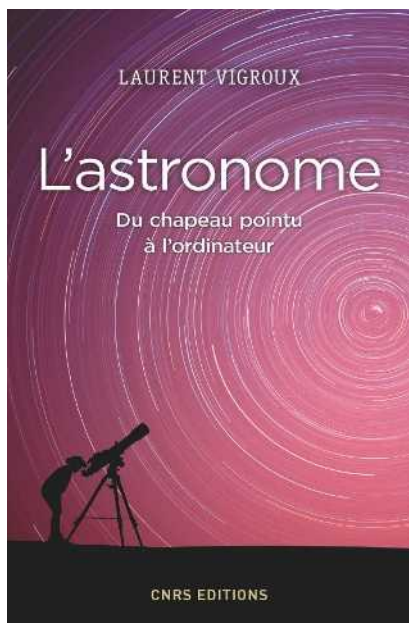
LAURENT VIGROUX

L'astronome

Du chapeau pointu
à l'ordinateur



CNRS EDITIONS



L'astronome

Du chapeau pointu à l'ordinateur

Si l'astronomie se pratique depuis la plus Haute Antiquité, l'astronome contemporain ne ressemble en rien à l'astronome de Babylone, ni à celui de la Chine médiévale, bien qu'ils partagent une même fascination pour le cosmos.

Jadis mage ou prêtre, observant le ciel à l'œil nu, puis à la lunette, afin d'y lire les intentions des dieux ou d'établir les calendriers, l'astronome devient géographe et utilise les étoiles pour dessiner les cartes de navigation. Il prend

ensuite goût aux voyages maritimes et se fait astronome aventurier : dans l'adversité des longues expéditions scientifiques affrétées par les États, il cherche à déterminer précisément la rotondité de la Terre ou observer des événements rares (éclipses, transits de planètes...). Enfin, laissant les pendules aux horlogers et les cartes aux géographes, l'astronomie se singularise et s'affirme en tant que science rationnelle. Parce qu'elle est une science d'observation, elle dépend de manière cruciale des technologies. Aussi, l'astronome perfectionne ses outils. De succès en succès, l'astronomie entre dans le cadre des recherches fondamentales et se fait astrophysique.

Au ^{xx}e siècle, la discipline connaît une accélération telle que l'astronome des années 1960 a plus de points communs avec son homologue du ^{xviii}e siècle qu'avec celui d'aujourd'hui. Son œil a délaissé le télescope pour se river sur un écran d'ordinateur. Longtemps solitaire, il a dû apprendre à composer en équipe.

S'il existe de très nombreuses histoires de l'astronomie, aucune d'entre elles ne s'intéresse à cette discipline en tant que pratique en proposant une vision incarnée du métier d'astronome. L'ouvrage de Laurent Vigroux vient utilement combler ce vide.

Laurent Vigroux est astrophysicien, directeur de recherche au CEA ; il a dirigé l'Institut d'Astrophysique de Paris de 2005 à 2013.

L'astronome

Laurent Vigroux

L'astronome

Du chapeau pointu à l'ordinateur

CNRS ÉDITIONS

15, rue Malebranche – 75005 Paris

Collection « Le Banquet scientifique »
dirigée par Jean Audouze

© CNRS ÉDITIONS, Paris, 2016
ISBN : 978-2-271-09276-2

La Lune a beaucoup plus d'importance que le Soleil qui n'éclaire les hommes que le jour. Elle les éclaire la nuit, ce qui est beaucoup plus utile.

Que ferait l'homme s'il n'y avait pas la lune ? [...]. Il lui resterait les étoiles.

[Le ciel] est un micmac inimaginable qui dépasse l'entendement humain. On se demande comment les astronomes s'y retrouvent.

Alexandre Vialatte

*La Lune et les étoiles,
chronique des grands micmacs*

En guise d'introduction

La lecture du ciel, et par voie de conséquence les astronomes qui en sont les lecteurs, remonte à la plus haute antiquité. L'astronome d'aujourd'hui n'a que peu en commun avec un astronome sumérien, chinois ou maya, en dehors de la fascination qu'ils éprouvent pour le cosmos. Depuis ces périodes anciennes, le contexte religieux et philosophique a changé du tout au tout ; les techniques sont différentes, les objectifs sont différents, le métier est différent, pourtant nous utilisons la même terminologie pour désigner les personnes qui ont scruté le ciel tout au long de l'histoire humaine. Elle sert encore de nos jours pour désigner les chercheurs qui s'intéressent à sonder l'univers et à connaître ses composantes. Cette persistance du nom masque partiellement les transformations complètes du métier d'astronome, de l'antiquité à nos jours, y compris les plus récentes qui ne sont pas les moins importantes. Un astronome des années 1960 a plus de différences dans sa pratique quotidienne avec l'astronome d'aujourd'hui, qu'il n'en avait avec un astronome du XVIII^e siècle.

La nuit, en été, les enfants s'allongent sur l'herbe humide et regardent les étoiles filantes comme le faisaient leurs parents, et leurs grands-parents avant eux. De tout temps, en tout lieu, les hommes ont regardé le ciel, y voyant, qui un spectacle féérique, qui un reflet de notre vie, qui des espaces insondables, qui enfin un terrain de jeu pour tester notre connaissance des choses. Même les animaux observent les étoiles. On a pu montrer par des expériences coûteuses dans des planétariums, que le bousier d'Australie

utilisait la Voie lactée comme guide pour rouler sa boule de bouse¹. Si le bousier est capable de le faire, les hommes de Neandertal et de Cro-Magnon ont aussi dû contempler le ciel. L'homo sapiens a continué. Mais que voyait-il dans le ciel nocturne ? Leur servait-il à quelque chose, ou n'était-il qu'une immensité noire peuplée de points brillants, et d'une chose ronde, la Lune, qui apparaissait et disparaissait avec un rythme régulier. Était-ce le palais de créatures divines ou infernales ? Était-ce déjà une image du monde. Nous n'en savons rien. Les seules informations avérées sur les époques antiques sont des ruines d'alignements de pierres, ayant entre autres buts de permettre l'établissement d'un calendrier. Ils sont apparus, quelque trois mille ans avant Jésus-Christ. On sait aussi que des peuples voyageurs se dirigeaient grâce aux étoiles et à la Voie lactée. On a pu refaire « à l'ancienne » les voyages qui ont permis aux Polynésiens de coloniser tout le Pacifique et une partie de l'océan Indien. Leur habileté pour la navigation avait immédiatement impressionné les marins explorateurs européens. Le Soleil, la Lune, les planètes, et parfois quelques étoiles brillantes ont toujours été associés à des héros ou des divinités dans les sociétés primitives. Le ciel est un lieu sacré, mais aussi un lieu utilitaire pour établir les calendriers nécessaires aux activités humaines dans leur rythme annuel et pour les déplacements lointains. Le savoir augmentant, il est apparu très rapidement une caste de personnes capable de construire un lien privilégié avec le ciel, interprétant ce reflet du monde d'ici-bas, traduisant les signes qu'il contenait mais aussi sachant établir les calendriers indispensables pour l'agriculture et les cartes d'étoiles permettant de

1. Cette recherche fut effectivement publiée, et a valu à leurs auteurs en 2013 l'attribution d'un prix Ig Nobel (prononcez Ignoble) qui récompense chaque année des recherches qui font d'abord rire, puis réfléchir.

se guider. Tout à la fois mage, prêtre et savant, l'astronome était né.

Le métier d'astronome a changé au cours des siècles, il a d'abord abandonné sa dimension sacrée, le ciel n'étant plus le miroir du monde, quoiqu'une confusion entre astrologie et astronomie ait perduré longtemps, jusqu'à la fin du xvii^e siècle en Europe, et se poursuit encore dans l'opinion courante, à en croire certaines conversations de salons très actuelles et le succès des horoscopes de toutes natures.

À la fin du xvii^e siècle apparaît un nouveau type d'astronomes : les aventuriers. Ce phénomène est lié à l'apparition d'une astronomie d'état, certes financée par les pouvoirs publics dans un but de promotion de la connaissance, mais tout autant dans un but utilitaire : l'établissement de cartes précises, et surtout, trouver le moyen de connaître la longitude lors des navigations au long cours. Colbert et Louis XIV créent l'Académie des Sciences et l'Observatoire de Paris en 1667. En Angleterre, l'Observatoire Royal de Greenwich et la position d'Astronome Royal sont créés en 1675. Des astronomes sont associés à toutes les grandes explorations, des voyages de Bougainville et Cook, à l'expédition d'Égypte de Bonaparte. Certaines expéditions sont même purement astronomiques, comme les campagnes internationales pour l'observation des transits de la planète Vénus en 1761-1768 et 1870-1878, ou celles pour les mesures de l'aplatissement terrestre par des mesures d'arcs méridiens au pôle nord et à l'équateur, peu après 1735. Ces voyages étaient longs, dangereux, généralement peu fructueux, mais ils attiraient les astronomes, tout du moins certains d'entre eux. Et les États soutenaient cet effort en finançant ces activités.

Cette dimension « voyage et aventure » s'est poursuivie jusqu'à nos jours, où elle a tendance à disparaître.

Principalement maritimes, les voyages des XVIII^e et XIX^e siècles se déplacèrent vers les montagnes pour y installer des observatoires le plus haut possible, afin qu'ils soient le moins perturbés par l'atmosphère terrestre. De nos jours, les meilleurs observatoires sont à des altitudes allant de 2 500 mètres à plus de 5 000 mètres, avec des astronomes et techniciens qui y travaillent tous les jours, dans des conditions difficiles.

Vers le milieu du XIX^e siècle, l'astronomie a aussi perdu en grande partie son côté utilitaire. Ce sont les géographes qui font les cartes et les horlogers qui donnent le temps. L'astronomie s'est alors contentée d'être une science « normale », rationnelle, rentrant dans le cadre des recherches fondamentales, se développant de manière parallèle avec les progrès de la physique et des technologies. L'astronome s'est adapté. Il a contribué lui-même à cette mutation. Il en a été l'acteur principal. Publié pour la première fois en 1880, *L'Astronomie Populaire* de Camille Flammarion, est un *best-seller* incroyable pour l'époque. Ce livre fut maintes fois réédité. L'image de l'astronome, créée par Camille Flammarion, s'est ancrée dans les consciences, et continue à être la référence dans l'imaginaire collectif. Le Pr Calys, l'astronome de la bande dessinée d'Hergé, *L'Étoile Mystérieuse*, publiée en 1942, ressemble fort à l'image de Camille Flammarion dans son observatoire de Juvisy, cinquante ans auparavant. Cinquante ans plus tard, c'est cette image d'Épinal qui vient en premier dans les représentations que se font la plupart des gens lorsqu'ils imaginent un astronome au travail : ainsi, si l'on cherche le terme « astronome » sur Google, on ne trouve aucune image de grand télescope, aucune image de l'environnement d'un astronome contemporain. Ce décalage entre le quotidien des astronomes actuels, et les croyances populaires est frappant.

Il est vrai que les fonctions, et le métier des astronomes ont peu évolué de la fin du XIX^e jusqu'aux années 1950-1960

environ. Les télescopes ont grossi, les instruments se sont perfectionnés, permettant d'observer des astres de plus en plus faibles et lointains. On a commencé à mesurer les distances à laquelle se trouvent les galaxies ; on a mis en évidence l'expansion de l'univers et on a établi qu'il y avait de la matière noire en bien plus grande quantité que la matière normale. Ces découvertes ont bouleversé notre connaissance de l'univers céleste. Pourtant, dans sa pratique quotidienne, l'astronome regardait toujours lui-même dans son télescope, Il concevait et se servait des instruments de mesure, et en interprétait les résultats. De ce point de vue, il y a une grande continuité entre le métier d'un astronome de 1900, et celui d'un astronome de 1960, bien que les connaissances en astronomie aient fait d'énormes progrès, au point qu'un nouveau terme apparut pour désigner cette science : l'astrophysique.

Cette évolution s'est traduite par d'autres adaptations à ce nouvel environnement. L'astronomie est une science d'observation et à ce titre, elle dépend de manière cruciale des nouvelles technologies dont le développement est très coûteux. En général, ces progrès sont trop chers pour être justifiés uniquement par les besoins de l'astronomie. Les astronomes ont su alors profiter des innovations technologiques faites dans d'autres cadres, en travaillant souvent en collaboration étroite avec leurs concepteurs. Depuis la Deuxième Guerre mondiale, cela s'est surtout fait en symbiose avec les développements pour des applications militaires. La radioastronomie a bénéficié des progrès sur les radars pendant la guerre, l'optique adaptative des progrès obtenus lors de l'Initiative de Défense de Ronald Reagan, et la conquête de l'espace a eu lieu pour de tout autres raisons que l'astronomie.

En parallèle, la taille et le coût des nouveaux observatoires n'ont cessé de croître. Les premiers grands observatoires

pouvaient être organisés et financés par un État, ou par de généreux mécènes. Mais dès la fin de la Deuxième Guerre mondiale, les nouveaux projets nécessitèrent une mise en commun pour partager les coûts et les efforts. En Europe, deux sociétés intergouvernementales furent créées dans les années 1960, l'observatoire européen austral (ESO) pour les observatoires au sol, et l'ESRO devenu ensuite l'agence spatiale européenne (ESA), pour le spatial. Aujourd'hui, la plupart des projets se font dans des cadres internationaux, voire au niveau mondial, comme l'observatoire ALMA (*Atacama large microwave astronomy*), le plus puissant observatoire radio dans le domaine des ondes millimétriques. Fruit d'une collaboration entre l'Europe *via* l'ESO, les États-Unis, le Canada, le Japon et Taïwan, il est installé au Chili et a été inauguré en 2014. Sans aller jusqu'à ces projets mondiaux et de grande envergure internationale, d'autres nécessitent tout de même le concours d'équipes très nombreuses. Actuellement, le projet de relevé du ciel² pour étudier la distribution de la matière noire dans l'univers avec le satellite EUCLID qui sera lancé par l'ESA en 2021, rassemble quelque 1 200 astronomes, ingénieurs et informaticiens. On est loin du Pr Calys de Tintin et de son unique assistant, isolés dans leur observatoire.

En quelques dizaines d'années, l'astronome s'est métamorphosé. Autrefois attaché son observatoire, souvent seul, ou en petit groupe, parfois nomade, il a dû apprendre à élargir son champ d'action, à s'ouvrir sur l'extérieur pour suivre les progrès de la technique. Il a également dû apprendre à travailler au sein d'équipes nombreuses pour

2. Dans la suite de ce livre, l'expression « relevé du ciel » reviendra souvent. C'est une traduction officielle du mot anglais « *survey* », qui est plus clair. Par relevé, il faut entendre une observation qui concerne une grande partie du ciel, indépendamment des objets qu'elle contient. Un peu comme une cartographie, mais une cartographie quantitative. Dans un relevé en images, on mesure l'intensité lumineuse et la forme de tous les objets dans le champ du relevé.

développer des projets de grande ampleur ; de voyageur, il est devenu sédentaire. Et comble du comble, les progrès des simulations numériques lui permettent de recréer des univers virtuels et de les comparer aux résultats des observations. L'astronome qui fut mage, intercesseur auprès du ciel, savant utile, image d'Épinal, a abandonné le télescope, son signe totémique ; il oublie de regarder le ciel, et reste l'œil rivé sur un écran d'ordinateur.

Il existe de très nombreuses histoires de l'astronomie. La plupart racontent les progrès des connaissances, passant des conceptions antiques au Big Bang et aux trous noirs dans une vision très positiviste. Elles racontent aussi l'histoire de héros emblématiques : Galilée, Copernic, Kepler, Newton, et quelques autres. Mais peu s'intéressent à l'astronomie en tant que métier, avec ses joies et ses peines. C'est un peu le but que je me suis fixé en écrivant ce livre. Exposer la nature du métier d'astronome, ce qu'il fut et ce qu'il est aujourd'hui, en analysant ses modifications continues tout au long de l'Histoire. L'environnement technologique, les méthodes de travail, le comportement sociologique des astronomes se sont profondément transformés ces trente dernières années, et c'est cette évolution que je voudrais retracer. Une histoire de l'astronomie, mais du point de vue de l'astronome et de son quotidien.

Chapitre premier

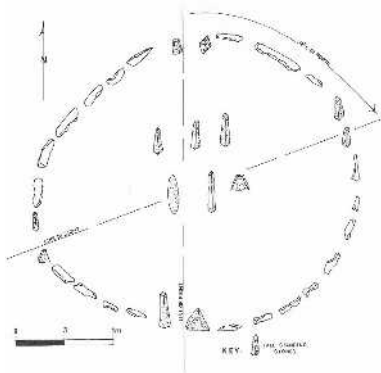
La cartographie du ciel : une activité plurimillénaire

Il est tentant de faire débiter l'astronomie moderne à Galileo Galilei et l'invention de la lunette astronomique, la découverte des astres invisible à l'œil nu, les satellites de Jupiter entre autres. Mais ce ne serait pas rendre justice aux innombrables individus qui scrutèrent le ciel avant lui et établirent les premiers catalogues d'étoiles. Cette propension à cataloguer les étoiles remonte à la plus haute Antiquité, mais les raisons qui poussèrent les tout premiers astronomes à construire des catalogues de plus en plus fournis, de plus en plus précis restent très obscures. Dès le néolithique, les étoiles, le Soleil et la Lune ont façonné la pensée humaine. Le calendrier annuel des saisons fut associé aux cycles des étoiles. L'apparition et la disparition d'étoiles très brillantes comme Sirius, et de constellations très reconnaissables comme Orion, le Scorpion, la Grande Ourse ou les Pléiades étaient facilement identifiables et servaient à déterminer l'arrivée d'événements vitaux pour les communautés humaines : les crues du Nil, le début des périodes des semailles, ou la fin des récoltes et la préparation de l'hivernage. Les lunaisons fournissaient une mesure du temps très pratique. Dans l'hémisphère nord, ce sont surtout Orion et le Scorpion qui furent utilisés, et il est frappant de voir qu'elles sont constituées

des mêmes étoiles dans les astronomies les plus anciennes, en Chine et en Chaldée. Leur opposition dans le temps, et leur apparition au printemps pour le Scorpion, et au début de l'automne pour Orion, en ont fait les premières horloges cosmiques. Les Pléiades ont été également largement utilisées, leur apparition coïncidant dans l'hémisphère nord au début des moissons, et dans l'hémisphère sud à la fin de l'hiver. Les Polynésiens, grands voyageurs, utilisaient la queue du Scorpion pour définir leurs trajets maritimes. Toutes les sociétés primitives ont défini des constellations, des regroupements d'étoiles grâce auxquels ils ont fabriqué des images et des légendes. Le Scorpion avait été envoyé par Apollon pour chasser le guerrier Orion qui courtisait de trop près la belle Artémis. Les civilisations de l'hémisphère nord imaginent des constellations dont les étoiles en constituent une sorte de squelette. Celles de l'hémisphère sud, notamment les Incas et les peuples qui furent sous leur domination font de même mais ils associent également des constellations aux zones obscures de la Voie lactée. Encore maintenant, les indiens Atacamenos reconnaissent un lama, un renard, ou un serpent dans ces régions sombres, vides d'étoiles. Le magnifique Lama est une grande bande sombre qui s'étend d'Alpha du Centaure, l'œil du Lama, jusqu'à Antares, l'étoile la plus brillante du Scorpion. Le nuage noir appelé de nos jours le Sac à Charbon était la tête d'un émeu pour les aborigènes australiens et une perdrix pour les Incas, autrement plus poétique que son nom officiel et moderne.

Tous les peuples de la Terre ont développé cette connaissance du ciel, et cela depuis la plus haute Antiquité. Les alignements ou les cercles de pierres géantes, sont les plus anciens témoignages de ce savoir. Lieux de cultes sans doute, ils témoignent néanmoins d'une bonne connaissance de l'astronomie, avec des alignements remarquables, conformes à des visées précises telles que la position du lever du soleil

aux équinoxes ou aux solstices. Les plus anciens que l'on ait retrouvés datent de 5000 avant Jésus-Christ, Nabta Playa en Égypte et Mnajdra à Malte, et leurs constructions se poursuivirent pendant quelques millénaires pour aboutir à de véritables monuments mégalithiques, dont le plus fameux reste Stonehenge en Grande Bretagne. Les activités sur le site de Stonehenge ont commencé vers 2800 avant J.-C. et ont culminé à l'âge de bronze, vers 2000 avant J.-C., avec encore de nouveaux développements jusque vers 1000 avant J.-C.



Cercle de pierres de Nabta Playa dans le désert de Nubie. Une civilisation évoluée était présente dans cette région entre les VII^e et V^e siècles av. J.-C. Les datations au Carbone 14 des objets environnant ce cercle de pierres permettent de le dater d'environ 5 000 av. J.-C. Le dessin à droite met en évidence deux lignes de visée, une nord-sud, l'autre sud-ouest nord-est. Les pierres du cercle pourraient correspondre à des marques calendaires. L'utilisation astronomique exacte de ce cercle fait toujours débat, mais une telle utilisation, combinant calendrier et ligne de visée apparaît très probable, ce qui en fait le plus ancien « observatoire » connu.

Comment déterminer le degré de connaissances astronomiques de cette époque ? La question est complexe. Ces connaissances étaient probablement liées à l'établissement des calendriers lunaires ou solaires, à la reconnaissance de quelques constellations, et à l'utilisation du lever ou du

coucher héliaque de certaines étoiles, Sirius, Antares, les Pléiades, Orion, pour rythmer l'année. Il existe ou existait encore récemment, des civilisations dont les connaissances astronomiques étaient plutôt bonnes, malgré l'absence d'écriture et d'instruments de mesure autre que le gnomon. Elles donnent un aperçu presque contemporain de ce que pouvaient être les connaissances astronomiques dans les civilisations anciennes. Le cas des Dogons, au Mali actuel est sans doute le plus connu. L'astronomie Dogon et le rôle particulier qu'ils attribuent à Sirius ont fait l'objet de nombreuses études plus ou moins sérieuses¹. Il est probable qu'elle ne soit pas complètement originale, et qu'elle soit une adaptation de connaissances anciennes provenant de l'Asie Mineure, ou de l'Égypte. Tombouctou, dont les Dogons sont géographiquement proches, fut pendant longtemps un grand centre religieux, intellectuel et caravanier, avec des ajouts plus récents au XIX^e siècle. Astronomes peut-être plus authentiques, si ce mot a un sens, les Polynésiens avaient développé une grande aptitude à utiliser le ciel non seulement pour leurs calendriers, mais surtout pour la navigation. Leur compétence en navigation hauturière avait sidéré, le mot s'impose dans ce contexte, les premiers voyageurs qui débarquèrent à Tahiti. Le cas le plus célèbre est celui du Tahitien Tupaea, qui dessina pour le Capitaine Cook une carte de 130 îles autour de Tahiti, dont il connaissait le nom pour 74 d'entre elles. Cette carte s'étend sur 6 000 km de long, allant des Marquises à l'Est, jusqu'à Tonga et les Samoa à l'Ouest. Il avait lui-même effectué une quinzaine de voyages vers ces îles lointaines. Bougainville, Cook et tous leurs successeurs furent frappés par leurs connaissances maritimes et leur faculté à se repérer sur les étoiles. Leurs expéditions

1. Dans un ouvrage qui eut beaucoup de succès, *The Sirius Mystery*, publié en 1976, Robert Temple n'hésita pas à attribuer les connaissances en astronomie des Dogons à la visite d'extraterrestres venus de Sirius.

Composition et mise en pages
Nord Compo à Villeneuve-d'Ascq

