

Une étoile, deux étoiles, cent mille étoiles...

Aux sources de l'astrométrie spatiale

François Mignard



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/histoire-cnrs/8823>

DOI : [10.4000/histoire-cnrs.8823](https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.8823)

ISSN : 1955-2408

Éditeur

CNRS Éditions

Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2008

ISBN : 978-2-271-06695-4

ISSN : 1298-9800

Référence électronique

François Mignard, « Une étoile, deux étoiles, cent mille étoiles... », *La revue pour l'histoire du CNRS* [En ligne], 23 | 2008, mis en ligne le 03 janvier 2011, consulté le 20 mai 2021. URL : <http://journals.openedition.org/histoire-cnrs/8823> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.8823>

Ce document a été généré automatiquement le 20 mai 2021.

Comité pour l'histoire du CNRS

Une étoile, deux étoiles, cent mille étoiles...

Aux sources de l'astrométrie spatiale

François Mignard

Astronomie et astrométrie

- 1 De tout temps attiré par la voûte céleste, l'homme n'en a pas pour autant tenté d'en percer les mystères. Initialement, l'observation des astres lui servait seulement à marquer des étapes dans le déroulement du temps (alternance des jours et des nuits, changements dans les phases lunaires, position des planètes...). Mais il eut tôt fait de remarquer également que le mouvement du Soleil parmi les étoiles marquait le retour des saisons, phénomène capital pour les peuples agricoles. Ce qui le conduisit à effectuer les premières mesures précises de la position des astres ; purement contemplative à ses débuts, l'étude du ciel se transforma petit à petit en une véritable science, associée à des pratiques religieuses ou divinatoires¹. Plus près de nous, le recensement des étoiles et de leurs positions dans le ciel (indispensables à la navigation et, dans une moindre mesure, aux prédictions astrologiques) a longtemps été l'une des activités principales des astronomes. Il y a un peu plus de 2 000 ans, l'astronome grec Hipparque, fondateur de la trigonométrie et découvreur de la précession des équinoxes, avait noté l'apparition dans le ciel d'astres nouveaux ou d'éclat changeant semblables à des étoiles mais non identifiables à aucune des cinq planètes alors connues. Depuis Rhodes, il recense et note scrupuleusement les positions par rapport à l'écliptique (avec une précision de 0,3 à 0,5 degré) d'environ un millier d'étoiles et évalue leur éclat : c'est le premier catalogue de ce genre qui nous soit parvenu intégralement.
- 2 Près de 1 500 ans plus tard, Ulugh-Beg, petit-fils de Tamerlan, réalise à Samarkande, au moyen d'un sextant de 48 mètres creusé dans le sol, un catalogue de 1 018 étoiles dont la précision moyenne est de l'ordre de cinq minutes d'angle². Dans la deuxième moitié du XVI^e siècle, l'astronome danois Tycho Brahe mesure la position des étoiles à l'œil nu, à l'aide de longs quadrants muraux en bois ou en bronze. Son catalogue, édité par Johannes Kepler en 1627, renferme la position de 1 005 étoiles, avec une précision

moyenne de deux à trois minutes d'angle³. L'astronome brasseur allemand Johannes Hévélius publie en 1690 un catalogue de 1 553 étoiles. L'invention des lunettes et l'adaptation de systèmes de visée vers 1660 amènent la précision à quelques dizaines de secondes d'angle à la fin du XVIII^e siècle et permettent d'observer des étoiles de luminosité apparente de plus en plus faible. Au XIX^e siècle, l'observation et le traitement des données deviennent plus systématiques et le Bonner Sternverzeichniss, publié en 1835 par l'Allemand Friedrich Argelander, contient les positions de 325 000 étoiles. C'est le siècle des grands inventaires, où sont dressés les premiers catalogues photographiques de plusieurs centaines de milliers d'étoiles, avec une précision très modérée.

L'entreprise de la Carte du Ciel

- 3 Lorsque Galilée au début du XVII^e siècle braque pour la première fois sa lunette sur le ciel nocturne, et en particulier vers la Voie Lactée, il reprend à son compte l'intuition de Démocrite qui voyait dans cette traînée nébuleuse la lueur d'un grand nombre d'étoiles. En visionnaire et fondateur de l'astronomie moderne, Galilée comprend alors que le nombre d'étoiles visibles dans le ciel dépend de l'instrument utilisé pour les observer et que rien n'indique qu'elles soient en nombre fini. Les diverses tentatives de Shi Shen et Gan De (IV^e siècle av. J. C.) en Chine, puis celles du monde méditerranéen et islamique avec Hipparque à Hévélius ne dépassèrent jamais les 1 500 étoiles d'un monde fini et totalement inventorié. Dans le *Messenger Céleste* (1610), Galilée change totalement la nature du problème en affirmant que « la Galaxie n'est rien d'autre qu'un rassemblement d'innombrables étoiles réunies en amas » et surtout « la multitude des petites est vraiment insondable ». Il suffit d'augmenter la puissance de la lunette ou du télescope pour en apercevoir de nouvelles de plus en plus faibles dans tous les recoins du ciel. L'inventaire n'a alors plus de bornes et la tâche semble démesurée et éphémère car les résultats sont vite dépassés par la génération suivante pourvue d'instruments plus performants. Fort heureusement, les rois et les puissants voient dans cette nouvelle science un moyen de maîtriser les mers et le commerce. En faisant bâtir des observatoires et en pensionnant des astronomes, ils créent une science professionnelle (différente du mécénat des princes) qui s'est ensuite diversifiée et perdure aujourd'hui dans tous les grands États.

Des cieux sans limite

- 4 À cette époque ont lieu les premières grandes expéditions scientifiques qui font suite aux conquêtes et découvertes géographiques du XVI^e et XVII^e siècle. Le recensement de la création par les botanistes et autres spécialistes d'histoire naturelle pousse à la culture de l'inventaire et nourrit le rêve d'exhaustivité. Le ciel n'échappe pas à cette fièvre et l'entreprise de la Carte du ciel initiée à l'Observatoire de Paris procède du même élan. Comment établir un catalogue des cieux dépassant les 325 000 étoiles du catalogue d'Argelander ? On est encore bien loin de la multitude que révèlent depuis peu les plaques photographiques en intégrant la lumière pendant 20 ou 30 minutes.
- 5 Le projet de Carte du ciel démarre en 1887 à Paris avec la convocation par l'amiral Mouchez (1821-1892) d'une conférence internationale en vue de l'établissement d'une carte générale du ciel par les moyens photographiques. Au programme : une grosse entreprise internationale, le partage d'activités, plusieurs dizaines d'années d'observation et de traitement, dix-huit observatoires pour cartographier la sphère céleste et relever les coordonnées de plusieurs millions d'étoiles afin d'en dresser un catalogue. Pas moins de 22 000 clichés étaient nécessaires pour avoir un atlas

photographique complet du ciel jusqu'à la magnitude 14, soit environ 20 à 30 millions d'étoiles. Un catalogue donnant les positions des quatre millions les plus brillantes devait en résulter.

- 6 Au lieu des 15 ans prévus, le projet s'est étendu sur près de 60 ans, absorbant une fraction importante des moyens humains des observatoires, et n'a jamais été totalement achevé, en dépit de la publication d'un catalogue à la fin des années 1950. L'opération a été déclarée close en 1970 et a laissé une archive inestimable de l'état du ciel à des époques déjà anciennes.
- 7 L'astronomie française, pilote du projet, s'est beaucoup investie autour de cette entreprise démesurée guère propre à susciter des vocations. Elle s'est laissée distancer, en particulier par le dynamisme américain et leurs grands télescopes pour sonder le monde extragalactique, et ce n'est que tardivement qu'une renaissance a pu avoir lieu avec la création d'un service d'astrophysique par Jean Perrin en 1936, qui fut rattaché au CNRS dès sa création sous le nom d'Institut d'astrophysique de Paris.
- 8 Les jeunes et brillants chercheurs, physiciens de formation y trouvèrent le moyen de s'exprimer et de prendre toute leur place dans des recherches sur la physique des étoiles, du milieu interstellaire et plus tard de la cosmologie. À côté de la théorie, les techniques d'observations nouvelles virent le jour avec les premiers grands collecteurs de lumière et l'exploration du ciel profond.

La création du Cerga

- 9 L'image de l'astrométrie a alors beaucoup souffert et les succès accumulés par l'astrophysique n'ont fait que renforcer son aspect un peu poussiéreux et dépassé. L'astrométrie était limitée non pas par la sensibilité, donc la taille des télescopes, mais par la stabilité mécanique, la correction des effets atmosphériques, les étalonnages de plaques... Le tournant se fera dans les années soixante avec l'arrivée des techniques spatiales et des moyens de calculs électroniques mais aussi grâce à l'influence de directeurs visionnaires comme André Danjon à l'Observatoire de Paris, Jean Delhaye fondateur de l'Inag (devenu l'Insu, institut du CNRS) ou encore Jean Kovalevsky, l'un des plus ardents promoteurs de l'astrométrie spatiale, qui créera le Service des calculs et de mécanique céleste du bureau des longitudes et deviendra ensuite le premier directeur du Centre de recherches en géodynamique et astronomie (Cerga).
- 10 La construction d'une station d'astronomie fondamentale dans les Alpes-Maritimes devait intégrer l'observation astrométrique du Soleil et surtout l'observation des satellites artificiels et la mesure des distances lunaires avec la participation du Cnes⁴. Tout comme pour l'astrophysique quarante ans plus tôt, une nouvelle génération d'astrométristes a pris l'initiative et, à la faveur de la création d'un établissement spécialisé, a redonné une impulsion salutaire à la discipline en intégrant le secteur spatial dans ses réflexions.
- 11 Le Plateau de Calern situé près de Grasse est finalement choisi pour accueillir ces nouveaux instruments. Le Cerga créé le 1^{er} octobre 1974 en tant que service interuniversitaire de l'Observatoire de Paris, des universités de Besançon, Bordeaux I, Nice et Strasbourg I accueillera, dans les années 1980, 80 personnes relevant du CNRS ou de l'Enseignement supérieur. Outre la présence d'instruments d'astronomie de position comme un astrolabe de Danjon, la grande originalité tient dans l'installation de stations de télémétrie laser au sein d'un observatoire astronomique. La nouvelle génération entendait utiliser des méthodes actives (envoi d'un faisceau lumineux) pour déterminer la distance entre un point au sol et un objet en orbite, ou même la Lune

grâce aux réflecteurs déposés par les missions américaines ou soviétiques. Ces instruments, améliorés depuis, sont toujours en service pour la géodésie, l'appui à l'océanographie spatiale ou encore la métrologie du temps et des fréquences. C'est également sur le même site que furent testées avec succès les mesures de diamètre d'étoiles par interférométrie à deux télescopes.

L'astrométrie dans l'espace

- 12 Pierre Lacroute, directeur de l'observatoire de Strasbourg avait proposé en 1967 de placer en dehors de l'atmosphère un petit télescope spatial destiné à la mesure précise de la position et du mouvement des étoiles. Le principe : observer simultanément dans deux directions pour mesurer des distances angulaires plus larges que dans le champ d'un instrument classique. Le Cnes évalua positivement l'idée, qui n'eut pas de suite immédiate en raison des coûts, de l'aspect un peu isolé de la proposition par rapport à la communauté concernée, et probablement aussi de sa trop grande nouveauté.
- 13 Cependant, le projet resurgira dans les années 1980 avec l'agence spatiale européenne et la communauté astronomique sous le nom d'Hipparcos proposé par les astrométristes mais soutenu par une large communauté astrophysicienne consciente de l'apport des mesures fondamentales de distances pour la physique des étoiles et de celles des mouvements pour l'étude de la structure de la Galaxie. Pendant les deux millénaires précédents, ni l'avènement de la lunette et son adaptation aux visées précises, ni l'intervention de la plaque photographique deux siècles plus tard, n'ont conduit à un saut technologique comparable. Une nouvelle page de l'astrométrie était désormais écrite et l'image surannée de l'astrométrie a disparu avec le succès et les retombées d'Hipparcos en physique stellaire et galactique. La physique fondamentale s'intéresse également à l'astrométrie pour les tests de la théorie de la relativité générale comme elle l'avait fait en 1919 pour mettre en évidence la déflexion des rayons lumineux prévue par la théorie d'Einstein.
- 14 La France et ses institutions scientifiques ont été étroitement associées à ce succès avec une implication très forte du Cnes dans les opérations de traitement, le CNRS au travers des laboratoires et d'un GDR (Groupement de recherche) qui soutiendra les équipes pendant près de 15 ans, l'Insu et le Centre des données stellaires (CDS, devenu Centre des données astronomiques) créé en 1972 par J. Delhaye indispensable pour la préparation du catalogue d'entrée et la distribution des résultats à la communauté internationale.
- 15 En regard des catalogues stellaires du début de la fin du XIX^e siècle, Hipparcos reste malgré tout, avec ses 100 000 étoiles, un petit catalogue, ce qui peut paraître étonnant voire décevant au premier abord. L'objectif n'était pas l'inventaire, mais la réalisation d'une référence, ce que les astronomes appellent un catalogue fondamental. Au XIX^e siècle, ces catalogues comportaient quelques dizaines d'étoiles et il fallait pratiquement une vie d'astronome pour les réaliser au moyen d'observations conjointes et répétées des étoiles et du Soleil.
- 16 Sur une plaque photographique, il suffit d'avoir quelques étoiles de référence dont la position est connue avec une bonne précision pour ensuite pouvoir rattacher des étoiles secondaires et obtenir leurs positions. Les catalogues fondamentaux servent de jalons pour repérer tous les autres objets astronomiques – les autres étoiles, les galaxies, les planètes – mais aussi étudier la rotation de la Terre et même la dérive des continents. Ils sont pour l'astronomie ce que sont les étalons ou les réalisations primaires des unités pour la physique de laboratoire. Lors du lancement d'Hipparcos, le

catalogue fondamental en vigueur, officiellement approuvé par l'Union astronomique internationale, n'avait que 1 500 sources, toutes brillantes. Hipparcos comprend près de cent fois plus de sources de référence que son prédécesseur immédiat, à partir duquel on a produit de nombreux catalogues secondaires qui y sont rattachés.

- 17 Maîtrisant une nouvelle technique pour réaliser de l'astrométrie globale (observation de grands angles sur l'ensemble du ciel par opposition aux cheminements successifs de l'astrométrie relative dans des petits champs) et conscient de son rôle fondateur pour l'ensemble de l'astrophysique, les astronomes se sont unis autour d'un nouveau projet spatial avec l'agence spatiale européenne. Nom de mission : Gaia. Lancement prévu : fin 2011. Même principe général qu'Hipparcos mais une meilleure vision avec des télescopes et des détecteurs plus performants, plus lointaine avec une précision multipliée par 50 et en couleurs avec des mesures photométriques dans de nombreuses bandes spectrales. La communauté astronomique européenne s'est engagée très largement autour de cette mission et les laboratoires français de Paris, Nice, Besançon et Bordeaux, sans oublier le Cnes, occupent une place enviable dans son organisation. La référence en données fondamentales sur les mouvements, les distances et les paramètres stellaires devrait nourrir l'ensemble de l'astrophysique pendant des années, conjointement avec d'autres types de mesures en infrarouge ou rayons X. Une nouvelle révolution astrométrique est en marche...
-

NOTES

1. Il est très probable que les grandes migrations polynésiennes qui aboutirent au peuplement des îles du Pacifique n'ont pu se réaliser que par une connaissance suffisante du ciel et des mouvements célestes pour en faire un auxiliaire de navigation hauturière.
 2. Un degré contient 60 minutes d'angle, qui contiennent chacune 60 secondes d'angle.
 3. Avec 30 secondes de degré pour certaines.
 4. Une structuration nationale avec le CNRS et ses laboratoires propres ou associés, l'Inag pour piloter les investissements à long terme et le Cnes pour intégrer l'effort spatial.
-

RÉSUMÉS

L'astrométrie mesure la position, la distance et le déplacement des astres. Pratique séculaire, cette discipline scientifique a peu à peu construit ses codes, ses méthodes, créé son vocabulaire et fédéré sa communauté de passionnés. François Mignard esquisse les raisons du désamour des

jeunes chercheurs au cours du XX^e siècle au profit d'une astrophysique naissante et triomphante mais croit en un nouvel âge d'or de l'astrométrie initié en 1975.

The measurement of star positions is the realm of astrometry and is nearly as old as astronomy itself. In the first half of the 20th century astrometry went out of fashion compared to the rising astrophysics. A major change took place in France around 1970 with the start of CERGA and later the successful ESA Hipparcos mission which moved astrometry to space. With Gaia nearing launch now it is not excessive to talk of a new golden age of astrometry.

INDEX

Mots-clés : astronomie, astrophysique, étoile, astrométrie spatiale, astrométrie, spatial, cartographie

AUTEUR

FRANÇOIS MIGNARD

François Mignard est directeur de recherche à l'observatoire de la Côte d'Azur dans le laboratoire Cassiopée (« Astrophysique, sciences mécaniques et analyse des données »).