

ASTRONOMIE

Du ciel à l'infini



Carte de la Voie Lactée suivant les données Gaia

ESA/Gaia/DPAC, Stefan Payne-Wardenaar

Depuis la nuit des temps, l'humanité observe et calibre le ciel pour comprendre sa place dans le cosmos. De la mesure de la circonférence terrestre à la découverte de l'expansion de l'Univers, cette quête de connaissances est aujourd'hui fragilisée par les coupes budgétaires américaines. Rencontre avec Yaël Nazé, maître de recherches au FNRS.

ARTICLE LAETITIA THEUNIS

Le ciel fascine et intrigue. Des premières observations à l'œil nu jusqu'aux télescopes les plus sophistiqués, l'humanité n'a eu de cesse de chercher à comprendre le monde qui l'entoure. Et surtout, à déterminer sa place dans l'Univers. Astronomes et penseurs ont multiplié les efforts, mêlant intuition philosophique, rigueur mathématique et inventions ingénieuses.

Cette formidable aventure intellectuelle a débuté par un défi de taille : déterminer la taille de la "grosse boule" sous nos pieds tout étant dessus. Pour ce faire, les astronomes se sont aidés des étoiles. « *Chaque endroit sur une planète sphérique pointe vers un zénith particulier : le ciel y est donc différent. Prenons l'Étoile Polaire. Au pôle Nord, elle est pile au-dessus de l'observateur. À l'Équateur, elle se situe sur la ligne d'horizon. Et en Europe, elle est à mi-chemin entre ces deux extrêmes. La position des autres étoiles change également, Soleil compris* », explique Yaël Nazé, astrophysicienne à l'ULiège.

Ce changement de position des astres, les astronomes de jadis étaient capables de le mesurer. « *Imaginons un observateur qui constate que l'Étoile Polaire se positionne un degré plus haut dans le ciel au-dessus de la maison de son cousin qui se trouve au nord par rapport à chez lui. S'il connaît la distance qui sépare leurs deux domiciles, il lui suffit de multiplier celle-ci par 360 pour obtenir la circonférence terrestre, puisqu'un tour complet correspond à 360°* », poursuit la chercheuse.

C'est ainsi qu'il y a environ 2200 ans, l'astronome et mathématicien grec Ératosthène a estimé la circonférence de la Terre avec une remarquable précision. Il s'est appuyé sur la différence de hauteur apparente du Soleil au solstice d'été entre deux villes situées approximativement sur le même méridien (car sises le long du Nil coulant du sud au nord) : le Soleil était au zénith à Syène – aujourd'hui Assouan – tandis qu'il formait un angle mesurable avec la verticale à Alexandrie. Et la distance séparant ces deux cités

était connue grâce aux itinéraires empruntés régulièrement par les caravaniers et leurs chameaux au pas constant.

UNE PLANÈTE BOSSELÉE APLATIE AUX PÔLES

Au cours des siècles qui ont suivi, différents savants ont affiné cette mesure via la méthode de la triangulation. Concrètement, il s'agit de construire virtuellement une chaîne de triangles terrestres le long d'un méridien (ligne imaginaire nord-sud perpendiculaire à l'équateur) en utilisant des repères naturels (par exemple, le sommet d'une colline) ou artificiels (un clocher).

« *En mesurant précisément les angles de ces triangles, un de leurs côtés, leur orientation cardinale ainsi que les latitudes aux deux extrémités via l'évaluation de l'élévation des étoiles, il devient presque trivial de déterminer la longueur du degré de méridien, c'est-à-dire la distance à parcourir le long d'un méridien pour changer la latitude d'un degré. Il s'agit de l'étalon traditionnel déterminé en vue d'extrapoler la circonférence terrestre* », mentionne Yaël Nazé.

Au XVIII^e siècle, les Cassini père et fils, géodésiens et astronomes français, révèlent que le degré de méridien calculé entre Dunkerque-Paris est légèrement différent du degré de méridien déterminé plus au sud, entre Paris et Collioure. Une hypothèse s'impose : la Terre serait aplatie à l'équateur. Newton, cependant, propose le contraire à cause de sa théorie sur la gravité : une Terre aplatie aux pôles. C'est cette forme qui est démontrée via deux expéditions géodésiques dantesques menées dans des endroits très éloignés de la France (pour amoindrir l'erreur liée à la mesure) : en Laponie et au Pérou.

« *Les techniques modernes révèlent que le rayon terrestre équatorial (6378 km) est 21 km plus long que le rayon terrestre polaire (6357 km). Et que notre planète, à la surface jalonnée de creux et de bosses liés à sa formation, son évolution et son intérieur, est loin d'être un géoïde parfait* », précise Yaël Nazé.

Pendant longtemps, l'Univers s'est limité à un monde clos correspondant à notre système planétaire. L'échelle principale était alors la distance Terre-Soleil. *« Mais, comme il est invisageable de déposer une chaîne d'arpenteurs entre le Soleil et nous, cette distance, que l'on dénommera plus tard "unité astronomique", a dû être mesurée... à distance ! Ce fut une véritable épopée avec des dizaines d'astronomes envoyés aux quatre coins du globe. »*

Au III^e siècle avant notre ère, l'astronome et mathématicien grec Aristarque a recours aux éclipses de Soleil et de Lune, ainsi qu'aux phases de la Lune. *« Si ses résultats sont très imprécis – il estime le Soleil 60 fois plus proche qu'il ne l'est vraiment –, il se rend toutefois compte que le Soleil est plus grand que la Terre. Il en conclut que le Soleil est au centre du monde et que la Terre tourne autour. Il est le tout premier à avoir émis cette idée révolutionnaire, mais il n'a pas été entendu à l'époque. »*

La distance Terre-Soleil demeure très approximative pendant près de 2000 ans... Mais en septembre 1672 a lieu un événement rare : une grande opposition. Le Soleil, la Terre et Mars sont alors alignés dans cet ordre, et Mars est au plus proche de la Terre. Simultanément, les astronomes Richer et Cassini, respectivement à Cayenne (en Guyane française) et à Paris, mesurent précisément la position de la planète rouge par rapport à certaines étoiles.

« La différence de position apparente de Mars due au positionnement très éloigné des deux observateurs a permis de déterminer l'angle de parallaxe, et d'ainsi calculer la distance entre Mars et la Terre. Et, grâce à la troisième loi de Kepler, la distance entre le Soleil et la Terre. Celle-ci est alors évaluée à 22 000 fois le rayon terrestre. Quant au rayon du Soleil, il est calculé comme étant 100 fois plus grand que celui de la Terre. Cela correspond à une incertitude d'environ 10 %, pas mal pour l'époque ! Les valeurs actuelles sont, en effet, de 23 455 et 109 fois », précise Yaël Nazé. En appliquant les lois de Kepler, la connaissance de la distance entre la Terre et le Soleil donne accès à la taille du système solaire, sans jamais avoir posé un pied ailleurs que sur Terre !

LA VOIE LACTÉE : UN GRAND DISQUE PLAT

La révolution copernicienne, au XVI^e siècle, a déplacé la Terre du centre du système solaire pour y placer le Soleil. Lequel est également devenu le centre de l'Univers. Il faudra plusieurs siècles pour remettre en question cette vision. Après avoir mesuré la Terre, puis les dimensions du système solaire, les astronomes ont poursuivi leur

exploration du ciel, cherchant à estimer la distance qui nous sépare des étoiles.

Quiconque lève les yeux au ciel par nuit noire dénuée de pollution lumineuse aperçoit une bande blanche traversant le ciel : c'est la Voie lactée. *« Il a fallu attendre le XVIII^e siècle pour envisager cette bande comme une couche d'étoiles, notre galaxie, et qu'on en fasse partie. À l'aide de télescopes fabriqués par ses soins, l'astronome germano-britannique William Herschel réalise alors des comptages d'étoiles et propose la première carte de la Voie lactée, plaçant à tort le Soleil près de son centre. »*

Un siècle plus tard, cette idée était encore largement admise par les astronomes. Mais dans les années 1910, Henrietta Leavitt, astronome américaine, découvre une relation entre la période de clignotement d'une étoile céphéide – une étoile pulsante – et sa luminosité. Connue sous le nom de "relation période-luminosité", elle permet de déterminer la distance de ces étoiles. *« Cet outil sera utilisé par Harlow Shapley, astrophysicien américain, pour la galaxie. En étudiant la répartition et la distance des amas globulaires, il découvre que le Soleil n'est pas au centre de la Voie lactée, mais en périphérie ! Et que la galaxie est bien plus grande qu'on ne le pensait... Ces remises en question provoquent un grand débat en 1921, sans conclusion claire à l'époque. Ce n'est que plus tard, avec des données plus précises, qu'on confirmera cette vision »,* précise l'astrophysicienne.

À noter que les catalogues stellaires restent toujours d'actualité. Le prochain, prévu pour 2026, sera réalisé notamment par Éric Gosset et Ludovic Delchambre, astrophysiciens à l'ULiège. Basé sur les données de la mission Gaïa de l'Agence spatiale européenne (ESA), il offrira une cartographie d'une précision exceptionnelle de la Voie lactée.

La Voie lactée est-elle la seule galaxie de l'Univers ? Cette question s'est posée face à l'observation de nébuleuses spirales dont la nature, galactique ou extragalactique, restait incertaine. En étudiant les spectres lumineux de ces objets, l'astronome américain Vesto Slipher constate un décalage vers le rouge de leurs raies spectrales, signe de leur mouvement de fuite. Certains s'éloignent de nous avec des vitesses bien supérieures à celles observées au sein de la Voie lactée. Ces résultats ont apporté la preuve que ces nébuleuses étaient extragalactiques, renforçant l'idée que l'Univers

AU BORD DU GOUFFRE

La National Aeronautics and Space Administration (NASA) traverse actuellement la plus grave crise de son histoire. Le projet de budget 2026 de l'administration Trump prévoit une réduction de 24 % des fonds fédéraux alloués à l'agence spatiale américaine. "Ce sont principalement les programmes de recherche scientifique qui en pâtissent, avec une coupe drastique de 47 % dans leur budget – un secteur à l'origine de projets emblématiques comme les sondes Voyager et Viking, ou encore les télescopes Hubble et James-Webb", rapporte *The New York Times*.

Ces restrictions budgétaires compromettent de nombreuses missions en cours. Dans le cadre de Mars 2020, un rover a collecté des échantillons de sol martien, actuellement stockés à la surface de la planète rouge. Leur retour sur Terre devait être assuré par la mission Mars Sample Return, fruit d'une collaboration entre la NASA et l'ESA. Alors que cette mission était en phase de finalisation, elle a été suspendue.

Des incertitudes planent également sur plusieurs grandes missions en préparation. C'est notamment le cas d'Athena, un ambitieux observatoire en rayons X prévu pour en 2038, ainsi que de LISA, un télescope spatial en ondes gravitationnelles.

Pilotés par l'Europe, ils bénéficient aussi de contributions japonaises et... américaines. Autre projet menacé : le Habitable World Observatory (HWO), successeur des télescopes Hubble et James-Webb, dont le départ est envisagé pour les années 2040. « Ces missions se planifient des décennies à l'avance. Elles impliquent des budgets colossaux mais répartis sur de très longues périodes. Dès qu'un partenaire se retire, c'est l'ensemble de l'édifice qui vacille », commente Yaël Nazé.

Même les missions déjà en orbite ne sont pas à l'abri. Le financement nécessaire pour assurer le fonctionnement continu des télescopes spatiaux Hubble et James Webb est incertain quand d'autres seraient totalement arrêtés. Or, tous ces instruments ont transformé notre vision de l'Univers : détermination de son âge, observation précise de galaxies lointaines, découverte de la plus ancienne galaxie connue, ou encore analyse des processus de formation stellaire et planétaire.

Partout dans le monde, la communauté scientifique spatiale est suspendue à l'évolution de la situation, entre inquiétude et incompréhension.

Vue panoramique de la Voie lactée réalisée par Gaia à partir des mesures de près de 1,7 milliard d'étoiles



ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

est peuplé de nombreuses galaxies. « Ces découvertes ont joué un rôle clé dans la réflexion de Georges Lemaître, qui fut le premier à proposer un modèle d'Univers en expansion. L'astronome belge démontre qu'il existe une signature observable de cette expansion : la vitesse à laquelle les galaxies s'éloignent est proportionnelle à leur distance. Cependant, sa publication en français passe largement inaperçue dans la communauté scientifique internationale. Deux ans plus tard, en 1929, l'Américain Edwin Hubble établit empiriquement la même relation distance-vitesse et la publie en anglais, donnant naissance à ce qui sera longtemps connu comme la loi de Hubble. Une réévaluation historique a depuis reconnu la contribution de Lemaître, et la relation est aujourd'hui nommée loi de Hubble-Lemaître. » En 2011, trois scientifiques américains ont reçu le prix Nobel de physique pour avoir montré, grâce à leur étude des Supernovae, que l'expansion de l'Univers n'est pas constante, mais s'accélère au fil du temps.

ASTRONOMIE ET PHILOSOPHIE

De tout temps, l'astronomie nous a appris à penser. « Depuis la Terre, on observe le ciel qui bouge, les éclipses, le mouvement des planètes. Chercher à comprendre ces phénomènes nous pousse à faire évoluer notre manière de voir le monde. À chaque étape, les découvertes ont des répercussions philosophiques. Placer le Soleil au centre du système solaire, puis réaliser que ce dernier n'est même pas au centre de la galaxie, remet forcément en question notre place et notre importance dans l'Univers. Lorsque la Terre est reconnue comme une planète parmi d'autres en orbite autour du Soleil, cela ouvre la voie à la question de la pluralité des mondes. Si la Terre abrite la vie, pourquoi pas les autres planètes ? », explique la chercheuse titulaire du cours d'évolution des idées à l'ULiège.

Cette question a gagné en importance avec la découverte d'exoplanètes – notamment celles du système TRAPPIST-1. Entre 2016 et 2017, Michaël Gillon et son équipe de l'ULiège ont identifié sept planètes de taille terrestre gravitant autour d'une étoile située à 40 années-lumière du Soleil. Certaines se trouvent dans la zone dite d'habitabilité de leur étoile, où la présence d'eau liquide est possible.

Les réflexions philosophiques peuvent être à la fois une conséquence et un moteur des découvertes astronomiques. « Un moteur, car certaines observations naissent de questions philosophiques. Par exemple, les

pythagoriciens étaient convaincus que la Terre était ronde, influencés par le concept de la sphère comme forme parfaite. L'astronomie, du moins celle d'antan, se distingue par cette connexion constante avec la philosophie : l'idée que les étoiles forment une couche (la Voie lactée) a été formulée par le philosophe Kant. À l'époque, les disciplines n'étaient pas cloisonnées : les penseurs étaient polymathes, ils s'intéressaient à tout. »

Le lien entre philosophie et astronomie s'est affaibli avec la spécialisation croissante des disciplines depuis le XX^e siècle. « Les chercheurs se concentrent désormais sur des domaines techniques pointus, et regardent moins ce qu'il y a autour. Leur champ de vision s'est rétréci », regrette Yaël Nazé.



Yaël Nazé, *Explorer le ciel, les planètes et la Terre*, Odile Jacob, Paris, mai 2025

