

# Iwanowska, Wilhelmina

---

## Le système planétaire et l'Univers

---

Organon 10, 87-93

---

1974

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Wilhelmina Iwanowska (Pologne)

## LE SYSTÈME PLANÉTAIRE ET L'UNIVERS

La nouvelle civilisation, fondée sur le développement des sciences exactes, fut inaugurée par Nicolas Copernic avec son oeuvre *De revolutionibus orbium coelestium* publiée en 1543, année de sa mort. L'auteur démontra dans cet ouvrage que les mouvements observés du Soleil, des planètes et de la «sphère d'étoiles fixes» pouvaient être interprétés d'une manière plus logique, plus exacte, plus simple que jusque-là, en admettant un triple mouvement de la Terre: sa révolution annuelle autour du Soleil, sa rotation quotidienne autour de son propre axe et la précession de l'axe terrestre. Certains philosophes et mathématiciens de l'Antiquité avaient déjà émis des idées sur la mobilité de la Terre et le système planétaire héliocentrique. Cependant, pour que cette idée devienne théorie scientifique, il a fallu l'étayer sur des arguments valables en la confrontant avec la réalité. Ce fut là précisément l'oeuvre de Copernic, fruit de dizaines d'années de recherches ardues, poursuivies, au demeurant, en dehors de sa profession proprement dite — occupations administratives et pratique médicale — et dans une solitude absolue, loin des centres scientifiques de l'époque.

Parmi les oeuvres astronomiques qui avaient précédé Copernic, la plus importante fut *Almagest* de Claude Ptolémée, astronome d'Alexandrie, du II<sup>e</sup> siècle. C'est un exposé systématique des mouvements des corps du système planétaire géocentrique. Copernic, tout en citant cette oeuvre avec respect et en reprenant son ordre de présentation, expose les mouvements des corps du système planétaire héliocentrique. Dans le premier livre, il nous présente une description du système héliocentrique et l'argumentation générale à l'appui de sa thèse. Dans les cinq livres suivants, il en tire toutes les conséquences relatives aux mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes, tels que nous devons les voir de notre Terre mobile. Il démontre la concordance de ses résultats avec les mouvements observés de ces corps, en utilisant aussi bien les observations

de ses prédécesseurs que celles faites par lui-même à l'aide des instruments primitifs de sa propre construction. L'appareil mathématique dont Copernic se sert dans ses déductions se ramène à la géométrie d'Euclide et aux simples calculs trigonométriques.

L'oeuvre de Copernic dépasse son temps en ce sens qu'avec le bas niveau de la technique d'observation de l'époque, il lui était impossible de prouver par un test concluant la justesse de sa théorie. Les lunettes astronomiques sont encore inconnues, et il faut attendre le XVII<sup>e</sup> siècle pour que Galilée constate, à l'aide d'une lunette construite par lui-même, que les phases de la planète Venus se suivent d'une manière prouvant sa rotation autour du Soleil et non autour de la Terre, et que Jupiter est contourné par quatre satellites en constituant ainsi une sorte de miniature du système planétaire héliocentrique. Ce n'est qu'aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles que l'on va découvrir, grâce à la construction d'instruments plus précis les phénomènes d'aberration de la lumière et de parallaxe des étoiles, dus à la rotation orbitale de la Terre. Le phénomène de parallaxe consiste en ceci: à la suite de la rotation annuelle de la Terre autour du Soleil, les étoiles plus proches semblent se déplacer sur le fond des étoiles plus éloignées, en décrivant des ellipses et des cercles d'autant plus grands qu'elles sont plus rapprochées de nous. Les oscillations des planètes reflétant la rotation annuelle de la Terre sont d'une très grande amplitude. Même Saturne, la plus éloignée des planètes connues au temps de Copernic, décrit encore une boucle d'environ 7°. Le plus grave des arguments invoqués contre la théorie de Copernic s'appuyait sur l'observation que les étoiles se trouvant, comme on le croyait, tout près derrière l'orbite du Saturne, dans la sphère dite d'étoiles fixes, ne montraient aucun mouvement de parallaxe. La réponse de Copernic est géniale dans sa justesse: les étoiles sont incomparablement plus éloignées de nous que les planètes et, par conséquent, leurs mouvements de parallaxe sont pour ainsi dire imperceptibles. Ce n'est qu'en 1838 que Bessel et Struve réussirent à mesurer les parallaxes des astres les plus proches; elles n'atteignent pas une seconde de l'arc. C'est sur la mesure des parallaxes des étoiles que sera fondée plus tard la méthode de calcul de leurs distances. Avec sa réponse percutante, Copernic n'a pas seulement aboli le principal argument mettant en cause la justesse de sa théorie, il a aussi indiqué que l'Univers a des dimensions infiniment plus grandes que le système planétaire.

Les idées de Copernic n'étaient point de celles qu'on accepte facilement. L'anthropocentrisme, qui pèse sur la science, la philosophie, la religion, et l'opinion générale de l'époque, impose la conviction selon laquelle l'homme est le plus important des êtres, le but et la raison d'être de tout l'univers. La Terre, siège de l'homme, doit donc être le centre du monde. Copernic est parfaitement conscient des résistances auxquelles allait se heurter sa théorie. Sans se hâter de publier son oeuvre, il se met

à la vérifier, à lui apporter des corrections, et il continue les observations pour en rendre les résultats plus exacts. Il ne veut pas la faire imprimer, ne la destinant, tout comme la première esquisse de sa théorie, le *Commentariolus*, composée vers 1515, qu'à la connaissance d'un groupe restreint de personnes versées en mathématiques. Par bonheur, un jeune professeur de mathématiques de Wittenberg, Reticus, arrive au dernier moment, quatre ans avant la mort de Copernic, pour le persuader, avec l'aide de quelques amis éclairés, de faire éditer son oeuvre. La rédaction finale de l'oeuvre demanda deux années de travail et autant, son impression dans l'atelier de Johann Petreius à Nuremberg.

S'il est certain que Copernic se rendait compte du caractère révolutionnaire de son ouvrage, il ne pouvait pas pour autant prévoir toutes ses immenses conséquences: le développement foudroyant des sciences exactes que cette oeuvre allait engendrer, processus que nous appelons aujourd'hui révolution scientifico-technique. Sortis du brouillamini du triple mouvement de la Terre, les successeurs de Copernic commencèrent à apercevoir que les mouvements des corps du système planétaire obéissent à certaines règles et qu'il existe entre eux certains liens, qui seront démontrés plus tard par Kepler; une centaine d'années après Copernic, Isaac Newton en déduira les lois fondamentales de la dynamique et la loi de la gravitation universelle. Il les vérifiera en l'appliquant au mouvement de la Lune. Il est évident que la découverte de telles lois, sous leur forme quantitative, ne pourra se faire dans des laboratoires terrestres, il faudra pour cela une scène bien plus vaste, au moins à l'échelle du système planétaire. C'est ainsi que débute la mécanique qui absorbera les astronomes durant deux siècles, le XVIII<sup>e</sup> et le XIX<sup>e</sup>: on détermine les orbites des planètes, des planétoïdes, des satellites et des comètes, on calcule les positions de ces corps pour des centaines et des milliers d'années en arrière et à l'avance, on découvre enfin, rien que par le calcul, l'existence de deux planètes inconnues jusque-là: Neptune, puis, au XIX<sup>e</sup> siècle, Pluton. De nos temps, la mécanique céleste connaît sa renaissance en s'appliquant aux satellites artificiels et aux fusées interplanétaires. Il semble superflu de s'arrêter sur l'importance que représenta, pour le développement de la physique et de la technique, la découverte des lois de la dynamique et de la loi de la gravitation universelle. Après la mécanique, on vit naître et progresser d'autres domaines de la physique qui, à leur tour, vinrent stimuler l'essor de l'astronomie. A l'aube du XX<sup>e</sup> siècle, naquit l'astrophysique.

Les progrès de la physique et notamment les méthodes de l'analyse spectrale permettent d'étudier l'état physico-chimique des étoiles, des planètes et de la matière interstellaire. On constate que l'élément dominant dans l'univers est l'hydrogène, que l'énergie du rayonnement du Soleil et des étoiles est fournie par les réactions nucléaires: la combustion de l'hydrogène en hélium et les synthèses d'éléments légers. Nous savons

à présent avec beaucoup de vraisemblance comment naissent et évoluent les étoiles. Les nuages de matière dispersée se condensent sous l'effet de leur propre gravitation et leur température intérieure s'accroît alors au dépens de l'énergie de gravitation. Lorsque la température des régions centrales d'une telle proto-étoile atteint des valeurs de l'ordre de dix millions de degrés, les réactions thermonucléaires se déclenchent spontanément: transformation de l'hydrogène en hélium. Notre Soleil se trouve précisément dans cette phase de sa vie. Après l'épuisement de l'hydrogène dans ses régions centrales, l'étoile commence à se contracter, la température de son intérieur s'accroît de nouveau et, lorsqu'elle atteint des valeurs de l'ordre de cent millions de degrés, l'hélium s'enflamme donnant comme produits le charbon et l'oxygène. Après l'épuisement de l'hélium, l'étoile recommence à se contracter jusqu'au moment où elle atteint des températures de l'ordre d'un milliard de degrés et où le charbon, puis l'oxygène s'enflamment à leur tour. Ainsi donc l'histoire des étoiles et du Soleil n'est que celle de leur contraction de plus en plus poussée et entrecoupée des temps d'arrêt plus ou moins longs, dus à l'embrassement successif des combustibles nucléaires. L'aboutissement de ce processus est l'étoile dense ou ultradense: nain blanc d'une densité de l'ordre d'une tonne par  $\text{cm}^3$  ou étoile de neutrons d'une densité de l'ordre de cent millions de tonnes par  $\text{cm}^3$  ( $10^{14}$   $\text{g}/\text{cm}^3$ ). Le passage vers ces phases finales se produit soit par voie d'évolution soit par voie d'explosion sous forme d'une nova ou d'une supernova, où les couches extérieures de l'étoile sont rejetées dans l'espace et le noyau s'effond. La voie que choisira l'étoile dépend principalement de la masse de celle-ci: les masses plus petites sont moins dangereuses et, en ce qui concerne le Soleil dont la masse n'est pas grande, il y a de fortes chances qu'il parvienne à l'état de nain blanc par une évolution relativement tranquille, quoiqu'il soit peu probable que, même dans une telle éventualité, la vie sur la Terre puisse durer jusqu'à cette phase. Remarquons à cette occasion que l'évolution des étoiles est, elle aussi, déterminée par la loi de la gravitation dont la découverte remonte tout droit à Copernic.

En même temps que progressent les recherches sur la physique des astres, on assiste depuis la deuxième décennie de notre siècle, à l'expansion de l'astronomie dans les espaces de plus en plus lointaines de l'univers. Ces explorations qui vont bien au-delà des frontières de notre Galaxie, pour atteindre d'autres galaxies toujours plus lointaines, sont possibles grâce à la construction des télescopes de plus en plus grands. Jusqu'à présent, le plus grand était celui du Mont Palomar aux Etats-Unis avec son miroir de 5 m de diamètre. Actuellement, on installe un télescope de 6 m dans le Caucase, en Union soviétique. La mise en place d'amplificateurs électroniques sous forme de convertisseurs d'image transformant l'image optique en image électronique a singulièrement élargi la portée des télescopes, nous permettant de parvenir à des distances

de dix milliards d'années de lumière, pour atteindre les galaxies les plus lumineuses: les quasars.

Depuis le milieu de notre siècle, le rôle d'avant-garde dans les recherches astronomiques appartient à la radioastronomie, nouveau domaine de l'astrophysique, qui s'occupe des rayonnements radioélectriques provenant du cosmos. L'atmosphère terrestre, ou plutôt la ionosphère, laisse passer des ondes courtes d'une longueur allant d'un centimètre à plusieurs dizaines de mètres. Grâce à la construction des antennes paraboliques de plus en plus grandes et des récepteurs de plus en plus sensibles, la radioastronomie est arrivée à égaler l'astronomie et à la dépasser même par sa portée dans l'espace. En revanche, elle lui était inférieure jusqu'à tout récemment sur le plan du pouvoir séparateur, car les ondes radioélectriques étant environ un million de fois plus longues que les ondes optiques, elles accusent des diffractions autant de fois plus fortes. Mais cette difficulté a pu être, elle aussi, surmontée avec l'installation des interféromètres: groupe de deux ou de plusieurs télescopes placés à une grande distance l'un de l'autre. Les effets de diffraction des ondes radioélectriques diminuent à mesure qu'augmente la distance entre les télescopes, ce qu'on appelle la base de l'interféromètre. On utilise actuellement des interféromètres à base transcontinentale, dont un télescope se trouve, par exemple, aux Etats-Unis et l'autre en Union soviétique. La radioastronomie «voit» en général d'autres objets, d'autres centres de matière que l'astronomie optique, de sorte qu'elle en complète parfaitement le champ de recherches. La radioastronomie détecte en particulier toutes sortes de rayonnements non thermiques témoignant de la présence de particules rapides au centre émetteur, ce qui arrive entre autres lors des éruptions de tous genres, depuis les éruptions observées sur le Soleil jusqu'aux explosions de supernovae et de galaxies entières. C'est ainsi que nous devons à la radioastronomie la découverte des pulsars, étoiles de neutrons issues des explosions de supernovae et de quasars — explosions supposées des noyaux de galaxies. La radioastronomie s'occupe également des centres de matière interstellaire raréfiée. Une série de découvertes relatives aux raies d'atomes tels que l'hydrogène, et aux bandes de molécules polyatomiques, tels que la vapeur d'eau, l'ammoniac, l'acide formique et l'alcool éthylique, ont permis de mieux définir la composition chimique de la matière interstellaire et de constater qu'elle contient des composés organiques. Cette découverte jette une nouvelle lumière sur le problème d'existence et de transmission de la vie dans l'univers, en montrant que le matériau de construction du tissu vivant existe partout. D'autre part on incline à considérer les condensations de matière interstellaire émettant ces bandes de molécules comme des protoétoiles.

Mentionnons enfin brièvement — la presse, la radio et la télévision en rendent compte tous les jours — l'étude de ce qu'on appelle l'espace

cosmique, à l'aide de fusées ballistiques, de satellites artificiels de la Terre et de véhicules interplanétaires. Cette nouvelle technique a pour but l'étude directe des corps du système planétaire ainsi que l'observation, en dehors de l'atmosphère, des étoiles, des galaxies et de la matière interstellaire, au moyen de télescopes et radiotélescopes placés sur des stations en mouvement orbital. Il s'agit d'observations faites dans les intervalles de longueurs d'onde que l'atmosphère terrestre ne laisse pas passer, comme, d'une part la radiation ultraviolette, les rayons X et les rayons gamma, et, de l'autre, l'infrarouge et les ondes radioélectriques longues. Le spectre du Soleil a pu ainsi être observé dans toute l'étendue des longueurs d'onde, jusqu'aux ondes radioélectriques décamétriques. Dans la gamme d'ondes courtes, on peut citer la découverte des étoiles Roentgen, source des rayons X: ce sont des étoiles ou des nuages de plasma très chaud. Dans l'infrarouge, on étudie les étoiles très froides et les voiles de poussière qui l'entourent. Aux confins de l'infrarouge et des ondes courtes, on a découvert un phénomène extrêmement intéressant: le rayonnement, dit résiduel dont la répartition des intensités évoque celle d'un rayonnement thermique qu'aurait émis un corps parfaitement noir d'une température de  $3^{\circ}$  K. C'est un rayonnement isotrope, ce qui veut dire qu'il accuse la même intensité dans toutes les directions et son nombre de quanta dépasse plusieurs fois celui du rayonnement de toutes les étoiles prises ensemble. Nous l'appelons rayonnement résiduel car, vraisemblablement, il constitue une séquelle de la grande explosion de l'univers.

L'univers s'élargit, les galaxies s'enfuient avec une vitesse d'autant plus grande qu'elles sont plus éloignées de nous, les plus lointaines atteignent une vitesse de fuite proche de celle de la lumière. Nous ne sommes donc pas loin de toucher aux limites de l'univers connaissable, car les galaxies qui s'éloigneraient avec une vitesse dépassant celle de la lumière échapperaient à notre observation.

Connaissant les distances entre les galaxies ainsi que la vitesse de leur fuite, nous pouvons calculer combien de temps il leur fallut pour parvenir à leur position actuelle. Il s'avère qu'il y a dix milliards ( $10^{10}$ ) d'années, les galaxies étaient parties d'un seul «point», d'une espace relativement réduite. Nous disons que ce fut la grande explosion de l'univers. Ce qui s'était passé avant, nous l'ignorons. Peut-être, l'actuelle phase d'expansion de l'univers fut-elle précédée par une phase de contraction où le monde se rétrécissait sous l'effet de sa propre gravitation jusqu'à atteindre des dimensions très petites et une densité extrêmement élevée. On soupçonne l'existence de formes de matière plus denses que les étoiles de neutrons, sous forme de ce qu'on appelle «les trous noirs» dans les noyaux des galaxies. Ces problèmes extrêmes, touchant la construction et l'évolution de l'univers ainsi que les états de la matière ultra-dense

sont envisagés à partir de la théorie générale de la relativité qui constitue une généralisation de la loi de gravitation.

Nous voici donc arrivés, dans cette revue brève et forcément simplifiée du développement de l'astronomie moderne, de l'époque de Copernic à l'heure actuelle. Parallèlement à l'astronomie et en vertu d'une rétroaction, on a vu prendre leur essor à la physique et à d'autres sciences mathématiques et naturelles. Après des débuts difficiles et lents, l'histoire des sciences exactes et, à sa suite, l'histoire de la technique moderne ont avancé de plus en plus vite en transformant non seulement nos idées sur l'univers mais aussi notre vie quotidienne et nos structures économiques sociales et politiques. Une nouvelle civilisation a vu le jour, fondée sur les acquisitions des sciences exactes. A juger par le rythme de développement de ces sciences, nous nous trouvons encore sur la lancée montante de l'époque ouverte par Nicolas Copernic. C'est ainsi que ce grand savant n'est pas seulement un personnage historique mais vit dans l'essor tempétueux de la science et de la technique modernes. Chaque nouvelle découverte et chaque acquisition dans ces domaines ajoutent aux titres de sa gloire qui ne cesse de croître.