

# À propos de Copernic

Autor(en): **Wavre, Rolin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue de Théologie et de Philosophie**

Band (Jahr): **32 (1944)**

Heft 131

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-380446>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## A PROPOS DE COPERNIC

---

Si la révolution copernicienne appartient en propre à l'astronomie, elle transforma notre conception du monde et dépend à ce titre de la philosophie.

L'histoire des idées est passionnante, mais pleine d'embûches, car il est très difficile de bien comprendre une théorie lorsque l'on n'y croit plus. Et c'est le cas tout spécialement de la cosmologie d'Aristote, sur laquelle des milliers et des milliers de pages ont été écrites. Il est impossible de se faire une représentation claire et univoque d'un tel système.

Si j'avais une véritable thèse à défendre, elle s'énoncerait ainsi, en termes brefs : Copernic a beaucoup contribué à réconcilier le monde antique et la géométrie antique, l'univers et l'espace euclidien.

Pour le faire voir, il faut situer Copernic entre les Grecs et Newton. (C'était le rêve inachevé de Duhem de décrire l'évolution du système du monde au travers des siècles. Et l'on sait le soin qu'il apporta à décrire ce système à partir des Pythagoriciens jusqu'à Thomas d'Aquin ; il est bien regrettable que son œuvre fondamentale s'arrête à l'Aquinate).

Pour rester simple, je substituerai souvent un exposé systématique d'idées au véritable ordre historique, toujours très complexe.

L'illustre sujet des rois de Pologne ne put prévoir les répercussions multiples de son système.

Dieu me garde, cependant, de m'approcher des bûchers de la Renaissance, sous la cendre desquels le feu couve peut-être encore.

*N. B.* — Conférence faite à l'occasion du quatrième centenaire de sa mort.

Les répercussions religieuses et sociales de la révolution copernicienne ne nous retiendront pas ; il est clair qu'elles sont tout à fait hors de mon sujet.

La géométrie a heureusement moins changé, des Grecs à Newton, que le système du monde. Encore que sa signification se soit précisée au cours des âges.

*L'espace euclidien.* Les géomètres grecs étudiaient des figures idéales : droites, cercles, coniques, polyèdres... L'art de bâtir n'avait sans doute pas été étranger, au début, à de telles recherches. Euclide a systématisé leurs résultats et mis cette partie de la science sous une forme déductive. De certains postulats et axiomes il tirait des théorèmes qui exprimaient des propriétés remarquables de ces figures et de leurs combinaisons. Pour la pensée moderne, certaines propositions d'Euclide expriment des propriétés de ce contenant vide dans lequel baignent les figures géométriques : *l'étendue*. Lorsque cette étendue aura reçu une structure, nous l'appellerons l'espace, l'espace euclidien.

On est souvent pour Euclide un peu plus ambitieux qu'il l'était lui-même.

Une première idée de cet espace serait celle-ci : c'est une étendue qui pourrait être entièrement remplie par des cubes égaux juxtaposés, sans qu'il y en ait un dernier dans aucune file. Mais il faut préciser.

Pour prouver l'égalité des triangles, les géomètres grecs n'éprouvaient pas de scrupules à déplacer ces triangles, à les renverser sur eux-mêmes. Il est donc implicitement admis qu'une figure peut être déplacée sans déformation. L'endroit où elle se trouve dans l'étendue, l'emplacement d'un polyèdre n'importe pas ; il n'altère pas les propriétés de ce polyèdre. Toute forme peut être réalisée en toute région de l'étendue ; l'espace euclidien est identique dans toutes ses parties. Nous dirons, en bref, qu'il est *homogène*. Il y a des espaces qui ne le sont pas. Le plan est euclidien, l'hyperboloïde ne l'est pas.

En géométrie, toutes les droites se ressemblent, il n'y en a point qui soit privilégiée. Tous les rayons d'une sphère centrée n'importe où se ressemblent ; il n'y a point de fibres, de stries même idéales dans l'espace. Disons qu'il est *isotrope*.

Une droite dans sa totalité est infinie, on pourrait toujours ajouter un segment de longueur unité dans la direction des segments déjà

placés bout à bout ; des axiomes l'affirment, dans ce sens l'espace qui contient toute droite est *infini*.

Il possède une quatrième propriété à laquelle l'enseignement élémentaire nous a depuis longtemps habitués et qu'il faut aussi nommer. Les rapports de grandeur dans un triangle subsistent en multipliant par 2 toutes les grandeurs ; ils subsistent aussi en les multipliant par  $1/2$ . Certains théorèmes sont maintenus au travers de ces dilatations ou rétrécissements. Après tout, une tête d'épingle serait semblable à la Terre pour un tout petit microbe. L'existence des figures semblables de dimensions différentes est un garant que l'homothétie admet des invariants ; disons que *l'espace est insensible à l'échelle* de grandeur des figures.

Très rapidement d'ailleurs, dès l'antiquité, on superposait l'infinité des nombres à l'infinité des points d'une droite. La droite devenait donc divisible à l'infini dans toutes ses parties, car cette propriété n'a jamais été contestée pour les nombres.

En résumé, la géométrie des anciens contient *en puissance* une doctrine de l'espace qui serait homogène, isotrope, infini, insensible à l'échelle.

*L'univers ancien.* Tournons maintenant nos regards vers l'univers et tâchons de le voir comme le voyait un Aristote. Oublions pour cela tout ce que nous savons des découvertes modernes. Ce que nous voulons évoquer, c'est la grande tradition inspirée par les pythagoriciens et qui au travers d'Aristote se poursuit jusqu'à Claude Ptolémée, tradition de six siècles. Il y eut de notables exceptions, car les Grecs avaient toutes les audaces. Nous les signalerons en cours de route. Ce qu'il importe de rappeler, c'est cette sorte de vague de fond qui, à la fin du moyen âge, déferla sur l'Europe quand on retrouva, dans les textes authentiques, certaines œuvres d'Aristote et l'*Almageste* de Ptolémée.

Il n'est pas de doctrine qui n'ait varié dans ce domaine ; à citation pour, citation contre. Mais en gros on peut, je crois, dégager les faits suivants : l'école atomistique logeait les corps pleins dans un espace vide. Ce cadre était doué d'une réalité égale à celle des corps qu'il contient. Pour Platon l'espace est tout d'abord ce grand réceptacle dont parle le *Timée*, et le maître de l'Académie semble loger un univers fini et sphérique dans un espace infini. L'espace hors de l'univers est comme l'objet d'un rêve : « c'est cet espace que nous

voyons comme en rêve lorsque nous disons : il est nécessaire que l'être universel soit quelque part, en un certain lieu et qu'il occupe un certain espace ; et d'autre part, ce qui n'est ni en terre ni quelque part dans le ciel il est nécessaire que ce ne soit rien du tout. » La  $\chi\acute{\omega}\rho\alpha$  est au début une étendue homogène dans laquelle vient prendre place l'univers. Dans ce dernier il n'y a plus de place pour le vide des atomistes. Dans l'univers étendue et matière sont une même chose pour Platon, d'après Aristote. Ailleurs, Platon attribue à la  $\chi\acute{\omega}\rho\alpha$  la propriété d'un crible qui sépare les corps lourds des légers ; ainsi, la  $\chi\acute{\omega}\rho\alpha$  perdait de son homogénéité ou tout au moins de son isotropie. Mais, la pesanteur, suivant le *Timée*, serait aussi une tendance des corps à regagner les corps semblables ; idée qui sera reprise par Copernic.

Depuis Pythagore, la sphère jouissait de privilèges incomparables. L'univers était donc sphérique. Pour les pythagoriciens, au delà c'était l'indéfini ou l'Olympe. Pour Aristote, au delà de la sphère des étoiles fixes il n'y avait ni vide ni lieu ; là le monde, l'espace même, s'arrêtait. « Ainsi le tout, ne subissant aucun transport et n'ayant, comme tout, rien qui soit en dehors de lui, ne pourra pas être considéré comme ayant un lieu, ni comme étant dans un lieu. »<sup>(1)</sup> Pour Ptolémée, ce sera l'Empyrée, et pour le moyen âge, le séjour des bienheureux. La question de savoir si l'univers dans sa totalité occupait un lieu embarrassa d'autant plus la pensée antique que le lieu était pour les uns la première enveloppe immobile et que les cieux étaient manifestement en mouvement. D'autres imaginèrent un huitième ciel immobile aux confins du monde.<sup>(2)</sup> Dans le Kosmos des pythagoriciens, les astres décrivaient des trajectoires circulaires d'un mouvement uniforme. Ils ne quittaient un lieu que pour y revenir, car ils n'admettaient d'altération ni dans leur substance ni dans leur vitesse. Il y avait pour eux conservation de l'état dynamique. Comme on le sait, la matière des cieux était divine, incorruptible, tandis que dans l'Ouranos des pythagoriciens, dans le monde sublunaire d'Aristote elle était susceptible d'altérations et de mouvements variés. Mais c'est surtout la doctrine aristotélicienne de la pesanteur que nous devons approfondir.

Le monde était sphérique, avait un centre, et les graves se portaient

(1) S. GAGNEBIN, « Un aperçu de la physique d'Aristote », *Revue de théologie et de philosophie*, 1934, p. 307. — (2) TAYLOR, *Le Timée* (et la doctrine de l'espace d'Aristote).

vers le centre du monde, défini comme centre des cieux et non forcément centre de la Terre <sup>(1)</sup>. Un texte d'Aristote le prouve : « Les Anciens disaient que le semblable se porte vers son semblable. Cela n'arrive aucunement. Si l'on plaçait la Terre au lieu où la Lune se trouve maintenant, une partie détachée de la Terre ne se porterait point vers la Terre entière, mais bien vers le lieu où la Terre est maintenant placée. » <sup>(2)</sup>

Aux yeux d'Aristote, le lieu avait manifestement un certain pouvoir pour diriger le mouvement des corps simples. « Le lieu a quelque chose de réel et possède une certaine puissance. » <sup>(3)</sup> « Pour Aristote, — dit Duhem —, les éléments et leurs mixtes ont seuls des lieux naturels, et ces lieux où se doivent porter les corps graves ou légers sont définis indépendamment des corps ; c'est le centre du Monde et la concavité de l'orbe lunaire, qui sont déterminés par la seule considération du ciel ; la notion générale du lieu est logiquement antérieure à la notion du lieu naturel. Aristote le marque clairement en ne traitant les lieux propres des corps graves et légers qu'après avoir exposé la théorie générale du lieu. »

Pour Aristote, si l'on ajoute de la matière à la terre, elle va se déplacer jusqu'à ce que le centre de la terre coïncide avec le centre du monde. « Il est raisonnable, dit encore Aristote, que tout corps soit porté vers son lieu propre ; ce qui, sans violence, demeure immédiatement contigu à un corps est congénère à ce corps. » Il faudra donc une force pour créer un mouvement violent, pour arracher un corps à son lieu naturel ou pour l'en éloigner.

Dans le Kosmos, il y a conservation des états dynamiques, dans l'Ouranos, il y a tendance à la conservation du lieu.

Bien qu'Aristote fasse une distinction d'ordre épistémologique, basée sur l'abstraction, entre l'espace, objet du géomètre, et les

(1) « Ce n'est pas par elle-même que la sphère terrestre est au repos, c'est parce qu'étant lourde, elle est au centre qui est au repos. » S. GAGNEBIN, *art. cité*, p. 307.

(2) La *χώρα* de Platon agissait déjà à la façon d'un crible séparant les uns des autres les éléments mélangés et les conduisait à leur lieu propre. Jamblique, commentant le *Timée*, écrit : « Cette théorie-là fait du lieu une puissance corporelle qui soutient et comprime les corps, qui élève ceux qui tombent... » Quant à Philopon, il critique cette conception de la puissance du lieu : « Il est tout à fait ridicule, dit-il, de prétendre que le lieu, en tant que lieu, possède une certaine puissance ».

(3) « Comment expliquer la puissance du lieu ? Cette puissance, Aristote la constate comme un fait fondamental, il ne peut qu'en préciser la nature. » S. GAGNEBIN, *art. cité*, p. 306.

corps qui se meuvent en lui, objet du physicien, l'espace n'existe pas en dehors des corps. Où se porterait un corps placé dans le vide ? demande-t-il. Il n'y a pas de vide non plus au delà de la dernière sphère et l'infinité de l'espace n'est qu'une pure fiction.

Aristote a eu le grand mérite de tenter de donner une démonstration de la sphéricité de la terre. Elle est sphérique parce que sa surface est partout normale au champ de la pesanteur, donc aux rayons du monde ; parce que, si elle ne l'était pas, il y a des portions surélevées qui pourraient descendre et rempliraient les dépressions, ce qui rétablirait la sphéricité.

Ensuite il déduit l'immobilité de la sphère par raison de symétrie. « Certains prétendent que la terre demeure immobile par raison de similitude ; tel était parmi les anciens philosophes Anaximandre. En effet, une chose ne pourra jamais être entraînée davantage vers le haut ou vers le bas, ou de côté, si elle est établie au centre et si elle se comporte d'une manière semblable (en tous sens) par rapport aux extrémités ; car il est impossible que cette chose soit mue simultanément en deux directions opposées ; il est donc nécessaire qu'elle demeure en repos. »

La Terre, située au centre du Monde, s'y tient donc immobile ; mais immobile par rapport à quoi ? Par rapport au ciel ? non ! Par rapport à l'ensemble des lieux réels immobiles, donc par rapport à l'espace. Un philosophe de Louvain, Nys, écrit ceci : « Enfin, comme tout mouvement local requiert un lieu immobile, comme le ciel soumis à un éternel mouvement de rotation ne présente pas cette complète immobilité qu'exige tout véritable point de repère, le Stagirite se voit contraint d'attribuer à la Terre... une immobilité absolue ».

On ne saurait, dans ces conditions, — et malgré les difficultés d'interprétation de la pensée d'Aristote —, ne pas voir chez lui, ce que Jamblique et Syrianus affirmaient encore : un certain pouvoir du lieu d'agir sur les corps, une certaine solidarité entre l'univers et l'espace. Les rayons du Monde, les différentes verticales conféraient à l'espace une *anisotropie*. Le champ de la pesanteur était inhérent à l'espace et lié à la forme géométrique de l'univers. C'est un peu le crible de Platon ; mais ce n'est déjà plus ou ce n'est pas encore la tendance des corps à se rapprocher de leurs semblables. Les lois n'étaient pas les mêmes dans le Kosmos et dans l'Ouranos ; l'univers d'Aristote baignait dans *un espace hétérogène, anisotrope et*

*fini*, et n'admettait pas de similitude <sup>(1)</sup>. Son univers, en tout cas, présentait toutes ces dernières propriétés. Bien entendu, Aristote ne concevait pas d'autre métrique que la métrique euclidienne, celle qui fut dégagée plus tard des axiomes d'Euclide. Les figures obéissaient toutes à la géométrie des Grecs ; les mouvements des astres étaient représentés par des trajectoires dans un tel espace ; mais l'espace dans sa totalité et ses caractères globaux n'était pas celui d'Euclide. *C'est cette ambiguïté de la pensée antique que je tenais à relever tout d'abord.*

Les corps célestes, lune, soleil, planètes et étoiles, décrivaient donc des circonférences avec une vitesse constante, suivant la conception primitive. Ce fut là un axiome astronomique que Copernic plus tard respectera. Cependant, pour suivre fidèlement les astres dans leur course, les astronomes durent imaginer des superpositions de mouvements circulaires. Les stations et rétrogradations de certaines planètes l'exigeaient ; le problème des saisons aussi. Eudoxe employait vingt-sept sphères homocentriques, dont les rotations se combinaient de manière savante, pour expliquer le mouvement des astres. Les uns concevaient ces sphères comme matérielles, les autres comme de simples fictions géométriques. Ptolémée, au II<sup>e</sup> siècle après J.-C., avait imaginé son système de cycles et épicycles, la planète se mouvant sur une circonférence dont le centre décrivait à son tour une nouvelle circonférence. Cette complication était inévitable dans le système planétaire géocentrique. La multiplicité des sphères d'Eudoxe ou des épicycles de Ptolémée témoigne d'ailleurs des scrupules de l'astronomie antique. Les vitesses absolues des planètes n'étaient plus constantes, bien que chaque mouvement circulaire d'entraînement fût uniforme. A ce point de vue, on transigeait avec le dogme primitif.

La mesure des mouvements apparents avait été poussée très loin afin de fixer avec précision les éléments de ce vaste engrenage.

De temps à autre, des esprits indépendants affirment le mouvement de la terre. Philolaos croit au mouvement de la Terre autour d'un feu central, et Aristarque de Samos affirme le mouvement diurne et le mouvement annuel autour du soleil. Cette hypothèse héliocentrique, comme le souligne Arnold Reymond, « avait du reste été préparée par les pythagoriciens et par les opinions qui régnaient

(1) « Esprits clairs, géomètres avisés, ces philosophes (grecs) ne pouvaient pas ne pas voir que la notion d'espace géométrique est infiniment plus satisfaisante, plus maniable, plus accessible à l'investigation scientifique que celle de lieu naturel. » P. BOUTROUX, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 1921.



à Athènes dans certains cercles philosophiques ». Héraclide du Pont affirme la rotation de la Terre et fait tourner les planètes intérieures autour du soleil. Il est porté, de plus, à affirmer l'infinité des cieux <sup>(1)</sup>. Les deux affirmations : rotation de la terre et infinité des cieux, sont souvent liées. Ce qui est toujours exclu, c'est un univers infini en rotation autour d'une Terre fixe, car alors il y aurait des vitesses dépassant toute limite. Plusieurs auteurs ont précisément remarqué qu'il était plus simple de faire tourner la terre que l'ensemble de l'Univers, mais cela dépendait évidemment de l'importance relative attribuée à notre globe vis-à-vis de l'ensemble des corps célestes.

D'un bond franchissons le moyen âge.

L'hypothèse héliocentrique n'était pas ignorée au XIV<sup>e</sup> siècle. Des astronomes, suivant en cela la conception d'Héraclide du Pont, faisaient tourner Mercure et Vénus autour du soleil ; ces deux planètes le suivent constamment. Nicolas de Cusa croit au mouvement de la Terre ; et le philosophe Albert de Saxe dit qu'un de ses maîtres se refusait à trancher entre le mouvement de la Terre ou des cieux, les apparences étant les mêmes dans les deux cas. Il est clair que c'était le meilleur parti à prendre tant que l'on s'en tenait à l'aspect purement cinématique du problème.

Au XIII<sup>e</sup> siècle, l'Eglise avait adopté la doctrine d'Aristote, et le Stagirite était l'autorité profane suprême en science et en philosophie. Pour les autorités religieuses des deux Eglises au XVI<sup>e</sup> siècle, comme pour l'opinion commune, les isolés dont nous venons de parler passaient pour des illuminés. Et Copernic n'y échappera pas. « Le fou veut mettre l'astronomie sens dessus dessous », dira Luther en 1539 dans ses *Propos de table*, « et pourtant il sait que c'est au Soleil et non à la Terre que Josué ordonna de s'arrêter. » <sup>(2)</sup>

(1) « Un disciple immédiat de Platon, Héraclide du Pont, eut recours à deux hypothèses dont l'une, tout à fait originale, consiste à admettre un héliocentrisme partiel. De même que le pythagoricien Ecphantus, il déclare tout d'abord que la terre est au centre d'un univers infini et qu'elle tourne sur elle-même en vingt-quatre heures..., il suppose que Vénus et Mercure tournent autour du Soleil, tandis que celui-ci se meut autour de la terre ainsi que les autres planètes. » A. REYMOND, *Histoire des sciences exactes et naturelles*, p. 169. — (2) « De novo quodam astrologo fiebat mentio, qui probaret terram moveri et non cœlum, solem et lunam, ac si quis in curru aut navî moveretur, putaret se quiescere et terram et arbores moveri. Aber es geht jetzunder also : Wer do will klug sein, der soll ihm nichts lassen gefallen, das andere achten, er mus ihm etwas eigen machen, sicut ille facit qui totam astrologiam invertere vult. Etiam illa confusa, tamen ego credo sacræ Scripturæ, nam Josua jussit solem stare, non terram. » *Tischreden*, n° 4638, éd. Weimar, t. IV, p. 412 s.

Tout se résumerait en une image de Léon Bloy : au spirituel, le monde occidental « tournait autour de la Croix ».

Un disciple d'Aristote serait aujourd'hui en droit de dire : « Le transfert des axes absolus de notre globe, où se jouent toutes les destinées spirituelles, sur un astre désert, qui ne l'emporte que par sa masse, a bouleversé jusqu'à l'idée même de vérité. La science, depuis la Renaissance, s'est arrogé la liberté de choisir son propre système de référence, mais à quoi sert ce changement, puisqu'il rompt l'unité du savoir ? Les trois sœurs : Science, Philosophie, Théologie s'entendaient beaucoup mieux dans la vieille maison d'Aristote ; l'émancipation de la première, saluée par quelques-uns avec enthousiasme, n'est acceptée qu'avec douleur par d'autres. »

Copernic est certainement la première grande affirmation du génie scientifique dans les temps modernes.

Le chanoine polonais, médecin de son métier, avait beaucoup voyagé. Humaniste de la Renaissance, il serait faux de se le représenter comme enfermé dans une cellule. Un manuscrit de sa main circulait en Europe vingt ans avant sa mort, et ses élèves répandaient sa doctrine. Les dernières années de sa vie furent douloureuses.

Le *De revolutionibus orbium cælestium* parut à Nuremberg en 1543, peu avant la mort de Copernic. Malheureusement, un Avis au lecteur, qui fut rédigé à l'insu de l'auteur par Andreas Osiander, le théologien luthérien, présente le système héliocentrique comme une simple hypothèse, une spéculation mathématique, rendant compte des apparences. C'est un peu comme si l'on disait : les formules sont exactes, mais la théorie est sujette à caution. Était-ce là une simple précaution à l'égard de la censure ? On ne sait. Cet avis non signé qui suscita l'indignation des amis de Copernic, était bien fâcheux et a beaucoup retardé le progrès des idées. Dans sa dédicace au pape Paul III, Copernic dit ceci :

« Comme je méditais depuis longtemps sur l'incertitude des traditions mathématiques relatives au mouvement des sphères du monde, je commençais à être peiné que les philosophes, qui parfois scrutent si parfaitement les petites choses de l'univers, n'aient pu établir une explication plus certaine des mouvements de la machine du monde qui a été créée pour nous par le plus parfait et le plus régulier des ouvriers. C'est pourquoi j'entrepris de relire tous les philosophes dont je pourrais me procurer les livres, pour voir si

aucun d'eux n'avait émis une opinion différente de celle qu'enseignent dans les écoles les professeurs de Mathématiques. Et j'ai ainsi trouvé d'abord dans Cicéron que Nicéas avait cru au mouvement de la Terre. Ensuite, dans Plutarque, j'ai trouvé que d'autres avaient eu la même opinion... De là est née l'occasion qui m'a fait réfléchir aussi au mouvement de la Terre. Et quoique cette opinion paraisse absurde... »

Le schéma copernicien figure en tête de tous nos atlas et de tous les livres d'astronomie populaire. La Terre occupe une place modeste entre Vénus et Mars. Il n'est pas nécessaire de le commenter longuement. L'alternance des saisons s'explique par le double mouvement de la Terre. Mais les orbites restent circulaires. Ce dogme est maintenu. Le monde restait fini, mais la sphère désormais fixe des étoiles devait être agrandie, car les directions de ces dernières ne variaient pas au cours du déplacement autour du soleil. On n'observait pas encore à cette époque de parallaxes annuelles. C'est par sa simplicité que le schéma copernicien devait s'imposer plus tard à tous les savants. <sup>(1)</sup>

Il appartient à Galilée de confirmer l'immensité du rayon de la sphère des fixes. La lunette astronomique du savant florentin laissait complètement ponctuelle l'image des étoiles, tandis qu'elle grossissait les planètes. Les astres des Médicis tournaient autour de Jupiter comme la lune autour de la Terre. Galilée observa les taches solaires, le relief de la surface lunaire ; des comètes étaient apparues entre temps, astres errants ; des *novae*, qui s'étaient éteintes depuis. La division qualitative d'Aristote ne pouvait plus se défendre ; les corps célestes pouvaient être le théâtre de certains accidents, rappelant ceux d'ici-bas. La lunette astronomique, en rapprochant les deux mondes sublunaire et céleste, rendait l'univers physique un peu plus homogène. La croyance en un centre du monde était ébranlée par le seul fait que l'alternative entre la Terre et le Soleil s'était posée.

Déjà chez Copernic l'attraction est affirmée :

« J'estime donc », dit-il, « que la gravité n'est autre qu'une certaine tendance naturelle donnée par le Créateur à toutes les parties et qui les porte à se réunir et à former des globes. On peut croire que cette cause agit aussi dans le Soleil, la Lune et les autres pla-

(1) Paul Tannery et Pierre Boutroux font remarquer que l'hypothèse géocentrique, avec ses retouches, donnait satisfaction aux praticiens de l'astronomie ; et l'hypothèse héliocentrique ne s'imposait pas encore, en 1543, pour des raisons techniques.

nètes, et leur a donné la forme sphérique, ce qui ne les empêche pas d'accomplir leurs diverses révolutions... »

Ce retour au *Timée* est capital, me semble-t-il, parce qu'il affirme la multiplicité des centres de gravitation. Comme cela devait passionner les lecteurs du XVI<sup>e</sup> siècle ! Petit à petit la matière se détache de l'espace et se crée ses centres propres d'attraction.

Des objections d'ordre physique ne manquèrent pas de surgir. La Terre est plus lourde que les corps ignés et, par conséquent, elle doit être au centre de l'Univers. Une autre objection était celle-ci ; elle est bizarre quoique conforme au sens commun : pourquoi, alors, ne sent-on pas directement le déplacement de la Terre ? Pourquoi n'est-on pas expulsé par sa rotation sur elle-même ? <sup>(1)</sup> La vitesse dans le mouvement autour du Soleil est de 30 km/sec. ; dans le mouvement annuel, de plusieurs centaines de mètres, suivant la latitude. Une pierre tombant de 5 mètres devrait, après une seconde de chute, toucher le sol à 500 mètres de son point de départ. Les oiseaux, disait-on, ne retrouveraient plus leurs nids. Tout ce qui ne se cramponne pas devrait être arraché dans un ouragan formidable ! C'est l'ancienne croyance que le lieu naturel agit et que le corps tend à y rester. Aristote enseignait qu'en l'absence de force il n'y aurait pas de vitesse. Il fallait donc une cause à un changement de position dans l'espace.

Galilée combattit cette objection. Dans le mouvement des projectiles à la surface de la Terre, deux composantes s'additionnent, l'une suivant la verticale vers le bas et l'autre dans la direction de la vitesse initiale. Cette vitesse initiale tend à se conserver, tant en grandeur qu'en direction, et si la gravité n'existait pas, le mobile s'en irait en ligne droite. Huyghens, Galilée affirment le principe de la conservation de la vitesse en l'absence de force, et combattent ainsi la théorie du lieu. Descartes également, qui écrivait ceci :

« Chaque partie de la matière continue toujours d'être dans le même état pendant que la rencontre des autres ne la contraint pas de le changer ;... et si elle a une fois commencé à se mouvoir, elle continuera toujours avec une égale force jusqu'à ce que les autres l'arrêtent ou la retardent. »

Ce n'est plus la position qui tend à se conserver, c'est la vitesse acquise, le lieu n'est plus un état, c'est l'élan qui tend à subsister.

(1) La force centrifuge n'est, en fait, pas plus grande que sur la jante d'une roue d'un mètre qui ferait trois tours par minute.

L'espace n'a plus d'action directe ; (il en avait encore une dans la théorie intermédiaire de l'*impetus*, où rapidement le lieu reprenait ses droits. L'élan devait, autrefois, disparaître à la longue).

Le préjugé était tenace ; Gilbert, un physicien pré-newtonien, le combat laconiquement :

« Le lieu est un néant et n'exerce aucune force. »

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, Euler éprouve encore le besoin d'insister : « Il ne faut pas imaginer que la conservation de l'état dans un corps comporte la demeure au même lieu. »

A l'époque de Galilée, on s'accordait donc à admettre qu'un corps qui ne serait soumis à aucune force se mouvrait d'un mouvement rectiligne avec une vitesse constante. Première introduction des états dynamiques au profit du mouvement rectiligne. La ligne droite, dirigée dans n'importe quel sens, reprend son importance et avec elle l'espace de la mécanique devient isotrope. *La mécanique, petit à petit, adapte l'univers à l'espace euclidien.* Le principe d'inertie brise les sphères successives et le monde apparaît infini <sup>(1)</sup>.

Revenons à la Terre et à son mouvement sur elle-même. Imaginons qu'elle soit recouverte d'un brouillard qui empêche à tout jamais de voir les autres astres. Pourrait-on se rendre compte de sa rotation autour des pôles ? Mais oui, et la première confirmation expérimentale peut être datée de 1672. Huyghens et Newton connaissaient la formule exprimant la Force centrifuge  $F$  au moyen de la vitesse angulaire  $\omega$  et du rayon  $r$  de la circonférence décrite :  $F = \omega^2 r$ . Le géodésien Richer à Cayenne, par les oscillations du pendule, constatait que la pesanteur y était inférieure à ce qu'elle est à Paris. Ils attribuèrent ce défaut de pesanteur à la rotation de la terre et à son aplatissement. La première confirmation expérimentale fut donc une mesure au pendule.

Kepler avait, dans l'intervalle, formulé ses trois lois : les orbites planétaires sont des ellipses décrites suivant la loi des aires et les carrés des temps de révolution sont comme les cubes des grands axes. Avec des trajectoires circulaires, ou en confondant les axes inégaux avec un axe moyen, cela s'écrirait :  $\omega^2 r^3 = C = \text{constante}$ . L'élimination de  $\omega^2$  donne  $F = C/r^2$ . La force centrifuge dans le système solaire varie *en raison inverse du carré de la distance*.

(1) Le philosophe Giordano Bruno avait prévu quelques-unes de ces conséquences du système de Copernic. Cf. H. HÆFFDING, *Histoire de la Philosophie moderne*, t. I, p. 129-135.

La formule mathématique de la force à imaginer pour retenir les astres dans leur rotation autour du soleil était dans l'air, et soupçonnée par plusieurs. Borelli l'énonçait explicitement ; Gilbert comparait l'attraction aux actions magnétiques ; Hooke réclamait la priorité contre Newton.

*Newton.* Par son affirmation, même nuancée d'un « comme si... » : les corps s'attirent instantanément et à distance, Newton sépara et pour longtemps les deux plans. *L'espace d'abord*, qui préexiste indépendamment de la matière ; *les corps ensuite*, accompagnés des éléments dynamiques. La verticale n'est plus une propriété de l'espace comme chez Aristote, c'est une propriété d'un champ physique. Chez les anciens, le haut et le bas étaient une direction privilégiée du monde sublunaire, la direction du centre. Certains corps, terre, eau, se rapprochaient du centre, parce qu'ils étaient plus lourds ; d'autres, air, feu, s'en éloignaient vers la direction opposée, parce qu'ils étaient plus légers. Cette direction spéciale répartissait les corps et leur assignait leur juste place. Au XVII<sup>e</sup> siècle, c'est la matière qui détermine autour d'elle la direction de la verticale. La gravité devenue un champ physique fut extirpée de l'espace conçu dès lors comme homogène et isotrope en tout point. Une seule mécanique régit les mondes sublunaire et céleste, ce qui confère au nouveau système du monde une unité et une simplicité jamais atteintes jusque-là.

Un mystère subsiste cependant. Newton s'avoue impuissant, comme Galilée, à attribuer une cause à la gravitation, cause que réclamaient Descartes et Leibniz. Par l'action à distance, le corps agit là où il n'est pas ; la possibilité qu'a chacun de nous de modifier instantanément, en déplaçant un morceau de craie, la trajectoire de Jupiter ou de Sirius ; de créer, peut-être, une révolution dans la nébuleuse d'Andromède, cette possibilité fait que l'univers entier participe de l'une quelconque de ses parties. L'attraction lui confère une extraordinaire cohérence. Cependant Huyghens et Leibniz se refusaient à admettre l'hypothèse de l'attraction instantanée.

Les propriétés de la gravitation newtonienne, très voisines de propriétés strictement géométriques, révoltaient les cartésiens qui réclamaient des actions par choc et par contact direct. Huyghens déclarait le principe d'attraction absurde. Newton hésita une vingtaine d'années, comme Copernic avait hésité aussi, à faire connaître les principes nouveaux de la mécanique céleste. La révo-

lution copernicienne touchait à son terme. Les sphères célestes avaient perdu leurs qualités, le mouvement de la Terre nous habituaux déplacements qui n'affectent pas les figures et maintiennent même les équilibres ; le lieu devint à la longue tout à fait fortuit. Le succès de la séparation de l'espace et de la gravitation fut, disons-le, éblouissant. Mais séparés, les deux éléments espace et gravitation avaient chacun besoin d'une justification. On chercha longtemps la cause de la gravitation sans la trouver.

L'espace Euclide-Newton redevient ce grand réceptacle dont parlait déjà Platon dans le *Timée*. C'est un contenant vide, sans aucun point de repère ; la position où l'on se trouve devient purement fortuite et indiscernable. Gilbert avait bien raison de dire : « Le lieu est un néant qui n'exerce aucune force ». Même la vitesse avec laquelle se meut un corps dans ce réceptacle homogène ne peut être déterminée ; elle est insensible. Seule l'accélération a un caractère absolu, car à l'accélération correspond la force qui, elle, est susceptible d'affecter nos sens (pression, traction, etc.). Nos sensations ne sont pas altérées par la position et la vitesse, mais elles le sont par l'accélération. Cette dualité dans le système newtonien est évidemment fâcheuse. Dans une certaine mesure, la relativité einsteinienne y remédie. Mais revenons au réceptacle.

Les axiomes d'Euclide précisent les propriétés de cet espace vide qui n'est donc pas un rien du tout, puisqu'il est structuré.

Que ce soit le principe d'inertie qui a favorisé la réconciliation de l'espace d'Euclide et du système du monde, cela ne fait, pour nous, aucun doute. Dans la préface à la première édition des *Principia*, Newton dit dans un sens un peu différent : « La géométrie appartient en quelque chose à la mécanique, car c'est de cette dernière que dépend la description des lignes droites ». Il n'y a plus aucun désaccord entre la mécanique, la géométrie, l'astronomie. *Au terme de la révolution copernicienne, Newton put jouer des deux mains, en géomètre et en physicien, sur l'instrument d'Euclide ; tandis que les Grecs, restés dans une ambiguïté au sujet de l'espace, jouaient en fait de deux instruments tant soit peu discordants.*

*Complément.* Revenons aux rapports de l'espace et de la matière dans quelques-uns des grands systèmes auxquels nous avons dû faire allusion. Pour Platon, le lieu, c'est la position occupée dans l'espace géométrique. Pour Aristote, c'est autre chose ; le lieu d'un corps, c'est le terme fixe qui permet de juger du repos ou du mouve-

ment de ce corps ; c'est la première enveloppe immobile. S'il n'existe aucun corps autour de lui, il n'est point en un lieu. Cette conception est vraiment difficile à comprendre. Les rapports entre matière et espace varient naturellement avec la théorie de la connaissance que professent ces grands maîtres. A Platon mathématicien, qui admet d'emblée la réalité des êtres idéaux, s'oppose Aristote empiriste, qui part de la sensation et voit dans l'étendue une abstraction faite sur les données sensorielles. Pour lui, dans le vide pas de sensation, donc pas d'étendue. L'univers seul a pour lui quelque signification, le grand réceptacle homogène n'est rien. Aristote distinguait l'espace, objet du géomètre, et les corps, objets du physicien, comme nous l'avons vu. Mais en fait, l'espace pour Aristote n'existe pas à part des corps, et l'étendue est une abstraction faite à partir des sensations. L'espace infini que requiert le géomètre est, pour lui, imaginaire ; nous retrouverons ce terme sous la plume de Descartes. Cette thèse aristotélicienne n'est pas si éloignée qu'on le pense de certaines conceptions modernes.

Pour les cartésiens, matière et étendue sont solidaires, puisque l'étendue et le mouvement sont l'essence des corps. Or, Descartes n'admet pas l'infini actuel ; les corps ne peuvent s'étendre actuellement à l'infini. L'univers est indéfini pour lui, bien que l'on ne voie pas nettement la différence. Là où il n'y a plus de corps, l'étendue se réduit à cet espace imaginaire sur lequel Descartes ironise : « Les philosophes nous disent que ces espaces imaginaires sont infinis ; et ils doivent bien être crus, puisque ce sont eux-mêmes qui les ont faits ». Attitude qui est un dernier refus à identifier l'espace du physicien avec celui du géomètre. Ceux qui ne séparent pas les corps et l'étendue sont partisans de la relativité des mouvements, la position d'un corps ne pouvant être définie qu'en fonction des autres corps. Au contraire, ceux qui les séparent sont partisans du caractère absolu des mouvements, puisque l'espace peut être donné indépendamment des corps. *Les relativistes fusionnent espace et matière ; les absolutistes se donnent l'espace avant la matière.*

Le mieux pour fixer les rapports entre l'espace et les corps serait d'étudier les réactions des philosophes classiques à l'égard du dogme de la création. Chez Aristote, l'espace n'est qu'une abstraction faite sur les corps, et les deux entités sont éternelles. Thomas d'Aquin, par une distinction entre l'essence et l'existence, la première n'impliquant pas la seconde, faisait surgir l'univers d'Aristote à un moment



donné pour concilier la philosophie du Stagirite avec les Saintes Ecritures.

De tout temps pour les thomistes, l'espace est créé avec les corps. Nys, interprétant saint Thomas, dit ceci : « Avant la création des mondes l'espace n'était rien, mais notre imagination se plaît à leur créer un immense réceptacle destiné à les recevoir ».

Pour Morus, un prénewtonien absolutiste, Dieu a créé les corps dans l'étendue qui préexiste ; tandis que pour Malebranche, cartésien qui cherche, lui aussi, une conciliation avec le dogme de la création, Dieu crée les corps d'après l'étendue, non dans l'étendue. Pour les einsteiniens, nuance abbé Lemaître, espace et matière, solidaires, seraient apparus en même temps, lorsque le rayon de la surface hypersphérique était nul.

L'espace newtonien ne pourrait pas être rempli d'une matière pondérable homogène, donc uniformément répartie. L'attraction serait infinie en tous sens. Des régions de plus en plus grandes devraient être de plus en plus vides. L'obscurité s'y installerait, l'énergie s'y dissiperait sans retour. Certaines masses animées d'une vitesse suffisante par rapport à l'ensemble de la matière s'en iraient à l'infini, conformément au principe d'inertie. Le monde antique, moins sublime, était plus confortable.

Ceci nous ramène une fois de plus à la théorie de la connaissance. Peut-on parler d'une structure spatiale là où les solides n'existent que « pour mémoire » ; d'autant plus que dans ces étendues intersidérales et même extrasidérales, plus rien n'affecte nos sens. Newton philosophe s'est étonné de l'audace de Newton mathématicien. Le philosophe invoque l'omniprésence divine pour remédier à l'infirmité de nos sens. Faisant revivre un peu l'âme du Monde de Platon, il fait de l'espace le *sensorium Dei* <sup>(1)</sup> ; ce n'est que pour Dieu que les lieux se distinguent les uns des autres dans ce vide illimité ; « selon l'explication que donne Clarke à Leibniz, cette thèse veut dire en effet que Dieu perçoit toutes choses par sa présence immédiate, comme l'âme, présente dans le cerveau, perçoit les images qui s'y forment ». <sup>(2)</sup> Echappant à nos sens, cet espace serait donc sensible à Dieu seul. Dans les *Principia*, Newton voit en l'espace un des attributs infinis et éternels de la divinité. Avec Kant, aussi, un ordre de préséance,

(1) *Traité d'optique*, livre III, questions 28 et 31. — (2) BRÉHIER, *La philosophie et son passé* (Paris, 1940), p. 86.

s'établit, mais il tient à nous plus qu'aux choses ; la matière ne peut pas nous apparaître autrement qu'étendue. Si, chez Platon et Newton, l'espace est un grand réceptacle prêt à recevoir le monde, chez Kant, c'est une forme de notre sensibilité prête à recevoir les sensations et donnée avant elle. L'intuition spatiale n'a donc rien d'empirique. Elle se manifeste à l'occasion de l'expérience, mais elle est pure et *a priori*. Dans ce sens, la séparation subsiste entre l'espace et les corps, puisque la forme de notre sensibilité est indépendante de son contenu. Il y a donc transposition, intériorisation du surobservateur de Newton.

Certes l'intuition spatiale est une forme de notre sensibilité, nous ne pouvons voir les corps qu'étendus ; mais cette forme est plus souple que ne le pensait Kant. L'étendue n'est structurée que par des éléments empiriques. Ce sont les expériences journalières qui ont suggéré la structure euclidienne. Depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, l'étendue a pu être géométrisée autrement par les mathématiciens. Elle pourrait être choisie en fonction des phénomènes. Le cadre pourrait être fait d'après le tableau et non le tableau d'après le cadre. Les géométries riemaniennes fournissent un choix de structures de l'étendue, et la structure réelle pourrait être déterminée par la matière. D'une manière très enveloppante, la gravitation redevient une propriété de l'espace. De sorte que le système de Newton est un système limite. L'évolution de la mécanique y a subi un rebroussement. En 1900, la courbe est repartie, et aujourd'hui matière et espace « s'empoignent de nouveau », comme dit Léon Brunschvicg. Retour aux Grecs alors ? Oh ! non, car c'est trop différent.

Rolin WAVRE.

---