

L'ASTRONOMIE ET LE PHILOSOPHE
II - ASTRONOMIE ET MATHÉMATIQUES

"les astres instituteurs" Alain (14)

Le monde supralunaire ne connaît que le mouvement local, le déplacement. Il ignore la naissance et la mort, l'évolution et le vieillissement.

Comment apparaissent ces objets mobiles? comme des points. Certes, le ciel est peuplé d'objets plus "sensibles": le Soleil (qui me chauffe) et la Lune (qui m'éclaire); on y rencontre aussi d'étranges nébulosités; mais à l'exception de la Voie Lactée, l'oeil nu n'en découvre que fort peu.

Tous les objets célestes peuvent donc - et même doivent - être d'abord considérés comme des points mobiles, repérables par un système de coordonnées. Soleil et Lune, en dépit de leur surface apparente, n'échappent pas à cette nécessité: prévoir une éclipse, pour l'astronome, c'est calculer l'instant où trois points se trouveront alignés.

Telle est la chance de l'astronomie, et la raison de sa vénérable ancienneté: l'étude du ciel commence par une phoronomie*. La géométrie suffit.

Précisément parce qu'ils sont à portée de nos expériences, ici-même, dans toute la richesse de leur apparaître sensible, les objets terrestres sont infiniment plus difficiles à connaître. Qu'on songe à la multitude d'obstacles dont se hérissent la connaissance rationnelle d'un être vivant, ou des mécanismes de l'hérédité; aux énigmes muettes que représentent des phénomènes aussi communs que la chute des corps, la flottaison, l'électricité, l'aimant.

Derrière ses qualités sensibles attrayantes, riches, spectaculaires, le réel est trop touffu, en fait impénétrable. D'objet à connaître, il se métamorphose en obstacle à la connaissance. Gaston Bachelard a fait la théorie de ces "obstacles épistémologiques" (La formation de l'esprit scientifique).

Le monde céleste, au contraire, est transparent. Non que les structures et les lois s'y laissent immédiatement découvrir: il a fallu deux millénaires pour que s'impose un modèle adéquat du système solaire. Mais aucune qualité sensible ne vient s'interposer entre l'observateur et son objet. C'est pourquoi il s'agit moins d'observer que de mesurer et de calculer (des espaces et des temps). Képler illustre magnifiquement, avec la découverte des trois célèbres lois, la nature géométrique de la mécanique céleste. Certes, Képler s'appuyait sur les observations de Tycho-Brahé, mais ces observations concernaient les positions et les trajectoires; elles n'avaient aucun caractère physique.

Mettre l'oeil à la lunette pour constater les changements d'éclat d'une étoile variable ou pour s'émerveiller des anneaux de Saturne, cela peut faire naître une vocation; ce n'est pas encore être astronome.

* Dans les Premiers principes métaphysiques de la science de la nature, Kant définit la phoronomie: la science qui "considère le mouvement comme un pur quantum, d'après sa composition en laissant de côté toute qualité du mobile" (15). Elle se distingue de la dynamique et de la mécanique, qui considèrent les forces.

L'astronomie est donc la première science qui s'ouvre aux mathématiques. La physique ne s'engagera dans la même voie que beaucoup plus tard, avec Galilée. Le recours aux mathématiques est l'unique chance de se soustraire à la tyrannie des apparences sensibles, et il n'y a pas de science de la sensation. En étudiant le phénomène de la chute des corps, Galilée comprendra que les mathématiques - tout humaine que soit leur origine - garantissent seules l'objectivité des connaissances physiques, qu'"il n'y a de science proprement dite qu'autant qu'il s'y trouve de mathématiques" (16).

On trouvera chez Platon une explication parfaite du sens de la mathématisation en astronomie. Au VIIème livre de la République, Platon définit la tâche de l'astronome: chercher, derrière les mouvements visibles complexes, la construction intelligible simple qui en rendra compte. Certes, "on doit considérer les ornements du ciel comme les plus beaux", mais le plus beau ne se voit pas, ou du moins, il ne se voit pas avec les yeux. L'intelligence seule peut accéder à la contemplation du vrai monde. Ce monde des essences est immuable et éternel; seul il mérite le qualificatif de réel; le monde visible n'en est que l'image dégradée.

L'astronomie élève l'âme. Non pas, comme le croit naïvement l'interlocuteur de Socrate, parce qu'elle nous force à regarder en l'air, mais bien parce qu'elle opère une conversion, la conversion à l'intelligible. Elle figure donc, avec l'arithmétique et la géométrie, au premier rang des disciplines propédeutiques à la connaissance suprême, celle du Bien. La cité en imposera l'étude à ceux qu'elle destine à son gouvernement.

"Mathemata mathematicis scribuntur"*. Cette déclaration que Copernic place en exergue du De Revolutionibus est platonicienne; on pourrait aussi bien lui substituer l'inscription gravée au fronton de l'Académie**:"Que nul n'entre ici s'il n'est géomètre". Il est d'ailleurs certain que l'astronomie copernicienne doit beaucoup aux calculs et fort peu aux observations: "Il ne faut pas nous imaginer Copernic passant ses nuits à scruter le ciel afin d'y découvrir des faits nouveaux déterminant la position des corps célestes" (17). Si Copernic propose de substituer l'héliocentrisme au géocentrisme, ce n'est pas sur la foi d'observations contredisant ce dernier; c'est parce que la représentation héliocentrique offre un modèle mathématique plus simple. Démarche toute platonicienne.

LE COSMOS RATIONNEL

La conception platonicienne de l'astronomie est cohérente avec la cosmogonie proposée par un autre dialogue: le Timée. Au commencement était le "chaos": matière amorphe, indéterminée, prête à recevoir n'importe quelle empreinte ou forme. Sur cette matière - dont Platon ne détermine pas très précisément les caractéristiques - s'effectue le travail du Démiurge, artisan divin créateur du monde. Contrairement

* Les mathématiques sont écrites pour les mathématiciens.

** Académie: l'école où Platon enseignait à Athènes.

à ce qui se passe dans la Genèse biblique, le créateur ne tire donc pas le monde du néant. Plutôt que créateur, le Démonstrateur est "organisateur"; il intervient comme principe d'ordre. Encore ne crée-t-il pas davantage cet ordre; il le trouve "tout prêt". C'est le monde des idées, l'univers intelligible éternel et immuable, accessible à l'intelligence seule. Ce monde contient (sans idée spatiale, bien sûr) les modèles idéaux, parfaits, de toute réalité; les nombres jouent dans ce monde un rôle particulier (Le pythagorisme est l'une des sources théoriques du platonisme).

Qu'est-ce que le monde visible? Une sorte de compromis entre les exigences de la matière brute et la perfection idéale des essences. Faire de l'astronomie, c'est retrouver ces dernières dans la première*. Comme le dira Paul Langevin à propos de toute science: expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple.

Nous avons évoqué l'inspiration platonicienne de l'oeuvre de Copernic. Ce rapprochement légitime ne doit pas gommer les différences. Pour Platon, l'intelligible est un monde absolument réel, même si cette réalité est toute métaphysique. Le siècle de Copernic ne partage certainement pas ce réalisme des essences. Certains coperniciens - parmi eux l'imprimeur du De Revolutionibus: Andreas Osiander - n'hésitent même pas à qualifier l'héliocentrisme de simple "hypothèse" mathématique, sans prétention à l'objectivité: "il n'est pas nécessaire que ces hypothèses soient vraies ni même vraisemblables; une seule chose suffit: qu'elles offrent des calculs conformes à l'observation." (18). Les amis de Copernic - et sans doute Copernic lui-même - ne virent dans la profession de foi positiviste d'Osiander que lâcheté vis-à-vis du pouvoir religieux. Ce débat, d'ailleurs extrêmement actuel, paraît relever de subtilités philosophiques excessives. Son enjeu est pourtant capital: il s'agit de savoir quel statut on accorde à la rationalité mathématique du cosmos. Faut-il la concevoir sur le mode de l'objectivité, et en faire une structure réelle de celui-ci? Faut-il au contraire n'y voir qu'une construction de l'esprit sans prétention "réaliste", mais qui vaut comme modèle cohérent avec les phénomènes observés?

Galilée donnera à ces questions une réponse célèbre: la nature est écrite en langage mathématique; un langage dont "les caractères sont des triangles, des cercles et autres figures géométriques" (19).

Mais si la nature est un livre, il faut un auteur à ce livre, car les livres ne s'écrivent pas tout seuls. La nature, le ciel en particulier, font signe vers un auteur dont la puissance n'a d'égale que l'immensité des cieux, dont la sagesse ressemble à la magnifique harmonie qui règle le cours des astres. L'univers montre la perfection divine dans "ses oeuvres les plus sublimes" (20). C'est le Dieu horloger de

* Ces formulations ne doivent pas induire en erreur: Platon ne pense pas du tout à faire "entrer" la rationalité mathématique dans le réel sensible et à lui conférer une quelconque objectivité (concept non platonicien). Le sensible participe de l'intelligible, selon des modalités dont la détermination reste pour Platon source de problèmes théoriques difficiles (Voir le dialogue Parménide).

Newton et de Voltaire*.

On sait toutefois que Newton tenait pour insoluble cette question: comment les corps animés de mouvement et soumis à la seule loi de la gravitation universelle peuvent-ils s'organiser en un système stable comme le système solaire? A cette question, il répondait: "Je ne pense pas que ce soit explicable par des causes seulement naturelles, mais je suis forcé de l'attribuer au conseil et à la délibération d'un Agent volontaire" (21). Il ajoutait: "celui qui a arrangé cet Univers, a mis les étoiles fixes à une distance immense les unes des autres, de peur que ces globes ne tombassent les uns sur les autres par la force de leur gravité" (22). Cette intervention perpétuelle de Dieu dans sa création embarrassera les newtoniens les plus exigeants, qui verront à juste titre dans ces "explications" un recul de la rationalité par rapport à la période précédente.

A Dieu, Descartes ne demandait qu'une chiquenaude initiale pour lancer le mouvement dans l'univers. "Après cela, note Pascal avec amertume, il n'a plus que faire de Dieu" (23). Toute explication relève du seul mécanisme.

Kant est le théoricien philosophique de ce problème. Dans la préface d'un ouvrage connu des astronomes: Histoire générale de la nature et théorie du ciel, il s'explique sur la prétention du savant à rendre compte des phénomènes naturels par une explication intégralement mécanique. C'est rendre un très mauvais service à l'astronomie, mais aussi à la religion, que de recourir à Dieu comme à une cause qui agirait pour "rattraper" les effets pervers d'un déterminisme naturel laissé à lui-même. Au point de vue scientifique, c'est stériliser la recherche que se satisfaire d'une explication par la providence; "on fixe ainsi des limites à l'investigation de la nature"; c'est "la raison humiliée par la confiance paresseuse" (24). Au point de vue religieux, l'explication par la providence s'expose au risque de voir découvertes les causes naturelles du phénomène qu'elle imputait à la prévoyance divine, et de donner ainsi des arguments à l'athéisme.

Laplace, dans une conviction rationaliste très kantienne, reprendra le problème de Newton afin de nettoyer l'histoire du système solaire de toute intervention divine. On connaît la réponse qu'il fit à Napoléon lui faisant remarquer que Dieu ne tenait aucune place dans son système du monde: "Sire, je n'ai pas besoin de cette hypothèse".

En fait, le génie philosophique de Kant consiste à avoir compris (mieux que Newton lui-même) que la mécanique céleste, et la théorie de l'attraction universelle qui la soutient, ruinent définitivement les prétentions de l'argument téléologique, qui croyait prouver Dieu à partir de l'harmonie des cieux. L'explication mécanique ne saurait être prise en défaut.

L'idée que l'univers est rationnel (et que cette rationalité est d'ordre mathématique) est donc d'origine astronomique. Certes, on la trouve très tôt dans les spéculations pythagoriciennes sur le rôle et la signification des nombres dans l'univers. Mais nous avons vu "la science nouvelle - physique géométrique, géométrie physique - naître dans les cieux, pour en descendre à terre, et remonter aux cieux" (25).

* Au XVIIIème siècle, c'est surtout dans la complexité organisée des êtres vivants qu'on verra la marque de la sagesse divine; mais tandis que l'organisme biologique implique la prévoyance et la bonté de l'être suprême, les cieux témoignent plutôt de son immensité et de sa puissance. Ce sont là les deux thèmes principaux de l'argument téléologique en faveur de l'existence de Dieu.

L'astronomie ne figure pas seulement à l'origine de l'idée d'une rationalité mathématique du réel. Elle n'a cessé de féconder cette rationalité en suscitant de nouvelles productions mathématiques: cinématique, trigonométrie, calcul différentiel (le "calcul des fluxions" newtonien) ou physiques: théorie de la gravitation universelle.

Mais l'idée classique d'une éternité et d'une unité immuable de cette rationalité a cédé sous la pression de développements scientifiques nouveaux: géométries non euclidiennes, relativité, mécanique ondulatoire. "La doctrine traditionnelle d'une raison absolue et immuable n'est qu'une philosophie. C'est une philosophie périmée" dit Gaston Bachelard (26). Dans ce processus de "dialectisation" des principes de l'esprit", l'astronomie joue un rôle décisif en ouvrant à l'expérimentation relativiste un champ nouveau. Des expériences astronomiques ont servi à montrer la caducité scientifique des cadres newtonien ou kantien fixés à l'espace et au temps.

"DU MONDE CLOS A L'UNIVERS INFINI"*

Les premières cosmologies antiques présentent le monde comme une Terre plate surmontée d'une coupole céleste, le disque terrestre flottant souvent sur l'eau. "Une bulle d'air et un radeau solide, voilà l'univers engendré"(27). L'ensemble est aux dimensions de l'humanité, puisqu'on n'hésite pas à faire supporter le ciel par la cime des montagnes.

En 1643, Descartes écrit dans les Principes de la philosophie: (28)

" Que l'étendue du monde est indéfinie**

Nous saurons aussi que ce monde, ou la matière étendue qui compose l'univers, n'a point de bornes, parce que, quelque part où nous en veuillons feindre, nous pouvons encore imaginer au-delà des espaces indéfiniment étendus, que nous n'imaginons pas seulement, mais que nous concevons être tels en effet que nous les imaginons, de sorte qu'ils contiennent un corps indéfiniment étendu, car l'idée de l'étendue que nous concevons en quelque espace que ce soit, est la vraie idée que nous devons avoir des corps."

Entre ces deux représentations, un abîme. Le passage d'une conception "close" du monde à l'idée d'un univers infini résulte d'un processus culturel dont les historiens avouent l'extrême complexité idéologique (29). On ne saurait parler de "révolution", car ce passage ne fut rien moins qu'une mutation brusque: "La bulle du monde a commencé par enfler et s'élargir avant d'éclater et se perdre dans l'espace" (30).

Rappelons que le système de Copernic tient encore largement à l'ancienne image d'un monde clos: pour lui, la "sphère des étoiles fixes" est " le lieu de l'Univers auquel se rappor-

* La formule est d'Alexandre Koyré: Du monde clos à l'univers infini Gallimard, collection "Idées" N°301. Le paragraphe qui suit est largement redevable à ce livre proprement captivant, qui ne tolère pas le résumé.

**On remarquera que Descartes réserve l'adjectif "infini" à Dieu.

tent le mouvement et la position de tous les autres astres" (31). Le monde de Copernic est "immensum"; mais il est fermé.

L'idée d'un univers infini est grecque: on la trouve dans la tradition matérialiste épicurienne, notamment chez Lucrèce:(32)

"notre univers n'a point d'extrémité, donc point de limite ni de mesure. Peu importe la position qu'on y occupe: toujours, de tous côtés, à partir de chaque position, le tout immense s'étend à l'infini."

Mais autant que l'infinité, importe l'identité en tous points de cet univers. Tandis que le monde aristotélicien est hiérarchisé, comme le sera aussi le monde copernicien*, l'univers des atomistes antiques est parfaitement isotrope (ce qui ne veut pas dire homogène: Epicure et Lucrèce imaginent des mondes isolés séparés par des "intermondes"*). Conception philosophique qui enregistre sur le développement scientifique une avance si considérable qu'elle ne peut l'assumer; comme l'atomisme, l'espace épicurien resta une géniale intuition.

Cette intuition sera d'ailleurs reprise par un autre "génie", mais trop métaphysicien et pas assez mathématicien pour lui donner un débouché scientifique: Giordano Bruno. Sa conviction que l'espace infini renferme une infinité de mondes lui vaudra le bûcher.

Il appartiendra à Galilée de donner une confirmation scientifique de ces intuitions. Galilée physicien, d'abord, montrera qu'il n'y a pas dans le monde un "bas", lieu naturel où tombent les corps "graves" (terre, eau), et un "haut", lieu naturel des corps "légers" (air, feu***). Ces notions étaient à la base de la physique aristotélicienne. Dans le nouvel espace, tous les lieux s'équivalent; nulle direction, nulle finalité.

* Copernic bouleverse les représentations géocentriques universellement admises, mais il n'abandonne pas l'idée que le monde est une totalité finie ordonnée autour d'un centre privilégié: "au milieu de tous repose le Soleil. En effet, dans ce temple splendide [le monde] qui donc poserait ce luminaire en un lieu autre, ou meilleur, que celui d'où il peut éclairer tout à la fois? (...) C'est ainsi en effet, que le Soleil, comme reposant sur le trône royal, gouverne la famille des astres qui l'entourent." (33)

**Une telle intuition préscientifique coïncide de manière assez frappante avec des hypothèses cosmologiques des plus récentes. Plus généralement, la lecture du livre de Lucrèce La Nature conduit le lecteur contemporain d'étonnements en étonnements.

***Comme presque toutes les physiques de l'antiquité grecque, la physique aristotélicienne repose sur une théorie des quatre éléments et de leurs combinaisons. L'idée que tous les corps naturels sont composés de terre, d'eau, d'air ou de feu peut aujourd'hui paraître assez rudimentaire et naïve. Elle soutient pourtant la première tentative humaine de construire une physique matérialiste, c'est-à-dire dégagée de toute mythologie ou explication par des principes divins.

La fameuse lunette va précipiter les astres de leur trône divin. Jupiter a des satellites: la Terre n'est donc pas le centre de tout. La Lune est hérissée de montagnes et creusée de vallées, le Soleil lui-même est maculé de taches! où sont les sphères parfaites, idéales dont parlent les savants chrétiens fidèles à Aristote? Nul lieu dans l'univers ne peut plus prétendre à une dignité ontologique supérieure.

Descartes est le théoricien de ces révolutions. On objectera peut-être que sa physique est un "roman" tissu d'erreurs; qu'il méprise l'expérimentation. On n'aura pas tort, mais on oubliera l'essentiel: que l'entreprise cartésienne se veut fondatrice, c'est-à-dire métaphysique.

Soit la fameuse formule galiléenne: la nature est un livre écrit en langage mathématique. On voit bien en quoi l'affirmation est commode pour le physicien ou l'astronome; mais seul le succès de la pratique scientifique la légitime. Cette formule est bien vérifiée, mais elle n'est pas fondée, c'est-à-dire qu'elle n'est pas comprise. Ce que Galilée fait, Descartes va le penser.

A quelles conditions une matière brute étendue peut-elle se plier à l'ordre géométrique? De quelle nature relève la causalité propre à cette substance matérielle? Qu'est-ce qui garantit à notre esprit (inétendu) un accès cognitif à cette réalité extérieure? Comment la rationalité du sujet est-elle cohérente avec l'ordre de l'objet? Autant de questions qui échappent à la pratique (et à la théorie) scientifique, questions qui relèvent de la métaphysique.

Il ne peut être question d'exposer les solutions cartésiennes*. Il suffit de savoir que l'exigence imposée par la philosophie à toute science naturelle se résume à un principe: seule vaut l'explication mécanique, c'est-à-dire géométrique, puisque la matière n'est qu'étendue et mouvement. L'astronomie (ainsi que la physique) peut sereinement s'élanter dans les tâches infinies de la connaissance, puisque l'étendue sans limites de l'espace est tout entière taillée dans la même étoffe et gouvernée par les mêmes lois: "La terre et les cieux sont faits de la même matière (...)
quand même il y aurait une infinité de mondes, ils ne seraient faits que de cette matière; d'où il suit qu'il ne peut y en avoir plusieurs." (34).

* La fondation métaphysique d'un savoir certain constitue l'oeuvre proprement philosophique de Descartes; entreprise sans exemple dans l'histoire de la pensée humaine, ce très long détour est suivi par Descartes dans les Méditations métaphysiques. Le Discours de la méthode en donne un aperçu moins ardu.

(... à suivre)

Patrick Dupouey

(Lycée Jean Moulin à Montmorillon)

AVEZ-VOUS PENSE A VOUS REABONNER AUX CAHIERS CLAIRAUT ?

ATTENTION, SI VOUS NE L'AVEZ PAS FAIT CE NUMERO EST LE DERNIER QUE VOUS RECEVREZ !