
Mathématiques et civilisation

ANDRÉ ROSS
CÉGEP DE LÉVIS-LAUZON

Les mathématiques et la représentation du réel La révolution Copernicienne

La révolution copernicienne est le résultat d'une remise en question de la cosmologie d'Aristote. Cette remise en question a été graduelle. Déjà au Moyen Âge, les maîtres de la scolastique Jean Buridan et Nicole Oresme ont discuté de la théorie aristotélicienne.

JEAN BURIDAN

Jean Buridan est né à Béthune en 1295 et est mort vers 1358. Il étudia à l'Université de Paris où il fut un disciple de Guillaume d'Occam. Il a enseigné la philosophie à Paris et fut élu recteur de l'Université en 1317. Des dissensions avec d'autres philosophes l'amènèrent à se retirer en Allemagne où il fonda une école. Il a laissé plusieurs commentaires sur la philosophie d'Aristote, en particulier la physique et la cosmologie.

En commentant le *Traité du Ciel* d'Aristote, Buridan¹ soulève la question suivante :

Si la Terre reste toujours immobile au centre du monde ; ou non ... [et] si, en supposant que la Terre est en mouvement de rotation autour de son centre et de ses propres pôles, tous les phénomènes que nous observons peuvent être sauvés ?

¹Cité dans *La physique d'Aristote à l'épreuve*, Pierre Souffrin, Les Cahiers de Science et Vie, Révolutions scientifiques, Nicolas Copernic, Hors série n° 39, juin 1997.

Peut-on, en considérant que la Terre est en rotation sur elle-même, expliquer tous les phénomènes que nous observons? Buridan donne alors une série d'arguments en accord avec la rotation de la Terre et une autre série à l'encontre de cette hypothèse. Il écrit :

Il est vrai, sans aucun doute, que si la Terre avait un mouvement de rotation diurne d'Occident vers l'Orient, toutes les choses nous apparaîtraient au ciel telles qu'elles nous apparaissent ...

Cependant, cela ne lui semble pas un argument permettant de conclure que la Terre a un mouvement de rotation.



Parmi tous les arguments, le seul qui lui semble décisif est celui de la flèche. Cet argument est, pour lui, une preuve de l'immobilité de la Terre.

Une flèche, lancée verticalement par un arc, retombe à l'endroit même de la Terre dont elle avait été lancée, ce qui ne serait pas si la Terre était en mouvement avec une si grande vitesse; bien au contraire, avant la chute de la flèche d'où elle avait été lancée serait à une lieue de distance.

Dans ses réflexions, Buridan soulève une question fondamentale. Si la Terre est en mouvement, « est-ce que tous les phénomènes peuvent être sauvés »? Certes, « toutes les choses

nous apparaîtraient au ciel telles qu'elles nous apparaissent » mais comment concilier le mouvement de rotation de la Terre avec la chute des corps ? L'argument de la flèche illustre cette impossibilité de concilier la rotation de la Terre et la chute des corps. En conclusion, « *les choses nous apparaîtraient au ciel telles qu'elles nous apparaissent* », mais « *tous les phénomènes ne peuvent être sauvés* » ou expliqués. Il n'est plus possible, en acceptant la rotation de la terre, d'expliquer la chute des corps, du moins telle que décrite dans la physique d'Aristote.

NICOLE ORESME

Nicole Oresme est né en Normandie (dans un village près de Caen) en 1320 et fut étudiant, professeur et grand maître au collège de Navarre de 1356 à 1371. En 1377, il devint Évêque de Lisieux. L'époque d'Oresme est le quatorzième siècle. C'est le siècle de la Grande Peste qui a décimé le tiers de la population européenne et de la guerre de Cent ans qui opposa la France et l'Angleterre de 1337 à 1453. Par le mariage d'Henri II d'Angleterre et d'Aliénor d'Aquitaine, les rois d'Angleterre devenaient les vassaux du roi de France pour une partie de la France dont l'Aquitaine. Par cette guerre, les rois d'Angleterre voulaient couper tout lien de dépendance avec la France, mais les rois de France réussirent à les dépouiller de la majeure partie de leurs possessions françaises.

Même si l'époque n'était pas très propice à la recherche, Oresme apporta différentes contributions aux mathématiques. Il énonça des règles équivalentes à nos lois sur les exposants et développa des notations particulières pour les puissances fractionnaires et irrationnelles. Il a donné la première représentation graphique de variations, des règles pour la sommation de séries infinies et des lois particulières sur la convergence et la divergence de certaines séries infinies.

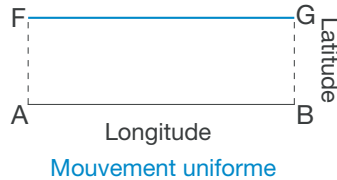
Au quatorzième siècle, les philosophes scolastiques d'Oxford avaient déjà entrepris l'étude de la quantification des qualités ou étude des formes variables. Ils en vinrent à énoncer la règle de Merton, du nom du Collège Merton d'Oxford. Cette règle s'énonce comme suit :

Toute qualité mesurable peut être imaginée comme une quantité continue.

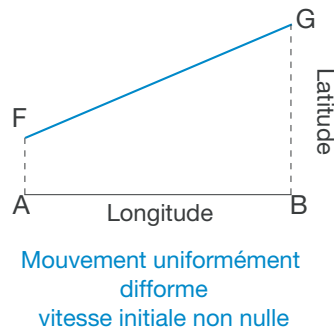
Il s'agit, dans cet énoncé, des qualités d'un corps au sens aristotélicien, c'est-à-dire la couleur, la chaleur, la dureté, la vitesse du corps.

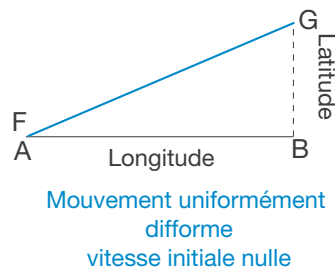
C'est dans un ouvrage intitulé *Tractatus de configurationibus qualitatum et motum* (Traité sur la configuration des qualités et du mouvement) qu'Oresme a exposé sa méthode de représentation d'une grandeur (qu'il appelle *qualité*) en fonction d'une autre grandeur. Sa méthode de représentation de ces qualités est appelée la *latitude des formes*. Ce qui lui permet alors de représenter graphiquement les variations d'intensité de la qualité étudiée : la vitesse, la variation de la chaleur, la variation de l'intensité lumineuse. Dans cette représentation graphique, les *longitudes* sont représentées sur une droite horizontale et les *latitudes* sont représentées à la verticale. Les longitudes sont ce que nous appelons maintenant les valeurs de la variable indépendante et les latitudes sont les valeurs de la variable dépendante. On classait alors les variations en trois catégories : *uniforme*, *uniformément difforme* et *difformément difforme*. Considérons la classification que cela permettait dans l'étude du mouvement.

Le *mouvement uniforme* est le mouvement à vitesse constante ; il est représenté par un rectangle.

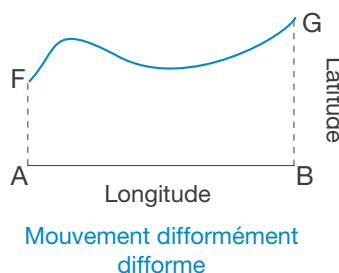


Le *mouvement uniformément difforme* est le mouvement dont l'accélération est constante, il est représenté par un trapèze lorsque la vitesse initiale est non nulle, et par un triangle lorsque la vitesse initiale est nulle.

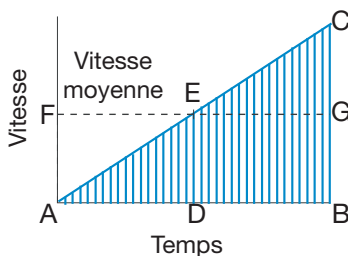




Le mouvement *diformément difforme* comprend tous les autres cas, non représentables par des droites.



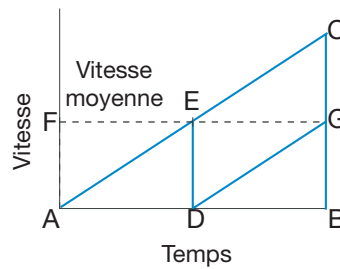
Oresme s'intéressa en particulier au mouvement *uniformément difforme* qui est le mouvement dont le taux de variation de la vitesse est constant (ou dont l'accélération est constante). Il représente le temps sur une droite horizontale en graduant celle-ci. En chaque instant, il élève une perpendiculaire dont la longueur est proportionnelle à la vitesse du mobile en cet instant. Il s'intéresse alors à la portion de plan balayée par ces perpendiculaires successives.



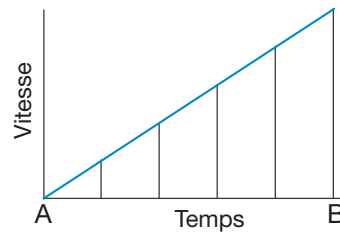
Grâce à cette représentation graphique et à la règle de Merton, Oresme acquit la conviction que la distance parcourue était représentée par l'aire sous la courbe puisque cette aire est la somme de tous les accroissements de distance correspondant aux vitesses instantanées.

Puisque l'aire du triangle est la moitié du produit de la base par la hauteur, Oresme en conclut que la distance parcourue par l'objet était la même que celle parcourue par un autre objet ayant, durant le même intervalle de temps, une vitesse constante et égale à la vitesse atteinte par le premier objet à la moitié de l'intervalle de temps. Pour étayer sa conclusion, il se basait sur le fait que l'aire du rectangle $ABGF$ de la figure ci-dessus est la même que celle du triangle ABC .

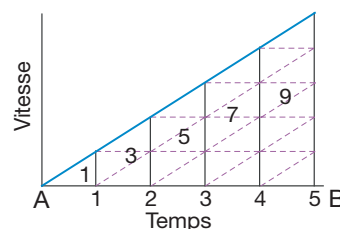
Oresme remarque également que l'aire sous la courbe dans cet intervalle de temps est quatre fois l'aire sous la courbe dans la première moitié de l'intervalle.



Poursuivant son étude, il considère un mouvement rectiligne uniformément accéléré dont la vitesse initiale est nulle.



Subdivisant ensuite l'intervalle AB en un certain nombre de parties égales, il fait apparaître clairement sur la figure que les aires des trapèzes au-dessus des intervalles sont dans la proportion 1, 3, 5, 7, etc. Il en est donc de même des distances parcourues durant ces intervalles de temps.



Il indique alors : « *comme l'a remarqué le grand mathématicien grec Pythagore, on a :*

$$1 = 1 = 1 \text{ fois } 1,$$

$$1 + 3 = 4 = 2 \text{ fois } 2,$$

$$1 + 3 + 5 = 9 = 3 \text{ fois } 3,$$

$$1 + 3 + 5 + 7 = 16 = 4 \text{ fois } 4,$$

$$1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25 = 5 \text{ fois } 5,$$

etc.,

on obtient toujours un nombre carré. Par ce moyen on peut déterminer les rapports mutuels des quantités totales » (c'est l'expression qu'il emploie pour désigner l'aire).

Si on exprime ce résultat en écriture moderne, en représentant le temps par t et la distance parcourue par s , on a :

$$s(t) = kt^2$$

Nicole Oresme a donc établi la loi fondamentale du mouvement rectiligne uniformément accéléré, à savoir que, si la vitesse à l'instant zéro est nulle, la distance parcourue est proportionnelle au carré du temps².

La représentation graphique appelée *latitude des formes* anticipe la création de la géométrie analytique. Cependant, le symbolisme algébrique inadéquat ne permettait pas d'exploiter efficacement cette idée pour parvenir à la géométrie analytique telle que nous la connaissons et qui sera l'œuvre de Descartes et de Fermat. Cependant, Oresme avait déjà remarqué, à partir de ces représentations graphiques, que l'on peut concevoir la distance comme l'aire sous la courbe de la vitesse. L'aire sous une courbe devient la représentation d'une grandeur physique. Cette constatation sera une motivation importante au développement d'une méthode générale du calcul de l'aire sous une courbe pour pouvoir étudier le mouvement difformément difforme qui est le cas le plus général.

Oresme discute également de l'hypothèse de la rotation de la Terre. Tout comme Buridan, il invoque et critique divers arguments. Certains de ceux-ci avaient été formulés par Aristote, d'autres par Ptolémée ou par les astronomes arabes Thabit ibn Qrra (826-901), al-Battani (vers 850-929), al-Biruni (973-1050) et Ibn al-Haytam (965-1039) (connu en Occident sous

²Galilée va également déterminer (ou confirmer) ce résultat expérimentalement ; nous y reviendrons dans un futur article.

le nom de Alhazen. Pour lui, l'argument de la flèche n'est pas décisif car dit-il :

la Terre n'est pas la seule à avoir un tel mouvement, mais avec elle l'eau et l'air. C'est la même chose que s'il y avait de l'air enclos dans un bateau : il semblerait à celui qui serait dans cet air-là que cet air ne fut pas en mouvement...³

Cela lui permet de réfuter l'argument de la flèche :

Pour ce qui est de la flèche ou de la pierre lancée vers le haut, on pourrait dire que la flèche entraînée vers le haut par ce jet est mue très rapidement vers l'est avec l'air au sein duquel elle passe ainsi qu'avec toute la masse de la partie inférieure du monde qui est mue d'un mouvement journalier ; c'est pourquoi la flèche retombe au lieu de la terre d'où elle était partie...

L'argument de la flèche n'est donc pas décisif pour lui. Il n'accepte pas pour autant la rotation de la Terre. Il conclut sa discussion en disant :

On ne pourrait montrer l'hypothèse de la rotation de la Terre par aucune expérience ni par le raisonnement. Cependant, tout le monde soutient, et je le crois, que c'est le ciel qui a un tel mouvement et que la Terre n'en a point : « Dieu a en effet fixé le lobe terrestre qui ne bougera pas [Ps. 92 :1] ».

Buridan et Oresme concluent à l'impossibilité de la rotation de la Terre, mais leurs discussions de cette hypothèse ont favorisé l'évolution du contexte culturel qui a permis à Copernic d'énoncer sa théorie.

NICOLAS COPERNIC



³Cité dans *La physique d'Aristote à l'épreuve*, Pierre Souffrin, Les Cahiers de Science et Vie, Révolutions scientifiques, Nicolas Copernic, Hors série n° 39, juin 1997.

Nicolas Copernic est né le 19 février 1473 à Torun en Pologne et est mort le 24 mai 1543 à Frombork (Frauenburg) en Pologne. Il était le cadet d'une famille de quatre enfants. Son père est mort en 1483 alors que Nicolas n'avait que dix ans. Le frère unique de sa mère, Lucas Watzenrode qui poursuivait une brillante carrière ecclésiastique, et de ce fait jouissait de plusieurs avantages, vint en aide à sa sœur et à ses neveux. En 1489, il devint évêque de Warmie et fit entrer ses neveux, André et Nicolas, à l'Université Jagellon de Cracovie.



En 1495, la mort d'un chanoine ouvrit une vacance au chapitre de Frombork et Copernic fut élu chanoine de Warmie. Puis, il partit étudier en Italie aux universités de Bologne et de Padoue. Il y étudia les sciences mathématiques qui relevaient à l'époque de la médecine, les médecins faisant usage de l'astrologie pour établir les diagnostics et les prescriptions. Il étudia également le grec à Padoue et obtint un diplôme de doctorat en Droit Canon de l'Université de Ferrare. De retour en Pologne, il y pratiqua la médecine durant quelques années, principalement auprès de son oncle, même si son occupation principale était reliée à sa formation en Droit Canon.

ASTRONOMIE

Durant ses études en Italie, Copernic s'était beaucoup intéressé à l'astronomie. Il fut à la fois élève et assistant de l'astronome Domenico Maria Novara (1454-1504). C'est à Bologne qu'il fit sa première observation astronomique, le 9 mars 1497.

Ce n'est pas seulement pour la pratique de la médecine que Copernic s'intéressait à l'astronomie. Le Calendrier julien, en usage à l'époque, prenait de plus en plus de retard. Le

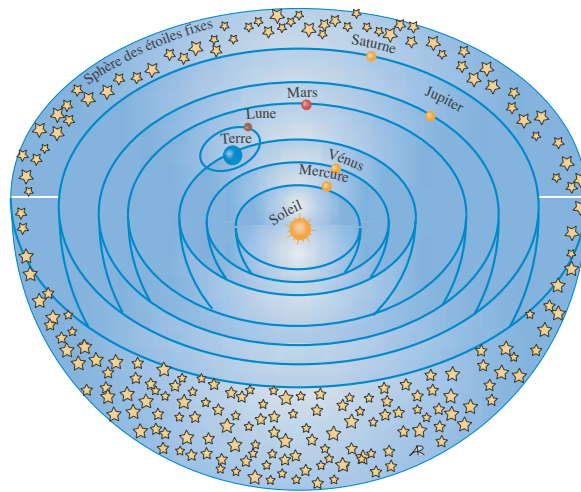
décalage des saisons devenait important, ce qui posait problème pour l'agriculture, mais également pour les dates des fêtes religieuses et la plupart des activités humaines. Un autre problème qui soulevait les passions des milieux académiques était celui du point équant de Ptolémée que Copernic considérait contraire à la nature. Le nombre d'épicycles nécessaires pour décrire les orbites des planètes était devenu un obstacle à toute prédiction à cause de la lourdeur des calculs.

Dans les milieux savants, on se demandait, sans remettre Aristote en question, si le nombre d'épicycles ne serait pas moins important en plaçant le Soleil au centre du système. Aristarque n'avait-il pas proposé un tel système ? De plus, on avait constaté que le mouvement des planètes pouvait toujours se décomposer comme la somme de deux mouvements, celui du Soleil et un mouvement propre à la planète. L'astronome Georges Peurbach, qui avait traduit les ouvrages arabes, écrit : « Il est clair que chacune des six planètes partage quelque chose avec le Soleil, et son mouvement est le miroir et la mesure du mouvement des planètes ».

À l'époque de Copernic, on reconnaissait donc que le modèle géocentrique de Ptolémée présentait certaines faiblesses :

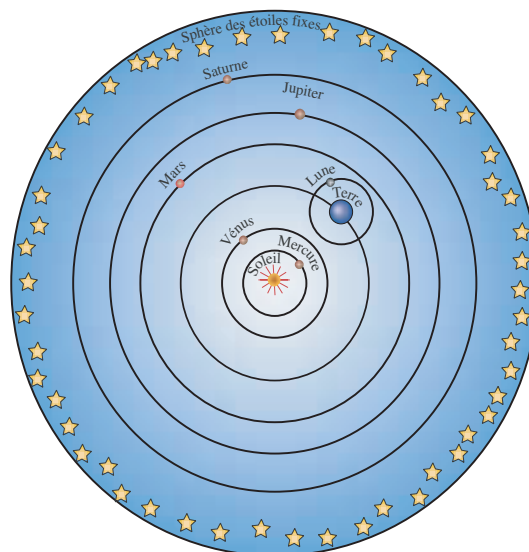
- Il y avait des discordances entre les observations et les prévisions.
- Pour assurer une meilleure concordance, des artifices avaient été introduits par les astronomes grecs : l'excentrique, l'épicycle et le déférent, le point équant.
- Chacun de ces artifices ternissait l'image d'un ciel parfait et immuable.

Copernic avait la conviction qu'il fallait préserver la pureté du mouvement circulaire à vitesse constante pour expliquer le mouvement des planètes. Pour y parvenir, il développa un modèle héliocentrique.



REPRÉSENTATION TRIDIMENSIONNELLE
DU MODÈLE DE COPERNIC

Dans ce modèle, la Terre et les autres planètes sont en orbite autour du Soleil. De plus, la Terre tourne sur elle-même et la Lune est en orbite autour de la Terre. Ce modèle fut présenté dans l'ouvrage *De Revolutionibus orbium cælestium* qui fut publié en 1543, à Nuremberg. Copernic aurait reçu une copie de l'ouvrage sur son lit de mort.



REPRÉSENTATION BIDIMENSIONNELLE
DU MODÈLE DE COPERNIC

Le modèle de Copernic permettait d'expliquer simplement certains phénomènes qui semblaient étranges dans le modèle ptoléméen. Ainsi, Mercure et Vénus ne peuvent s'observer qu'en début et en fin de nuit, alors que Mars, Saturne et Jupiter peuvent être visibles toute la nuit. Dans le modèle de Copernic, cela s'explique simplement par le fait que ces planètes demeurent toujours très proches du Soleil et l'accompagnent dans son mouvement apparent. On ne peut donc les observer qu'au voisinage du Soleil. D'autres avantages sont décrits dans la présentation d'Astronomie, la révolution copernicienne.

Pour démontrer la supériorité de son modèle, Copernic devait montrer que celui-ci expliquait l'alternance des saisons, l'alternance du jour et de la nuit, et prenait en compte les observations faites depuis l'Antiquité.

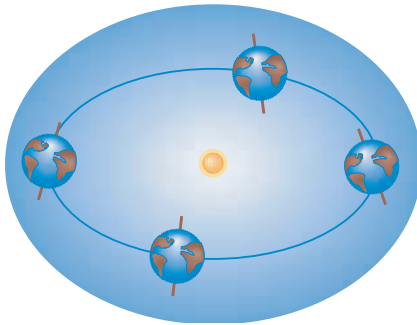
Pour y parvenir, il donne à la Terre trois types de mouvements :

- Une rotation autour du Soleil.
- Une rotation sur elle-même.
- Un mouvement conique de son axe.

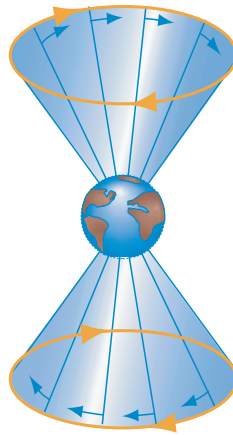
Par la rotation autour du Soleil, Copernic expliquait l'alternance des saisons. Par la rotation de la Terre sur elle-même, il expliquait l'alternance du jour et de la nuit. Le dernier mouvement visait à compenser le mouvement orbital de l'axe terrestre.

MOUVEMENT ORBITAL DE L'AXE

Dans le système copernicien, c'est la rotation de la Terre sur elle-même qui explique le mouvement circulaire apparent des étoiles sur 24 heures. L'axe de la Terre doit toujours être dirigé vers le centre de ces mouvements circulaires des étoiles. Cet axe devait donc être animé d'un mouvement puisque la Terre se déplaçait dans un mouvement annuel autour du Soleil.

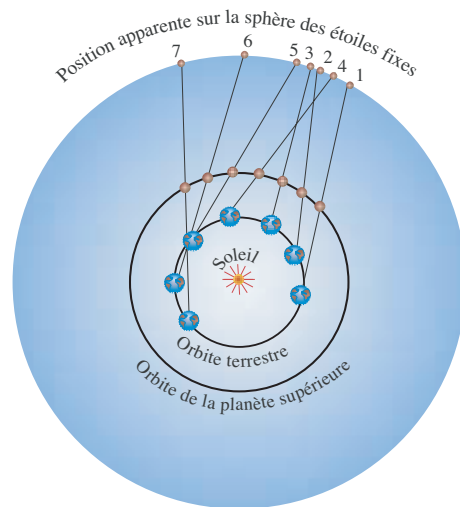


Pour que l'axe de la Terre soit toujours dirigé vers le centre des mouvements circulaires des étoiles, il fallait que cet axe soit animé d'un mouvement conique.



MOUVEMENT RÉTROGRADE

Vues de la Terre, les planètes semblent se déplacer de l'ouest vers l'est. Mais, lors de leur parcours de l'écliptique, elles reviennent périodiquement en arrière, vers l'ouest. Les Grecs expliquaient ce phénomène par les épicycles et les déférents. Pour Copernic, le mouvement rétrograde n'est qu'un mouvement apparent dû au fait que les planètes se déplacent à des vitesses différentes sur des cercles. Considérons l'illustration suivante représentant le déplacement d'une planète supérieure et de la Terre autour du Soleil. Les positions apparentes de la planète sur la sphère des étoiles sont 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Cela donne l'impression que la planète s'est arrêtée, est revenue en arrière puis est repartie à nouveau. En réalité, c'est la Terre qui se déplace plus rapidement et dépasse la planète, donnant l'impression que celle-ci a eu un mouvement rétrograde.

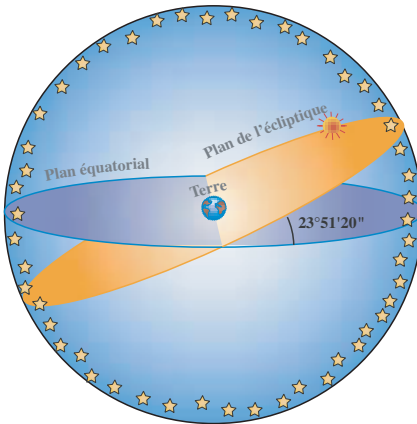


TEMPS DE PARCOURS DE L'ÉCLIPTIQUE

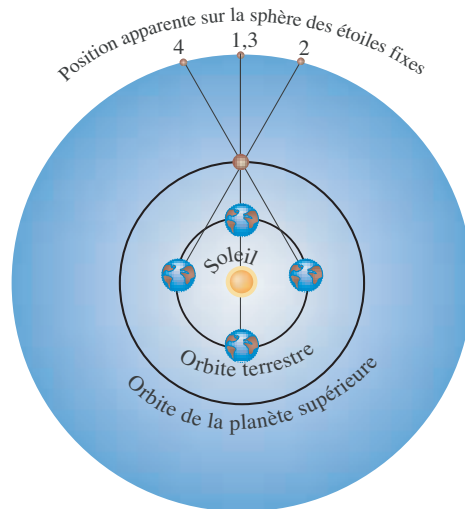
Une sphère céleste représente le ciel tel qu'il est vu de la Terre. Que le système du monde soit géocentrique ou héliocentrique, l'observation se fait toujours à partir du sol terrestre. Le plan équatorial est alors la projection de l'équateur terrestre sur la sphère céleste et le plan de l'écliptique, incliné à $23,5^\circ$, est le cercle dessinant la course apparente du Soleil durant une année.

Les planètes s'écartent légèrement de l'écliptique, mais leur course apparente est assez proche de celle-ci. Il est intrigant de constater que, vue de la Terre, une planète ne prend pas toujours le même temps pour parcourir l'écliptique. Cela signifie que la planète prend parfois plus de temps et parfois moins de temps pour effectuer un tour complet. Comment concilier cette observation avec l'idéal du mouvement circulaire à vitesse constante ?

Pour expliquer que les planètes ne semblent pas avoir une vitesse constante en parcourant l'écliptique, Ptolémée a recours aux épicycles et déférents. Dans le modèle copernicien, ce phénomène s'explique simplement par le mouvement de la Terre autour du Soleil.



Considérons une planète supérieure qui, vue de la Terre, se projette en position 1 sur la sphère des étoiles. Supposons de plus que la planète fait un tour de l'écliptique pendant que la Terre fait un tour et quart. Lorsque la planète a effectué un tour complet, la Terre a fait un tour et quart. De la Terre, la planète est vue en position 2. Elle ne semble pas avoir effectué un tour.



C'est le changement de position de la Terre qui explique ce retard apparent. Lorsque la planète a effectué un second tour complet, de la Terre, elle est vue en position 3. Cette fois, la planète semble avoir effectué plus qu'un tour et c'est le changement de position de la Terre qui explique cette avance apparente. Lorsque la planète a effectué un troisième tour complet, de la Terre, elle est vue en position 4. Au tour suivant, le cycle recommence.

Le mouvement de la Terre autour du Soleil permet donc d'expliquer de façon simple le problème de l'irrégularité des temps de parcours de l'écliptique.

OBJECTIONS AU MODÈLE HÉLIOCENTRIQUE

Malgré le fait qu'elle permet d'expliquer beaucoup plus simplement plusieurs phénomènes, la théorie héliocentrique fut considérée comme impossible par les contemporains de Copernic ainsi que par la grande majorité des astronomes et savants des générations suivantes, et ce, jusqu'au milieu de XVII^e siècle. La rotation de la Terre, nous l'avons vu avec Buridan et Oresme, n'était déjà pas facile à admettre. Adopter un modèle dans lequel la Terre, en plus d'un mouvement de rotation, était dotée d'un mouvement annuel autour du Soleil et d'un mouvement conique de son axe, c'était vraiment beaucoup demander.

Plusieurs arguments ont été présentés pour démontrer l'impossibilité de ce modèle. Certaines de ces objections étaient déjà connues. Plusieurs étaient des raisonnements par l'absurde qui mettaient en évidence l'incompatibilité du système copernicien et de la théorie aristotélicienne du mouvement. Voici quelques-unes de ces objections.

Objection au mouvement héliocentrique

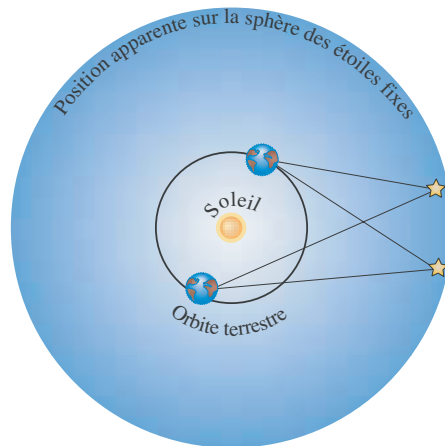
Dans la physique d'Aristote, chaque corps a une vitesse innée. Plus un corps est lourd, plus sa vitesse innée est grande. Des objets de poids différents se déplacent à des vitesses différentes. On observe facilement, en lançant une pierre et une plume d'un même geste, que la pierre voyage plus vite et plus loin. Dans la théorie du mouvement d'Aristote cela s'explique par le fait que les corps lourds ont une vitesse innée plus grande. Cette conception du mouvement permet d'élever l'objection suivante :

Supposons que la Terre est en mouvement autour du Soleil. Puisque les corps lourds ont une vitesse innée plus grande que les corps légers, il s'ensuit que la Terre peut se déplacer à une vitesse plus grande que les objets à sa surface. Par conséquent, les objets et les gens devraient tomber dans le sillage de la Terre. Or, ils ne tombent pas. La Terre ne se déplace donc pas et elle ne peut être en orbite autour du Soleil.

Absence de parallaxe

Dans le système de Ptolémée, on considérait que la sphère des étoiles fixes était contiguë à celle de Saturne, ce qui n'est pas possible dans un modèle héliocentrique. Car alors, on percevrait un phénomène de parallaxe, ce qui n'était pas le cas. L'absence de parallaxe était une objection importante au mouvement annuel de la Terre.

Illustrons la teneur de cette objection en considérant deux étoiles fixes observées de la Terre. Si celle-ci se déplaçait autour du Soleil, la position apparente de ces étoiles devrait changer. Un tel changement n'est pas perceptible à l'œil nu. Pour expliquer cela, Copernic doit éloigner la sphère des fixes à une distance incommensurable. Il introduit alors un vaste espace vide ou inoccupé dont l'existence était très difficile à admettre sans remettre en question la physique d'Aristote.



Aristote avait démontré, dans des raisonnements par l'absurde, qu'il était impossible d'envisager l'existence du vide, car celui-ci était incompatible avec sa théorie du mouvement. En situant la sphère des fixes à une distance presque infinie, Copernic expliquait l'absence de parallaxe, mais cela signifiait l'existence d'un grand espace vide, ce qui était inconcevable pour ses contemporains.

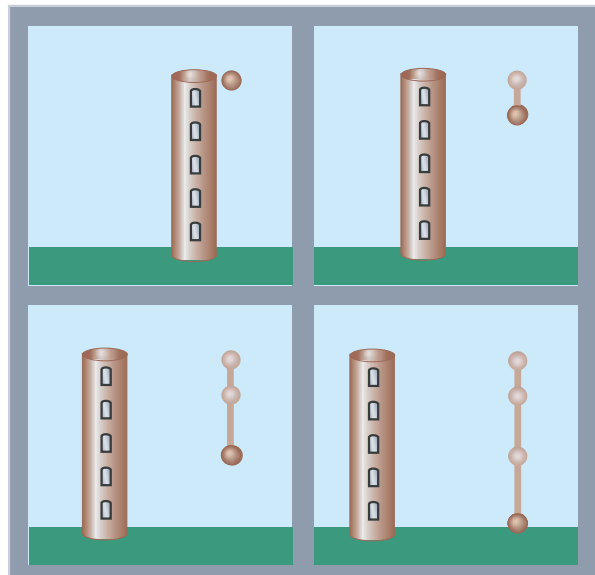
Objection au mouvement diurne

Les objections au mouvement diurne sont plus nombreuses, car elles font plus facilement appel au sens commun.

Si la Terre était animée d'un mouvement de rotation sur elle-même, nous devrions toujours sentir un vent d'est. Or, il n'en est rien. La Terre n'est donc pas en rotation sur elle-même.

Un argument de poids est celui de la pierre qu'on laisse tomber d'une tour. C'est une autre formulation de l'argument de la flèche qui ne semblait pas valable à Nicole Oresme, ce qui n'était pas le cas pour tous ses contemporains.

Si la Terre était animée d'un mouvement de rotation sur elle-même, une pierre tomberait d'une tour en s'éloignant de celle-ci. Or, il n'en est rien. La Terre n'est donc pas en rotation sur elle-même.



Dans la physique d'Aristote, l'état naturel est le repos. Pour mettre un corps en mouvement, il faut lui appliquer une force et, si cette force cesse d'agir, le mouvement s'arrête. Pour que la Terre soit en mouvement, il faudrait donc concevoir une force très grande qui s'exercerait continuellement.

La Terre est un corps très lourd. Pour le mettre en mouvement, il faudrait une force considérable. La sphère des étoiles, faite de cristal, est très légère. La mettre en mouvement suppose une force beaucoup moins grande. Il est donc naturel de penser que c'est la sphère des étoiles qui est en rotation plutôt que la Terre.

Dans cette objection, on se bute encore à la théorie du mouvement d'Aristote. Il est de plus en plus manifeste qu'il sera impossible d'implanter un nouveau modèle de l'univers sans revoir la théorie du mouvement.

CONCLUSION

Copernic n'est pas le premier à avoir envisagé que la Terre puisse être en mouvement. Aristarque de Samos (~310 - ~230) avait déjà avancé cette idée, ce qui le fit accuser d'impiété. Jean Buridan (1295-1358) et Nicole Oresme (1320-1382) avaient discuté de l'hypothèse du mouvement diurne (rotation de la Terre) et avaient conclu à son impossibilité.

Copernic a contribué de façon importante à l'astronomie en étudiant en profondeur l'hypothèse d'un système héliocentrique. À sa parution, l'ouvrage de Copernic n'eut pas beaucoup d'impact en dehors des milieux universitaires. La complexité mathématique de l'ouvrage et la préface d'Osiander, selon laquelle il ne fallait pas considérer ce modèle comme vrai mais seulement comme une méthode de calcul plus simple, ont certainement nui à la reconnaissance de l'ouvrage.

Le modèle copernicien simplifie l'explication de certains phénomènes célestes. Cependant, il ne fournit aucune explication des mouvements du monde sublunaire. En rejetant la théorie d'Aristote, on gagne une meilleure explication des phénomènes célestes, mais ce gain ne compense pas la perte de l'explication du mouvement. C'est Galilée qui s'attaquera à ce problème.

BIBLIOGRAPHIE

Astronomy Before the Telescope, Édité par Christopher Walker, The trustees of the British Museum St. Martin's Press, New-York.

Les génies de la science, Pour la science, Kepler, Le musicien du ciel, Trimestriel août 2001–novembre 2001.

Les génies de la science, Pour la science, Galilée, novembre 1999.

Les cahiers de Science et Vie, Les pères fondateurs de la science, Kepler, hors série n° 21, juin 1994.

Les cahiers de Science et Vie, Révolutions scientifiques, Nicolas Copernic, hors série n° 39, juin 1997.

Les cahiers de Science et Vie, Dossier, Galilée, un génie redécouvert, février 2001.