

Marie Farge, 1977

Le 'scandale' de l'héliocentrisme

Sciences et Avenir,
numéro spécial 'Energie Solaire',
19, 24-27

le «scandale» de l'Héliocentrisme

Marie Farge,

Attachée d'Enseignement et de Recherches à l'université de Stanford.

Le passage du géocentrisme à l'héliocentrisme constitue un des grands tournants de l'histoire de la pensée occidentale. C'est un changement de paradigme tel que Thomas Kuhn parle de « Révolution copernicienne ».

Né le 19 février 1473 à Torun, en Pologne, Niklas Koppernigk, commença ses études supérieures à l'Université de Cracovie, époque à laquelle se développa son goût pour l'astronomie. Il alla ensuite poursuivre ses études à l'Université de Bologne : l'Italie était alors le paradis des hommes de science tout comme la Californie aujourd'hui. Il y resta trois ans, rentra en Pologne, puis revint étudier la médecine à l'Université de Padoue. Le 31 mai 1503, il est reçu docteur en droit canonique à l'Université de Ferrare, et rejoint peu de temps après le diocèse de Frombork en Pologne, où il réussit à se faire nommer chanoine. Il y exerce tout d'abord les fonctions de secrétaire et de médecin, puis, en 1512, à la mort de son oncle, le cardinal Watzenrode, il devient administrateur des biens du chapitre, charge d'une très haute importance étant donné le pouvoir de l'Eglise à cette époque. Il y fait preuve d'une grande compréhension des mécanismes monétaires (1) : son premier livre publié alors s'intitule « Dissertation sur la meilleure manière de frapper la monnaie ». Plus tard, en 1520, il dirige avec succès la défense de la forteresse d'Olsztyn, assiégée par les chevaliers teutoniques. Copernic : un médecin ? Un économiste ? Un homme d'Eglise ? Le voilà bien loin de l'astronomie. Pas vraiment... C'est un homme de la Renaissance : historien, poète, peintre, gestionnaire, politicien et homme de Science, il sait mener de front de nombreuses activités... et les mène toutes à bien ! De plus, l'universalité de ses connaissances est prodigieuse. Pic de la Mirandole, n'est que de dix ans son aîné, et la devise de cet érudit n'est pas encore passée en proverbe. Cette curiosité intellectuelle est, en fait, la chose la mieux partagée chez les grands hommes depuis les Grecs jusqu'à l'avènement du XIX^e siècle. Comme le montre Platon (poète, philosophe, économiste...), Aristote (biologiste, physicien, astronome, botaniste), Vinci (peintre, compositeur, homme de science), Galilée (médecin, physicien, astronome), Descartes (homme de guerre, philosophe, médecin, mathématicien), Newton (responsable de l'Office de la monnaie, membre du Parlement, physicien, astrologue...).

(1) Tout comme Newton qui sera chargé deux siècles plus tard de reformer la monnaie anglaise.

Copernic peut à juste titre être appelé « plus grand révolutionnaire de tous les temps ». Goethe disait que « nous lui devons la découverte la plus exaltante et la plus riche en conséquence qui ait jamais été réalisée ». En fait Copernic n'avait pas un tempérament de révolutionnaire. Il connaissait fort bien, pour en être l'un des détenteurs, le pouvoir politique autant que spirituel de l'Eglise au XVI^e siècle, et il s'est bien gardé de l'affronter. Jamais il n'a dit « Aristote et Ptolémée se sont trompés : la Terre n'est pas le centre du monde ». Il s'est seulement contenté de proposer un système mathématique, dans lequel la Terre et les autres planètes tournaient autour du soleil — alors fixe — celui-ci lui semblait aussi valable que le système géocentrique des anciens. Il avait d'ailleurs raison de ne pas plus s'avancer. Les moyens d'observation astronomique n'ayant pratiquement pas évolué depuis les Grecs (le télescope ne sera inventé qu'au XVII^e siècle), il était alors impossible de départager par l'observation les deux théories en présence. En effet, la seule façon rigoureuse de prouver l'héliocentrisme est de repérer la parallaxe de quelques étoiles fixes à différents moments de l'année : si celle-ci reste la même, cela prouve que la terre est fixe, mais si elle varie cela prouve que la terre se déplace par rapport aux étoiles. Or cette mesure de parallaxe ne peut être faite à l'œil nu ; elle ne pourra d'ailleurs pas être effectuée avant 1838, date à partir de laquelle les télescopes devinrent suffisamment puissants.

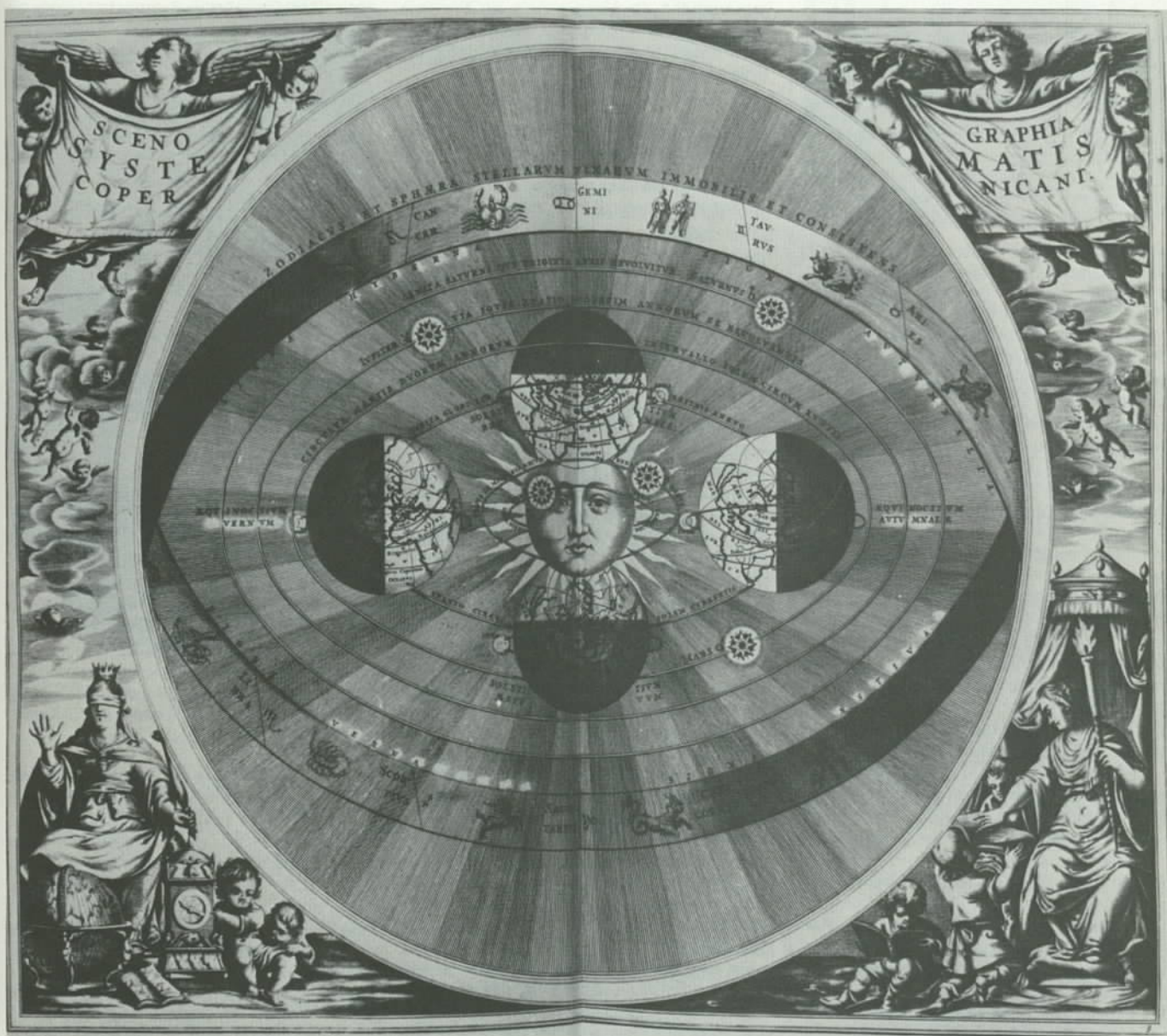
Dès 1507, encore étudiant en Italie, Copernic rédige une première ébauche de sa théorie héliocentrique. Cette œuvre manuscrite, aujourd'hui éditée sous le nom de « Commentariolus », ne circulera que parmi le cercle restreint de ses amis.

Mais bien que convaincu d'avoir raison, et vivement sollicité par ses premiers lecteurs d'un tempérament certainement plus révolutionnaire que le sien, il ne tenait pas à éditer son œuvre, craignant trop une condamnation publique et la ruine de sa carrière. Il avait pourtant déjà rédigé sa théorie dans tous ses détails, entre 1510 et 1538, sous le titre de « De Revolutionibus Orbium Coelestium » mais il ne s'était pas décidé à publier cet ouvrage. En 1539, un professeur de mathématiques de l'Université de Wittenberg, Georg Joachim Rheticus, vint le visiter et obtint de lui la permission de faire imprimer un exposé résumant son œuvre. Ce fut la « Narratio Prima », publiée en 1540 et dont le succès immédiat entraîna sa réédition en 1541. Enfin, encouragé de toutes parts, et surtout par des

membres de l'Eglise qui, à cette époque, ne ressentaient pas, à l'égard de l'héliocentrisme, l'aversion dont ils devaient faire preuve au temps de Galilée, Copernic vers la fin de sa vie se laissa arracher l'autorisation d'imprimer le « De Revolutionibus ». Tideman Giese, évêque de Kulm, lui avait même déclaré que faire connaître son œuvre était pour lui « un devoir envers la science et l'humanité ». Le « Revolutionibus » fut publié en mars 1543 à Nuremberg et Copernic n'en n'aurait reçu une copie que quelques heures avant sa mort deux mois plus tard.

Très long et de lecture ardue car hautement mathématique, le « De Revolutionibus » fut loin de connaître le succès public de la « Narratio prima ». Il était réservé aux astronomes professionnels. Dans sa préface, Copernic précise « Les mathématiques sont pour les mathématiciens ». C'est sa force. Il ne se perd pas dans une argumentation cosmologique à caractère métaphysique, il propose tout simplement de nouvelles méthodes mathématiques pour calculer la position des planètes ; l'héliocentrisme est latent mais jamais il ne le présente comme un problème majeur. Il tente seulement dans le premier volume de montrer que les conséquences du mouvement de la terre autour du soleil sont moins dévastatrices qu'on ne le croyait à son époque. Il y rappelle également les diverses théories héliocentristes de l'antiquité (Hicelas de Syracuse, Héraclide de Pont et Ecphantus) dont il avait entendu parler dans les écrits de Cicéron et de Plutarque. Certains rappellent aujourd'hui que Copernic n'a pas la paternité de l'héliocentrisme, lui-même en était bien convaincu et, en abandonnant le géocentrisme, il n'en renonçait pas pour autant au système d'épicycles établi par Ptolémée. Pour Copernic, la Terre se déplace sur un épicycle dont le centre décrit une trajectoire autour du Soleil. Il faudra attendre 1605 et Kepler pour commencer à parler d'ellipses... Néanmoins Copernic reste à l'origine du changement de paradigme : il lui reste la responsabilité magistrale d'avoir fait basculer la pensée du géocentrisme à l'héliocentrisme, c'est-à-dire du Moyen Age à la Renaissance, des Anciens et des Modernes ! Il est heureux que le « De Revolutionibus » ait été un ouvrage mathématique : c'est en tant que tel qu'il sera utilisé pendant les siècles suivants, même par des astronomes n'admettant pas l'héliocentrisme mais ayant besoin de formules qui s'y trouvaient. Le « De Revolutionibus » suscita donc une révolution sans violence. Les seuls opposants déclarés furent Martin Luther et son di-

Ce n'est pas sans mal
que l'homme admettra qu'il n'a pas
été placé au centre du Monde...



Le système solaire selon Copernic (qui latinisa son nom lors de son séjour en Italie). (Document Roger Viollet.)

sciple Mélanctham qui, en 1549, déclara du haut de sa chaire, que l'on devait prendre des « mesures » punitives envers Copernic. La violence vint trois quarts de siècle plus tard avec le bouillant Galileo Galilée qui entreprit, alors que le catholicisme s'était durci face à la réforme, de vulgariser les travaux de Copernic. Le « De Revolutionibus » fut mis à l'index par l'Eglise en 1616. Il devait y rester jusqu'en 1770.

Kepler et l'harmonie de l'univers

Avant de parler de Galilée, n'oublions pas Tycho-Brahé et son illustre élève Johan

Kepler. Noble danois né en 1546, personnage haut en couleur (il eut le nez coupé au cours d'un duel) et buveur invétéré, ce dont il mourut, Tycho Brahé pratiquait l'astronomie comme Ingres le violon. Et il y excella : il avait une vue prodigieusement perçante et il fut le premier à se rendre compte de l'importance de l'observation en astronomie. Autant Copernic fut grand théoricien, autant Tycho Brahé fut, lui, un grand expérimentateur : grâce à des instruments et des techniques spécialement mis au point par lui, ses mesures, toutes faites à partir d'observations à l'œil nu, se révélèrent nettement

plus précises que celles effectuées jusqu'alors. Il établit ainsi un catalogue de 777 étoiles et releva très précisément les trajectoires des planètes, celle de Mars en particulier. Tycho-Brahé refusa, cependant, toute sa vie d'admettre le système de Copernic et c'est regrettable car, étant donné son grand prestige personnel, la « conversion » de bon nombre d'autres astronomes à cette nouvelle théorie s'en trouva retardée.

En fait Tycho-Brahé proposa un troisième système, à mi-chemin entre ceux d'Aristote et de Copernic. D'après lui, la terre était bien le centre du monde, autour



L'astronome danois Tycho-Brahé (1546-1601) propose un système intermédiaire entre celui d'Aristote et de Copernic. (Bibliothèque Nationale-Collection Roger Viollet.)

d'elle gravitaient la lune et le soleil, tandis que les cinq autres planètes connues tournaient, elles, autour du soleil : système hybride, dernier sursaut du géocentrisme. Peu avant sa mort en 1601, Tycho-Brahé prit comme assistant un jeune astronome originaire d'Allemagne du sud, de condition aussi modeste que la sienne était haute et de caractère aussi humble et effacé que lui-même était arrogant et superbe : Johan Kepler. En 1601 Kepler succéda à son maître comme mathématicien et astrologue de l'empereur Rodolphe II de Habsbourg à la cour de Prague. Kepler était d'un tempérament très religieux, voire même mystique ; pythagoricien, il croyait à l'harmonie de l'univers et était convaincu que les mouvements des planètes devaient obéir à des rapports numériques parfaits et décrire des figures géométriques pures. Tout au long de sa vie, cette conviction soutiendra son travail acharné. Probablement, jamais scientifique n'entreprit plus de calculs que Kepler ; c'était un « fanatique » de la justesse et il vérifiait de nombreuses fois ses moindres opérations. Par chance, il prenait pour base des mesures de Tycho-Brahé dont la précision est digne des observations actuelles (positions des étoiles données à une minute d'arc près) mais contrairement à son maître, il était, lui, partisan du système de Copernic. Malgré ou plus exactement à cause de cela, son entreprise semblait désespérée étant donné la complexité des calculs nécessaires.

Kepler étudia tout d'abord le mouvement de la planète Mars. A partir du moment où il choisissait l'hypothèse héliocentrique de Copernic, il lui fallait tenir compte de deux mouvements à la fois : celui de Mars et celui de la terre d'où l'on observe Mars. Il est impossible pour un scientifique ne connaissant pas la solution de résoudre le problème plus brillamment que Kepler ! En fait Kepler n'était pas vraiment brillant mais très laborieux et

exigeant. Il allait d'erreurs en erreurs, et chaque fois il se corrigeait et, avec obstination, essayait une nouvelle possibilité. Il trouva bien des solutions (combinaisons de cercles) qui donnaient une approximation meilleure que celles de Ptolémée mais elles ne coïncidaient pas encore suffisamment avec les mesures de Tycho-Brahé. Kepler essaya ensuite divers ovales et finalement après près de 10 ans de calculs, trouva l'ellipse qui, seule, lui donna satisfaction ! Il annonça ce résultat en 1609 dans son livre « Sur le mouvement de Mars » puis en tira une conclusion plus générale applicable aux différentes planètes, énoncée dans les trois lois suivantes :

1. — Première loi

Les orbites des planètes sont des ellipses dont le soleil occupe un des foyers.

2. — Seconde loi

Le rayon vecteur qui relie une planète au soleil balaie des aires égales en des temps égaux.

3. — Troisième loi

Les carrés des temps des révolutions sont proportionnels aux cubes des distances moyennes des planètes au soleil.

Cette dernière loi était en fait la préférée de Kepler. Elle apportait une confirmation à la certitude néoplatonicienne d'une harmonie universelle. Mais la plus importante reste sa première loi qui affranchissait à jamais l'astronomie des épicycles de Ptolémée, dont Copernic n'était pas arrivé à se libérer. Avec la publication des « Tables Rudolphines » par Kepler en 1627, calculées à partir de sa nouvelle théorie et dont l'exactitude se révéla bien supérieure à toutes les autres tables astronomiques en usage alors, on pouvait croire l'héliocentrisme définitivement et universellement reconnu. Ce n'était pas encore le cas : l'égoïsme fondamental de l'homme ne s'admettait pas vaincu aussi facilement !

Le scandale Galilée

Galilée naquit le 15 février 1564 près de Pise. Son père était le fameux musicien Vincenzo Galilée, dont on joue encore certaines œuvres aujourd'hui — rarement il est vrai. Dès 1581, il commença ses études de médecine à l'Université de Pise mais se montra surtout intéressé par les mathématiques. Après trois ans, il échoua à un concours et quitta l'Université. Pendant cinq ans, il travailla seul sur les problèmes qui le passionnent et où son génie se révèle déjà : balance hydrostatique, théorèmes sur les centres de gravité des solides, étude de la fréquence du pendule...

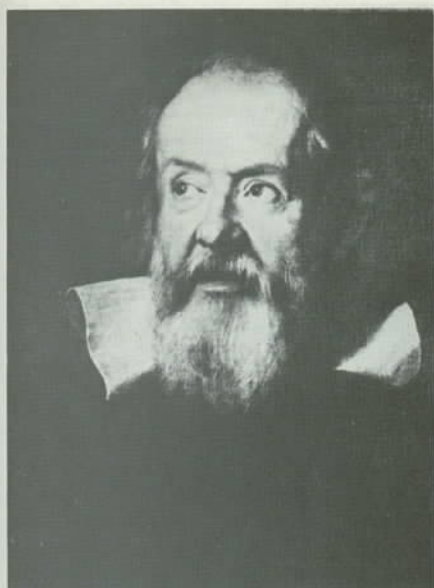
Grâce à ses travaux il se fait remarquer du marquis Guidobaldo qui lui procure en 1589 un poste de professeur de mathématiques à l'Université de Pise. Mais plus encore que par sa valeur scientifique Galilée se rendit vite célèbre par sa personnalité entière, son ironie et ses sarcasmes, ce qui lui valut nombre d'ennemis à Pise, au point qu'il dut quitter cette ville et se réfugier à Padoue en 1592, où il put continuer à enseigner les mathématiques.

C'est là qu'en 1597, il reçoit une copie d'un livre de Kepler intitulé « *Mysterium Cosmographicum* ». Il remercie Kepler dans une lettre où il déclare qu'il « n'hésiterait pas à défendre les vues de Copernic s'il y avait moins de fous sur terre ». En fait c'est la seule preuve que l'on ait de l'adhésion de Galilée aux idées coperniciennes avant 1610, car jusqu'à cette date il enseignait dans son cours, qui touchait de loin à l'astronomie, le système d'Aristote et de Ptolémée en vainqueur alors. 1608 apporta une révolution technique de première importance qui allait marquer la vie de Galilée : le premier télescope inventé par un artisan flamand est présenté à la foire de Hanovre. Ayant appris que cet instrument permettait de faire apparaître les objets plus proches, sans plus d'information, Galilée construisit son propre télescope. Dès 1610, il obser-



Isaac Newton (1642-1727) confirme brillamment les travaux de Copernic et Kepler. (Cliché Boyer-Viollet.)

ve avec celui-ci des choses étonnantes : la lune a des montagnes et des cratères comme la terre (il n'y aurait donc pas de différence absolue de nature entre la terre et les corps célestes comme le prétendait Aristote ?), il y a beaucoup plus d'étoiles que celles visibles à l'œil nu (la sphère céleste serait-elle plus vaste que l'on ne le croyait à l'époque, idée qu'avait déjà émise Copernic ?) et le soleil présente des taches à sa surface (n'est-il donc pas aussi « pure » que l'imaginait Aristote ?). Il découvre aussi que la planète Jupiter possède quatre satellites qu'il baptise « Astres de Médicis », ce qui lui valut comme souhaité les bonnes grâces de son prince. Cette observation détermina certainement dès cette date l'adhésion sans réserve de Galilée au système de Copernic : Jupiter et ses quatre satellites constituaient un système solaire en miniature ! Il publie alors le « *Sidereus Nuncius* » où il présente ses arguments en faveur de l'héliocentrisme et où il attaque ouvertement la pensée d'Aristote, ce que Copernic s'était toujours bien gardé de faire. La reconnaissance de son prince ne tarda pas : il l'appointa comme son mathématicien et philosophe personnel.



Galilée, le véritable responsable du « scandale » de l'héliocentrisme. (Collection Viollet.)

Galilée quitta donc l'ambiance libérale de Padoue pour la cour des Médicis, à Florence, qui était sous l'autorité morale d'une Eglise toute puissante. Bien que respecté pour la notoriété de ses travaux, ses déclarations tapageuses y déplurent. Dans une lettre à son disciple Benedetto Castelli, Galilée déclarait que « les écrits de la Bible, sujets à diverses interprétations, ne doivent pas servir à juger les résultats scientifiques », comme il était alors d'usage. Cette petite phrase qui donne à Galilée la paternité de la science moderne, celle-ci ne reconnaissant d'autre autorité supérieure que la sienne et non celle des « Saintes Ecritures », fut à l'origine de sa condamnation. En effet, sa lettre tomba entre les mains des dominicains qui, en secret, préparèrent sa mise en accusation publique.

En mars 1616 le « De Revolutionibus » de Copernic fut mis à l'index par l'Eglise. Toutefois Galilée avait de bons amis parmi les jésuites, plus libéraux que les dominicains et en particulier il pouvait compter sur l'amitié du cardinal Matteo Barberini, qui fut élu pape en 1623 sous le nom d'Urbain VIII. Galilée, fort de cet appui, cru pouvoir entraîner l'Eglise dans une proclamation catégorique de l'héliocentrisme. En 1630, il écrit son fameux « Dialogue, des deux principaux systèmes du monde », où il met en scène trois personnages allégoriques : Simplicio, disciple d'Aristote et plutôt « simple d'esprit », Sagredo, interlocuteur intelligent et esprit ouvert qui s'interroge sur la valeur respective des deux théories en présence et Salviati, ardent défenseur de l'héliocentrisme, qui a tôt fait de convaincre Sagredo tandis que Simplicio ne recueille que les moqueries du lecteur... En 1623, après quelques discussions, Galilée obtient de l'Eglise l'autorisation de publier cet ouvrage. Malheureusement pour lui, celle-ci fut signée par un dominicain. On connaît la rivalité féroce qui existait entre les deux ordres, piliers de l'Eglise d'alors ; cela ne plut donc pas aux jésuites. De plus la France et l'Espagne étaient

en guerre et Urbain VIII devait son élection aux cardinaux qui soutenaient la France, alors que Galilée vivait sous la protection du Grand Duc de Médicis qui, lui, appuyait l'Espagne. Les impératifs de la politique furent plus forts que l'amitié des deux hommes : Urbain VIII envoya Galilée devant le tribunal de l'Inquisition. En 1633 il fut condamné et contraint à abjurer publiquement la doctrine héliocentriste. Galilée mourut dix ans plus tard, dans sa maison d'Arcetri qui existe toujours, près des jardins Michel-Ange, à Florence, où il vivait en résidence surveillée. Triste fin pour le pionnier de la science et de la pensée modernes !

La confirmation de l'héliocentrisme

Avec l'abjuration de Galilée, le géocentrisme semblait définitivement victorieux aux yeux de l'Eglise et du public. Mais après Galilée, plus jamais les scientifiques ne purent raisonner comment avant, leur esprit avait adopté le nouveau paradigme héliocentriste, ils ne reconnaissaient plus le Bible comme une autorité en matière scientifique et ne croyaient qu'à l'expérience en laboratoire. Cette démonstration mathématique de l'héliocentrisme, Newton va l'apporter indirectement avec sa mise en évidence de la gravitation universelle exposée dans son ouvrage « Principes mathématiques de philosophie naturelle ». Newton était né en 1642, l'année même de la mort de Galilée. En 1684, Halley, premier observateur de la comète qui porte son nom, posa à Newton le problème suivant : quelle est la courbe décrite par un corps soumis à l'attraction universelle ? Newton reprit ses calculs et, en partant de la loi qu'il venait d'établir suivant laquelle deux corps s'attirent avec une force inversement proportionnelle au carré de leur distance, il calcula la trajectoire d'un corps de faible masse (la terre par exemple) soumis à l'attraction d'un autre corps de très grande masse (le soleil par exemple) et trouva une ellipse ! Ce résultat confirmait à la fois les travaux de Copernic et ceux de Kepler. De plus l'attraction universelle marquait la fin définitive du règne de la pensée scholastique. La « sphère terrestre » et la « sphère céleste » étaient gouvernées par les mêmes lois et étaient par conséquent de même nature, contrairement à ce qu'affirmait Aristote.

Ainsi après environ deux siècles de controverses, parfois passionnées, l'héliocentrisme était reconnu comme une vérité scientifique. Si l'homme moderne n'a pas encore renoncé à l'anthropocentrisme, bien que les études actuellement entreprises pour mettre en évidence l'existence d'intelligences extra-terrestres peuvent peut-être un jour le démentir sur ce point aussi, il a définitivement abandonné le géocentrisme. Le soleil, n'est plus le Dieu du temps des Egyptiens, il a retrouvé la place centrale qu'il occupe dans le système solaire et qu'il occupera peut-être bientôt dans la vie matérielle des hommes avec l'avènement de l'énergie solaire !

ÉNERGIE SOLAIRE et STOCKAGE D'ÉNERGIE

par Roger DUMON

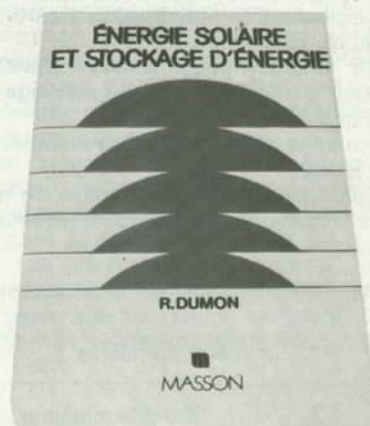
L'utilisation de l'énergie solaire n'est envisageable que si le problème du stockage est économiquement résolu. Dans ce but, l'auteur passe en revue les différents types de stockage d'énergie possibles, avec leurs chances respectives de succès.

Volume broché, 75 F. Prix au 15.5.1977

Pour commander l'ouvrage de R. Dumon **Energie solaire et stockage d'énergie** (75 F) ou recevoir une documentation, adressez-vous à votre libraire ou retournez ce bon accompagné de votre règlement aux Editions Masson, 120, bd Saint-Germain, 75280 Paris cedex 06 (commande par correspondance : joindre 5 F de participation aux frais de port).

Sc.6.77

Nom et adresse.....



MASSON