

La voie ARABE



Copernic a-t-il connu le travail des astronomes du Moyen-Orient ? S'en est-il inspiré pour élaborer sa théorie de l'héliocentrisme ? C'est l'hypothèse avancée par certains historiens des sciences pour comprendre le génie de celui qui, le premier, a placé le Soleil au centre du monde. Enquête.

Azar Khalatbari et Jean-Marc Bonnet-Bidaud

NOTRE vision actuelle du monde a-t-elle en partie été forgée au Moyen-Orient ? Les savants arabes du xiii^e siècle, héritiers de ceux-là mêmes qui, au ix^e siècle, avaient traduit et transmis l'héritage des Grecs, ont-ils contribué à l'élaboration de l'astronomie moderne ? Le débat rebondit de plus belle aujourd'hui, et pourtant la question a été soulevée il y a plus de quarante ans sur la base de deux manuscrits persans du xiii^e siècle, rédigés en langue arabe, jusqu'alors inédits. En les étudiant, en 1957, l'historien des sciences américain Otto Neugebauer, de l'université Brown (États-Unis), a une révélation : certains éléments de ces manuscrits ont été repris plus de deux siècles plus tard dans l'œuvre de Copernic. Dans son *De Revolutionibus* (chapitre III, 4) le père de l'héliocentrisme utilise un principe mathématique que l'on attribue au savant persan **Nasir El din Tusi** (1201-1274). On y trouve également un dessin ressemblant comme deux gouttes d'eau à l'une des illustrations du fameux manuscrit. Même représentation, mêmes notations : l'angle est noté "a" dans l'ouvrage de Copernic et "alef", sous la plume de Tusi⁽¹⁾, et ainsi de suite... Pour Otto Neugebauer, il n'y a aucun doute. C'est une preuve que l'astronome polonais a eu connaissance des travaux de Tusi et des ouvrages des astronomes arabes du xiii^e siècle. Une hypothèse qui ne fait pas l'unanimité, même si les

historiens, et en particulier tous ceux qui se penchent sur l'œuvre de Copernic, ne peuvent l'ignorer. En effet, le génie de l'homme et la révolution qu'il a engendrée continuent à étonner. Comment l'héliocentrisme — l'idée de faire tourner la Terre avec les autres planètes autour du Soleil — a-t-il bien pu surgir dans son esprit ? Les spécialistes ont beau chercher les prémices de cette révolution, rien n'y fait. En ce début du xvi^e siècle, au cœur de l'Europe, les esprits les plus éclairés sont profondément persuadés que la Terre est bien au centre de l'Univers. Hérité de la tradition du Grec Ptolémée (p.17), le modèle géocentrique mis au point depuis le ii^e siècle règne en maître et nul érudit n'ose contredire cet ordre du monde, consacré par l'autorité de l'Église. D'ailleurs, malgré son extraordinaire complexité et ses multiples **épicycles** ✪, rien, aucune observation, ne permet de douter de ce système grec qui semble fonctionner à merveille... Mais il n'en a pas toujours été ainsi, comme au Moyen-Orient par exemple. Car, au cours des siècles, les astronomes de ces contrées vont non seulement traduire les textes grecs mais en fournir une critique très fouillée. Ainsi en est-il, dès 1259, des savants qui constitueront plus tard "l'école de Maragheh", du nom d'une petite ville du nord-ouest de l'Iran. Y est construit un observatoire qui rassemblera la fine fleur des astronomes de l'époque, venus de Damas,



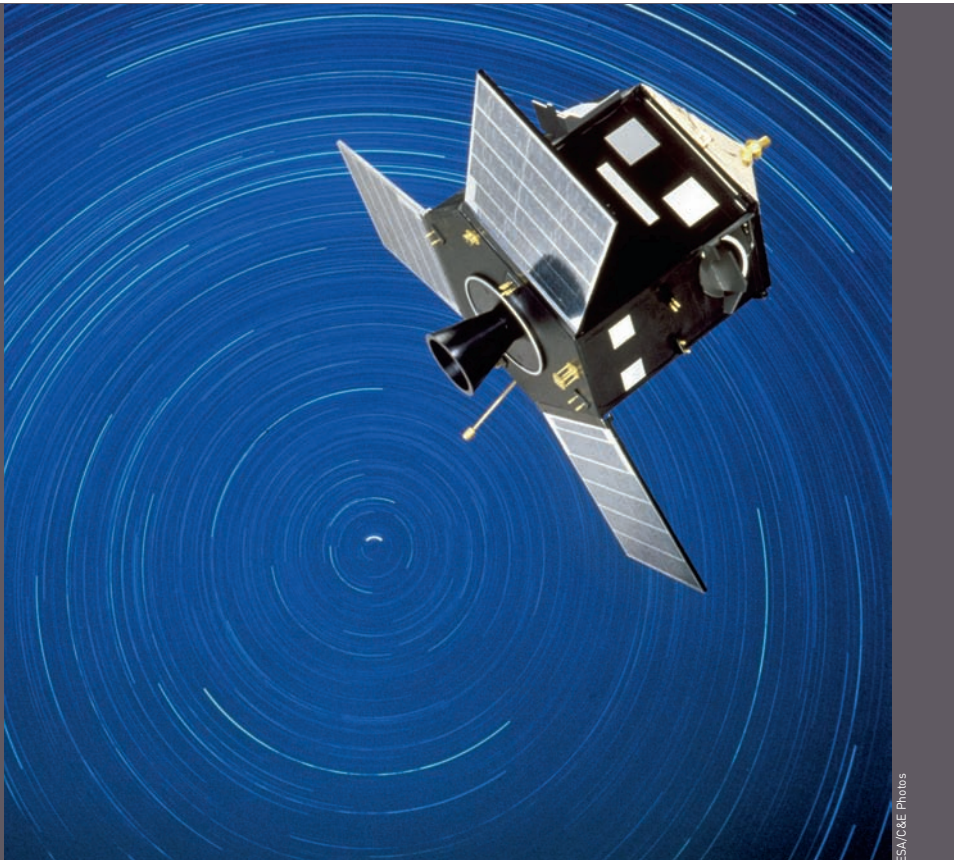
Nasir el din Tusi

1201 - 1274

Né à Tus (Iran), ce philosophe, astronome, mathématicien et médecin perse est l'un des fondateurs de la trigonométrie (étude des angles), et l'auteur de tables sur le mouvement des planètes d'une très grande précision comprenant des mesures de longitude et de latitude.

✪ Épicycle

Petit cercle ajouté au grand cercle décrivant la trajectoire des astres (dans le système de Ptolémée), pour rendre compte du mouvement rétrograde des planètes.



↑ Le satellite Hipparcos (ESA) a déterminé la parallaxe de 2,5 millions d'étoiles

Parallaxe

A QUELLE distance de la Terre se trouvent la Lune, les planètes et tous les autres astres de la voûte céleste ? La question hante les astronomes depuis l'époque grecque car la seule donnée des positions apparentes (depuis la Terre) ne suffit pas à estimer l'éloignement, loin s'en faut. De fait, les astronomes ont mis deux mille ans à concevoir et parfaire la méthode de calcul de la distance des astres, dite "méthode de la parallaxe". Celle-ci repose sur la mesure de la variation de l'angle apparent sous lequel est vu un corps (supposé immobile) quand l'observateur a modifié sa position. L'effet est connu : si on observe le paysage depuis un train en mouvement, les objets situés à proximité de la voie semblent se déplacer – relativement à nous – plus rapidement que les objets lointains. Par exemple, quand le train a parcouru 10 mètres, la variation de la position ou de l'angle apparent d'un objet proche est plus grande que celle d'un objet lointain. Aussi, cette variation de l'angle sous

lequel on voit l'objet est proportionnelle à son éloignement. Et, moyennant quelques calculs, la mesure de la première conduit à l'estimation de la seconde... L'inventeur de la méthode est le Grec Hipparque (p. 18), au II^e siècle av. J.-C., qui a inauguré une première version pour le calcul de la distance Terre-Lune. Son estimation : l'astre sélène se trouve à 400 000 km, soit une erreur d'à peine 4% par rapport à sa distance moyenne réelle (env. 384 000 km) ! Mais la première parallaxe d'une étoile n'a été mesurée qu'en 1838 : en se servant du déplacement de la Terre sur son orbite, dont il connaissait le rayon, l'Allemand Friedrich Bessel a estimé la distance de l'étoile 61 Cygni à 10,5 années-lumière (distance réelle : 11,36 années-lumière)... C'est encore cette méthode qui a été utilisée par le satellite géostationnaire européen Hipparcos (1989-1993) pour déterminer la parallaxe de plus de 2,5 millions d'étoiles, grâce à son déplacement orbital à 36 000 km d'altitude. R.I.

d'Andalousie, ou même de Chine. Leur chef de file, Nasir El din Tusi, est une personnalité riche, un philosophe et un mathématicien, dont la notoriété dépasse les frontières de son pays. Il a déjà écrit une centaine d'ouvrages dans des domaines aussi variés que la médecine, la poésie, l'éthique ou encore la minéralogie. Plus de 80 % d'entre eux sont en arabe, la langue scientifique de l'époque. Le reste est en persan. Dans sa jeunesse, l'homme a eu comme professeurs les plus brillants esprits de l'époque : les meilleurs élèves d'Avicenne pour l'enseignement de la médecine, et ceux du grand théologien Fakhr eddin Razi... La quiétude de ses recherches est toutefois rompue par les grands tourments du siècle. Tandis que les dernières guerres de croisade continuent de l'Occident vers les rivages de la Méditerranée, une autre offensive se prépare depuis l'Asie. Sous la houlette de Gengis Khan, les Mongols avancent vers l'ouest sur plusieurs fronts et dévastent sur leur passage les grandes cités musulmanes d'Asie centrale : Bukhara, Balkh, Marw et Nishapur. En Iran, Hulagu (1217-1265), petit-fils de Gengis Khan, mène la bataille, désireux d'atteindre la Syrie, les villes d'Alep et de Damas. Après la conquête meurtrière, l'invasisseur se révélera être aussi un protecteur des sciences. Tusi, devenu le conseiller de Hulagu, obtiendra à Maragheh, la construction d'un centre de recherche sans équivalent à l'époque. L'observatoire comporte les plus grands instruments mais aussi une importante bibliothèque, une école et un atelier au sein duquel de nouveaux instruments sont conçus et réalisés. Maragheh fonctionnera pendant un demi-siècle, bien après la mort de Tusi. On y mène bien sûr des observations liées aux pratiques religieuses — l'élaboration de tables astronomiques, des éphémérides pour l'heure des prières quotidiennes et l'indication du *qibla*, la direction de la Mecque vers laquelle les croyants doivent se tourner pour prier. Mais la cosmologie n'est pas pour autant délaissée : les représentations

↓ Extrait du manuscrit de Tusi Mémoires sur la science de l'astronomie (al-Tashkirah).



du monde à travers les textes grecs sont étudiées et commentées. L'*Almageste* de Ptolémée, traduit en arabe depuis le ix^e siècle, est l'œuvre de référence absolue. Les savants de Maragheh l'étudient abondamment et vont en fournir pour la première fois une lecture critique complète. Chaque point est vérifié, annoté. Tusi rédige lui-même *Tahrir al majeste*, la révision de l'*Almageste*. Les savants de Maragheh pointent les faiblesses et les "bricolages" du modèle grec. Il s'agit essentiellement d'une contradiction entre la représentation de Ptolémée et la cosmologie à laquelle il se réfère, celle d'Aristote. Pour le philosophe, le firmament ne peut être que le siège de mouvements parfaits, c'est-à-dire circulaires et uniformes, parcourus à vitesse constante. Comment expliquer alors que les planètes extérieures semblent présenter parfois un mouvement alternatif le long d'un axe ? À l'image de Mars, par exemple. La planète rouge parcourt, en des intervalles de temps égaux, des distances différentes. Sa vitesse varie continuellement et, vue depuis la Terre, sa trajectoire ne paraît guère circulaire. Celle-ci forme des boucles et la planète semble revenir sur ses pas.

NOUADJ/CE PHOTOS



POUR rendre compte de ces anomalies, Ptolémée est contraint de rajouter des épicycles "impossibles" : certains sont des cercles qui ne tournent pas autour de leur centre ! Ces aberrations sont tolérées jusqu'à... Tusi. Celui-ci propose un outil théorique novateur, qui deviendra sa contribution majeure en astronomie : un mécanisme susceptible de transformer le mouvement de deux cercles en rotation en un mouvement alternatif, autrement dit un moyen de décomposer un mouvement apparemment linéaire en une combinaison de mouvements circulaires uniformes. Un procédé aujourd'hui qualifié de "simple et de révolutionnaire"⁽²⁾ à la fois : simple dans sa démonstration et puissant dans sa portée philosophique, puisqu'il réconcilie le mouvement des planètes avec l'esthétique des courbes pures, allie ainsi le ciel et la terre en leur attribuant la même nature de mouvement...

Le mécanisme de Tusi (connu encore sous le nom de "couple de Tusi" ou de "lemme de Tusi") sera perfectionné et abondamment utilisé par les savants de l'école de Maragheh. "C'est une nouvelle géométrie de l'Univers qui émerge ainsi, explique Régis Morelon, de l'équipe d'histoire des sciences et de la philosophie arabe du CNRS. Une représentation qui reste certes géocentrique, mais qui simplifie énormément celle de Ptolémée." Aurait-il pu jeter les bases d'un modèle héliocentrique ? Non, répondent unanimement les spécialistes. "Le cadre conceptuel du moment ne permettait pas l'émergence de ce genre d'idées, explique George Saliba, de l'université Columbia (New York). Il aurait fallu attendre au moins la physique de

Newton pour y parvenir." Néanmoins, armés de ces outils mathématiques élaborés par Tusi, certains des astronomes de l'école de Maragheh, tel **Ibn al-Shatir**, atteignent "la perfection du géocentrisme"⁽²⁾. Alors, dans quelle mesure l'astronomie arabe du xiii^e siècle a-t-elle bien pu influencer Copernic ? L'utilisation du fameux mécanisme permet en effet à Copernic — qui, dans son modèle héliocentrique, a conservé le système des épicycles — d'alléger considérablement sa représentation en faisant l'économie des "arrangements" superflus introduits par Ptolémée. D'autres historiens, Willy Hartner, en 1971, puis en 1984, Noel Swerdlow, de l'université de Chicago, l'un des élèves de Neugebauer, ont montré que Copernic utilisait à de nombreuses reprises l'outil de Tusi pour rendre compte par exemple du mouvement de Mercure, et celui d'Ibn al-Shatir pour expliquer le déplacement de la Lune.

S'agit-il là d'une influence directe ou d'une simple coïncidence ? Copernic a-t-il eu connaissance des travaux de Nasir El din Tusi ? Pour Régis Morelon et George Saliba, les influences arabes de Copernic ne font plus de doute. Ils reconnaissent, avec Noel Swerdlow, que désormais "la question n'est plus de savoir si Copernic a eu connaissance des travaux menés à Maragheh, mais quand et comment il a eu ces manuscrits". Pour George Saliba, "les savants de l'école de Maragheh ont réussi à proposer une représentation du monde en parfait

Les savants arabes pointent les faiblesses et les "bricolages" du modèle grec

↑ Les savants arabes ont démarré l'étude scientifique de la lumière (ici, décomposition de la lumière solaire par les techniques spectrographiques).



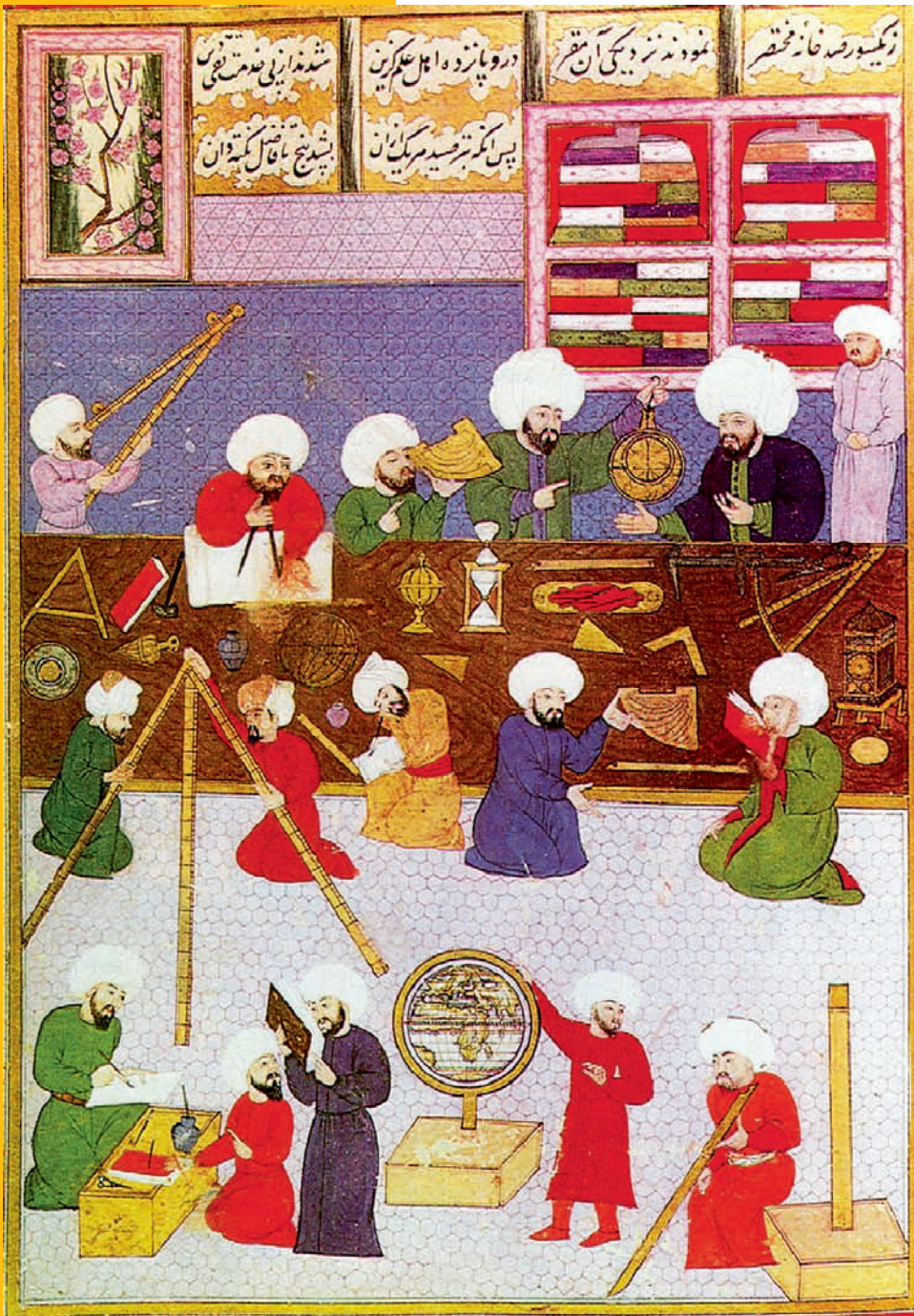
← Fac-similé du livre d'al-Shatir (le Kitab). Le schéma représente le modèle d'al-Shatir appliqué au mouvement apparent de Mercure.

Ibn al-Shatir

1304 - 1375

Né à Damas (Syrie), cet astronome, mathématicien et inventeur est surtout connu pour sa réforme du système géocentrique de Ptolémée, qu'il simplifie et rend plus efficace. Son œuvre est considérée comme le summum de l'astronomie ptolémaïque.





↑ Représentation du travail des astronomes arabes dans La maison de la sagesse à Bagdad vers le IX^e siècle.

accord avec la cosmologie d'Aristote. C'est seulement après cette première étape qu'a pu se mettre en place le changement d'origine de l'Univers". Michel Lerner, de l'observatoire de Paris, qui a publié plusieurs ouvrages sur Copernic, n'est pas d'accord. Selon lui, "il n'y a aucune preuve permettant d'affirmer ainsi que Copernic ait eu connais-

sance des recherches menées à Maragheh. L'ouvrage de Tusi n'a été traduit ni en grec ni en latin, et Copernic ne lisait pas l'arabe". "Il est vrai que l'apport des astronomes arabes est resté longtemps méconnu, surenchérit Jean-Pierre Verdet, astronome et historien des sciences. Mais affirmer que Copernic a eu connaissance des travaux de l'école de Maragheh est sans doute exagéré."

La recherche des sources est aujourd'hui totalement relancée, car aucun manuscrit découvert à ce jour n'est venu attester d'un lien entre Copernic et Tusi. "Aujourd'hui, on ne peut que se fonder sur une conviction profonde inspirée par l'histoire des sciences en général : le transfert du savoir s'est toujours effectué, malgré les barrières géographiques, linguistiques et temporelles", rappelle Régis Morelon. Parmi les pistes explorées, l'existence de manuscrits en arabe, annotés en latin, que Copernic aurait pu examiner ou se faire traduire par un contemporain connaissant l'arabe. Mais aussi la traduction en grec des œuvres de Tusi par des savants byzantins comme Chioniades, dont le manuscrit contenant la description du "couple de Tusi" fait partie du fonds de la bibliothèque du Vatican que Copernic aurait pu consulter lors de ses séjours en Italie...

Ces chemins tortueux de la transmission du savoir ne sont pas tous explorés et la question de l'éventuel rapport entre les deux astronomes n'est pas encore tranchée : "Pour cela, il faut relancer activement la recherche de manuscrits de l'époque... Il est temps aussi de se débarrasser du dogme persistant qui veut que le progrès scientifique soit l'apanage de la société occidentale. Ces présupposés idéologiques freinent encore de nos jours le travail des historiens", selon Régis Morelon. Reste que le génie de Copernic continue à garder tout son mystère : "Le changement d'origine du monde qu'il a introduit ne peut pas être expliqué aujourd'hui : l'homme n'était pas un bon mathématicien et aucun argument objectif ne pouvait supporter à l'époque l'héliocentrisme", ajoute-t-il. Pure intuition ? Coup d'audace démesurée ou résultat d'une influence non reconnue ? Nul ne peut l'affirmer vraiment aujourd'hui. Est-ce une raison pour déclarer avec Neugebauer que "Copernic est sans doute le dernier astronome de l'école de Maragheh, mais pas le plus brillant..." ? Ou doit-on admettre humblement que la plus audacieuse des théories peut germer indépendamment dans les méandres de l'esprit d'un seul homme ? ●

(1) Nous avons choisi pour Tusi de ne pas employer le nom arabe Al Tusi mais de garder Nasir El din Tusi ou Tusi.
(2) Otto Neugebauer.

[octobre 2004]

Dans quelle mesure l'astronomie arabe du XIII^e siècle a-t-elle pu influencer Copernic ?

