

AL-BĪRŪNĪ : SON OEUVRE ASTRONOMIQUE ET SA PLACE DANS L'HISTOIRE DES SCIENCES



Par Eric Mercier
professeur (honoraire) de l'Université de
Nantes eric.mercier@aucadransolaire.fr

Ce texte correspond à un résumé de la conférence donnée dans les locaux de l'Uranoscope, le 22 Mars 2025, à l'occasion de l'inauguration astronomique du buste d'al-Bīrūnī.

A bŭl-Rayhān Muhammad ibn Ahmad al-Bīrūnī (973-1048) est considéré par les historiens de Sciences comme un des plus grands savants de l'Histoire. Son oeuvre, rédigée en arabe, est immense et concerne à peu près tous les domaines de la connaissance ; elle va de la botanique à l'histoire comparée des religions, de la trigonométrie à l'ethnologie en passant par la pharmacologie, le minéralogie, la métrologie et ...l'astronomie... On connaît les titres de 110 ouvrages qu'il a écrit (140 selon certaines sources), mais, hélas, seuls 25 d'entre eux nous sont parvenus. Curieusement cette oeuvre est restée inconnue des savants de l'Europe médiévale.

al-Bīrūnī est né à Kath (actuellement Birouni, en Ouzbékistan). Il était orphelin et a été accueilli très jeune dans la cour princière locale où il a bénéficié d'une éducation de très haut niveau qui l'a orienté vers une carrière de savant. A son époque, l'Empire Abasside s'était déjà morcelé en une multitude de petites principautés / émirats qui se faisaient fréquemment la guerre. La recherche scientifique n'était possible que sous la protection directe d'un souverain intéressé et motivé. Ce type de protection était toujours provisoire notamment du fait de la puissance qu'avaient acquis en cette période troublée, les fondamentalistes religieux. Ceux-ci s'opposaient à toute recherche de la Vérité en dehors de l'exégèse des textes sacrés ; la Science constituait donc pour eux une cible privilégiée. al-Bīrūnī, qui était par ailleurs un musulman sincère et humaniste, les a fréquemment affronté comme en témoignent plusieurs de ses écrits. Des instabilités ou des changements politiques ont plusieurs fois poussé al-Bīrūnī à changer de protecteur et donc de lieu de vie et de travail. Certains de ces changements n'ont pas résulté de sa volonté, notamment quand il était considéré comme une prise de guerre ou quand l'Emir au service duquel il était à cette époque, s'est lassé de lui et l'a exilé aux confins de son territoire.

En dépit de ce qu'affirment certains sites web et livres apologiques dont les arrières pensées politico-religieuses sont évidentes, al-Bīrūnī était un savant enraciné dans son époque, dont la recherche a été évidemment contrainte par l'état de la Science

et des moyens techniques de son temps. Notamment, *et ce n'est qu'un exemple, al Bīrūnī n'a jamais été héliocentriste. L'affirmation contraire qui est complaisamment diffusée par les médias évoqués plus haut, résulte d'une mauvaise interprétation (volontaire ou non) de l'expression « mobilité de la Terre » qu'utilise plusieurs fois al-Bīrūnī. Vers l'an mille, le modèle géocentrique de l'Univers régnait en maître, la Terre était considé-*

rée comme immobile au centre de l'Univers, celui-ci étant impliqué dans une rotation complète en un peu moins que 24h. Cette conception, formalisée par Ptolémée (II^{ème} siècle ap. JC) reposait en grande partie sur la Physique d'Aristote, même si Ptolémée avait pris quelques libertés avec celle-ci pour sauver les apparences (selon la formule consacrée), c'est à dire rendre compte au mieux des faits d'observation. Cette Physique constitue un ensemble de principes mécaniques qui a guidé (et handicapé) la Science pendant près de 1500 ans, avant que Galilée, Kepler, Newton et leurs successeurs construisent une théorie physique alternative. Le terme « mobilité de la Terre », qui n'a rien à voir avec l'héliocentrisme, évoque l'hypothèse que ce n'est pas l'Univers qui tourne sur lui-même en 24h, mais la Terre, celle-ci étant maintenue en position centrale. al-Bīrūnī évoque cette hypothèse en aparté, et dans un ouvrage qui ne traite pas de cosmologie mais d'instrumentation. C'est en effet à l'occasion de la description d'une variante de l'astrolabe, dont aucun exemplaire ne nous est parvenu, qu'il évoque cette question. Contrairement à l'astrolabe planisphérique classique, dans lequel la représentation de la Terre est fixe et celle du ciel simule la rotation de la voûte céleste et donc de l'Univers, l'astrolabe en question inverse les représentations du ciel et de la Terre ce qui rend beaucoup plus facile sa fabrication. Dans son commentaire de l'instrument, al-Bīrūnī souligne que la simple observation astronomique ne permet pas de démontrer la fixité de la Terre et que seule la Physique (d'Aristote) permet de trancher ! Or, et d'une manière générale, il fait preuve dans ses ouvrages d'une parfaite orthodoxie aristotélicienne quand il évoque la question de la mobilité de la Terre, même si, dans d'autres domaines, on sent parfois poindre des doutes sur la pertinence de cette physique, j'y reviendrai.

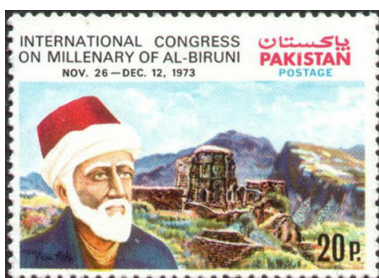
Si al-Bīrūnī est unanimement considéré comme un des plus grands savants de l'Histoire, ce n'est pas à cause de prétendues découvertes ou conceptions totalement anachroniques, mais en raison du caractère universel et universaliste de son oeuvre. Dans tous les domaines qu'il a abordés, et ils sont très nombreux, les spécialistes actuels soulignent l'originalité et la finesse de sa pensée. Dans le domaine de l'Astronomie, au sens de l'époque, on peut citer à titre d'illustration son analyse critique des calculs astrologiques, même s'il ne remet pas en cause le principe même de cette discipline. De la même façon, sa remise en cause drastique de l'organisation interne du cosmos de Ptolémée (organisation précisée par al-Farghani), c'est à dire l'ordre des orbes et les distances entre les planètes, constitue un chef-d'oeuvre d'analyse. Par ailleurs, et contrairement à l'ensemble des astronomes médiévaux de langue arabe (par exemple Ibn Al-Haytham, al-Tusi et Ibn Shattir pour citer les plus célèbres), il n'a jamais reproché à Ptolémée les « libertés » que ce dernier avait pris, dans l'Almageste, avec la Physique d'Aristote. Ponctuellement, al-Bīrūnī a même été jusqu'à proposer des hypothèses qui s'opposent frontalement aux fondements de cette physique (par exemple : les comètes pourraient, selon lui, être originaires des régions extra-lunaires pourtant considérées comme immuables dans la Physique d'Aristote). Cette remise en cause implicite n'a pas eu de suites dans la Science en langue arabe, au contraire les as-

tronomes qui lui ont succédé n'ont eu de cesse que d'aménager le modèle de Ptolémée pour essayer de le rendre totalement compatible avec les postulats aristotéliens. Il faudra attendre le XIV^{ème} siècle latin (= européen), avec des savants comme Buridan et Oresme, pour retrouver des prises de positions critiques par rapport à la Physique d'Aristote.

Soulignons par ailleurs que les conclusions astronomiques d'al-Bīrūnī reposent sur des mesures d'excellente qualité (ce qui n'est pas toujours le cas dans l'astronomie médiévale de langue arabe). En conséquence, il n'est pas rare que des astronomes de l'ère industrielle (XIX^{ème} siècle et plus récent) utilisent ses mesures pour déterminer les variations séculaires de certains paramètres astronomiques.



Mais ce qui est le plus remarquable chez al-Bīrūnī et qui justifie en grande partie sa place très particulière dans l'Histoire des Sciences, c'est la démarche scientifique qu'il a systématiquement utilisé dans ses études. On peut la résumer de la façon suivante: (1) analyse exhaustive et critique des anciens travaux portant sur le même sujet; (2) présentation de sa méthode, souvent très novatrice; (3) mathématisation de cette méthode; (4) application numérique à valeur de test, en utilisant des valeurs numériques crédibles; (5) analyse de la faisabilité (éventuels problèmes d'instrumentation ou autres); (6) phase opérationnelle si la faisabilité est prouvée et enfin (7) dans tous les cas (c'est à dire: même au cas où la procédure n'aboutit pas), rédaction d'un texte détaillant les étapes précédentes avec le détail des formules, des mesures et des calculs de sorte qu'une vérification soit possible. Plusieurs des thèmes qui l'ont occupé toute sa vie constituent des illustrations spectaculaires de cette démarche. J'évoquerai ici sa détermination de la circonférence de la Terre. Autour de l'an mille, al-Bīrūnī a rédigé un premier texte où il inventorie les tentatives précédentes (dont celles d'Eratosthène, de Ptolémée et celle des savants du Calife al-Mamoun), il évalue les différentes méthodes utilisées et les problèmes qu'elles posent, puis il signale qu'en dépit de ses efforts, il n'a pas pu faire financer par son protecteur une nouvelle mesure en utilisant la méthode d'al-Mamoun. Il propose ensuite une autre méthode, totalement nouvelle, qui nécessite une mesure la position de l'horizon mesurée à partir du sommet d'une haute montagne. Une analyse géométrique lui permet de proposer une formule trigonométrique liant la dépression de l'horizon, la hauteur de la montagne, et le rayon de la Terre. Puis il teste cette formule sur un exemple fictif correspondant à une observation du haut de la plus haute montagne existante (selon Aristote). Il en conclut que même dans ce cas extrême et donc favorable, la dépression est très faible est qu'il n'a pas les moyens instrumentaux pour réaliser une mesure précise. Il



termine son texte sur ce constat. Ce n'est qu'une vingtaine d'année plus tard qu'il disposera de ces moyens instrumentaux (sans doute suite à des efforts méritoires). Il identifie alors un site favorable et met en application ces

idées, puis rédige alors un compte-rendu détaillant chacune de ses mesures et les étapes de ses calculs. Il a utilisé ce type de démarche dans toutes ses études, et il en a rendu compte de façon détaillée, même lorsqu'il n'a pas pu aller jusqu'au bout de la démarche, notamment pour des raisons d'instrumentation. Ce fut par exemple le cas quand il a essayé d'aborder le problème de la mesure de la longitude terrestre ou d'établir de l'ordre des planètes et les distances qui les séparent.

Cette démarche scientifique, imprégnée d'une éthique que l'on peut qualifier de *moderne*, est totalement novatrice dans un contexte historique où l'argument d'autorité était dominant. al-Bīrūnī n'hésite jamais à exprimer ses doutes sur le travail de ses prédécesseurs, comme sur son propre travail ! Cela le conduit notamment à parfois refuser de conclure tout en laissant la possibilité à ses successeurs de prendre le relais grâce à ses comptes-rendus détaillés. Il est certain que al-Bīrūnī était conscient du caractère novateur, voire révolutionnaire, de sa démarche. Il nous dit en effet dans l'introduction du *al-Qānūn al-Ma'sūdī* (traduction d'après Saparmin, 2014 p.10)

J'ai fait ce que tout le monde doit faire dans sa science, c'est-à-dire accepter les contributions de personnes qui l'ont précédé, corriger sans crainte les défauts découverts... et préserver ce qui a été découvert pour les générations futures. J'ai indiqué les défauts de chacun de mes études [...] afin que les penseurs [futurs] évitent de me suivre dans mes erreurs et que la porte de la compréhension des choses qui ne sont pas claires pour moi puisse être ouverte.....

On comprendra donc que l'auteur des présentes lignes n'est pas loin de penser que al-Bīrūnī mérite le titre de fondateur de la démarche scientifique moderne ... en tout cas de son idéal. Il est difficile de dire par quelles voies la méthode scientifique d'al-Bīrūnī a pu influencer la Science occidentale, mais il est certain que de nombreux savants médiévaux de langue arabe, qui ont inspiré leurs homologues latins, se sont revendiqués de son héritage.

Eric Mercier

Pour aller plus loin : le site web de Jan Hogendijk (Professeur à l'Université de Utrecht - NL): <https://www.jphogendijk.nl/biruni.html>

qui fournit les références et souvent des liens web, vers les manuscrits d'al Bīrūnī, vers les éditions et les traductions disponibles, ainsi que vers certaines études importantes. Une nouvelle fois, je mets en garde les lecteurs sur l'existence de textes manipulateurs qui utilisent al-Bīrūnī et son œuvre pour des objectifs qui n'ont rien d'historiques ni de scientifiques.