

## 0 Une langue d'argent et d'or

C'est décidé, je renonce à vous raconter l'astronomie arabe. Je vous ai suffisamment parlé ailleurs de la trigonométrie, qui en est issue. Et puis ce serait lassant : tous les grands noms de la science arabe ont été plus ou moins astronomes. Cela tournerait vite à la litanie.

Je vais seulement vous raconter l'histoire de deux de ces astronomes, qui comptent parmi les plus grands savants de tous les temps. Ils ont beaucoup de points communs, même s'ils ont plus de deux siècles d'écart. Je veux parler d'al-Biruni et al-Tusi.

## 1 Al-Battānī (858–929)

Si j'avais cherché à montrer l'influence de l'astronomie arabe en occident, c'est certainement al-Battani que j'aurais choisi. Vous vous en souvenez, les Arabes les plus influents sont ceux qui ont été traduits en latin, et leur nom a été latinisé : al-Battani est devenu Albateni, parfois aussi Albathegnius.

C'est le « Ptolémée arabe ». Les raisons de sa célébrité ? Des tables impressionnantes d'exhaustivité et de rigueur, dans lesquelles les données de l'Almageste sont complétées, et souvent corrigées.

## 2 Libro de los canones de Albateni (1275)

Cela n'a évidemment pas échappé à Alphonse X, qui a ordonné leur traduction en espagnol. C'est ce que dit cet incipit : « Ici commence le livre des tables de Albateni, que le très noble Roi Alphonse, a qui Dieu veuille donner la santé pour longtemps, a ordonné d'écrire. »

histoires d'astronomie

### Une langue d'argent et d'or

astronomie et pouvoir



hist-math.fr

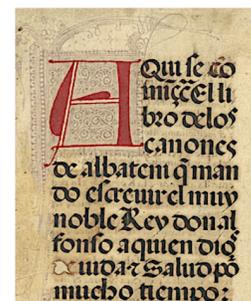
Bernard YCART

Al-Battānī (858–929)



Libro de los canones de Albateni (1275)

Al-Battānī (858–929)



### 3 Tabla de los archos y de los sinos

Le nom d'al-Battani est rappelé toutes les deux pages, même sur la table des sinus. C'est vous dire si on ne risquait pas de l'oublier. Le problème, est que je n'ai pas grand chose de certain à vous dire sur lui. Or vous savez que j'aime bien donner de l'épaisseur aux personnages par quelques péripéties croustillantes. Allez, je l'avoue, c'est pour cela que j'ai choisi al-Biruni et al-Tusi. Commençons par le plus ancien.

Tabla de los archos y de los sinos  
Libro de los canones de Albateni (1275)

### 4 Abū Rayḥan al-Bīrūnī (973–1048)

Le voici dans un parc à Téhéran en train de jongler avec des planètes, ou des phases de la Lune, allez savoir. Mais bon, malgré cette récupération spectaculaire, al-Biruni n'est pas vraiment iranien.

Abū Rayḥan al-Bīrūnī (973–1048)  
Parc Laleh, Téhéran



### 5 Khiva (Kharezm)

La ville où il est né et où il a passé sa jeunesse a maintenant disparu. Elle devait être proche de l'actuelle Khiva. C'est une ville du Kharezm. Mais si, vous savez bien, le Kharezm, au sud de la mer d'Aral. Heureusement que tout le monde n'est pas désigné par son lieu de naissance, cela aurait fait trop d'al-Khwarizmi. Non, al-Biruni en Persan signifie « celui qui vient d'ailleurs », ce qui est une façon comme une autre de désigner un lieu de naissance.

Khiva (Kharezm)  
Al-Bīrūnī (973–1050)

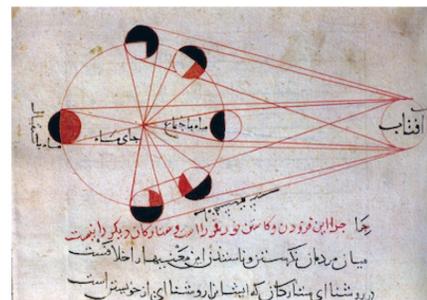


### 6 Kitāb al-Tafhīm li-awāil ṣināat al-tanjīm (1029)

Je ne peux pas vous parler des milliers de pages qu'al-Biruni a écrites sur pratiquement tous les sujets. Même si je me limite à l'astronomie, la tâche est encore décourageante.

Cette célèbre image est extraite de son « livre d'instructions sur les éléments de l'art de l'astrologie ». Comment ? Un si grand scientifique, et la première œuvre que je trouve à vous citer est un manuel d'astrologie ? Oui, mais il faut dire que la conception qu'al-Biruni a de cette science est plutôt extensive.

Kitāb al-Tafhīm li-awāil ṣināat al-tanjīm (1029)  
Al-Bīrūnī (973–1050)



## 7 L'art de l'astrologie (1029)

« J'ai préparé, à sa demande, un aide-mémoire pour Rayhānah la fille khwarizmienne d'al-Ḥasan, sous la forme de questions-réponses, qui non seulement est élégante, mais facilite aussi la formation des concepts.

J'ai commencé par la Géométrie et poursuivi par l'Arithmétique et la Science des Nombres, ensuite j'ai traité la structure de l'Univers, et finalement l'Astrologie judiciaire, car personne ne mérite le titre d'Astrologue s'il n'a pas une connaissance profonde de ces quatre sciences. »

Ce livre est un bon exemple des compromis qu'al-Biruni a dû faire avec la pensée de son temps. Cela ne l'a pas empêché d'exprimer ailleurs ses doutes sur l'astrologie.

## 8 Traité sur l'astrolabe

Al-Biruni a apporté plusieurs perfectionnements à l'astrolabe, auquel il a consacré au moins deux traités. Dans l'un de ces traités, il fait part d'une réflexion curieuse.

## 9 dû au mouvement de la Terre

« J'ai vu l'astrolabe qu'inventa Abu Said Sijzi. Il me plaît infiniment et j'en ai fait grand éloge car il est basé sur l'idée, que d'aucuns soutiennent, selon laquelle l'effet du déplacement que nous voyons est dû au mouvement de la Terre et non pas à celui du ciel. Sur ma vie, c'est là un problème difficile, et à résoudre, et à réfuter. Car il en va de même si vous tenez que c'est la Terre qui est en mouvement, ou le ciel. Dans les deux cas, en effet, il ne peut affecter la science de l'astronomie. »

Néanmoins, dans une autre de ses œuvres majeures, le Qanun al-Masudi, il conclura que la Terre est immobile. Je vous propose d'examiner un autre passage de ce même Qanun al-Masudi. Il concerne la mesure de la circonférence de la Terre.

## 10 al-Mamun (786–833)

Au début du neuvième siècle, al-Mamun, le calife de la Maison de la Sagesse à Bagdad, avait envoyé ses astronomes dans le désert pour vérifier les calculs d'Ératosthène sur la circonférence de la Terre. L'exploit est commémoré par cette image de la compagnie Liebig, dont la légende dit : « Le calife Mamun fait exécuter devant lui le premier mesurage du méridien ».

Al-Biruni aurait bien aimé en faire autant, mais il semble qu'il n'ait pas eu le soutien financier qu'il espérait. Alors il a eu une idée.

### L'art de l'astrologie (1029)

Al-Biruni (973–1050)

J'ai préparé, à sa demande, un aide-mémoire pour Rayhānah la fille khwarizmienne d'al-Ḥasan, sous la forme de questions-réponses, qui non seulement est élégante, mais facilite aussi la formation des concepts.

J'ai commencé par la [Géométrie](#) et poursuivi par l'[Arithmétique](#) et la [Science des Nombres](#), ensuite j'ai traité la [structure de l'Univers](#), et finalement l'[Astrologie judiciaire](#), car personne ne mérite le titre d'Astrologue s'il n'a pas une connaissance profonde de ces quatre sciences.

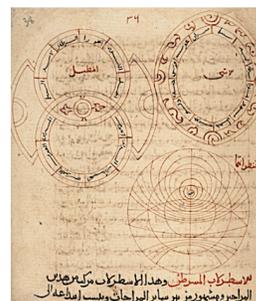
### Traité sur l'astrolabe

Al-Biruni (973–1050)



### dû au mouvement de la Terre

Al-Biruni (973–1050)



### al-Mamun (786–833)



Episodes du temps des califes : Le calife Mamun fait exécuter devant lui le premier mesurage du méridien.

## 11 al-Qānūn al-Masūdī (1030)

« Je choisis une autre méthode car j'avais trouvé dans une région en Inde une montagne qui faisait face à une large plaine, dont la régularité ressemblait à la surface plate de la mer. Quand sur ce sommet j'évaluai par un instrument l'intersection du ciel et de la terre, je la trouvai inclinée par rapport à la ligne est-ouest de 34 minutes d'angle. Je calculai la hauteur de la montagne en visant le sommet depuis deux endroits, et je la trouvai égale à 652 coudées et un vingtième. »

Le reste est affaire de calculs trigonométriques, largement à la portée d'un grand savant comme lui.

## 12 l'intersection du ciel et de la terre

Disons que l'angle de visée depuis la montagne vers l'horizon est  $\theta$ . Le sommet de la montagne est en  $B$ , le point visé à l'horizon en  $S$ , le centre de la Terre au point  $C$ . Comme le triangle  $BSC$  est rectangle, le cosinus de l'angle  $\theta$  est  $R$  sur  $R + h$ , où  $h$  est la hauteur de la montagne. D'où la formule que vous voyez, qui vous donne  $R$  en fonction de  $h$  et  $\cos \theta$ .

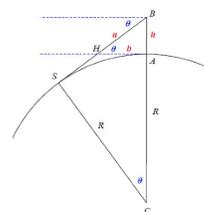
### al-Qānūn al-Masūdī (1030)

Al-Bīrūnī (973–1050)

Je choisis une autre méthode car j'avais trouvé dans une région en Inde une montagne qui faisait face à une large plaine, dont la régularité ressemblait à la surface plate de la mer. Quand sur ce sommet j'évaluai par un instrument l'intersection du ciel et de la terre, je la trouvai inclinée par rapport à la ligne Est-Ouest de 34 minutes d'angle. Je calculai la hauteur de la montagne en visant le sommet depuis deux endroits, et je la trouvai égale à 652 coudées et un vingtième.

### l'intersection du ciel et de la terre

Al-Bīrūnī (973–1050)



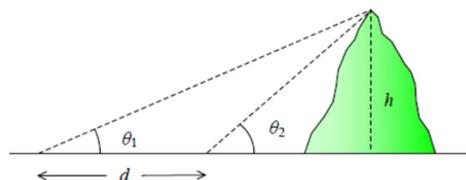
$$R = h \frac{\cos \theta}{1 - \cos \theta}$$

## 13 la hauteur de la montagne

Pour obtenir  $h$ , al-Biruni dit qu'il a visé le sommet de la montagne depuis deux endroits. Vous voyez comment il a fait pour en déduire la hauteur en fonction de la distance des deux visées et des tangentes des deux angles.

### la hauteur de la montagne

Al-Bīrūnī (973–1050)



$$h = d \frac{\tan \theta_1 \tan \theta_2}{\tan \theta_2 - \tan \theta_1}$$

## 14 Fort de Nandana (Penjab, Pakistan)

Voici le fort de Nandana, où al-Biruni a fait ses calculs. La montagne est probablement celle que vous voyez au second plan.

Et cela fait un millénaire qu'on célèbre l'exploit ! Vous vous rendez compte ? Par la seule force de sa réflexion, al-Biruni a mesuré le rayon de la Terre avec une précision de l'ordre de la centaine de kilomètres.

Vous savez quoi ? quitte à passer une fois de plus pour un vieux grincheux, je choisis le camp des sceptiques. Oh, je n'y suis pas seul. Je ne crois pas qu'avec les instruments de l'époque, avec la réfraction de l'atmosphère qui fausse les angles de visée, il soit possible d'obtenir la même précision qu'avec deux points de visée distants de 1000 kilomètres. Après tout, vous pouvez vérifier : il y a bien une montagne à côté de chez vous non ? Sinon, je vous prête une des miennes. À vous de jouer. Comme instrument de mesure des angles, vous avez droit à un astrolabe d'une dizaine de centimètres de diamètre.

J'imagine qu'al-Biruni lui-même avait conscience de l'imprécision de sa méthode. Il se rallie au résultat des astronomes d'al-Mamun en disant : « Leur instrument était plus raffiné et ils se sont donné plus de mal pour obtenir leur résultat. »

Mais au fait : le fort de Nandana est dans le Pakistan actuel. Qu'allait-il faire là-bas au juste ?

Fort de Nandana (Penjab, Pakistan)

Al-Birūnī (973-1050)



## 15 Abū Rayḥān al-Bīrūnī (973–1048)

Il y était prisonnier ; ou bien otage, question de point de vue. Il est resté en Inde treize ans de 1017 à 1030. J'utilise assez souvent la magnifique compilation qu'il en a ramené : l'Histoire de l'Inde. Un chef-d'œuvre qui couvre tous les aspects de la civilisation et de la culture indiennes, avec un point de vue qu'il résume magnifiquement :

« Pour aimer les peuples, apprenez donc leur langue et respectez leurs mœurs, leurs coutumes, leur pensée et leur religion. »

C'est d'autant plus méritoire, qu'il arrivait dans les valises d'un conquérant, qui utilisait ses services en tant qu'astrologue, mais qui ne lui laissait qu'une liberté toute relative.

Abū Rayḥān al-Bīrūnī (973-1048)

Taḥqīq mā li-l-hind



## 16 Maḥmūd de Ghaznī (971–1030)

Nous parlons du sultan Mahmud de Ghazni. Ghazni se situe dans l'Afghanistan actuel. De là, Mahmud a mené une guerre de conquête, dans toutes les directions, depuis 997 où il a pris le pouvoir, jusqu'à sa mort en 1030. Il s'est taillé un empire immense, qui couvrait une grande partie de l'Inde et du Pakistan actuels.

En 1015, il avait marié une de ses sœurs au souverain du Kharezm, qu'il avait supplanté peu après. C'est à partir de ce moment-là qu'al-Biruni a été à son service. Il a bien été obligé de faire contre mauvaise fortune bon cœur, et de se rendre... où on lui ordonnait d'aller.

Maḥmūd de Ghaznī (971-1030)



## 17 Bataille de Dandanaqan (1040)

Sa situation s'est améliorée quand le fils de Mahmud a pris le pouvoir. Il s'appelait Masud, et c'est à lui que le Qanun al-Masudi est dédié. Contrairement à son père, Masud laissait toute liberté à al-Biruni d'aller où bon lui semblait. De surcroît, il le chargeait de missions diplomatiques payées avec largesse.

Malheureusement, cela n'a pas duré longtemps. Masud a perdu une bataille décisive dix ans après son accession au pouvoir, son armée s'est rebellée contre lui, et il a été exécuté. Il n'est pas sûr qu'al-Biruni ait beaucoup regretté la confiance de Masud.

## 18 Une langue d'argent et d'or

Ce qui lui valait ses missions diplomatiques, c'était ses qualités de communicant, dirions-nous aujourd'hui ; sa « langue d'argent et d'or » comme on disait à l'époque. Écoutez ce qu'il en pensait.

« À peine avais-je été au calme pendant quelques années que le Seigneur du Temps (c'est-à-dire Dieu) me permit de rentrer dans ma patrie, mais j'y fus contraint de participer aux affaires publiques. Ce qui excitait l'envie des sots et me faisait plaindre par les sages. »

Alors que Masud lui offrait en récompense une charge d'éléphant de pièces d'argent, al-Biruni se permit de refuser le cadeau.

## 19 Ce présent m'éloignerait de la science

« Ce présent m'éloignerait de la science. Jamais je ne troquerai la pérennité de mon savoir scientifique contre l'éclat éphémère du clinquant, car les sages savent que l'argent passe vite, tandis que la science reste. »

## 20 Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (1201–1274)

Notre second exemple est al-Tusi, né plus de deux siècles après al-Biruni. Lui aussi est un savant universel dont il est impossible de résumer l'œuvre en quelques mots. Sa vie a aussi dépendu des vicissitudes du pouvoir politique, et des caprices d'un conquérant.

### Bataille de Dandanaqan (1040)

Masūd de Ghaznī (998–1040)



### Une langue d'argent et d'or

Al-Bīrūnī (973–1050)

À peine avais-je été au calme pendant quelques années que le Seigneur du Temps me permit de rentrer dans ma patrie, mais j'y fus contraint de participer aux affaires publiques. Ce qui excitait l'envie des sots et me faisait plaindre par les sages.

### Ce présent m'éloignerait de la science

Al-Bīrūnī (973–1050)

Ce présent m'éloignerait de la science. Jamais je ne troquerai la pérennité de mon savoir scientifique contre l'éclat éphémère du clinquant, car les sages savent que l'argent passe vite, tandis que la science reste.

### Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (1201–1274)



## 21 Hulagu Khan (1217–1265)

Celui d'al-Tusi s'appelait Hulagu Khan. C'était le petit fils de Gengis Khan. Pendant pratiquement tout le treizième siècle, les vagues successives de guerriers mongols ont dévasté la plus grande partie du vieux continent ; de la Chine à la Russie, de l'Europe au Moyen-Orient.

Hulagu Khan (1217–1265)

BNF Manuscrit Persan 1113 (ca 1430)



## 22 Ruines du château d'Alamut

Pendant que son frère Kubilai Khan fondait une dynastie en Chine, Hulagu se chargeait de détruire le califat abbasside, au Moyen-Orient.

La dynastie abbasside, c'est la descendance de cet al-Mansur qui avait établi sa capitale à Bagdad. Le petit-fils d'al-Mansur était al-Mamun, qui avait envoyé ses astronomes mesurer un degré de méridien dans le désert. Quatre siècles plus tard, le calife de Bagdad ne régnait plus que de façon théorique. Son pouvoir était contesté, à la fois sur le plan religieux et politique, par ses opposants chiites, en particulier la secte des Ismaéliens. Cette secte lançait des expéditions punitives depuis sa place forte du château d'Alamut, qui était réputée imprenable. On les a nommés depuis les Assassins, expression qui a malheureusement connu un certain succès.

Ruines du château d'Alamut



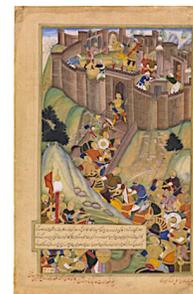
## 23 Destruction du château d'Alamut (1256)

Un siège de quelques semaines avait suffi à Hulagu pour prendre la forteresse, dont il a ordonné la destruction. Parmi les prises de guerre, il y avait al-Tusi.

Que faisait-il parmi les Ismaéliens ? On l'ignore. Il est possible qu'il ne les ait pas suivis de son plein gré. Il était né dans une famille qui était fidèle à une autre tendance de l'Islam chiite, les duodénaires. Brusquement, il s'était mis à écrire des textes religieux et philosophiques à la gloire des Ismaéliens. Il ne devait pas être sincère, puisqu'il les a reniés une fois passé au service des Mongols.

Destruction du château d'Alamut (1256)

Hulagu Khan (1217–1265)



## 24 Hulagu et son épouse chrétienne

Les problèmes religieux ne sont pas la spécialité des Mongols, qui pratiquent une tolérance assez large, et se contentent d'attiser les rivalités religieuses pour arriver à leurs fins. Ils utilisent des guerriers chrétiens contre les Arabes, et Hulagu Khan a même épousé une Chrétienne, ce qui vaudra aux Chrétiens d'être épargnés lors des massacres à venir.

Al-Tusi, lui ne se sent pas particulièrement solidaire du Calife de Bagdad, qui, non content d'être sunnite, mène une vie de débauche et de luxe, au milieu d'un harem de 700 femmes.

Hulagu et son épouse chrétienne

Hulagu Khan (1217–1265)



## 25 Siège de Bagdad (22 janvier – 6 février 1258)

Le siège de Bagdad n'a duré que deux semaines. Il s'est soldé par une catastrophe; des dizaines de milliers de morts, des atrocités sans nom, dont les survivants ont laissé des témoignages horrifiés. Al-Tusi y a assisté, aux côtés d'Hulagu. Il en a laissé un récit, singulièrement dépassionné. Écoutez-le, par exemple, raconter l'entrevue finale du vainqueur et du vaincu.

Siège de Bagdad (22 janvier – 6 février 1258)

Hulagu Khan (1217–1265)



## 26 Il posa un plateau d'or devant le calife

« On alla chercher le Calife, et on lui ordonna d'offrir des présents. Chaque fois qu'il apportait quelque chose, le Roi le distribuait immédiatement parmi les gens de sa suite, les émirs, les chefs militaires et tous ceux qui étaient présents. Il posa un plateau d'or devant le Calife et dit : « Mange ! ». « Ce n'est pas comestible, » dit le Calife. « Alors pourquoi l'as-tu gardé au lieu de le donner à tes soldats ? » demanda le Roi. « Pourquoi n'as-tu pas fait des pointes de flèches de ces portes en fer, et pourquoi n'es-tu pas venu sur la rive pour m'empêcher de traverser ? » « C'était la volonté de Dieu » répondit le Calife. « Ce qui va t'arriver aussi, est la volonté de Dieu » dit le Roi. »

Sous la plume des chroniqueurs chrétiens, l'épisode est devenu nettement plus pittoresque. Voici ce qu'on lit dans le Livre des Merveilles de Marco Polo.

Il posa un plateau d'or devant le calife

Naşir al-Din al-Tûsi (1201–1274)

On alla chercher le Calife, et on lui ordonna d'offrir des présents. Chaque fois qu'il apportait quelque chose, le Roi le distribuait immédiatement parmi les gens de sa suite, les émirs, les chefs militaires et tous ceux qui étaient présents. Il posa un plateau d'or devant le Calife et dit : « Mange ! ». « Ce n'est pas comestible, » dit le Calife. « Alors pourquoi l'as-tu gardé au lieu de le donner à tes soldats ? » demanda le Roi. « Pourquoi n'as-tu pas fait des pointes de flèches de ces portes en fer, et pourquoi n'es-tu pas venu sur la rive pour m'empêcher de traverser ? » « C'était la volonté de Dieu » répondit le Calife. « Ce qui va t'arriver aussi, est la volonté de Dieu » dit le Roi.

## 27 Livre des Merveilles

« Une fois qu'il eut pris la ville, Hulagu s'aperçut que le Calife avait une tour remplie d'or, d'argent, et d'autres trésors, tellement qu'il n'en avait jamais vu autant rassemblé au même endroit. Quand il vit un tel trésor, il s'étonna grandement, et envoya chercher le Calife. Il lui dit : « Pourquoi avoir rassemblé un tel trésor ? Qu'avais-tu l'intention d'en faire ? Ne savais-tu pas que j'étais ton ennemi, et que j'arrivais avec une armée puissante pour te déposséder ? Sachant cela, pourquoi n'as-tu pas pris ton trésor pour le donner à tes chevaliers et tes soldats pour défendre ta cité ? » Le Calife ne répondit rien, car il ne savait pas quoi dire. Alors Hulagu dit : « Calife, comme je vois que tu aimes beaucoup ton trésor, je vais te le donner à manger. » Ayant dit cela, il le laissa dans la tour où il mourut quatre jours plus tard. »

Livre des Merveilles

Marco Polo (1254–1324)



## 28 Pillage de Bagdad (février 1258)

Pendant le pillage de Bagdad, la légende veut que les eaux du Tigre soient devenues noires de l'encre des dizaines de milliers de manuscrits qui auraient été jetés. Pourtant al-Tusi a trouvé le moyen d'en sauver suffisamment pour reconstituer une bibliothèque dans son nouvel observatoire.

Écoutez-le à nouveau.

### Pillage de Bagdad (février 1258)



## 29 Il m'ordonna d'observer les étoiles

« À l'époque où Hulagu conquiert les domaines des hérétiques, moi, Naṣīr al-Dīn qui suis de Ṭūs et qui étais tombé au pouvoir des hérétiques, il m'emmena et m'ordonna d'observer les étoiles. Il rechercha des philosophes ayant la connaissance des observations. Ils choisirent Marāghah comme lieu de leurs observations, fabriquant des instruments et érigeant des constructions adaptées à leurs besoins. Il ordonna aussi que des livres soient apportés de Bagdad, de Syrie, de Maṣīl, de Khurāsān, pour les placer à l'observatoire, de sorte que l'établissement se développa de manière excellente. La renommée de cette grande œuvre s'étendit dans le monde entier. »

### Il m'ordonna d'observer les étoiles

Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (1201–1274)

À l'époque où Hulagu conquiert les domaines des hérétiques, moi, Naṣīr al-Dīn qui suis de Ṭūs et qui étais tombé au pouvoir des hérétiques, il m'emmena et m'ordonna d'observer les étoiles. Il rechercha des philosophes ayant la connaissance des observations. Ils choisirent Marāghah comme lieu de leurs observations, fabriquant des instruments et érigeant des constructions adaptées à leurs besoins. **Il ordonna aussi que des livres** soient apportés de Bagdad, de Syrie, de Maṣīl de Khurāsān, pour les placer à l'observatoire, de sorte que l'établissement se développa de manière excellente. La renommée de cette grande œuvre s'étendit dans le monde entier.

## 30 Al-Ṭūsī à l'observatoire de Marāghah

La construction de l'observatoire de Maragah a commencé peu après la chute de Bagdad, et al-Tusi y a habité pendant l'essentiel du temps qui lui restait à vivre, soit une quinzaine d'années. De cette époque datent quelques uns de ses travaux les plus importants.

### Al-Ṭūsī à l'observatoire de Marāghah

Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (1201–1274)



## 31 Zīj-i Īl-khānī

Par exemple ses tables astronomiques. Le titre signifie « Tables astronomiques du Khan », et elles sont dédiées au fils d'Hulagu, Alaqa, qui a régné après lui. Elles n'ont pas eu en Occident le même retentissement que celles d'al-Battani ; question de traduction sans doute.

### Zīj-i Īl-khānī

Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (1201–1274)



## 32 Couple d'al-Tūsī

De la même époque datent une traduction des Éléments d'Euclide que je vous cite souvent, un « Opuscule qui délivre des doutes concernant les droites parallèles », et des travaux théoriques sur le modèle grec du mouvement des planètes. La réflexion d'al-Tusi sur les épicycles l'a conduit à formuler le cas particulier d'un cercle qui roule dans un autre de rayon double : un point sur le petit cercle a un mouvement rectiligne : il se déplace sur un diamètre du grand cercle. Cela s'appelle le couple d'al-Tusi.

### Couple d'al-Tūsī

Naṣīr al-Dīn al-Tūsī (1201–1274)



## 33 Ruines de l'observatoire de Marāghah

L'observatoire de Maraghah n'a pas survécu longtemps à al-Tusi. Il n'en est vite resté que des ruines. Mais des ruines qui devaient être assez impressionnantes un siècle plus tard pour marquer durablement un jeune prince, et déterminer sa vocation.

### Ruines de l'observatoire de Marāghah



## 34 Ulugh Beg (1394–1449)

Ce jeune prince s'appelait Ulugh Beg. C'était le petit fils de Tamerlan, un autre grand conquérant. C'est lui qui a fait venir al-Kashi à Samarcande. Il y a aussi fondé plusieurs écoles, dans lesquelles il enseignait parfois lui-même.

### Ulugh Beg (1394–1449)



## 35 Observatoire de Samarcande

Il avait aussi fait construire à Samarcande, un observatoire semblable à celui d'al-Tusi. Ceci est une reconstitution. Ulugh Beg étant meilleur astronome que politique, il a été renversé, puis assassiné. Après sa mort, les fanatiques religieux n'ont laissé debout aucune pierre de son observatoire.

### Observatoire de Samarcande

Ulugh Beg (1394–1449)



