

« peu de savoir vaut mieux que beaucoup de culte »
Hadith (Dit du prophète)

« Il est du devoir de celui qui étudie les ouvrages scientifiques, s'il aspire à connaître la vérité, de se faire l'adversaire de tout ce qu'il étudie, examinant minutieusement le texte et tous ses commentaires, le mettant en question sous tous les aspects imaginables. Il est aussi de son devoir de se mettre lui-même en question. C'est en suivant cette voie que se révéleront à lui les vérités et que se manifesteront les insuffisances et les incertitudes que peuvent receler les ouvrages de ses prédécesseurs ».

Ibn al-Haytham (mort en 1041) : ash-Shukûk 'alâ Batlamyûs (*Les doutes sur Ptolémée*).
A.Sabra & N. Sihabi (édit.), Le Caire, Dâr al-Kutub al-misriya, 1996.



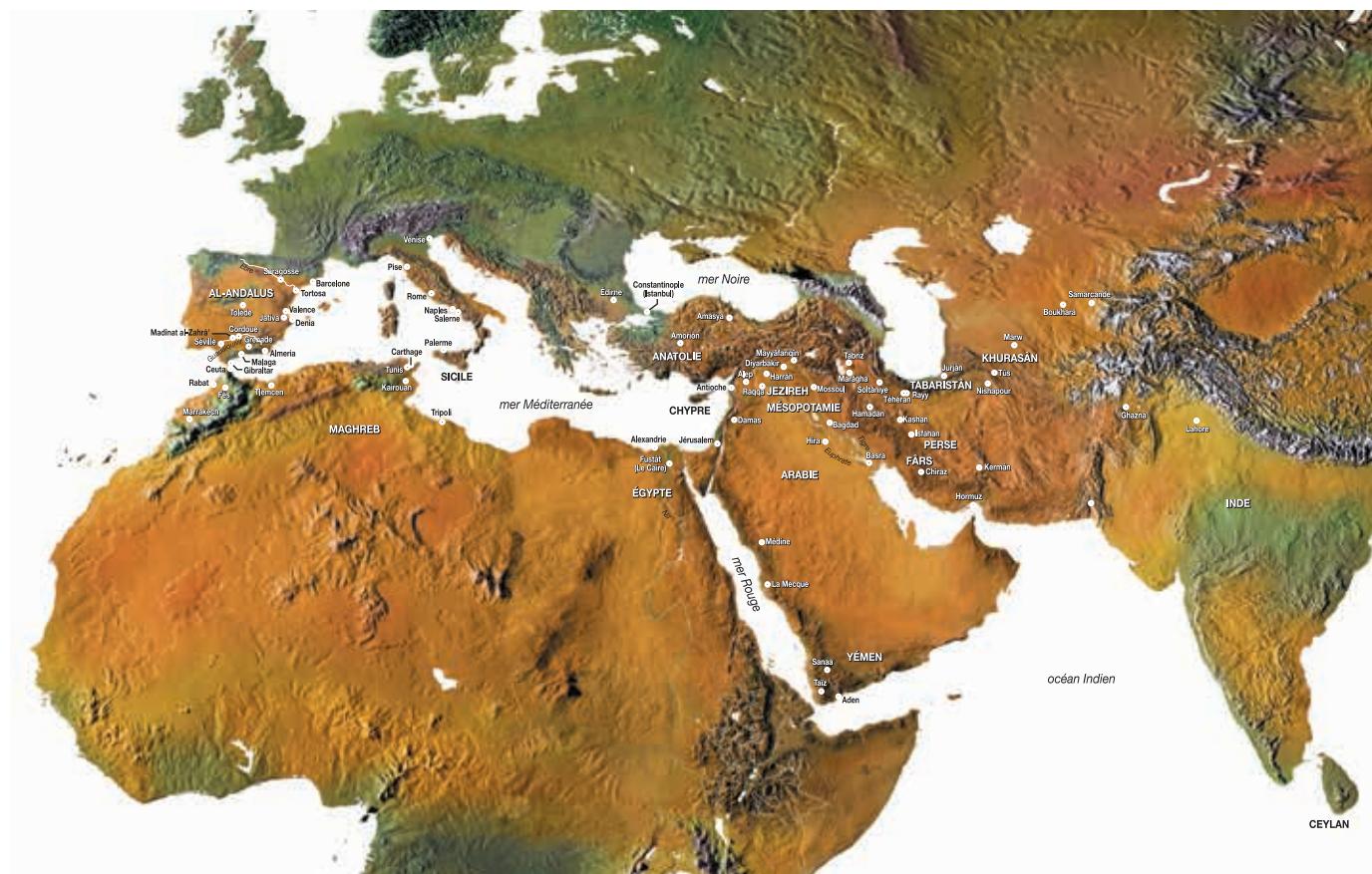
Introduction

De 632 à 750, les Arabes conquièrent un immense territoire à travers lequel se diffuse rapidement leur religion et s'impose l'usage de leur langue. S'étendant de la frontière chinoise jusqu'au nord de l'Espagne, il englobe une mosaïque de contrées, pour certaines héritières du riche patrimoine scientifique des antiques civilisations de la Grèce, de la Perse, de l'Égypte et de la Mésopotamie. À partir de cet héritage, des dizaines de foyers scientifiques vont naître et se développer, du VIII^e au XV^e siècle, avec leurs établissements d'enseignement, leurs bibliothèques, leurs hôpitaux. Outre des disciplines anciennes (astronomie, médecine, géographie, agronomie, mécanique, etc.), qui seront considérablement enrichies, de nouvelles disciplines voient le jour comme l'algèbre, la trigonométrie et la science du temps. L'impulsion donnée par les Arabes à la fabrication du papier a rendu plus abordable la copie des livres et a ainsi contribué à la diffusion de ces travaux entre les différents foyers scientifiques.

Entre les IX^e et XI^e siècles, les activités scientifiques sont exprimées en langue arabe, quiconque désirait se frotter à la science devait maîtriser cette langue.

À partir de la fin du XI^e siècle, dans un contexte de renouveau de la culture persane, des savants persans commencent à écrire dans leur langue maternelle.

Un phénomène semblable s'observe à peu près à la même époque dans l'Espagne musulmane, où des livres de mathématiques et d'astronomie sont rédigés en hébreu pour les savants juifs. Toujours à la même époque, commence à se développer la traduction, de l'arabe vers le latin, d'ouvrages scientifiques grecs et arabes disponibles en Espagne et en Sicile. Quelques siècles plus tard, le même phénomène se reproduira, mais à une échelle plus réduite, avec la traduction en turc et en berbère de quelques ouvrages scientifiques. 🌐



L'héritage scientifique ancien

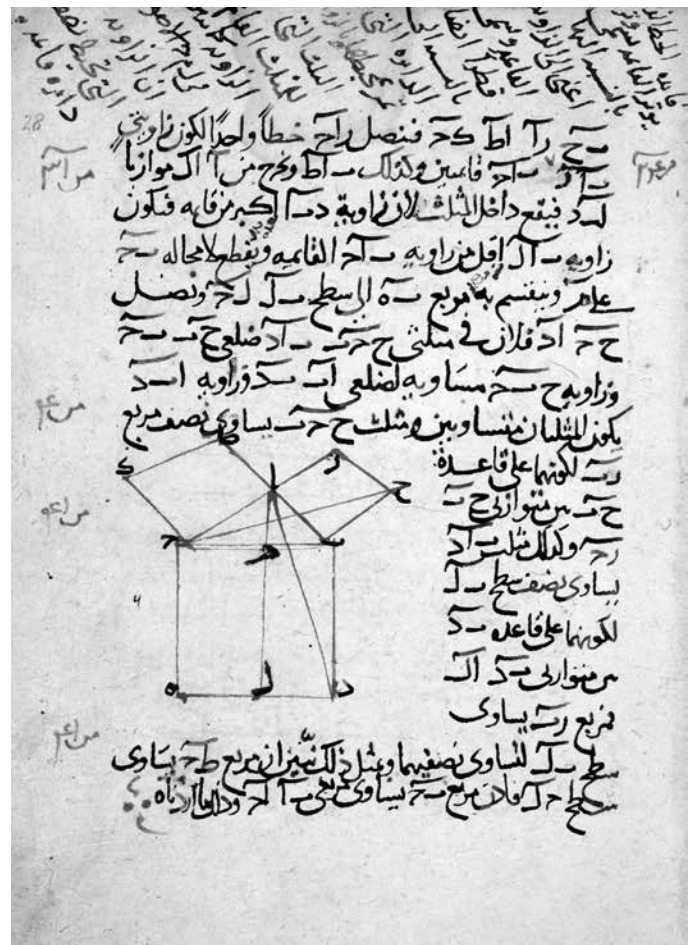
Hormis quelques initiatives isolées et à l'exception du domaine de la médecine (dont une pratique « savante », héritière de la médecine grecque, est attestée dès l'avènement de l'islam), les Arabes n'ont commencé à prendre connaissance des héritages scientifiques anciens qu'à partir de la fin du VIII^e siècle.

C'est alors, avec les premiers califes abbassides, que la traduction connaît une véritable impulsion. Al-Mansûr (754-775) est le premier à financer des traductions d'ouvrages scientifiques indiens puis d'écrits philosophiques grecs. Trois de ses successeurs lui emboîtent le pas : al-Mahdî (775-785), puis Hârûn ar-Rashîd (785-809) et surtout al-Ma'mûn (813-833) auxquels on doit également la fondation d'une institution originale, la Maison de la sagesse (*Bayt al-hikma*), destinée à accueillir les meilleurs savants de l'époque.

Les mécènes se recrutent aussi parmi les hauts fonctionnaires cultivés, les riches marchands et les hommes de science fortunés, comme le philosophe al-Kindî (m. 850) et les frères Banû Mûsâ, trois mathématiciens.

Dans la recherche des manuscrits scientifiques anciens, les bibliothèques des particuliers et celles des monastères jouèrent un rôle primordial ; des manuscrits furent même empruntés aux bibliothèques de l'empereur de Byzance, raison pour laquelle ce sont les ouvrages scientifiques grecs qui ont été le plus traduits en arabe.

Certains ouvrages ont même connu plusieurs traductions comme l'*Almageste* de Ptolémée (II^e s.), la référence la plus importante de l'astronomie antique et médiévale, et les *Éléments* d'Euclide (III^e s. av. J.-C.), source presque exclusive de la géométrie arabe. En médecine, certains ouvrages de Galien ont d'abord été traduits en syriaque avant que, la langue arabe s'étant largement diffusée, l'ensemble de son œuvre soit traduit en arabe. Parmi la centaine de traducteurs qui ont contribué à ce transfert des sciences anciennes, le plus important est Ishâq (m. 873), qui dirigea une véritable équipe de spécialistes au rang desquels son fils Ishâq et son neveu Hubaysh. ■



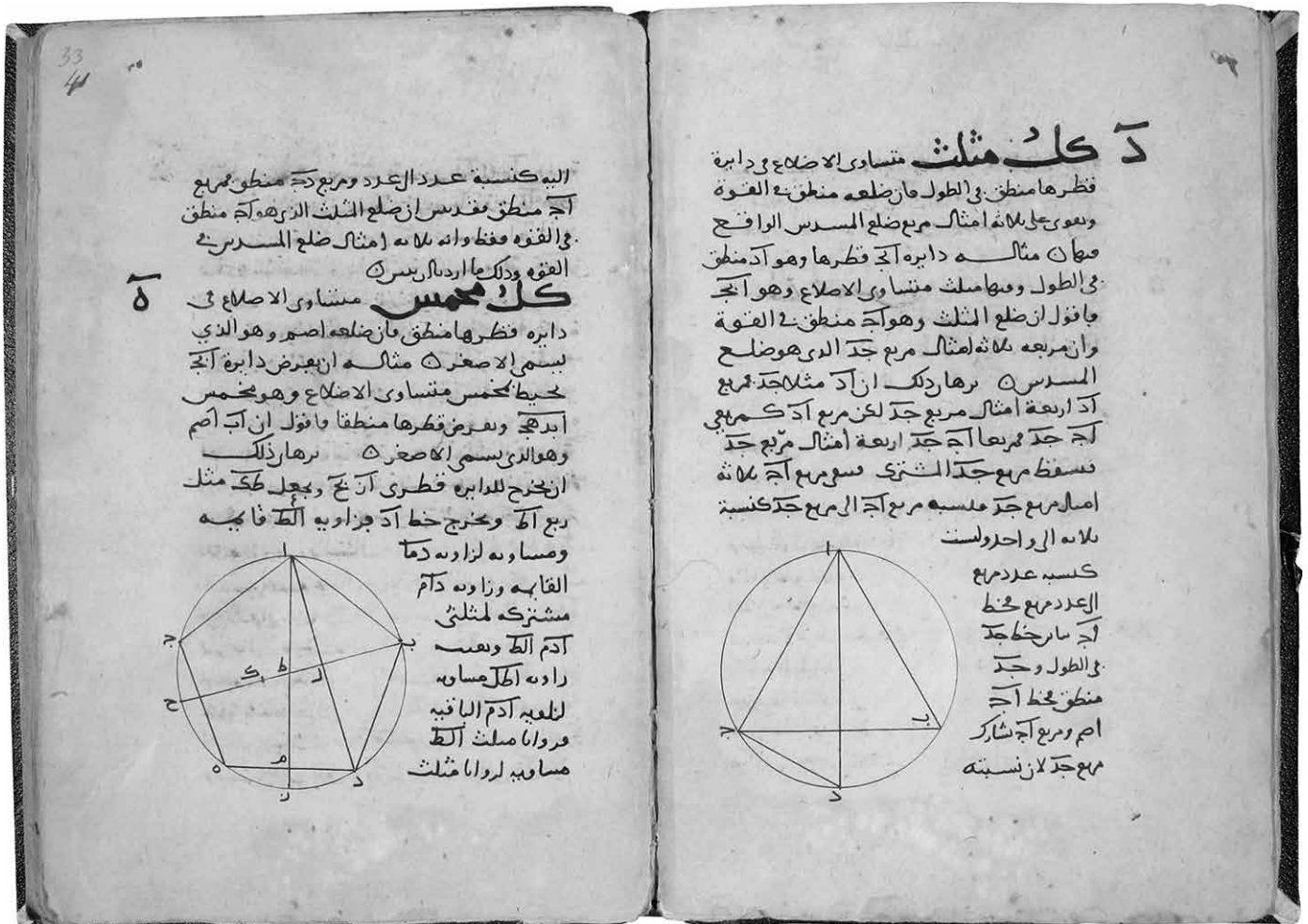
Nasir al-Din al-Tûsî.
Nouvelle rédaction des *Éléments* d'Euclide,
1258, encre sur papier.
Londres, The British Library, Add.23387. D. R.



Dès avant l'avènement de l'islam, les Arabes disposaient de procédés de calcul pour leurs transactions commerciales et d'un savoir-faire en géométrie auquel ils recouraient pour résoudre des problèmes d'arpentage, de construction et de décoration. Mais la traduction des ouvrages indiens, mésopotamiens et surtout grecs va leur permettre d'élargir considérablement leurs connaissances et, après une phase d'assimilation, de donner naissance, à partir du IX^e siècle, à une production originale.

Celle-ci développe pour une part des disciplines préexistantes telles que la géométrie, l'arithmétique et le calcul.

Mais on doit aussi aux mathématiciens arabes d'avoir inventé de nouvelles disciplines comme la trigonométrie, l'analyse combinatoire et l'algèbre. 📖



Yusuf al-Mu'taman.
Traité de géométrie, encre sur papier,
Espagne, vers 1080.
Leyde, Université Library,
Legatum Warnerarium, Or.123a. D. R.

AL-KHWÂRIZMÎ (m. 850)

Muhammad ibn Mûsâ Al-Khwârizmî est né à Bagdad vers 780 d'une famille originaire du Khwârizm (Ouzbékistan).

En astronomie il a participé au programme lancé par le calife al-Ma'mûn (813-833) afin de vérifier les paramètres astronomiques hérités des grecs et aboutir à la réalisation d'une nouvelle carte du monde.

En mathématiques, il est le premier à publier un livre de calcul contenant le système décimal positionnel indien (avec le zéro).

Mais il est surtout resté célèbre comme auteur du premier livre d'algèbre de l'histoire « *Kitab Al-jabr wa-l-muqabala* ».



À partir du XII^e siècle, une partie des ouvrages mathématiques arabes est traduite en latin et en hébreu.

C'est par ce biais que se diffusera en Europe la pratique du calcul avec le système décimal, l'algèbre avec ses équations et la trigonométrie.

Le mot algèbre vient de l'arabe *al-jabr* qui signifie restauration, réparation. Il apparaît pour la première fois dans le titre d'un livre qui marque la naissance d'une nouvelle discipline. L'intitulé complet de cet ouvrage, publié à Bagdad au début du IX^e siècle par al-Khwârizmî, est *L'abrégé du calcul par la restauration et la comparaison*.

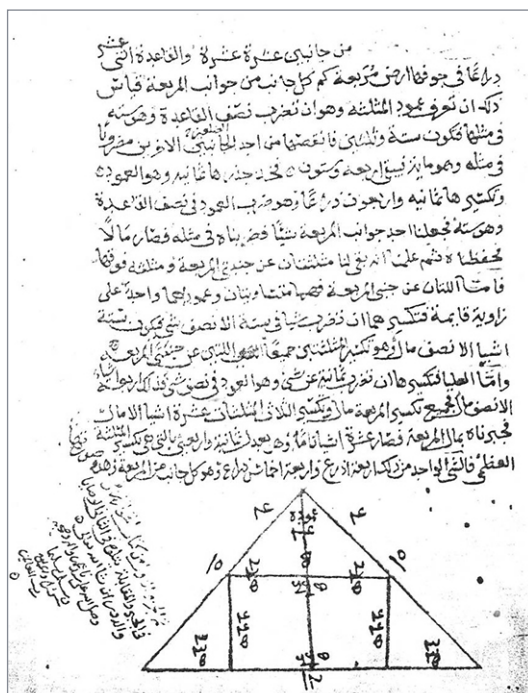
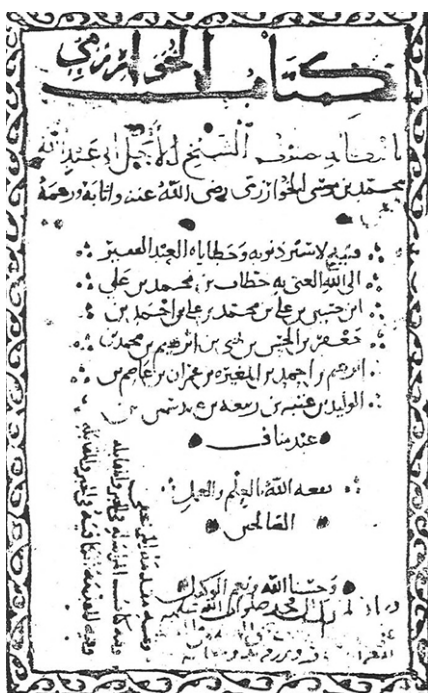
À partir d'un héritage ancien provenant probablement de la tradition babylonienne, al-Khwârizmî a été le premier à définir les objets et les outils nécessaires à la résolution de toute une catégorie de problèmes. Pour cela, il a d'abord dégagé les notions d'inconnue, d'équations (au nombre de six) et d'algorithme de résolution. Il est également le premier à avoir établi, par la démonstration géométrique, l'existence des solutions positives des équations du second degré. Comme, à son époque, on n'utilisait que les nombres positifs et que le zéro n'était pas encore considéré comme un nombre, al-Khwârizmî définit six équations de degré inférieur ou égal à 2.

Ne disposant pas de symboles, il exprima avec des mots ces équations que l'on écrit aujourd'hui sous cette forme :

$$\begin{array}{ll} ax^2 = bx & ax^2 = c \\ bx = c & ax^2 + bx = c \\ ax^2 + c = bx & bx + c = x^2 \end{array}$$

Son livre fut traduit en latin au XII^e siècle, une première fois par Gérard de Crémone puis par Robert de Chester, sous le titre de *Liber algebra et muqabala* ; les deux mots arabes choisis par al-Khwârizmî pour nommer la nouvelle discipline y étaient donc conservés, même si leur sens (« restauration » et « comparaison ») étaient bien connus des traducteurs.

Parmi les plus grands mathématiciens arabes, mentionnons, outre al-Khwârizmî (Bagdad, IX^e s.) en algèbre, Ibn al-Haytham (Le Caire, X^e s.) en arithmétique, al-Bîrûni (Rayy, XI^e s.) en astronomie et en trigonométrie, Ibn Mun'im (Marrakech, XII^e s.) en analyse combinatoire et al-Kâshî (Samarcande, XIV^e s.) en science du calcul. 📖



Traité d'algèbre, *al-Khwârizmî*.
D. R.

Le calcul

À l'origine, le zéro était simplement un signe servant à indiquer l'absence de valeur d'une position donnée (celle des dizaines ou des centaines, par exemple) dans l'écriture d'un nombre.

Cette idée, des calculateurs de plusieurs pays l'avaient eue.

Les Babyloniens avaient choisi le symbole le plus simple : un espace blanc, les astronomes grecs la lettre g et les Indiens un point. Mais ces derniers avaient également inventé l'écriture positionnelle des nombres : avec neuf signes seulement, qu'ils combinaient avec le signe du zéro, ils étaient ainsi parvenu à exprimer n'importe quel nombre, alors que pour atteindre le même but, les Grecs n'utilisaient pas moins de 27 signes (neuf pour les unités, neuf pour les dizaines et neuf pour les centaines).

Lorsque les sciences arabes connurent leurs premiers développements, à la fin du VIII^e siècle, les calculateurs disposaient de trois manières d'écrire les nombres et de faire leurs opérations : le système alphabétique grec, qu'ils avaient remplacé par leur propre alphabet de 28 lettres (la 28^e servant à désigner le nombre 1000) ; le système digital, qui permettait d'exprimer les résultats du calcul mental ; enfin le fameux système décimal positionnel indien avec le zéro.

Ils utilisèrent le premier système en astronomie et en astrologie, le deuxième dans les transactions quotidiennes et le troisième dans tous les autres domaines de la science. Les calculateurs de l'Occident musulman firent de même, mais remplacèrent le point du zéro par un rond, modifièrent la graphie de certains chiffres et échangèrent les valeurs de certaines lettres de la numération alphabétique.

Si les mathématiciens arabes n'ont pas inventé le zéro, on leur doit d'en avoir largement diffusé l'usage à partir du XII^e siècle à travers tout l'empire et, grâce aux traductions, en Europe et jusqu'en Chine. Ils lui ont également attribué d'autres rôles (comme ceux d'être multiplié par un nombre, ajouté à un autre ou mis seul au second membre d'une équation). En faisant cela, ils l'ont préparé à devenir un nombre comme les autres. 🗺

१ २ ३ ४ ५ ६ ७ ८ ९ ०

Numérotation indienne

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Numérotation arabe d'Occident

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ٠

Numérotation arabe d'Orient

L'astronomie

Les savants arabes n'ont pas seulement marqué l'astronomie de leur empreinte en transmettant à l'Europe l'héritage de la Grèce antique, symbolisé par l'*Almageste* de Ptolémée et en nous léguant nombre de noms d'étoiles comme Aldébaran, Bételgeuse, Rigel ou Véga.

En astronomie appliquée, ils passèrent maîtres dans l'usage de l'astrolabe et d'autres instruments encore plus sophistiqués, qui servirent jusqu'au XVIII^e siècle à s'orienter, à déterminer le temps, à mesurer les hauteurs.

Dans le domaine des modèles planétaires, leurs savants, et tout particulièrement al-Tûsî, critiquèrent les représentations géométriques de Ptolémée et proposèrent de nouveaux modèles. C'est à la précision de leurs mesures, permises par le perfectionnement et la création de nombreux instruments et d'observatoires comme celui de Maragha, qu'ils durent de pouvoir réaliser de telles avancées, mais aussi à l'impulsion qu'ils donnèrent aux mathématiques et notamment à la trigonométrie, à partir d'Al-Khwârizmî.

Il faut encore mentionner l'astrologie qui utilisait les résultats de l'astronomie, ce qui lui donnait un caractère scientifique qui explique son succès auprès des populations.

Un auteur comme Abu Mashar fut un des maîtres incontestés de cette discipline. 🌟

L'astrolabe, qui servait à déterminer le temps et à faire des mesures d'arpentage (hauteur d'une montagne ou d'un édifice, profondeur d'un puits), était basé sur le principe d'une projection dite stéréographique qui permettait de représenter sur un plan les objets célestes et leurs trajectoires lorsqu'ils sont en mouvement.

Il a été perfectionné par les astronomes arabes qui ont inventé l'astrolabe universel, l'astrolabe linéaire et l'astrolabe quadrant afin de disposer d'instruments légers et plus maniables.

AL-BÎRÛNÎ (973-1048)

Abû ar-Rayhân al-Bîrûnî a été élevé par une famille princière dont un des membres, Ibn 'Irâq, a été un scientifique éminent.

Il a publié des dizaines d'ouvrages en astronomie.

Les plus importants sont le *Canon masûdien* et les *Clefs de l'astronomie*.

En mathématiques, il a contribué à développer la trigonométrie et à en faire une discipline indépendante de l'astronomie.

Il a échangé des correspondances avec d'autres scientifiques de son époque, comme le philosophe Ibn Sînâ (m. 1037). Il a également publié des ouvrages de grande valeur en géographie, en botanique, en minéralogie, en ethnographie et en histoire.



Astrolabe . © IMA/Fabrice Cateloy



La physique arabe s'inscrit dans le prolongement de l'héritage grec, en particulier des ouvrages d'Euclide (III^e s. av. J.-C.) et d'Archimède (m. 212).

Deux de ses trois grands domaines d'élection sont la statique et l'hydrostatique (étude de l'équilibre des corps solides et liquides) — qui trouve son application dans la mesure des poids spécifiques — et l'étude théorique du mouvement — et ses prolongements appliqués comme la dynamique et l'hydrodynamique (étude du mouvement des corps et des liquides) —.

Parmi les avancées que l'on doit aux savants arabes, dont l'un des plus novateurs fut al-Khâzîni (XII^e s.), figurent la mise au point d'une théorie du levier, la généralisation de la théorie des centres de gravité à des objets à trois dimensions, le perfectionnement des procédés permettant de déterminer les poids spécifiques et l'unification de la statique et de la dynamique en une même discipline.

Le troisième grand domaine de la physique arabe est celui de l'optique, avec trois thèmes essentiels : l'œil et la vision, les propriétés géométriques des rayons lumineux, la réalisation de miroirs ardents destinés à brûler les bateaux ou les forteresses ennemies.

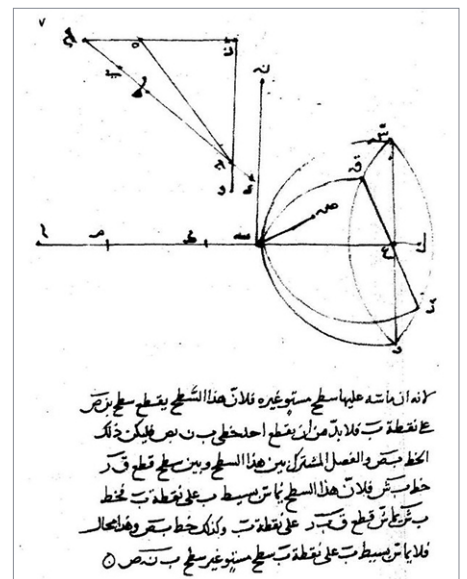
Les recherches en optique débutent dès le IX^e siècle avec al-Kindî et se poursuivent au X^e avec les travaux d'Ibn Sahl sur les lentilles et les miroirs ardents. Mais c'est à Ibn al-Haytham (XI^e s.) que l'on doit les contributions les plus importantes ; elles seront complétées au XIII^e s. par les travaux d'al-Fârisî. Parmi les résultats obtenus par ces physiciens figurent en particulier une nouvelle explication du phénomène de la vision, le développement de l'étude de la réflexion et de la réfraction de la lumière ainsi que l'explication exacte de la constitution de l'arc-en-ciel et du halo.

On doit par ailleurs à Ibn al-Haytham d'avoir renouvelé l'approche de la physique en montrant que la recherche doit y combiner trois démarches : l'observation répétée des phénomènes physiques, la reproduction de ces mêmes phénomènes en laboratoire, enfin la théorisation des résultats de l'observation par l'élaboration de lois générales exprimées avec les outils mathématiques. La traduction en latin de son *Traité d'optique*, au XII^e siècle, sera riche d'enseignements pour les premiers physiciens européens, qui s'empresseront d'adopter ses démarches scientifiques. 🌟



Al-Hasan ibn al-Haytham
Révision (du traité) de l'Optique.
Il s'agit sans doute du traité du géomètre égyptien, qui vivait encore en 432 de l'Hégire (1040-1041 ap. J.-C.). Source gallica.bnf.fr / BnF

Ibn Sahl.
Reproduction d'une page du manuscrit du mathématicien persan montrant sa découverte de la loi de la réfraction.
ca. 984. D. R.



لانه ان ما ته عليها سطح مستوي غير فلات هذا السطح يتقطع سطح بتر
على نقطة ت فلات من ان يتقطع احده على من بص فليكن ذلك
المقطع بستر والعصل المشترك بين هذا السطح وبين سطح قطع ق
خط بستر فلات هذا السطح بما من سسطه من على نقطة ت تحت
ب قسطه ق قطع ق ب ب على نقطة ت وكذلك خط بستر وفلات
فلات بما من سسطه ت على نقطة ت سطح مستوي غير سطح ب ت ص



La mécanique

La mécanique arabe, appelée « science des procédés ingénieux », s'est essentiellement nourrie de l'héritage grec, et plus particulièrement des contributions d'Archimède (m. 212 av. J.-C.), de Philon de Byzance (vers 250 av. J.-C.) et de Héron d'Alexandrie (I^{er} s.).

Son développement a pris deux directions : la première, théorique, concernait la statique (chute et équilibre des corps), l'hydrostatique (équilibre des corps dans les liquides) et la dynamique (étude du mouvement des corps).

Parmi les savants qui ont enrichi ce domaine : al-Bîrûnî (m. 1048) et al-Khâzinî (XII^e s.).

La seconde est celle des applications, qui se répartissent en trois champs d'activités : la mécanique utilitaire, la technologie militaire et la mécanique ludique.

La mécanique utilitaire consistait à concevoir et à réaliser des systèmes complexes permettant de mesurer le temps (horloges), ou d'apporter des réponses à des problèmes en tout genre : captation de l'eau d'une rivière et son acheminement (systèmes faisant appel à la force hydraulique), levage et déplacement d'objets lourds (systèmes de poulies et de leviers), etc. L'un des meilleurs spécialistes dans ce domaine a été al-Jazarî (XII^e s.), inventeur de nombreux mécanismes ingénieux. La technologie militaire s'est tout d'abord inspirée des techniques ennemies avant d'innover à son tour dans le domaine des engins de siège, des armes de poing et des lanceurs de produits inflammables. Puis des livres ont été écrits pour enseigner aux officiers « l'art de la guerre », comme on l'appelait alors. Celui d'al-Zaradkâshî (XV^e s.), le plus connu, s'intitule le *Livre élégant sur les catapultes*.

La mécanique ludique, qui servait à distraire les califes, les princes et tous les gens aisés, connut une très grande vogue. Elle consistait en automates très sophistiqués : vases qui versent des boissons de couleurs différentes, coupes musicales, jets d'eau automatiques... Parmi les ouvrages décrivant ces dispositifs, le plus ancien et le plus célèbre est celui des frères Banû Mûsâ (IX^e s.), le *Livre des procédés ingénieux*. 



Abu'l Izz Isma'il al-Jazari.
Diagramme de pompage dans un bassin.
Traité des procédés mécaniques.
Musée de Topkapi, Istanbul D. R.



La salle de prière de la mosquée de Cordoue. X^e siècle.
Thierry Rambaud. © IMA.

Dans les pays d'islam, l'architecture comme les arts décoratifs sont étroitement liés aux mathématiques et à la chimie : il est indispensable de maîtriser le calcul et la géométrie pour réaliser des plans et dessiner des motifs, la trigonométrie pour déterminer les orientations des édifices religieux, l'art des couleurs et de leurs combinaisons pour reproduire les décors sur des supports en faïence. Si les plans des architectes se sont perdus, des ouvrages traitant de la conception des coupoles, des portes et des fenêtres et de la réalisation des décorations des murs et des plafonds nous sont parvenus. Au X^e siècle, Abû-I-Wafâ' publie à Bagdad *Ce qui est nécessaire aux artisans en constructions géométriques*, dans lequel il expose de nombreux procédés géométriques pour composer des figures à partir de figures préexistantes. Au

XV^e siècle, le mathématicien de Samarcande al-Kâshî consacre un chapitre entier de son livre, *La clé du calcul*, aux procédés de construction des coupoles et aux muqarnas (stalactites), décorations originales réalisées en trois dimensions.

Les savants arabes, comme leurs prédécesseurs grecs, considéraient la musique comme une branche des mathématiques.

Cette perspective a donné lieu à d'importants travaux théoriques, dont ceux d'al-Mawsilî (IX^e siècle) et d'al-Fârâbî (X^e siècle), élaborés à partir des notions de *naghm* (note de musique), de *bu'd* (intervalle) et de leurs combinaisons. La richesse modale de la musique arabe est pour partie le fruit de ces recherches.

Dans le domaine appliqué, les Arabes ont perfectionné un certain nombre d'instruments de musique, comme le 'ûd et le *qanûn*, et ont proposé des classifications des instruments par types. Le premier de ces classificateurs est Ibn Zayla, qui, au XI^e siècle distingue les instruments à cordes (*awtâr*) et à vent (*nafkh*), les percussions étant associées à la rythmique de la poésie.



Oud. © IMA

La calligraphie, art de bien former les caractères d'écriture, n'est pas non plus étrangère à la sphère scientifique : comme la musique, elle reposait sur la théorie des rapports d'Euclide et elle était régie par des règles de mensurations précises. L'unité de mesure de la lettre calligraphiée est le point. *L'alif*, première lettre de l'alphabet arabe, dont la hauteur varie de trois à douze points, sert de module de base, les proportions des autres lettres s'y référant.

Ibn Muqlâ (X^e siècle) fut le premier calligraphe à utiliser des proportions et des règles géométriques dans le tracé des lettres. Après lui, toute une tradition s'est développée avec, en particulier, les travaux d'Ibn al-Bawwâb (XI^e siècle) et de Yâqûtn (XIII^e siècle). ■



Après avoir puisé aux sources grecques, égyptiennes et mésopotamiennes grâce à la traduction de nombreux ouvrages, réalisée à Bagdad à partir du IX^e siècle, les chimistes arabes ont poursuivi les recherches théoriques et pratiques initiées par leurs prédécesseurs.

La chimie arabe théorique consistait en une réflexion philosophique, parfois très hermétique, sur la matière, sa constitution et sa transformation. Elle a donné naissance à de nombreux ouvrages, dont les plus importants sont ceux du grand chimiste Jâbir Ibn Hayyân (VIII^e-IX^e siècles). Certains chimistes arabes tenteront en vain de mettre en pratique deux aspects de cette théorie : la transmutation, c'est-à-dire la transformation d'un métal quelconque en or, et la fabrication du médicament miracle, l'élixir, sensé guérir toutes les maladies.

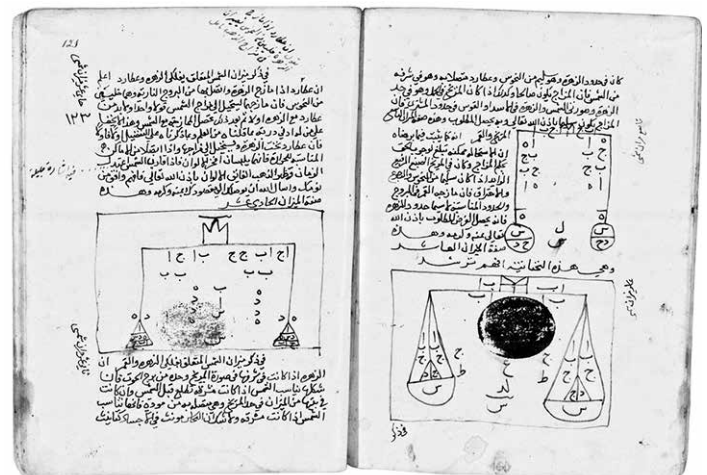
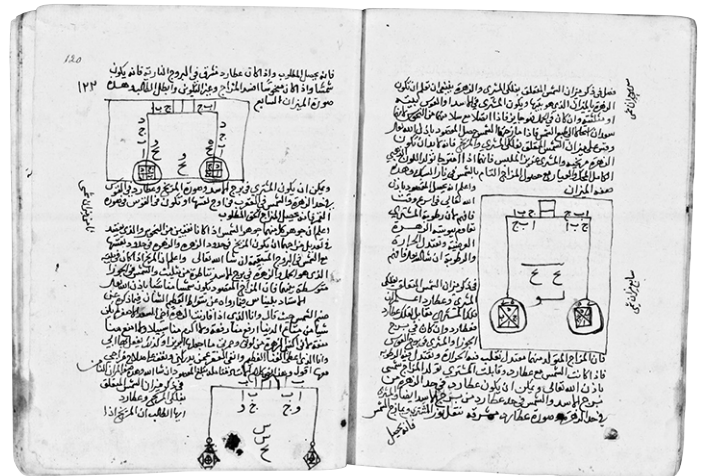
La chimie pratique reposait en revanche sur une démarche scientifique et se fondait sur l'expérimentation. Elle consistait à analyser des substances minérales, végétales et animales pour en connaître la constitution et à transformer et combiner ces substances afin d'en obtenir de nouvelles. Si certaines manipulations, telles que la calcination, la fusion et la sublimation, n'étaient motivées, souvent, que par la curiosité scientifique, d'autres répondaient à des demandes bien réelles de la société. Ainsi en va-t-il des expériences qui furent à l'origine d'une véritable production industrielle de savon, d'eau de fleur d'oranger et d'eau de rose (obtenues par distillation), de vinaigre (obtenu par fermentation) et de produits de beauté (mélanges subtils de différentes matières), très demandés par les couches aisées de la société.

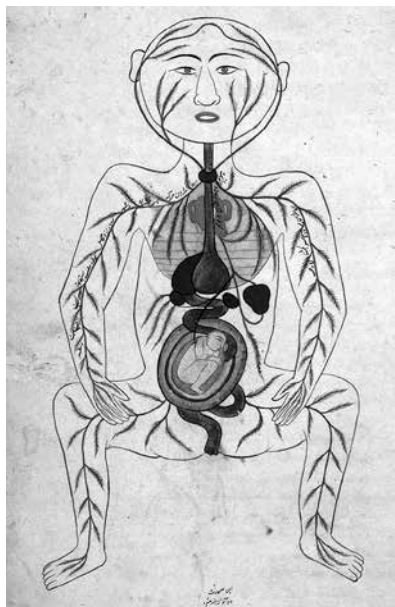
Parmi les grands noms de la chimie arabe, mentionnons Abû Bakr ar-Râzi, qui vécut à Bagdad au X^e siècle.

Aydamir ibn 'Alî al-Gîldakî ('Izz al-Dîn).
Les Secrets de la combinaison rendus intelligibles.
Édition 1561-1600. Source gallica.bnf.fr / BnF



Chapiteau d'alambic XII^e siècle, Iran.
© IMA.





Femme enceinte. Tashrih al-tawsir, mansur ibn Muhammad, Iran, 1672, British library. D. R.

Dès le premier siècle de l'islam, une médecine « savante » est enseignée en grec, en syriaque ou en persan. Mais il faut attendre le début du IX^e siècle et l'expansion de l'arabe, pour que des ouvrages de médecine commencent à être traduits dans cette langue.

À partir d'un riche héritage, pour partie d'origine indienne mais essentiellement constitué des traités d'Hippocrate (IV^e siècle av. J.-C.) et surtout de ceux de Galien (II^e siècle ap. J.-C.), la médecine arabe va innover dans différents domaines.

De nombreuses villes, comme Bagdad, Damas, Rayy, Kairouan, Cordoue sont le berceau de médecins de très haut niveau. Certaines sont dotées d'hôpitaux qui disposent d'une pharmacie, de salles de soins, et assurent l'enseignement de la médecine ; ceux du Caire et de Damas fonctionneront pendant des siècles (du IX^e au XV^e pour le premier, du XII^e au XIX^e pour le second). On y soigne les maladies du corps mais on y accueille également les malades mentaux.

Parmi les grands médecins arabes, mentionnons, pour le X^e siècle, al-Râzî pour ses contributions dans le domaine du diagnostic et du traitement de certaines maladies (la variole et l'asthme allergique) et al-Zahrâwî pour son chapitre original sur les instruments chirurgicaux de son *Livre sur la pratique* ; au XI^e siècle, Ibn

Sînâ (Avicenne) dont le fameux *Canon de la médecine*, traduit en latin, fera référence en Europe jusqu'à la fin du XVII^e siècle ; au XIII^e, Ibn al-Nafîs, le premier à avoir mis en évidence la circulation du sang vers les poumons (petite circulation).

En pharmacopée, les médecins arabes ont d'abord tiré leur savoir du *Livre des médicaments simples* de Galien et du *Traité des plantes* de Dioscorides, avant de les enrichir en rédigeant à leur tour une multitude d'ouvrages. Le développement de ce domaine a été le fait de pharmaciens, de botanistes et même de chimistes qui travaillaient indépendamment ; des certains d'auteurs arabes se sont ainsi penchés sur l'étude, la classification et la mise au point de médicaments. L'un des plus importants ouvrages en la matière est celui de l'Andalou Ibn al-Baytâr (XIII^e s.) qui décrit 1400 médicaments dont 400 étaient inconnus des médecins grecs. 🌿

Traité des plantes de Dioscorides. Grec ancien, 801-900. Annotations marginales en arabe. Source gallica.bnf.fr / BnF



IBN SÎNÂ (980/1037)

Abû Ali Ibn Sînâ (Avicenne pour les Latins) est né près de Boukhara en Asie Centrale.

Il apprend par cœur tout le Coran lorsqu'il a dix ans. À quinze ans, il achève sa formation de base en mathématique et commence l'étude de la médecine et de la philosophie qu'il termine avant d'avoir dix-huit ans. À 21 ans, il a déjà rédigé trois ouvrages de philosophie. De 1014 à 1020, il vit dans différentes villes d'Asie centrale, tout en menant des activités scientifiques et politiques.

À partir de 1023, il s'installe à Ispahan où il poursuit la rédaction de son grand projet philosophique, le *Livre de la guérison*. Ibn Sînâ est surtout célèbre pour son *Canon de la médecine*, un ouvrage monumental qui est une synthèse de la médecine arabe des IX^e-X^e siècles. Cet ouvrage a circulé dès le XII^e siècle en Europe et il y est devenu la référence des médecins jusqu'au XVII^e siècle.

La géographie

La géographie arabe couvre deux grands domaines : la géographie humaine et la cartographie. La première est née et s'est développée à partir du IX^e siècle pour répondre à des besoins à la fois politiques et économiques : il s'agissait de rassembler des informations sur les pays nouvellement conquis, sur leurs habitants et leurs activités.

La seconde s'est constituée à partir de l'étude de l'héritage grec, représenté par les œuvres de Marinus (I^{er} siècle) et de Ptolémée (II^e siècle).

Les ouvrages de géographie humaine traitent de trois grands sujets. Il y a la description des terres, des rivières, des mers et des îles. On y trouve aussi des informations sur les itinéraires et les distances entre les villes, sur les lieux stratégiques comme les frontières, sur les productions de chaque région. Un troisième thème rassemble les éléments curieux ou merveilleux qui se rapportent à tel ou tel endroit.

Parmi les livres les plus importants celui d'Ibn Hawqal, qui vécut en Orient au X^e siècle, et celui du Maghrébin al-Idrîsî, qui travaille à Palerme. L'Islam a compté de « grands voyageurs » qui ont rapporté, de leurs déplacements à travers les vastes territoires de l'empire et au-delà, des ouvrages d'une grande richesse complétant le travail des géographes. Les meilleurs exemples sont ceux de l'Andalou Ibn Jubayr (XII^e siècle) et, surtout, du Maghrébin Ibn Battûta (XIV^e siècle).

Le calife al-Ma'mûn (813-833) est le premier à avoir demandé à des scientifiques de réaliser une carte du monde. Ce sont des astronomes qui se sont chargés de cette tâche, vérifiant et corrigeant les coordonnées des villes mentionnées dans l'œuvre de Ptolémée avant de calculer celles d'autres villes de l'empire. Après eux, de nombreuses cartes, adaptées à différents utilisateurs, seront réalisées : des indicateurs de *qibla* permettant de diriger les prières vers La Mecque, des cartes-plans n'indiquant que les itinéraires pour les marchands ou les militaires, des portulans mentionnant les côtes et les ports pour les navigateurs.



Carte du monde connu, Al-Idrîsî.
Amusement pour qui désire parcourir les différentes parties du monde.
Célèbre traité de géographie, composé par Idrîsî, vers le milieu du XII^e siècle,
à la cour de Roger II, roi de Sicile. Source gallica.bnf.fr / BnF.

AL-IDRÎSÎ (m. 1166)
Muhammad al-Idrîsî, originaire de Ceuta, s'est formé à Cordoue. Au service de Roger II de Sicile (1113- 1154), il a été chargé d'actualiser les connaissances sur le monde habité et de réaliser une carte. Après quinze ans de travail, et avec l'aide de collaborateurs qui sont allés collecter les informations partout dans l'empire musulman, en Asie et en Europe, al-Idrîsî a réalisé deux cartes représentant toutes les régions du monde connu. La première est rectangulaire et elle se compose de 70 cartes partielles. La seconde était sous forme d'un globe en argent.

❖ VII^E-VIII^E SIÈCLES : L'ÈRE DE L'HÉRITAGE ET DE LA TRADUCTION

- ✦ Fondation de la première bibliothèque par le calife al-Walid 1^{er}.
- ✦ 762 fondation de Bagdad, la future capitale de l'empire musulman.
- ✦ 773 traduction en arabe du premier livre indien d'astronomie à la demande du calife abbasside al-Mansûr (754-775).
- ✦ 780 traduction des *Topiques* d'Aristote à la demande du calife al-Mahdi (775-785).
- ✦ 785-809 Mécénat de Hârûn al-Rashîd :
 - ▮ fondation de *Bayt al-hikma* (Maison de la sagesse), premier centre scientifique.
 - ▮ traduction par al-Hajjâj des *Éléments* d'Euclide.

❖ IX^E SIÈCLE : ÉMERGENCE DE LA SCIENCE ARABE

- ✦ 813-833 : règne du Calife al-Ma'mun :
 - ▮ Al-Khwârizmî publie le premier livre arabe sur le calcul indien (contenant les chiffres et le zéro) ainsi que le premier livre d'algèbre.
 - ▮ Programme d'astronomie financé par le calife.
 - ▮ Élaboration de la première carte du monde en arabe.
 - ▮ Vérification et correction des mesures de Ptolémée (astronome et géographe grec).
 - ▮ *Traité d'optique* d'Al Kindî (796-873).
 - ▮ Les frères Banû Mûsâ publient le premier livre arabe de mécanique.
 - ▮ 815 : traduction de la *Meteorologica* d'Aristote par Yahyâ al-Batrîq.
- ✦ 809-877 : traduction des œuvres médicales de Galien et d'Hippocrate par Hunayn Ibn Ishâq.
- ✦ al-Râzî (823-860), médecin et chimiste, le plus grand clinicien du Moyen Âge, identifie et décrit la variole.
- ✦ 851 : première description des côtes indiennes et chinoises par le géographes arabes.

❖ X^E-XIII^E SIÈCLES : APOGÉE DE LA SCIENCE ARABE

X^e siècle

- ✦ Livre d'algèbre d'Abû Kâmil (m. 930).
- ✦ Abd al-Rahmân al-Sûfî établit son catalogue des étoiles.
- ✦ 972 : fondation au Caire de l'université d'al-Azhar et de Dar al-hikma.
- ✦ *Traité de chirurgie* par Al-Zahrâwî (m. 1013)
- ✦ 991 : fondation à Bagdad par le vizir Sâbûr b. Ardachîr de *Dâr al-'ilm* (Maison du savoir), avec une bibliothèque de 10 000 volumes
- ✦ Ibn Yûnûs (m. 1009) établit des tables astronomiques d'une très grande précision.

XI^e siècle

- ✦ 980-1037 : Ibn Sînâ (Avicenne), médecin et philosophe. Il est l'auteur d'une encyclopédie, *Le Canon de la médecine*, qui restera longtemps le principal ouvrage de référence des sciences médicales en Orient et en Occident.
- ✦ 973-1048 : al-Bîrunî, l'un des plus grands savants musulmans, mathématicien, astronome et géographe. Il est l'auteur d'un célèbre traité d'astronomie, le *Qânûn al-Mas'ûdî*.
- ✦ Ibn al Haytham (m. 1041) : mathématicien et physicien. Son traité d'optique, *Kitâb al-manâzîr* a été enseigné et commenté en Europe jusqu'au XVII^e siècle.
- ✦ Ibn Khalaf de Tolède invente l'astrolabe universel.
- ✦ 'Umar al-Khayyâm (1048-1131) : astronome, mathématicien et poète persan. Il a élaboré la première théorie géométrique des équations cubiques.
- ✦ Al-Mu'taman (m. 1085) : grand mathématicien et roi de Saragosse. Son *Kitâb al-istikmâl* (*Livre de la perfection*) est une synthèse des mathématiques de son époque.

- ✦ Ibn Mu'âdh (m. 1079) : auteur du premier livre de trigonométrie publié, en arabe, sur le sol européen.
- ✦ Fin XI^e s. : Constantin l'Africain traduit en latin de nombreux ouvrages de médecine produits au Maghreb (Kairouan) ou en Orient (Bagdad).

XII^e siècle

- ✦ Al-Idrîsî (1099-1165/1186) réalise la carte du monde la plus élaborée (dédiée à Roger II de Sicile).
- ✦ Jâbir Ibn Aflah, astronome. Son livre *La réforme de l'Almageste*, traduit en latin, a fait connaître la trigonométrie arabe aux Européens.
- ✦ 1170 : essor de l'hôpital-école de médecine (*Bimaristân*) de Damas fondé par Nûr al-Dîn.
- ✦ Gérard de Crémone (m. 1187), chef de file des traducteurs en latin des sciences grecques et arabes.
- ✦ Ibn Rushd (Averroès) (m. en 1198), philosophe et médecin à Cordoue, auteur d'un grand traité de médecine *al-Kulliyat (le Colliget)*.
- ✦ Ibn Mun'im (Marrakech) (m. en 1228) : le premier mathématicien à avoir introduit la combinatoire comme chapitre des mathématiques.

XIII^e siècle

- ✦ Maïmonide (m. 1204) théologien et philosophe juif de Cordoue, auteur du *Guide des égarés* (écrit en arabe).
- ✦ 1228 : Fibonacci, le premier grand mathématicien européen, publie l'édition définitive de son fameux *Liber Abaci*, dont le contenu est inspiré de l'algèbre et du calcul arabes appris au cours de sa formation au Maghreb et en Orient.
- ✦ 1206 : al-Jazarî publie son traité de mécanique *De la théorie et de la pratique des automates*.
- ✦ Ibn Nafîs (1210-1288), médecin au Caire, fut le premier à décrire la petite circulation du sang.
- ✦ Nasîr al-Dîn al-Tûsî (m. 1274), mathématicien et astronome, directeur de l'observatoire de Maragha en Azerbaïdjan. Auteur de nombreux ouvrages d'astronomie.
- ✦ 1256-1321 : Ibn al-Bannâ, un des derniers grands mathématiciens du Maghreb, établit des résultats nouveaux en combinatoire.

✦ XIV^e-XV^e SIÈCLES : AMORCE DU DÉCLIN DE L'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

- ✦ Ibn al-Shâtir (m. 1375), grand astronome à Damas, a élaboré de nouveaux modèles du mouvement des planètes qui ont inspiré plus tard Copernic.
- ✦ 1421 : fondation de l'observatoire de Samarcande financé par le prince mongol Ulug Beg.
- ✦ Al-Kâshî (m. 1429), un des derniers grands astronomes des pays d'Islam. Il a calculé la valeur de π avec 16 chiffres après la virgule.
- ✦ 1486 : l'*Encyclopédie de médecine* d'al-Râzî est traduite en latin.
- ✦ Mordechai Finzi traduit, en hébreu, le livre d'algèbre d'Abû Kâmil (m. 930).