

**OBJETS DU MONDE AU MOYEN AGE**  
**SAVOIRS SCIENTIFIQUES, INNOVATIONS TECHNIQUES**

L'histoire des textes sacrés nous a montré à quel point, même à une époque où les voyages étaient dangereux et les sociétés sur la défensive, les histoires, les récits, les croyances se sont diffusées, certes lentement, mais à l'échelle de l'ensemble du Vieux monde. De ce point de vue, un texte voyageait plus facilement et plus longtemps qu'un homme, en adoptant des formes et des langues successives. Il en allait de même des savoirs scientifiques et des innovations techniques, lesquels ne connaissaient au Moyen Age ni frontière religieuse ni obstacle linguistique. Mais à la différence de la lente imprégnation des croyances véhiculées par les textes sacrés, la diffusion des sciences et des techniques a connu de brusques accélérations au Moyen Age. Nous allons donc nous intéresser à des moments singuliers de transfert des savoirs.

**1. L'héritage des Anciens et l'essor des sciences arabes**

La bassin oriental de la Méditerranée avait été le témoin, dans l'Antiquité, d'un remarquable essor des sciences dont la langue commune avait été pendant des siècles le grec. C'est en grec que Hippocrate au V<sup>e</sup> siècle avant notre ère, Aristote au IV<sup>e</sup>, Euclide, Eratosthène, Archimède au III<sup>e</sup>, mais également à l'époque romaine, au I<sup>er</sup> et II<sup>e</sup> siècle de notre ère, Strabon, Galien, Ptolémée, pour ne citer que les plus célèbres, avaient composé des œuvres majeures dans des disciplines aussi variées que la philosophie, la médecine, la géographie, les mathématiques. Mais la christianisation de la société romaine, à partir du IV<sup>e</sup> siècle surtout, entraîna la disqualification progressive de travaux scientifiques attachés dans les esprits à l'ancienne religion, ce polythéisme antique où les chrétiens voyaient un abject culte des idoles, et cessèrent progressivement d'être enseignées. Alexandrie, sans doute la plus grande ville de l'empire après Rome, devint le siège d'une grande école de théologie mais les institutions associées aux savoirs anciens, comme le Museion et la célèbre bibliothèque créés au III<sup>e</sup> siècle avant notre ère, étaient tombées en désuétude. On attribue souvent aux Arabes, qui s'emparèrent d'Alexandrie en 642, la destruction de la bibliothèque (on aurait brûlé les rouleaux pour chauffer les bains de la ville), mais il n'y avait sans doute plus beaucoup de livres à détruire à cette date... Quant à Athènes, réduite depuis longtemps au rang de petite bourgade, elle vit son temple (le Parthénon) transformée en église au VI<sup>e</sup> siècle, et son école philosophique

définitivement fermée en 529 sur ordre de l'empereur Justinien. Aussi est-ce dans des régions plus orientales, dans les monastères chrétiens de Syrie et d'Irak, dans les bibliothèques de villes comme Édesse ou Harran en Mésopotamie, pays de langue syriaque, que l'on trouvait les centres de culture hellénique les plus actifs de la fin de l'Antiquité.

La formation de l'empire arabe, à la suite des conquêtes des VII<sup>e</sup> et VIII<sup>e</sup> siècles, eut des conséquences majeures pour l'histoire des sciences en rassemblant sous une seule et même domination des pays où l'on conservait les derniers vestiges de la culture hellénique antique et des pays de tradition scientifique différente, en particulier l'Iran et l'ouest de l'Inde ; en donnant également au nouvel espace de civilisation ainsi formé une langue littéraire et savante commune, l'arabe ; en suscitant enfin des conditions sociales favorables à l'émergence d'un milieu scientifique grâce à l'essor urbain et l'accumulation spectaculaire des richesses de l'empire dans ses plus grandes villes et tout particulièrement dans sa nouvelle capitale, Bagdad. La curiosité intellectuelle et l'ambition universelle des premiers califes de la dynastie des Abbassides (750-1258), désireux de rassembler tous les savoirs du monde entre leurs mains, furent l'étincelle qui manquait encore pour un nouvel essor des sciences. Mais le plus remarquable dans l'histoire des sciences arabes, c'est bien la volonté explicite, assumée, de s'approprier l'héritage scientifique des Anciens et de le faire fructifier. L'essor des sciences arabes est indissociable d'un gigantesque effort de traduction du savoir grec en arabe.

- lecture de H. Bellosta
- bibliographie : *L'âge d'or des sciences arabes* (Actes Sud, IMA, 2005)

## **2. La *translatio studii* aux XII<sup>e</sup> et XIII<sup>e</sup> siècles**

Le développement des sciences en langue arabe ne s'est pas limité à l'Iraq abbasside, pas plus qu'il ne s'est interrompu à la fin du x<sup>e</sup> siècle. Le savant persan Nasir al-Din Tusi (1201-1274), pour qui les empereurs mongols firent construire le grand observatoire de Maragha, est ainsi l'une des personnalités majeures de l'histoire de l'astronomie et des mathématiques. Mais puisque notre propos est d'observer ce qui circule au Moyen Âge, nous allons nous intéresser à une deuxième phase de traduction de textes scientifiques, cette fois-ci, de l'arabe vers le latin, par laquelle les savants de l'Europe médiévale s'approprièrent une partie des connaissances scientifiques développées dans le monde islamique.

Le XII<sup>e</sup> siècle est une époque charnière dans les relations entre l'Islam et la Chrétienté. Après avoir longtemps été sur la défensive, les puissances chrétiennes font reculer l'Islam en plusieurs régions de Méditerranée : au

Proche-Orient avec les États latins de Terre sainte, en Sicile avec les rois Normands, en Espagne surtout avec les progrès de la « Reconquista ». Jacques Le Goff affirme par boutade que les Croisés n'ont rien rapporté d'Orient à part l'abricot ; la Sicile, en revanche, fut un lieu fructueux de contacts savants et vit l'émergence d'une culture syncrétique, où l'on écrivait aussi bien l'hébreu et l'arabe que le latin (que l'on pense à Idrisi et son *Kitab Rujar*). Mais c'est bien l'Espagne, l'Andalus conquis par les chrétiens, qui fut le principal théâtre de la *translatio studii*, le « déplacement des études » pour le plus grand profit des savants latins.

La ville de Tolède fut conquise par Alphonse VI de Castille en 1085. Dans les décennies qui suivent, de nombreux lettrés viennent de toute l'Europe y apprendre la langue arabe, avec l'aide de savants juifs ou mozarabes (chrétiens arabisés qui avaient vécu sous domination islamique) et entreprennent avec leur aide de traduire les grandes œuvres scientifiques en langue arabe. Ce qu'on traduit alors de l'arabe au latin, ce sont non seulement les textes antiques dont la version grecque n'avait pas subsisté (ou n'avait pas été retrouvée) comme les *Éléments* du mathématicien Euclide, mais aussi les travaux originaux en langue arabe. C'est à Tolède que fut traduite l'œuvre du mathématicien al-Khwarizmi (œuvre majeure pour les méthodes de résolution d'équations ; son nom est l'origine du mot *algorithme*), qui introduisit en Europe, entre autres, la numération décimale de position : 9 chiffres et le zéro (chiffres d'origine indienne dont nous avons adopté la version en vogue dans l'ouest du monde islamique, ce que nous appelons les chiffres arabes). C'est à Tolède que pendant trente ans, le grand traducteur Gérard de Crémone (m. en 1187) traduisit de l'arabe au latin des œuvres majeures comme l'*Almageste* de Ptolémée (m. ap. 168) ou le *Canon* d'Ibn Sina (l'Avicenne des Latins, m. en 1037). Le *Canon* d'Avicenne fut enseigné dans les facultés de médecine comme celle de Montpellier jusqu'au début du XVII<sup>e</sup> siècle.

C'est toujours à Tolède que, vers 1230, Michel Scot traduit de l'arabe au latin plusieurs commentaires de l'œuvre d'Aristote par le philosophe Ibn Rushd de Cordoue (l'Averroès des Latins), première tentative pour concilier la pensée d'Aristote et une religion révélée (autour de problèmes comme l'éternité du monde ou l'immortalité de l'âme). L'avérroïsme latin (ie. la lecture d'Aristote par Averroès) fut à l'origine de débats acharnés à l'université de théologie de Paris, conclus par l'interdiction officielle en 1277 de 219 « propositions » jugées non conformes à la foi (accusation de professer la « double vérité »). Mais l'influence d'Averroès resta forte en Europe comme en témoigne sa place ambivalente dans l'œuvre de Dante, placé avec Aristote dans les « Limbes des Anciens » alors même que Mahomet gît dans la 9<sup>e</sup> fosse du 8<sup>e</sup> cercle de l'enfer.

- bibliographie : Alain de Libéra, *Penser au Moyen Âge*, Point Seuil

L'histoire des sciences au Moyen Âge illustre combien des hommes appartenant à des cultures différentes pouvaient dialoguer entre eux, malgré ce qui les opposait par ailleurs (leur langue, leur religion). Des sciences comme les mathématiques, la géométrie, l'optique, l'astronomie sont des savoirs universels qui peuvent passer d'une langue à l'autre sans difficulté, sans perte de substance pour peu que soit créé le vocabulaire technique nécessaire. Dans le cas du latin, ce vocabulaire fut parfois forgé à partir de l'arabe : exemple l'algèbre (*al-jabr*). Même dans des sociétés où la religion est omniprésente et où l'intolérance est la règle à l'égard des autres croyances, les sciences ne connaissent pas les frontières. Une discipline comme la philosophie, en revanche, soulève d'autres questions : non pas des questions techniques puisque le vocabulaire philosophique peut faire l'objet du même travail sur la langue. Mais la réflexion philosophique peut se retrouver en contradiction avec les croyances d'une société. Les poèmes du philosophe et mathématicien persan Omar Khayyam (Nishapur, 1048-1131) trahissent des convictions contraires à la foi musulmane, comme la mortalité de l'âme, et suscitèrent l'accusation d'athéisme. Mais, de ce point de vue, philosophes arabes, hébreux et latins étaient dans la même situation, dans la mesure où ils appartenaient à des confessions semblables, le christianisme, le judaïsme et l'islam, trois monothéismes postulant la création de l'univers et l'immortalité de l'âme. Il y a là une différence majeure avec les mathématiques, langage universel que pouvaient partager Chinois, Indiens, Arabes et Latins, alors que la philosophie grecque n'a jamais élargi son audience au-delà du monde islamique. Aussi, ce ne sont pas les idées abstraites qui ont voyagé le plus loin au Moyen Âge, mais les savoirs les plus techniques.

### **3. Quelques transferts de technologie au Moyen Âge**

#### **Le papier**

L'écriture n'a pas attendu l'invention du papier pour se développer, sur de multiples supports : pour les écrits les plus communs, de simples tessons de céramique ou des os d'animaux ; des tablettes de cire ou des tablettes d'argile, qui n'avaient qu'une durée de vie limitée (les fameuses tablettes de Mésopotamie inscrites en écriture cunéiforme n'ont été conservées que parce qu'elles ont été accidentellement cuites lors d'incendies) et, pour les documents les plus précieux, le papyrus ou le parchemin. À l'époque antique, le papyrus était produit dans l'ensemble du Croissant fertile, même si l'Égypte en était le principal exportateur : la feuille était

réalisée à partir de lamelles de roseau macérées dans l'eau puis séchées et lissées. Relativement courant en Orient, le papyrus était à l'inverse un produit très recherché en Occident, utilisé pour les documents officiels des chancelleries royales. Quant au parchemin, il s'agit d'une peau animale, chèvre ou le plus souvent mouton, grattée, séchée et tendue. C'est sans aucun doute le support d'écriture le plus résistant et le plus durable, le plus cher aussi. Pour confectionner des livres de grande taille, comme des Bibles, il fallait abattre un grand troupeau de moutons afin de fournir le parchemin en quantité suffisante. La diversité des supports d'écriture dans l'Antiquité ne doit pas faire oublier leur caractère soit précaire soit rare et cher. Le livre relié (*codex*), qui avait éclipsé le *volumen* ou rouleau dans l'Antiquité tardive (sauf dans des usages ritualisés comme la Torah dans la religion juive) restait un objet précieux et recherché, et les bibliothèques de véritables trésors.

Dans ce contexte, l'introduction du papier fut une véritable révolution. La technique de fabrication du papier a été mise au point en Chine, sans doute au II<sup>e</sup> siècle avant notre ère. Un document sur papier datant du début de notre ère a été retrouvé récemment en Chine : il s'agirait du plus ancien exemple connu. Mais on associe souvent au papier le nom de Cai Lun, dignitaire de la cour impériale qui en 105 de notre ère en codifia la technique et en favorisa la production. Le papier est fabriqué de chiffons de chanvre ou de coton, deux fibres végétales, mis à macérer dans un bain de chaux avant d'être réduits en bouillie par des maillets. La pâte ainsi obtenue était recueillie sur un treillis métallique (la forme), égoutée puis déposée sur du feutre, avant d'être pressée pour en faire sortir toute l'eau. La feuille ainsi obtenue présente une face lisse et une face rugueuse, celle qui avait été au contact du treillis. Il fallait encore lisser la feuille à l'aide d'un polissoir, afin de boucher les pores du papier et éviter que l'encre ne s'y infiltre. On prit l'habitude également de placer au cœur de la feuille, avant son séchage, un fil de métal recourbé en forme de lettre ou autre : le filigrane, véritable marque de fabrique propre à chaque atelier et dont l'étude permet aux historiens de localiser et de dater la production de certains documents. Au total, il s'agit d'une technique relativement simple et de faible coût, utilisant une matière première facilement disponible (chanvre, lin, coton).

Il semble que les Chinois ont cherché à garder le secret de la fabrication du papier, comme pour l'élevage du ver à soie ou la porcelaine, secrets jalousement gardés. Ainsi, il faut attendre le VIII<sup>e</sup> siècle pour que la technique se diffuse. Les vastes conquêtes des Arabes les conduisent alors en Asie centrale, où le jeune empire islamique affronte l'empire des T'ang (618-907), lequel, au temps de sa plus grande extension, avait étendu son

influence jusqu'en Iran. En 751, l'affrontement des deux empires à la bataille du Talas (actuel Kirghizistan) se solde par la victoire des Arabes ; on raconte que des prisonniers chinois enseignèrent à leurs vainqueurs la technique de fabrication du papier. Il s'agit sans doute d'un mythe : ce qui est sûr en revanche, c'est que du papier fut produit en territoire islamique dès la fin du VIII<sup>e</sup> siècle, à Samarqand (actuel Ouzbekistan). Au x<sup>e</sup> siècle, on en produit en Irak et en Égypte ; au début du XII<sup>e</sup> s., au Maroc et en Espagne islamique (Andalus). Le papier fut d'abord adopté dans l'administration, pour la production de documents ordinaires, mais il est rapidement plébiscité par tous ceux qui utilisent l'écriture quotidiennement, comme les marchands, en raison de son faible coût par rapport au papyrus et au parchemin. La concurrence du papier explique d'ailleurs l'abandon complet du papyrus, que l'on a cessé de produire en Égypte au cours du XI<sup>e</sup> siècle. Mais le plus remarquable est que le papier, avec le perfectionnement des techniques de fabrication, devient également le support du livre, y compris du livre le plus sacré, le Coran. Même si le parchemin continue d'être utilisé, l'introduction du papier en Islam a été une véritable révolution technique, qui a largement favorisé l'essor de la culture écrite.

Invention chinoise, le papier a donc gagné l'ouest du monde par l'intermédiaire du monde islamique. Ce n'est donc pas une surprise si sa première apparition en Europe se situe dans une région où les relations commerciales avec l'Islam sont intenses : l'Italie (Fabriano, XIII<sup>e</sup> s). Des améliorations sont apportées à la fabrication du papier, en particulier pour le produire en plus grande quantité et à plus faible coût, par l'utilisation de la force de l'eau (moulins à papier). La nouvelle technique se diffuse dans toute l'Europe au cours du XIV<sup>e</sup> siècle, de la Provence à l'Allemagne (Nuremberg, 1390). Le papier est encore peu utilisé comme support de livres (à la différence de l'Islam), mais il est en revanche adopté massivement pour des usages ordinaires : lettres, comptes, documents administratifs. Ce que les historiens appellent la « révolution des archives » au XIV<sup>e</sup> siècle, l'inflation des documents produits par les institutions urbaines, ecclésiastiques, princières, est incompréhensible sans l'adoption du papier. En revanche, le parchemin reste jusqu'au XV<sup>e</sup> siècle le support privilégié des livres les plus luxueux, en particulier quand ils reçoivent des enluminures, et même la mise au point de l'imprimerie par Gutenberg vers 1450 ne le fait pas complètement disparaître.

## **2. La poudre à canon**

La poudre à canon est une autre invention chinoise, qui a fait le tour du monde au Moyen Age. Appelé « drogue à feu » (*huǒyào*), ce mélange explosive de salpêtre, de soufre et de charbon de bois est attesté dans des écrits chinois au VII<sup>e</sup> siècle (époque T'ang). Il semble que son usage pendant longtemps ne fut pas militaire : la poudre servait dans les expériences des alchimistes et pour la confection de feux d'artifice. C'est au XI<sup>e</sup> siècle seulement qu'un autre texte chinois signale un usage militaire, la confection de grenades à poudre, mais de manière très significative, ces grenades avaient surtout pour but de faire de bruit et d'effrayer les chevaux de l'adversaire par leur détonation. Ce fut pendant longtemps la principale utilité concrète des armes à feu sur le champ de bataille. C'est en Chine également que furent franchies les dernières étapes conduisant à la mise au point d'armes utilisant l'explosion de la poudre comme force de projection. Vers 1240, à l'époque des premières guerres mongoles, on utilisait des « javelots de feu qui volent » (*fei-ho-tsiang*), faits de tiges de bambou lançant des projectiles ; à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, sous la dynastie mongole des Yüan, on y fabrique les premiers canons en métal. Des premières recherches des alchimistes jusqu'aux réalisations des ingénieurs militaires, l'ensemble du cycle technique de la poudre à canon fut mené à bien en Chine.

La diffusion de ces innovations capitales vers l'ouest du monde est indissociable de la domination mongole. C'est dans le cadre des conquêtes mongoles que les armées du monde islamique, au Proche-Orient, furent les premières confrontées aux nouvelles armes à feu, plus effrayantes que véritablement meurtrières. Elles sont rapidement adoptées au début du xive siècle : en 1324, on sait que les armées de l'émir de Grenade utilisent des canons lors du siège de Huescar ; en 1326, on sait par un document d'archives que la République de Florence prévoit la fabrication de canons et de boulets de fer. Si la diffusion des armes à feu est passée d'abord par le monde islamique avant d'atteindre l'Europe, c'est en Europe que les progrès techniques les plus significatifs sont accomplis aux XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles. L'amélioration de l'efficacité des canons lors du siège de villes fortifiées, l'utilisation de canons embarqués sur des navires mais aussi sur le champ de bataille (comme arme de campagne et non plus seulement de siège), la mise au point au milieu du XV<sup>e</sup> siècle d'armes à feu portatives (arquebuses) utilisées par des fantassins (mais encore trop lourdes pour des cavaliers) sont à mettre au crédit d'ingénieurs italiens, bourguignons, allemands, à une époque où la métallurgie du fer connaît des progrès spectaculaires en Europe, à une époque également où l'Europe est en guerre et les besoins militaires plus pressants que jamais.

La diffusion des innovations au Moyen Age n'est pas à sens unique. Les progrès de l'artillerie européenne sont rapidement repris à leur compte par les armées islamiques. Ce sont les Ottomans, dynastie turque partie à la conquête des Balkans dans la seconde moitié du xiv<sup>e</sup> siècle qui la première se mit à l'école des artificiers et artilleurs serbes, bosniaques, hongrois. Les grands succès militaires des Ottomans aux xve et xvie siècles, tant dans la guerre de siège (1453 : prise de Constantinople) que sur le champ de bataille (1514, Chaldiran ; 1516, Marj Dabiq ; 1526, Mohacs) s'expliquent largement par l'efficacité de leur artillerie, en particulier par l'adoption très rapide de la technique du *wagenburg*. Forteresse mobile constituée de chariots enchaînés et défendus par des canons légers et des arquebuses, le *wagenburg* est mis au point en Bohême lors des guerres Hussites (1419-1436) et a tôt fait de se diffuser. Initiés par les combats qui les opposent aux Hongrois, notamment lors de la bataille de Varna (1444), les Ottomans s'en font une spécialité, au point qu'au xvi<sup>e</sup> siècle, dans l'Inde des Grands Moghols, la tactique du *wagenburg* (en turc ottoman, *tabur* ou *top arabalari*) portera leur nom : le *destur-i Rumi*, l'ordre de bataille ottoman.