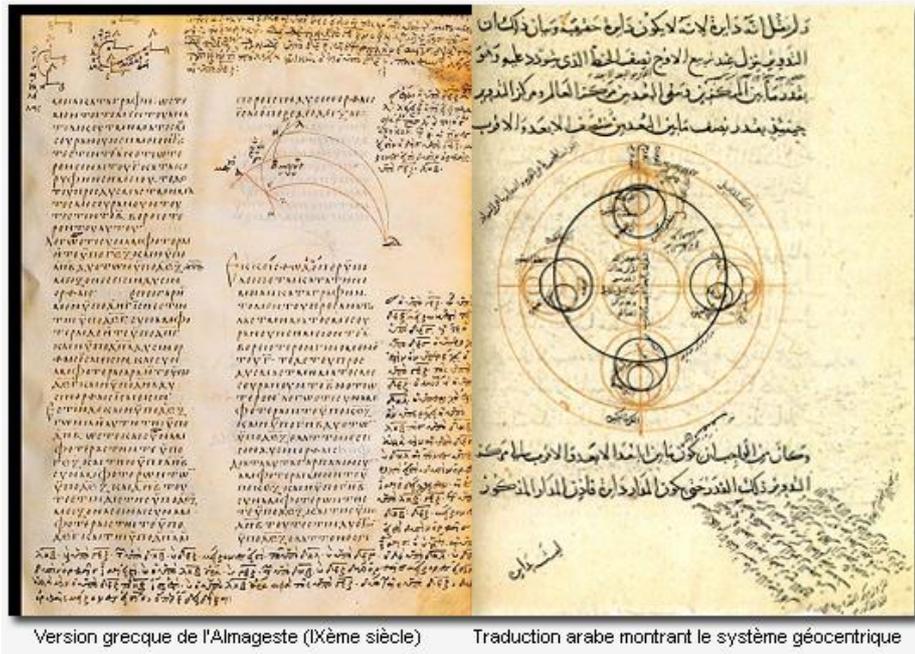


En suivant *La Composition Mathématique* de Claude Ptolémée

Comment la Composition Mathématique, ouvrage d'astronomie d'un grec-égyptien quasiment inconnu, dont le contenu, un modèle de description de l'univers qui va s'imposer pendant plus de 1000 ans, a-t-il traversé les siècles ?

Pour répondre à cette question, il faut circuler autour du Bassin méditerranéen et au Moyen-Orient, il faut côtoyer les plus grands savants et de nombreux inconnus qui ont permis la traduction et la circulation des manuscrits pendant 1300 ans.



Version grecque de l'Almageste (IX^{ème} siècle) Traduction arabe montrant le système géocentrique

1^{ère} étape. Alexandrie – Egypte- au milieu du II^e s. ap. J.-C.

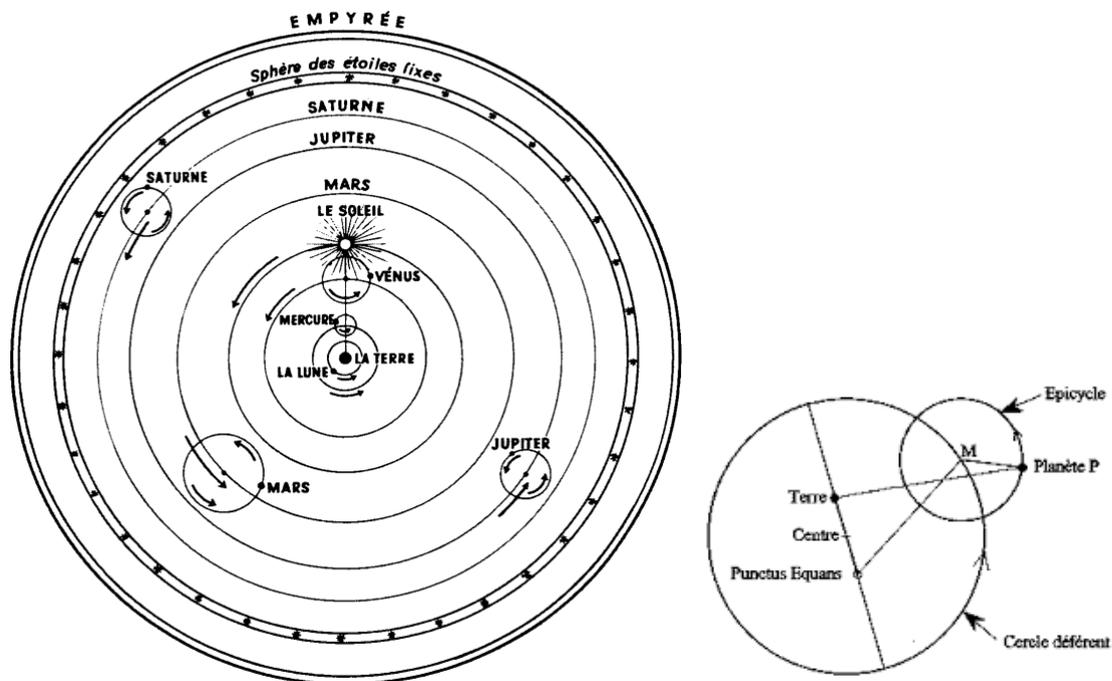
(d'après Violet Moller, *les Sept cités du savoir* ; Joëlle Fontaine, Arkan Simaan, *L'Image du monde des Babyloniens à Newton*)

Claude Ptolémée est un astronome, astrologue, géographe et mathématicien grec-égyptien qui vécut au II^e siècle de notre ère à Alexandrie. On sait peu de choses sur sa vie, il est surtout connu pour deux traités scientifiques : l'un d'astronomie *La Composition Mathématique*, la *Grande Composition* ou l'*Almageste* ; l'autre de géographie, *Géographie*, une synthèse des connaissances géographiques du monde gréco-romain. En astronomie, il est aussi l'auteur de tables astronomiques, **les *Tables Faciles*, et du *Livre des Hypothèses planétaires***, un traité suivant l'*Almageste*, moins mathématique, dans lequel il décrit l'aspect physique de l'univers.

Si Claude Ptolémée a pu écrire la Composition Mathématique c'est qu'Alexandrie lui offrait les conditions nécessaires à sa production. Des conditions qui n'étaient probablement pas présentes ailleurs : le Mouseion et la Bibliothèque du quartier royal fondés au début du

IIIe siècle avant. J.-C., étaient le principal centre intellectuel de l'empire romain (seulement concurrencé par Pergame ou Ephèse).

Son livre est un ouvrage de mathématiques, notamment de géométrie euclidienne. Le succès de la *Composition Mathématique* ne peut s'expliquer sans la référence à un autre grand livre grec : *les Eléments* d'Euclide (vers 300 av. J.-C.). Et comme les *Eléments*, l'ouvrage de Ptolémée est divisé en **13 livres** commençant par les connaissances mathématiques indispensables dans les livres 1 et 2, avant de se concentrer sur le Soleil, la Lune et les éclipses dans les 4 suivants, puis sur les 1022 étoiles. Les **5 derniers livres, qui traitent des planètes**, constituent la contribution la plus importante et la plus originale de Ptolémée à l'astronomie. Ptolémée appuya son travail sur les observations célestes réalisées par des astronomes antérieurs, babyloniens, grecs, tout en se livrant à des observations personnelles au cours de la période située entre 127 et 141 ap. J.-C. Il exploite des données d'observations sur presque 1000 ans.



Le **système géocentrique** de Ptolémée est complexe, il ne permet pas de décrire réellement l'orbite des planètes, mais permet de prévoir assez correctement leur position. Son système respecte les dogmes des astronomes antiques : **l'immobilité de la terre au centre de l'univers, les trajectoires circulaires des astres et leurs mouvements à vitesse uniforme**. Pour y parvenir il conçoit un système à excentriques (la Terre est excentrée par rapport au centre du déférent), à épicycles (l'orbite de la planète est une combinaison de deux cercles : le déférent et l'épicycle) et à équants (la vitesse angulaire de déplacement est uniforme par rapport au point équant). Ces artifices sans aucun rapport avec la réalité permettent de « **sauver les apparences** », **c'est-à-dire d'ordonner de rendre intelligible le**

désordre apparent : mouvement rétrograde des planètes et leurs variations de vitesse et de luminosité.

Par la suite, pour réduire les imperfections, les astronomes introduiront d'autres épicycles.

Au temps de Ptolémée la Bibliothèque d'Alexandrie est à son apogée avec probablement plus de 400 000 rouleaux de papyrus. Puis le centre culturel décline à cause de plusieurs catastrophes et destructions jusqu'à la conquête arabe au VIIe s. Ce sont les **collections privées** qui vont jouer un rôle essentiel dans la transmission du texte de Ptolémée, notamment sous la forme de codex, de livre en parchemin. Le texte semble avoir peu circulé (et traduit en latin ?) dans la partie occidentale de l'empire romain, ce qui fait qu'il disparaît à la chute de celui-ci. Dans les siècles suivants, ce ne sont que des abrégés ou des commentaires qui vont être lus. Au contraire dans la partie orientale de l'empire, la *Composition Mathématique* a connu un grand succès et a dû être recopiée à plusieurs reprises, contrairement à d'autres textes astronomiques précurseurs qui ont disparu (Hipparque, Aristarque de Samos par exemple).

2^{ème} étape. Dans le monde arabo-musulman du VIIIe au XIIe s. : la traduction et la recherche

(d'après Ahmad Djebbar, *Une histoire de la science arabe*).

Dans le monde musulman l'astronomie constitue, avant même les mathématiques, la première science qui s'est développée. Les causes de cette précocité sont nombreuses : **impératifs liés à l'agriculture** avec les livres des saisons ; **impératifs religieux** liés à la connaissance du temps des prières et des dates du ramadan avec les livres de la détermination du temps ; **besoin de connaître l'avenir** avec l'astrologie, malgré la condamnation des religieux.

Mais se manifeste aussi parmi les savants le **besoin de connaître les lois régissant les mouvements des astres** (une astronomie mathématique) et l'envie de représenter l'univers (une astronomie « physique »). Dans le monde arabe, la **production d'ouvrages d'astronomie** dépassera largement celle des ouvrages mathématiques. Il va recueillir différentes traditions scientifiques préislamiques qui vont être à l'origine des premiers travaux arabes en astronomie : les traditions grecque, indienne, persane, syriaque et babylonienne. Les traditions non grecques vont être mises à profit pour une étude perfectionnée de l'œuvre de Ptolémée avec de nouveaux outils mathématiques.

Les premières traductions en arabe de *La Composition Mathématique* date du VIIIe s., elles sont faites à partir de copies en syriaque, puis en grec. Ce sont les Arabes qui vont

donner son nom actuel au texte : ***l'Almageste, Al mijisti, la Très grande***. Les deux grandes traductions qui nous sont parvenues sont celles **d'al-Hajjaj Ibn Yusuf ibn Matar** (un astronome de Bagdad du début du IXe s. qui traduisit aussi les *Eléments* d'Euclide) et **d'Hunayn ibn Ishaq** (un traducteur chrétien du IXe s.) corrigée par **Thabit ibn Qurra** (un mathématicien et traducteur syrien).

Très vite des auteurs arabes ont **commenté et abrégé l'oeuvre de Ptolémée** pour la rendre accessible aux étudiants : **Al Farghani** (un astronome ouzbek du IXe s.) avec son *Introduction à l'Almageste* (IXe s.), **Thabit Ibn Qurra** avec sa *Facilitation à l'Almageste* (IXe s.). A cette époque l'influence grecque est dominante chez les astronomes musulmans.

Par la suite peu d'astronomes vont se risquer à remettre totalement en cause le géocentrisme. Al Biruni, au début du XIe s., émet l'hypothèse de la rotation de la terre, qu'il attribue à des savants indiens. Il est néanmoins conscient que cette hypothèse crée des difficultés difficiles à résoudre qu'il compare à celle de l'immobilité de la terre. L'astronomie « physique » reste fidèle à la pensée aristotélicienne.

Les auteurs arabes vont surtout tenter **d'améliorer le modèle géocentrique**, quitte à porter des critiques importantes contre celui-ci car il est jugé trop complexe ou sans existence physique. En Espagne, des astronomes des XIe et XIIe s., pour résoudre les problèmes des positions apparentes de Mercure et de Vénus, proposent de les placer au-delà du Soleil. Cette hypothèse est connue des Européens aux XIVe et XVe s. Le grand Averroès, Ibn Rushd (XIIe s.), dans son *Commentaire de la physique d'Aristote*, fera la critique de la physique d'Aristote et proposera de remplacer les deux mouvements de l'épicycle et de l'excentrique par un seul mouvement hélicoïdal.

Ce sont des nouveaux outils mathématiques qui vont permettre de simplifier les calculs, corriger l'oeuvre de Ptolémée et proposer des tables astronomiques nombreuses et précises.

D'abord de **nouveaux chiffres et une nouvelle numération**. Les Grecs utilisaient plusieurs systèmes, celui de l'ouvrage de Ptolémée utilise une numération alphabétique (1 chiffre ou 1 nombre = 1 lettre grecque), une base 60 et le 0 comme chiffre. Les Grecs ont une **trigonométrie fondée sur la corde**, c'est-à-dire la longueur d'un segment entre deux points opposés au 3ème et formant un angle alpha. Pour chaque angle est calculé une longueur de corde. Puis en établissant des égalités de rapport ou des relations entre les parties de triangles, ils parvenaient à déterminer des approximations de mesures d'angles ou des longueurs.

Les **perfectionnements vont porter sur les outils trigonométriques**, c'est-à-dire sur les mesures des angles et des distances dans les triangles, mais aussi dans la sphère

(trigonométrie sphérique). Au Xe s. **Abu Al-Wafa introduit le cercle trigonométrique** de rayon 1. La trigonométrie utilise l'arithmétique à base 10 et à base 60 (cercle divisé en 360 parties). Ces outils vont permettre de construire **des tables astronomiques, les Zīj, intégrant des tables des sinus (en fait, la demi-corde), puis des cosinus et des tangentes pour des angles de plus en plus petits.**

Durant toute la période, les autorités politiques ou religieuses n'ont jamais tué un savant parce que son activité et ses thèses astronomiques ne leur plaisaient pas. Les foyers de l'astronomie arabe sont l'Irak au VIIIe et IXe s. (Bagdad, Maison de la Sagesse), l'Égypte, l'Espagne au IXe s. (Cordoue) et la Transoxiane (Ouzbékistan actuel).

3^{ème} étape. En Espagne du Xe au XIIe s. : les difficultés de la traduction

(d'après Violet Moller, *les Sept cités du savoir*)

Comment l'Almageste est-il arrivé en Espagne, à Cordoue ? **A Cordoue** sont réunies les conditions d'un épanouissement culturel et scientifique : un califat prospère, stable des règnes **d'Abd ar-Rahmân** au VIIIe s. à **Al-Hakam** à la fin du Xe s., qui attire des lettrés de tout le monde arabe et accorde des droits à la minorité juive, laquelle va jouer un rôle capital dans la transmission de la science au cours des siècles ultérieurs. Sous Al-Hakam la **bibliothèque royale** enfermait 400 000 titres selon les sources et employait 500 personnes. Plusieurs centaines de personnes travaillaient dans l'industrie des scribes pour produire plusieurs dizaines de milliers de livres chaque année, surtout destinés aux bibliothèques privées. Cordoue était le plus grand marché de livres en Occident. Au IXe s. le prix des livres était monté si haut que des savants se plaignaient que ceux qui possédaient les livres ne le faisaient que pour « établir leur réputation parmi les chefs de la ville ». Dans la mosquée de Cordoue est fondée une école scientifique qui adapte les Zīj aux coordonnées de Cordoue et étudie l'Almageste.

A partir du XIe s. la prospérité de Cordoue n'est plus, la bibliothèque est détruite sous l'influence de religieux conservateurs et de nombreuses collections privées sont éparpillées dans Al-Andalous, à Tolède, Saragosse... Cependant Al-Andalous demeure un foyer culturel d'importance durant les siècles suivants, puisqu'en 1499, quand le cardinal fanatique **Jiménez de Cisneros** arrive à Grenade, il fit vider les bibliothèques et fit brûler 2 millions de livres en langue arabe !

Mais la Reconquista va d'abord mettre les Occidentaux au contact de la science arabe, notamment à Tolède au XIIe s.

« **Par amour de l'Almageste il quitte sa patrie** », c'est par ces mots se trouvant dans la préface de l'une de ses traductions que sont évoquées les raisons ayant conduit **Gérard de**

Crémone (1114-1187) à Tolède vers 1150. On ne sait presque rien sur sa vie, mais c'est sa traduction de l'Almageste de l'arabe en latin qui sera utilisée les siècles suivants en Europe et le rendra célèbre.

Il fait partie d'un vaste mouvement de traduction des œuvres scientifiques grecques et arabes qui eut lieu en Espagne et en Italie à partir du XIe s. Une première traduction de l'Almageste a lieu en Sicile au début du XIIe s. par un traducteur anonyme venu de Salerne à partir d'une copie apportée de l'empire byzantin par le traducteur et homme politique italien d'origine grecque Henri Aristippe. Cette traduction est perdue. Les traductions dans les villes de contact entre royaumes chrétiens et Al-Andalous débutent au XIe s. et concernent des ouvrages scientifiques et religieux. C'est en 1142 que l'abbé de Cluny, Pierre le Vénérable, demande à plusieurs auteurs d'entreprendre une traduction du Coran.

1150, Gérard de Crémone s'installe à **Tolède**, y apprend petit à petit l'arabe et se consacre à la traduction en latin des textes scientifiques les plus importants (environ **71**). Sa première traduction est l'Almageste ! Tolède est déjà un centre astronomique important puisqu'au siècle précédent l'astronome **Al-Zarqâli (Azarchel)** avait établi des Zîj pour la ville, les Tables tolédanes, et pensait que l'orbite de mercure ne pouvait être circulaire. Il est surtout reconnu pour avoir créé **un astrolabe universel, la saphea**, utilisable sous n'importe quelle latitude. Il quitte Tolède en 1085 lorsque la ville est conquise par le roi Alphonse VI.

Pour Gérard de Crémone apprendre l'arabe n'est pas une mince affaire car il faut apprendre l'alphabet, l'écriture et comprendre le système élaboré de signes diacritiques. Pour cela il pouvait compter sur des juifs et des mozarabes souvent bi ou trilingues. Il s'entoura d'un certain Ghâlib qui lui apprenait l'arabe au fur et à mesure de la traduction. Il est aussi probable que Gérard de Crémone se soit entouré de personnes qui lui traduisaient le texte arabe directement en latin (ce point est controversé). Pas une mince affaire également que de trouver un ou plusieurs exemplaires de l'Almageste car l'achat d'un manuscrit était compliqué dans la mesure où les marchands andalous avaient ordre de ne pas vendre les livres de science arabes aux chrétiens. **Gérard de Crémone n'a pas lu et traduit les commentaires et les abrégés de l'oeuvre de Ptolémée, n'a pas travaillé les Eléments d'Euclide avant de s'attaquer à l'Almageste, ce qui accroît les erreurs potentielles de traduction.** Ces erreurs peuvent être de plusieurs ordres :

Erreurs de lecture (omissions, lectures erronées, chiffres et nombres défectueux dans des manuscrits peu fiables) ;

Erreurs d'interprétation ;

Méprises, contresens ;

Erreurs dans la traduction de noms, termes ou d'objets non familiers. Il latinise ou garde les mots arabes inconnus ;

Des difficultés à retranscrire fidèlement et simplement en latin sont apparues puisque Gérard de Crémone a choisi **la traduction littérale des mots et expressions arabes**.

Gérard de Crémone avait des **élèves**, dont l'anglais Daniel de Morley, ce qui a pu laisser penser qu'en fait les 71 traductions ont pu être le résultat de cours dispensés oralement et pris en note par les élèves. Ce qui expliquerait pourquoi ses traductions ne sont pas signées. Les élèves de Gérard de Crémone ont participé à la diffusion de l'Almageste en Europe occidentale. Il existe aujourd'hui 52 copies de la traduction de Gérard de Crémone dont 13 à la BNF.

4^{ème} étape. En Europe chrétienne du XVe- XVIe s.



L'Almageste reste néanmoins peu connu jusqu'au XVe s. La situation change avec les débuts du courant humaniste, lequel s'attache à redécouvrir les auteurs et les textes grecs. Le souci de retrouver les textes originaux, peu altérés par les copies, se double d'une relecture de la pensée philosophique grecque, notamment celle de Platon.



Johannes Müller von Königsberg, dit **Regiomontanus** 1436-1476 ; Cardinal Bessarion (1403-1472) et le pape Nicolas V (1397-1455) ; **Georges de Trébizonde** 1396-1472

Au **XV^e** siècle, **une version grecque de la Composition Mathématique, venue de Byzance avec Jean Bessarion**, apparaît en Europe occidentale. **Johannes Müller, mieux connu sous le nom de Regiomontanus** (1436-1476), élève du professeur d'astronomie et de Mathématiques à Vienne, **Georg von Peurbach**, en fournit vers 1460 une version abrégée et commentée en latin, **l'Épitomé**, à l'instigation de Jean Bessarion.

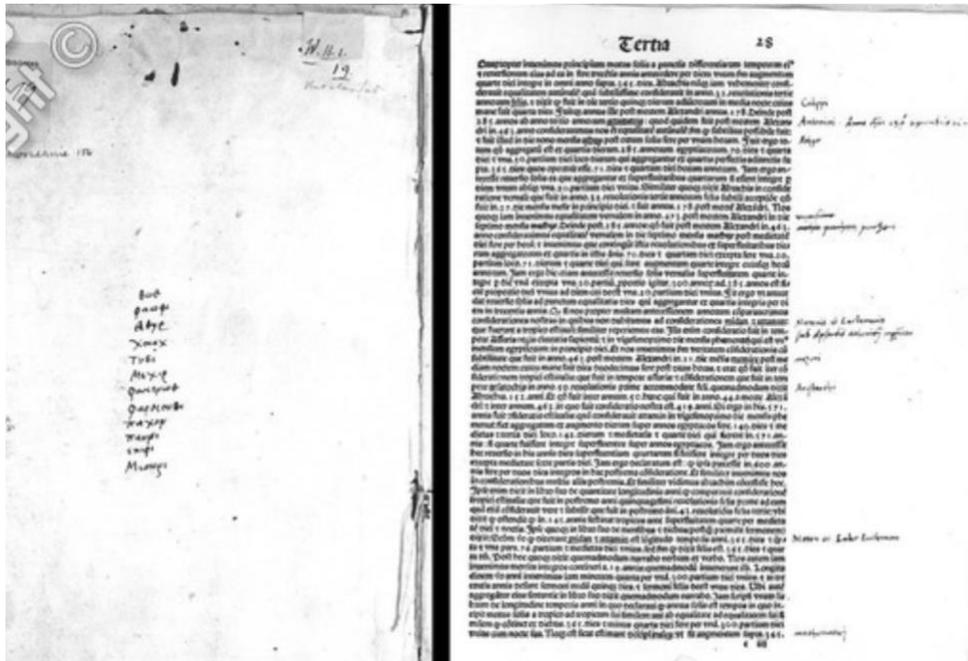
Jean Bessarion, clerc de l'Église orthodoxe, est envoyé en Occident dans les années 1430, pour tenter une unification des Églises chrétiennes. À son rôle de diplomate, il associe celui de transmetteur des idées et des livres entre les mondes grecs et latins. Bessarion fit si forte impression sur les Italiens que le pape le **nomma cardinal et lui permit de vivre à Rome**. Sa villa se transforma en bibliothèque et scriptorium, il y réalisa lui-même des traductions.

L'Épitomé a été un jalon de la transmission de l'Almageste. Plus accessible par sa longueur (la moitié de celle de l'original), l'ouvrage est clair et bien structuré et intègre des théories dues à une multitude d'autres astronomes, parmi lesquels Thâbit Ibn Qurra et Al-Zarqâli. Il **reposait sur la traduction latine de Gérard de Crémone, complétée par une copie grecque appartenant à Bessarion**. **La Copie de Bessarion servira de modèle à la première édition imprimée de l'Almageste en grec publiée à Bâle au milieu du XVI^e s. L'Épitomé quant à lui fut imprimée à Venise** et s'imposa comme un manuel classique du programme universitaire et permit aux astronomes à venir –Copernic, Brahe, Kepler, Galilée- de découvrir le système de Ptolémée. Bessarion et Regiomontanus poursuivirent leur collaboration en Italie, dans la villa de Bessarion, où la bibliothèque était considérée comme l'une des plus richement dotées (d'après Violet Moller, *les Sept cités du savoir*, p. 251-254). En 1467 Regiomontanus décide de rentrer en Autriche où il élargit son répertoire de publications de titres d'Euclide ou de Ptolémée. Bessarion lègue sa bibliothèque à la république de Venise au moment où la ville devient un grand centre d'imprimerie.

Au même moment, une traduction complète du grec au latin est réalisée par **Georges de Trébizonde** en 1451 (publiée à Venise en 1528). Ce travail de traduction, effectué sous le patronage du pape Nicolas V est de bonne qualité. Georges de Trébizonde (1396-1472) est un crétois qui a reçu une éducation latine et grecque -la Crète est sous domination vénitienne- et qui vécut en Italie où il traduisit et enseigna les auteurs grecs, Aristote surtout. De mauvais caractère, le philosophe a des démêlés avec sa famille et de nombreux intellectuels ou clercs de son temps. Finalement son travail est modestement apprécié et fortement critiqué. Le pape refuse de dédicacer sa traduction de Ptolémée et le travail de Regiomontanus prédomine durant le siècle suivant.

La pape humaniste Nicolas V au milieu du XVe s. transforma la Bibliothèque vaticane en envoyant des émissaires partout en Europe pour rechercher des manuscrits. A sa mort en 1455, elle comprenait 1200 manuscrits, dont des copies des *Éléments* d'Euclide et l'*Almageste*.

CC : Et Copernic ?



Il a lu et utilisé une version de l'*Almageste*. Le Vatican possède une copie de la traduction de Gérard de Crémone éditée à Venise en 1515 qui a été annotée par Copernic. Copernic qui connaît le grec y écrit les noms des mois égyptiens, estropiés dans la traduction qu'il possède (image). En 1539, Rheticus lui apporte une édition imprimée en grec plus fiable afin de corriger son texte. On possède un autographe de Copernic dans lequel on perçoit qu'il (ou Rheticus ?) recopie littéralement le texte grec dans les livres V et VI du de *Revolutionibus*. Des ratures montrent qu'il commet des fautes de copiste.

Guédon Jean-Jacques, Ciel d'Aunis
guedon-jean.jacques@orange.fr