مركز ابن البنّا المراكشي
للبحوث والدراسات في تاريخ العلوم في الحضارة الإسلامية

المملكة المغربية
الرابطة المحمدية للعلماء

Méthodes et concepts développés par les mathématiciens des pays de l'islam: l'éxemple de la trigonométrie[1]

Driss Lamrabet
Université M5,Rabat

www.arrabita.ma

Méthodes et concepts développés par les mathématitiens des Pays de l'islam: l'exemple de la trigonométrie(1)

Driss Lamrabet
Université M5, Rabat

Le but dans ce qui suit est de donner un bref aperçu sur les contributions des savants de l'Islam au domaine de la trigonométrie. Il ne s'agit donc pas d'exposer l'histoire de cette discipline, mais

---

(1) Dans les classifications anciennes des sciences, cette branche n'est pas mentionnée. Elle était diluée dans la Sphérique. La trigonométrie s'occupe du calcul des éléments (dont: angles, côtés) d'un triangle (dont: angles, côtés) à partir d'autres éléments supposés connus. Elle est donc basée sur la géométrie. Dans la présentation moderne de cette science, le cosinus et le sinus sont définis respectivement comme l'abscisse et l'ordonnée d'un point M (cos α, sin α) du cercle unité centré à l'origine O, α étant l'angle de OM avec l'axe des abscisses. Les fonctions sinus et cosinus occupent une place importante en mathématiques et en physique. Par exemple, de nombreuses équations différentielles ont pour solution des combinaisons de telles fonctions. De même, on démontre (théorème de Fourier) que toute fonction numérique f d'un intervalle [a,b] dans R s'écrit, sous certaines conditions, comme la somme d'une série trigonométrique (dite de Fourier), traduction mathématique du fait physique selon lequel tout phénomène périodique est une superposition de phénomènes sinusoïdaux.

uniquement d'illustrer, à travers un certain nombre d'exemples, les apports des mathématiciens de la civilisation islamique. Nous assistons avec ces mathématiciens à un changement de statut de la trigonométrie. De simple outil mathématique en astronomie, elle devient objet d'étude en soi et se constitue en discipline autonome avec ses concepts et ses méthodes propres.

I-LES DEBUTS DE LA TRIGONOMETRIE

1.1 Mésopotamie, Egypte

Etymologiquement, le terme "trigonométrie" signifie "mesure des trois angles" (d'un triangle).

Les Babyloniens divisèrent le cercle en 360 degrés, le degré en 60 minutes et la minute en 60 secondes, et utilisaient un système de numération positionnelle de base soixante. Notons que la corde de 60° est égale au rayon du cercle. Babyloniens et Egyptiens avaient déterminés les latitude et longitudes de nombreuses étoiles sur la sphère céleste par rapport à l'écliptique (plan de la trajectoire annuelle apparente du Soleil).

1.2 Inde

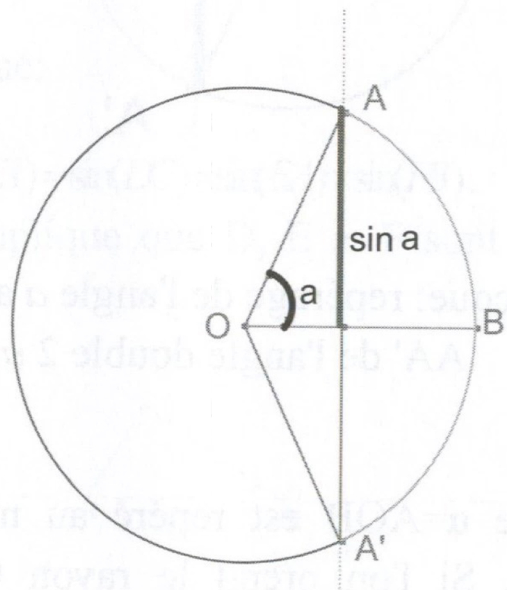
On trouve l'usage du sinus(1) dans le *Sulba Sutras* entre 800 et 500 av. J.C., et plus tard dans les *Siddhanta*. Le sinus est défini en utilisant la moitié d'un angle et la moitié d'une corde; on y trouve aussi les définitions du cosinus, de l'inverse du sinus verse, et une table des fournissant les valeurs du sinus et de (1-cosinus) pour des angle de 0°

(1) Aryabhata utilisait le mot arda-jiva (demi-corde), dont l'abréviation jiva donna jiba (جب), altéré en jayb (جيب) au XIIe siècle par les traducteurs latins de Tolède et rendu en latin par sinus.

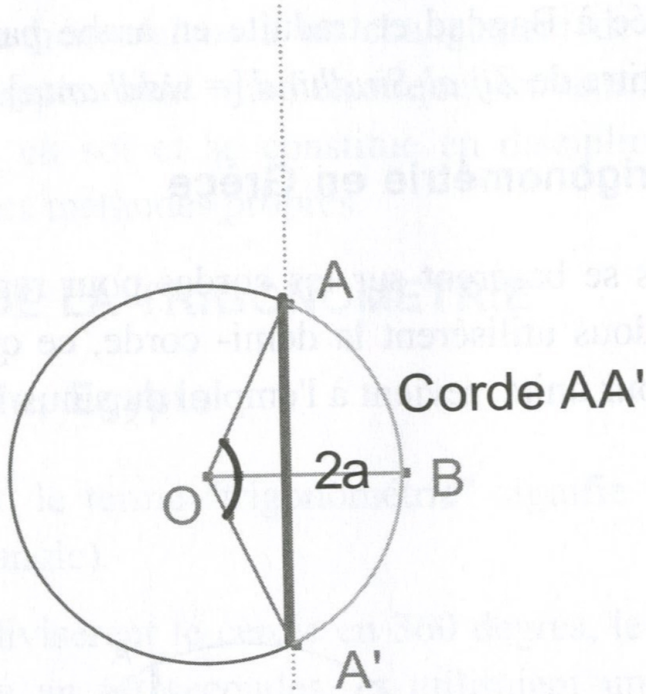
à 90° avec quatre décimales. L'astronomie indienne a été connue en pays d'Islam dès le VIIIe siècle. Une version des *Siddahanta* fut en effet apportée à Bagdad et traduite en arabe par al-Fazari en 771 ou 773 sous le titre de *Zij al-Sindhind* [= *siddhanta*] *al-kabir*.

1.2 La trigonométrie en Grèce

Les Grecs se basèrent sur les cordes pour repérer un angle, tandis que les Hindous utilisèrent la demi- corde, ce qui, pour un cercle de rayon pris pour unité, revient à l'emploi du sinus.



Trigonométrie indienne: repérage de l'angle *a* au moyen de son sinus.



Trigonométrie grecque: repérage de l'angle *a* au moyen de la corde AA' de l'angle double 2 *a*

L'angle au centre α=AOB est repéré au moyen de la corde de l'angle double 2 α. Si l'on prend le rayon OB=1, cela revient à considérer $corde(AA') = 2\sin a$. En particulier, aire(OAB)= sin *a*.

On attribue à Hipparque de Nicée (vers 180 A.C- vers 125 A.C.) l'élaboration de la première table des cordes. Cet astronome catalogua 850 étoiles dont il donna la latitude et la longitude par rapport à l'écliptique. Ménélaüs (100 av. J.C.) démontra un important théorème. Ptolémée se basa énormément sur ce théorème dans l'Almageste; il sera également très utilisé dans les pays de l'Islam. Vu son importance historique, nous en donnons l'énoncé moderne dans le plan et sur la sphère:

Théorème de Ménélaüs: i)Triangle plan

Si les côtés d'un triangle ABC sont coupés par une droite aux points D, E et F, alors:

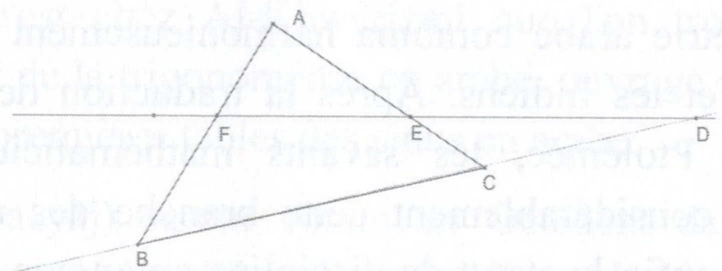
$\frac{\overline{DB}}{\overline{DC}} \times \frac{\overline{EC}}{\overline{EA}} \times \frac{\overline{FA}}{\overline{FB}} = 1$. Chez Ptolémée, elle est écrite:

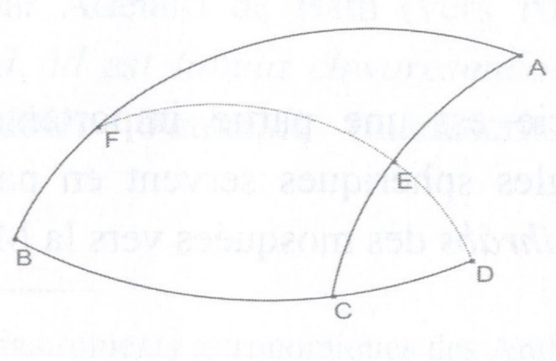
$\frac{\overline{DB}}{\overline{DC}} = \frac{\overline{EA}}{\overline{EC}} \times \frac{\overline{FB}}{\overline{FA}}$ Relation écrite souvent aussi:

$\overline{DB} \times \overline{EC} \times \overline{FA} = \overline{DC} \times \overline{EA} \times \overline{FB}$. Réciproquement, cette relation implique que les points D, E et F sont alignés.

ii) Triangle sphérique:

$\sin(DB)\times\sin(EC)\times\sin(FA)=\sin(DC)\times\sin(EA)\times\sin(FB)$. Réciproquement, la relation précédente implique que D, E et F sont situés sur un même grand cercle.





Ptolémée (vers 100 – 178 ap. J.C) est élèbre comme auteur de *Mathematike Syntaxis* (*Collection mathématique*) devenu *l'Almageste* المجسطي dans sa traduction en arabe. Cet ouvrage présente une théorie mathématique de l'astronomie, contient une table trigonométrique et une table des cordes pour des angles de 1/2° à 180° par intervalle de 1/2°. Ptolémée démontra un théorème qui porte encore son nom:

Théorème de Ptolémée: Si ABCD est un quadrilatère inscriptible, alors le produit des diagonales est égal à la somme des côtés opposés: $AC \times BD = AB \times DC + AD \times BC$.

Il en déduisit des relations qui lui permirent de construire sa table des cordes. Cela permettait de résoudre des problèmes où seuls interviennent les sinus et cosinus, mais non la tangente, nécessitant la division d'une corde par une autre supplémentaire.

II- L'APPORT DES SAVANTS DE L'ISLAM. L'AUTONOMISATION DE LA TRIGONOMETRIE

La trigonométrie arabe combina harmonieusement ce qui existait chez les Grecs et les Indiens. Après la traduction de Siddahanta et l'Almageste de Ptolémée, les savants mathématiciens de l'Islam développèrent considérablement cette branche des mathématiques, pour lui donner enfin le statut de discipline autonome à partir du XIe siècle. De nombreux savants, tant de l'Orient que de l'Occident musulman, participèrent à ce développement. Nous en citerons quelques uns.

La trigonométrie est une partie importante des mathématiques arabes. Les triangles sphériques servent en particulier à déterminer l'orientation des *mihrâbs* des mosquées vers la Mecque.

2.1 L'invention de la tangente et de la cotangente

Pendant assez longtemps, l'invention de ces fonctions était attribuée à Regiomontanus. M. Sédillot[1] est l'un des premiers à avoir rectifié cette erreur.

Al- Khwârizmî, Abû 'Abd Allah Mohammed ben Mûsâ الخوارزمي، أبو عبد الله محمد بن موسى (vers163 - vers 235/ 780-vers 850), savant originaire de Khiva (ville de l'actuel Ouzbekistan) qui vécut à Bagdad, est célèbre grâce à son livre d'algèbre dans lequel il inaugure cette discipline comme nouvelle branche des mathématiques. Ce livre d'algèbre fut traduit en Latin par Gérard de Crémone (1114-1187) sous le titre: *Liber Alchoarismi (Algorismi) de iebra et almucabila.*

Al-Khwârizmî est considéré également comme le premier à avoir introduit de manière systématique le calcul avec le système décimal emprunté à l'Inde. Son livre sur ce sujet n'est connu que dans une traduction latine de Gérard de Cremone intitulée: *Algoritmi de numero Indorum.*

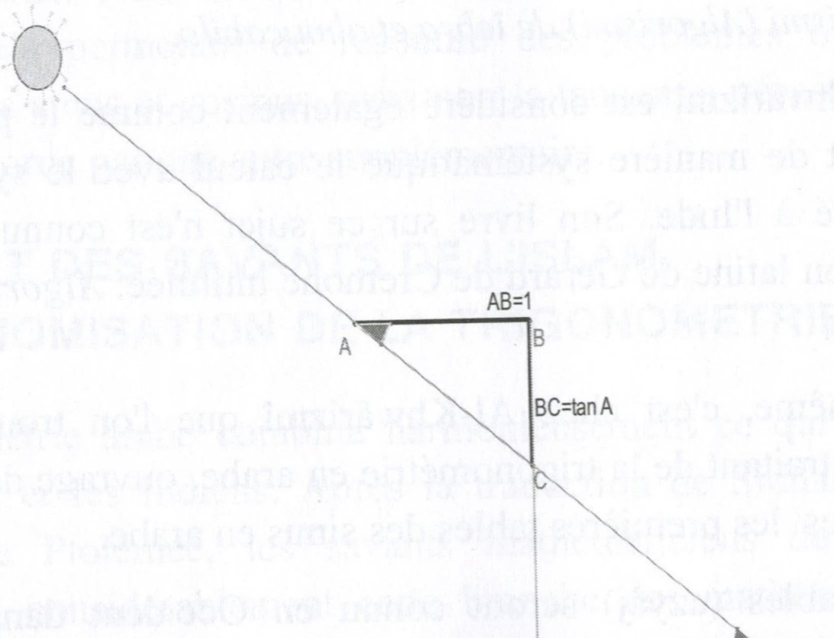
De même, c'est chez Al-Khwârizmî que l'on trouve le premier ouvrage traitant de la trigonométrie en arabe, ouvrage dans lequel sont présentées les premières tables des sinus en arabe.

Ces tables (azyâj) seront connu en Occident dans une version révisées par un mathématicien d'Al-Andalus, Maslama al-Majrîtî (le Madrilin, Majrît=Madrid).

Traduction latine par Adelard de Bath (vers 1075-1160) sous le titre: *Ezich alkauresmi, id est tabula chwaresmicae per Ethelardum Bathoniensem ex arabico traductae* (manuscrits à Paris, à la Bodléienne, etc.).

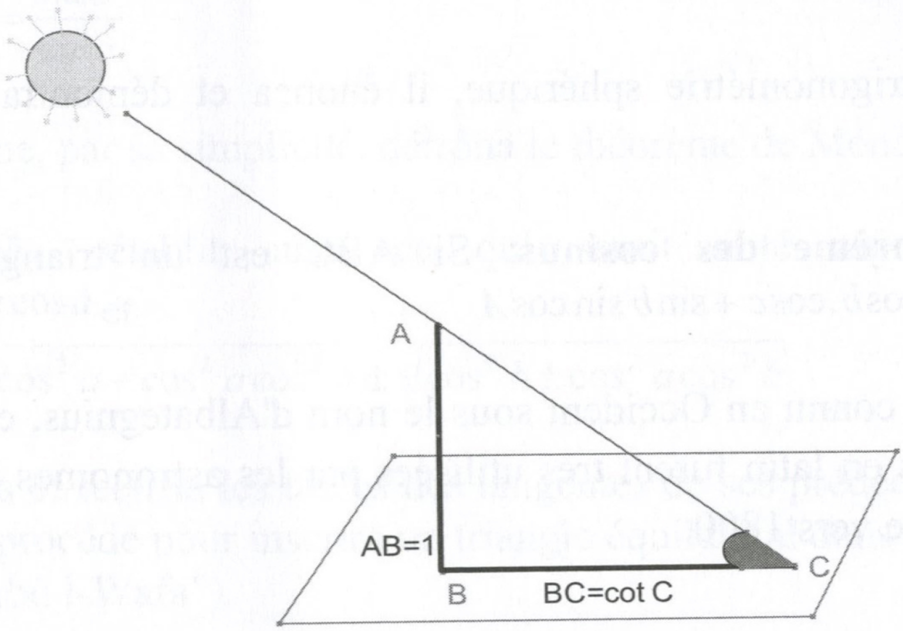
(1) M. Sédillot: Traité des instruments astronomiques des Arabe, p. 167.

Habash al-Hâsib, Ahmad ben 'Abd Allâh al-Marwazî حبش الحاسب، أحمد بن عبد الله المروزي (m. vers 250H/vers 868) introduisit, en lien avec un gnomon et sans référence au cercle, la tangente (*azh-zhill al-ma'kûs*: الظل المعكوس = *inverse de l'ombre*) et utilisa une table des cotangentes (*azh-zhill* الظل = *l'ombre*) [1] pour déterminer la hauteur du Soleil connaissant la longueur de l'ombre d'une barre et inversement. Cette nouvelle "fonction" est efficace pour mesurer des hauteurs. Sous l'impulsion d'Abû-l-Wafa, Al-Birûnî et d'autres, elle se dégagera progressivement de la gnomonique pour devenir un objet trigonométrique.



Si le bâton (*gnomon*) AB fixé horizontalement est pris comme unité de longueur, alors BC est la tangente de l'angle A, angle de visée du Soleil.

(1) zhill: Ombre. Le terme tangente sera introduit par T. Fink (1561-1656) et cotangente par E. Gunter (1581-1626)



Si AB est fixé verticalement et pris pour unité, son ombre BC est la cotangente de l'angle de visée, C.

Habash donna également, en astronomie, l'équivalent de la formule

$\sin\alpha = \tan\delta . \cot\varepsilon$ [1]

où α, δ et ε sont respectivement l'ascension droite du Soleil, sa déclinaison et l'inclinaison de l'écliptique.

2.2 Théorème du cosinus. Théorème du sinus

Al-Battânî, Abû 'Abd Allâh Muhammad ben Jâbir البتاني،أبو عبد الله محمد بن جابر (vers 240-317H/vers 850- 929), astronome qui vécut en Syrie, démontra entre autres, dans son livre d'astronomie *Islâh al-majistî* (*Révision de l'Almageste*) ce qui s'écrirait de nos jours:

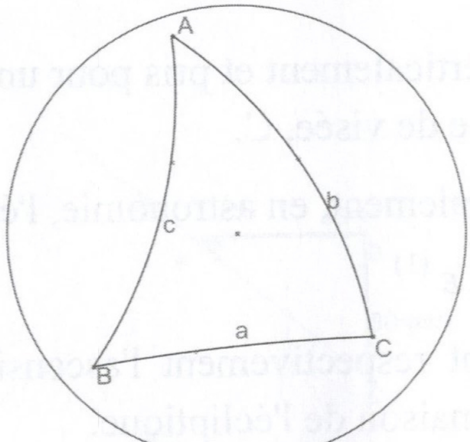
(1) Youschkevitch, p.133.

$$\tan a = \frac{\sin a}{\cos a}, \qquad \sec a = \sqrt{1+\tan^2 a}$$

En trigonométrie sphérique, il énonça et démontra le théorème suivant:

Théorème des cosinus: Si ABC est un triangle sphérique $\cos a = \cos b.\cos c + \sin b \sin \cos A$

Il est connu en Occident sous le nom d'Albategnius, et ses oeuvres traduites en latin furent très utilisées par les astronomes européens, et ce jusque vers 1800.



Abû-l-Wafâ al-Buzjânî, Muhammad ben Muhammad أبو الوفاء البوزجاني، محمد بن محمد(328-388H/940-998), célèbre mathématicien et auteur de nombreux ouvrages. Il contribua au développement de la trigonométrie; dans son *Kitâb al-Kâmil* (*Livre complet*), il démontra le théorème suivant(1) en trigonométrie sphérique:

(1) Sa paternité est réclamée par d'autres mathématiciens dont: Ibn Yûnus (m. 399H/1009) et Jâbir b. al-Aflah ()

Théorème du sinus: Si ABC est un triangle sphérique, alors $\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$

Ce théorème, par sa simplicité, détrôna le théorème de Ménélaüs.

Abû-l-Wafâ établit aussi ce qui serait noté aujourd'hui: $\sin 2a = 2\sin a \cos a$ et

$$\sin(a \pm b) = \sqrt{\cos^2 a - \cos^2 a \cos^2 b} \pm \sqrt{\cos^2 b \pm \cos^2 a \cos^2 b}$$

Il compléta et rectifia les tables des tangentes de ses prédécesseurs, et, donna un procédé pour inscrire un triangle équilatéral dans un carré ("triangle d'Abû l-Wafa").

Ibn Yûnus, Abû-l-Hasan 'Alî b. 'Abd Ar-Rahmân As-Safadî Al-Misrî ابن يونس، أبو الحسن علي بن عبد الرحمن الصفدي المصري (m.399H/1009), auteur d'*Az-Zayj al-hâkimî*(1) est un mathématicien et astronome égyptien qui démontra entre autres l'équivalent de la formule: $\cos a \cos b = \frac{1}{2}\left[\cos(a+b) + \cos(a-b)\right]$

Al-Birûnî, Abû-r-Rayhân Muhammad b. Ahmad البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد (362-440H/973-1048) dans ses livres *al-Qânûn al-Mas'ûdî, Kitâb at-Tafhîm li awâ'il san'at at-tanjîm* (*Livre pour faire comprendre les principes de l'astrologie*), *Maqâlid*... consacre des chapitres entiers à la trigonométrie et en démontre de nombreuses propriétés. Il collabora avec son illustre professeur le mathématicien Abû Nasr Mansûr Ibn 'Irâq (m. 428H/1036), qui établit lui-même de nombreux résultats en trigonométrie.

(1) Dédié au calife fatimide Al-Hâkim Bi Amr Allâh (vers 1000). Delambre (Histoire de l'astronomie au Moyen Age) consacre un chapitre (pages 185 à 190) à l'étude des apports de ce savant.

2.3 Théorème de Geber (Jâbir b. Al-Aflah)

Jabir b. Al-Aflah جابر بن الأفلح، أبو محمود (vers 1100-1160) est un savant de Séville qui contribua notablement au développement de la trigonométrie en Occident où il est connu en particulier grâce à la formule qui porte son nom:

Théorème de Geber(1): Si ABC est un triangle sphérique de côtés a, b et c rectangle en A, alors

$$\cos B = \cos b \sin C$$

formule qui permet de résoudre un triangle connaissant un côté a et l'angle adjacent B.

Ce savant est également connu en Europe comme l'inventeur d'un instrument d'observation astronomique appelé le Torquetum.

Il semblerait qu'Ibn Al-Aflah ne fût pas assez au courant de la trigonométrie en Orient musulman; en revanche, ses travaux furent connus par les savants orientaux. En particulier, le mathématicien et médecin Ibn Sam'ûn As-Sabtî(2) remporta avec lui *Islâh al-majistî* d'Ibn Al-Aflah lorsqu'il quitta le Maroc.

Les œuvres de ce savant, dont neuf livres en astronomie, furent traduites en latin par Gérard de Cremone et contribuèrent au développement de la trigonométrie en Occident. Les originaux arabes sont encore considérés comme perdus, et les travaux d'Ibn Al-Aflah ne

---

(1) Voir par exemple: F. Cajori: A History of Mathematics, p.110

(2) Yûsuf b. Yahāyâ [Juda] b. Ishāq Ibn Samـûn as-Sabtî, Abû-l-Hājjâj (m. 623H/1226), que certains confondent avec son contemporain, coreligionnaire et homonyme le philosophe d'Al-Andalus Yûsuf b. Juda Ibn Aqnîn (vers 1150-vers 1220).

nous sont donc connus pour le moment que dans leurs traductions latines.

L'ouvrage principal, traduit en latin par Gérard de Crémone au XIIe siècle, fut publié la première fois en 1534 à Nuremberg sous le titre: *Gebri filii Affla Hispalensis de astronomia Libri IX sive commentarii in Ptolemei Almagestum*, est un livre de neuf chapitres, dont le premier, consacré à la trigonométrie sphérique, contient des apports originaux.

2.4 Tables trigonométriques d'Al-Hasan Al-Murrâkushî

Abû 'Alî Al- Hasan al-Murrâkushî أبو علي الحسن المراكشي (m. vers 680H/1281), qui passa une partie de sa vie au Maghreb avant d'émigrer en Orient, est célèbre grâce à son ouvrages monumental intitulé: *Jâmi' al-mabâdi' wa-l-ghâyât fî 'ilm al-mîqât*, dont Al-Qalqashandî (m. 821H/1418) et à sa suite Hajji Khalifa (m. 1068H/1657) écrivent: "c'est l'oeuvre la plus grandiose jamais composé sur ce sujet" **وهو أعظم ما صُنِّف في هذا الفن** . Il fut traduit en français par Sédillot sous le titre *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, traduction couronnée par un prix de l'Académie des Sciences de France. Cet ouvrage, de plus de plus de 700 pages manuscrites[(1)], expose les bases mathématiques sur lesquelles reposent les constructions des divers instruments utilisés en astronomie, puis la description minutieuse de manière de les construire (par exemple, description de plus d'une douzaine de types d'astrolabes).

Parmi les aspects qui concernent la trigonométrie, Al-Murrâkushî fournit, entre autres, une table pour chacune des "fonctions" suivantes: sinus, cotangente (ombre) calculée de 15' en 15' et pour un rayon de

(1) Reprographié à Frankfurt sous la direction de Fuat Sezgin, d'après un manuscrit conservé à Istamboul . Tome I: 379p; Tome II: 376p.

12 unités, tangente (ombre verticale) de 1° à 60° pour un rayon de 60 unités..., Arc sin, Arc cos, Arc cotan, L'auteur fournit également sur des exemples comment effectuer des interpolations pour des valeurs non tabulées.

2.5 L'autonomisation de la trigonométrie

Ibn Mu'âdh al-Jayyânî, Abû 'Abd Allâh Muhammad ابن معاذ الجياني، أبو عبد الله محمد (m. après 368H/ 1079) est un mathématicien et astronome d'Al-Andalus. Parmi ses oeuvres qui nous concernent, citons: *Kitâb majhûlât qisiy al-kura* (*Le Livre des arcs inconnus d'une sphère*), premier livre de trigonométrie sphérique en Occident musulman, et est considéré comme le premier ouvrage en arabe dans lequel la trigonométrie est présentée indépendamment de l'astronomie.

Les historiens des sciences s'accordent pour dire que ce livre d'Ibn Mu'adh exerça une influence sur le développement de la trigonométrie en Occident, et qu'il fut utilisé en particulier par Regiomontanus (m. 1476) et Clavius (m. 1612) (voir E. Knobloch)

Un des livres d'Ibn Mu'âdh fut traduit en Latin et attribué à tort (comme la montré A. Sabra dans une de ses publication) à Ibn Al-Haytham: *le livre du crépuscule*. Dans ce livre, Ibn Mua'dh fournit un bel exemple d'application de la trigonométrie aux sciences de la nature, consistant à déterminer approximativement la hauteur de l'atmosphère(1).

At-Tûsî, Nasîr Ad-Dîn الطوسي، نصير الدين (m.672H/1274) est considéré comme celui qui affranchit la trigonométrie de l'astronomie et est réputé ainsi comme le fondateur de cette branche des mathématiques, et ce dans son livre *Kitâbi ash-Shakl al-Qattâ'* (*Livre*

(1) Voir par exemple Youschkevitch, p.137.

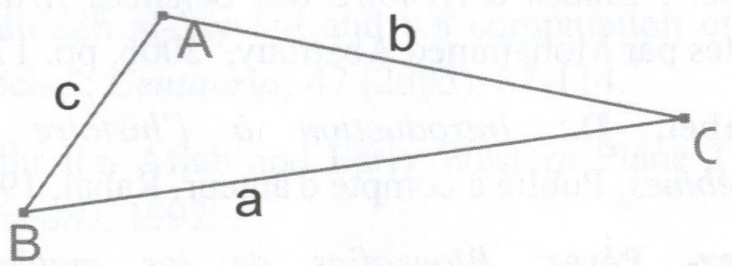
sur le théorème de la sécante) appelé aussi *Traité du quadrilatère complet*. Selon Massignon et al. "cet ouvrage a exercé une influence considérable sur le développement de la trigonométrie, en particulier sur l'œuvre de Regiomontanus"(1).

2.6 Théorème d'Al-Kâshî (ou théorème de Carnot(2) ou théorème des cosinus)

Un des derniers grands mathématiciens de l'Islâm, Al-Kâshî, Ghiyâth Ad-Dîn الكاشي، غياث الدين (m. vers 839H/1436), reconnu en particulier comme le fondateur de la théorie des fractions décimales dans son livre *Miftâh al-hisâb*, démontra une formule qui porte désormais son nom et est connue dans l'enseignement des mathématiques partout dans le monde sous l'appellation de:

Théorème d'Al-Kashi: Pour tout triangle ABC quelconque, (a=BC, b=AC, c=AB):

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc.\cos A$$



Il s'agit d'une généralisation du théorème de Pythagore relatif au triangle rectangle.

(1) Histoire générale des sciences, t.I, p. 487.

(2) Tel était le nom de ce théorème démontré par le mathématicien et homme politique français: Lazare Carnot (1753- 1823), et dont on découvrit par la suite que la démonstration avait déjà été réalisée par Al-Kâshî.

Ouvrages utilisés:

- **Al-Murrâkushî, Abû-'Alî Al-Hasan**: *Jâmi' al-mabâdi' wa-l-ghâyât fî 'ilm al-mîqât* جامع المبادئ والغايات في علم الميقات. Reproduit sous la direction de Fuat Sezgin d'après un manuscrit d'Istambul, Tome I: 379 p., Tome II: 376p. Frankfurt, 1984.
- **Al-Qiftî**: *Ikhbâr al-'ulamâ bi akhbâr al-hukama.* Maktabat al-mutanabbi, Le Caire (s.d.).
- **Debarnot, M.-T.**: Trigonométrie, in Rashed, R.(ed.): HISTOIRE DES SCIENCES ARABES, Paris, Seuil, Vol.1, 1997.
- **Delambre, J.-B. Joseph:** *Histoire de l'astronomie du Moyen -Age.* Paris, 1819.
- **Knobloch, E.** : "La Connaissance des Mathématiques Arabes par les Mathématiciens Jésuites."; *Études d'Histoire des Sciences Arabes* :textes réunis et présentés par Mohammed Abattouy, 2006, pp 141-174.
- **King, David A.**: "On the History of Astronomy in the Medieval Maghrib."; *Études d'Histoire des Sciences Arabes :* textes réunis et présentés par Mohammed Abattouy, 2006, pp. 175-218.
- **Lamrabet, D.**: *Introduction à l'histoire des mathématiques maghrébines.* Publié à compte d'auteur, Rabat, 1994.
- **Sanchez- Pérez**: *Biografias de los matématicos arabes que florencieron en Espana.* Madrid, 1921.
- **Sarton, G.**: *Introduction to the History of Science.* Washignton, 1927-1948.
- **Sedillot**: *Traité des instruments astronomiques des Arabes.* Imprimerie Royale, Paris, 1834. Reprint, Fuat Sezgin, Frankfurt, en 1984.

- **Rashed, R.** (sous la direction de) : HISTOIRE DES SCIENCES ARABES, Paris, Seuil, 3 vol. 1997.
- **Suter, H.**: Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke. Leipzig, 1900-1902.
- **Toqan, Qadri**: *Thurât al-ᶜArab al-ᶜilmî fî-r-riyâdāiyât wa-l-falak*. Dar as-shuruq, Le Caire, 1963.
- **Vera, F.**: *Historia de la matemàtica en Espana*. Madrid 1933.
- **Vernet, J., & Samsó, J.**: LES DEVELOPPEMENTS DE LA SCIENCE ARABE EN ANDALOUSIE, in Rashed, R.(ed.) : HISTOIRE DES SCIENCES ARABES, Paris, Seuil, Vol.1, 1997.
- **Youchkevitch, A.P.**: *Les mathématiques arabes (VIII-XVe Siècles)*. Trad. par M. Caznave et K. Jaouiche. Vrin, Paris, 1976.

Quelques travaux reliés au sujet (nous ne les avons pas consultés).

- **Hogendijk, Jan P.**: "Applied mathematics in eleventh century al-Andalus: Ibn Mu`âdh al-Jayyânî and his computation of astrological houses and aspects."; *Centaurus,* 47 (2005), 87-114.
- **Lorch, R.** : Jabir Ibn Aflah and Early Western Plane Trigonometry. *Colloque de Grenade*, 1992.
- **Lorch, R.** : "The Astronomical Instruments of Jâbir ibn Aflah and the Torquetum."; *Centaurus,*20 (1976), 11-34.
- **Lorch, R.** : "The Astronomy of Jâbir ibn Aflah."; *Centaurus,*19 (1975), 85-107.
- **Villuendas, M.V**.: *La trigonometria europea en el siglo XI. Estudio de la Obra de Ibn Muad̲. El Kitab maghûlât*. Instituto de Historia de la Ciencia, Barcelona, 1979.

ANNEXE: Fac-simili de pages de livres arabes traduits en latin (en français pour le dernier) et imprimés.

GEBRI FILII AFFLA

HISPALENSIS, DE ASTRONOMIA LIBRI IX. IN QUIbus Ptolemaeum, alioqui doctissimũ, emendauit: alicubi etiam industria superauit. omnibus Astronomiae studiosis haud dubie utilissimi futuri, foeliciter incipiunt.

LIBER PRIMVS

continens quaedam elementa Geometrica, ad Astronomiã necessaria, nusquã aliàs obuia, sed ab ipso autore summa industria in lucem prodita.

PROOEMIVM.

SCIENTIA species habet, quarũ melior, post scientiam fidei, est, cuius scita fixa sunt, remanentia inalterata, & sunt uiae perducẽtes ad scientiã eorum, uiae necessariae, in quibus non est dubitatio, ducentes incedentem per eas ad ueritatem necessariam. Scientia itaque formae motuum Solis & Lunae & stellarum, & cognitionis orbium earum, & quod sequit inde, est scientia melior pluribus alijs, propter aggregationẽ modorũ meliorationis in ea. Eius nãque scita fixa sunt, remanẽtia nõ alterata, usque ad horã in qua Deus illud praecipiet eis. Et uiae perducentes ad sciendũ ea, sunt manifeste necessariae. Peruenit ergo ad eam melioratio ex modis. Ptolemaeus quidẽ Pheludensis aggregauit ea, quae cõprehenderunt antiqui huius scientiae professores ante ipsum, & adiunxit ad ea, illa, quae ipse cõprehẽdit post eos. & scripsit omnia illa in libro suo, qui nominatur Almagesti, & ipse quidẽ fuit nobis magni doni dominus, & maximae munificentiae largitor. Et factus est liber ille eius, cõprehendens oẽs intentiones huius scientiae. At uero est difficilis studenti in ipso, propter intentiones diuersas de quibus est, quod ipse aggregat Scientiã & Operationem. Quia fit necessariũ ex uia operationis, multiplicare numeros quosdã in alios, & diuidere alios per alios, & inuenire radices eorum, & decenter praeparare tabulas, quae in operatione exercent; quapropter prolongat liber, & diuiditur scientia in ipso, & permiscet cũ operatione, quare fit difficilis legenti ipsum. Et de eis est, quod ipse utit in plurimo suarum probationum figura sectore, quae est difficilis, & partitur in ramos plurimos, & diuersificatur in ea cõpositio proportionis uarietate extranea, quapropter fit difficilis aspicienti in ipso rememoratio eius, & ipsius cõprehensio, & cõcludere ea, quae concluduntur ex ea. Et de eis est etiã, quod ipse procedit in demõstrationibus suis secundũ librorum Theodosij & Milei, qui ambo sunt difficiles & graues, ita quod nõ praeparat quaerenti & studenti cognitio eorum, & exercitatio in eis & in figura sectore, in minore spacio unius anni integri, quare quandoque pigritat post illud, aut abscidit ipsum tempus ab introitu in librũ. Et de eis est, quod ipse abbreuiauit sermonẽ suũ in locis pluribus, qua difficile fit intelligere ea, & haesitat aspiciens in eo ambiguitate maxima, ita quod quandoque perducit eũ illud ad pigritiã. Et de eis est, quod propter permutationẽ interpretũ ipsius de lingua ad linguã accidit in eo antecessio & postpositio uerborum, & separatio inter intentiones eius, quod facit ambiguũ lectorẽ, & haesitare, cũ nõ possit cõponere intẽtiones quaesitas, propter separationẽ earum, quare illud remouet eũ quãque ab assiduatione in aspiciendo. Nobis uero accidit ex amore huius scientiae, & dilectione eius propter res quas diximus, & propter ea, quae etiã ipse dixit in principio sui libri de rebus perducentibus ad amorẽ & studiũ eius, quod duxit nos ad assiduandã consideratione in eo, & tolerandum laborem & difficultatẽ accidentẽ legenti ipsum, usquequo peruenerit ad nos per gratiã Dei, oĩa quae comprehendit liber iste de scientia Astrologiae. Et non cessaui post istud assiduare consideratione, & continuare inquisitione & cognitione in eis, quibus possibile

a a

Edition de la traduction latine d'un ouvrage de Jâbir b. Al-Aflah

INSTRVMENTVM
PRIMI MOBILIS, A' PETRO APIANO
NVNC PRIMVM ET INVENTVM ET IN LVCEM EDITVM.

Ad cuius declarationem & intellectũ Pronunciata centũ hic proponuntur, è quibus Instrumenti nobilissimi usus innotescit & compositio. Inquirere autẽ & inuenire licebit in hoc instrumento, quicquid uspiam in uniuerso primo mobili noua quadrãtum sinuum ratione indagari potest: nec quicquã in eo ipso primo mobili desiderare poterit, quod nõ per instrumentum hoc inueniri facile queat.

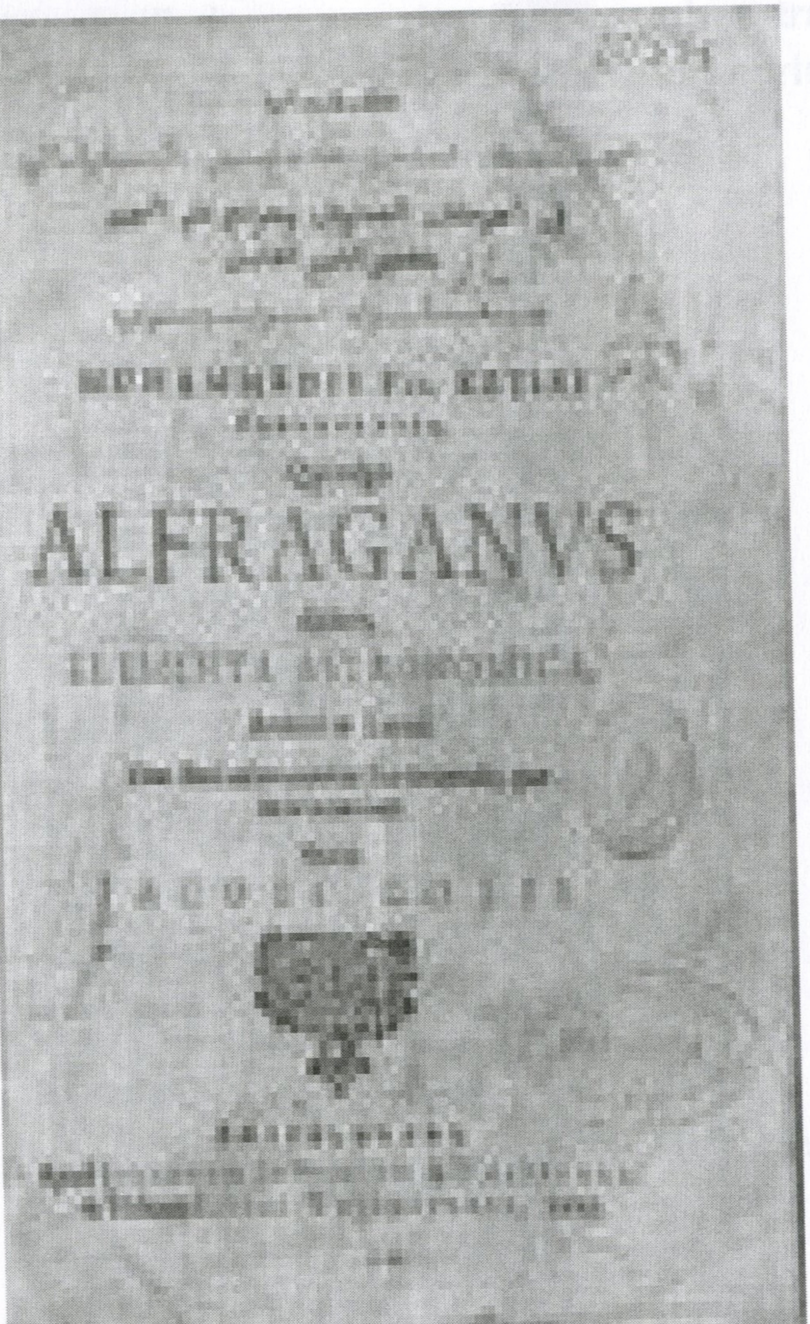
Accedunt iis

GEBRI FILII AFFLA HISPALENSIS ASTRO
nomi uetustissimi pariter & peritissimi, libri IX. de Astronomia, ante aliquot secula Arabice scripti, & per Girardũ Cremonensem latinitate donati, nunc uero omniũ primum in lucem editi.

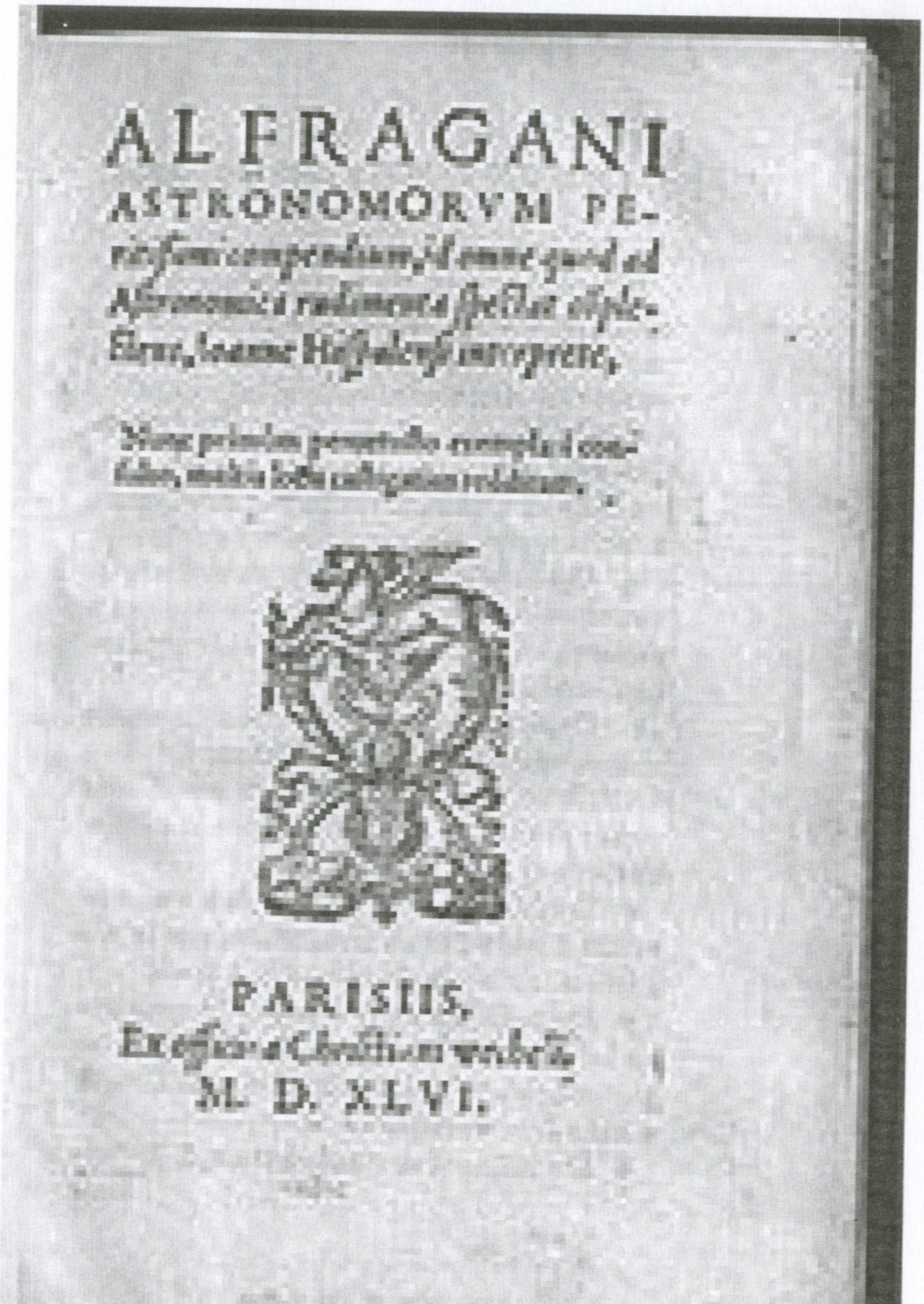
Omnia hæc industria & beneuolentia Petri Apiani Mathematici prelo cõmissa, & Reuerendiss. in Christo patri & D. D. CHRISTOPHORO A' STADIO, &c. ornatissimo Præsuli Augustensi, ob illustrationem suæ familiæ insignium, dedicata: Quibus & tu studiose lector benignus fruere, tanto Præsidi perpetuo gratissimus.

NORIMBERGÆ APVD IO. PETREIVM. ANNO M. D. XXXIIII.

Edition de la traduction latine de la *Révision de l'Almageste* de Jâbir b. Al-Aflah.



Deux livres d'Al-Farghânî (*Kitâb fî-l-harakât as-samâwiya – Jawâmi' 'ilm an-nujûm*): texte arabe avec traduction latine (*Muhammedis filii Ketiri Ferganensis, qui vulgo Alfraganus dicitur, Elementa astronomia, arabice et latine*); publ. par Golius, Amsterdam,1669.



Un livre d'astronomie d'Al-Farghânî. Edition de Paris, 1546.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Livre d'Albattânî: *Kitâb az-zij* , traduit en latin et imprimé sous le titre: *De Scientia Stellarum -De Numeris Stellarum et Motibus*. Plusieurs éditions: imprimé avec l'astronomie d'Al-Farghânî,1537 (Nuremberg), 1552 (Venise), 1644 (Bologne), 1799 (Rome), etc.
Copernic utilisa ce livre et exprima sa gratitude envers Al-Battânî.

TRAITÉ

DES

INSTRUMENTS ASTRONOMIQUES

DES ARABES

COMPOSÉ AU TREIZIÈME SIÈCLE

PAR ABOUL HHASSAN ALI, DE MAROC

INTITULÉ

جامع المبادئ والغايات

(COLLECTION DES COMMENCEMENTS ET DES FINS)

TRADUIT DE L'ARABE

SUR LE MANUSCRIT 1147 DE LA BIBLIOTHÈQUE ROYALE

PAR J.-J. SÉDILLOT

MEMBRE ADJOINT AU BUREAU DES LONGITUDES

POUR L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE CHEZ LES ORIENTAUX, ETC.

ET PUBLIÉ PAR L.-AM. SÉDILLOT

PROFESSEUR D'HISTOIRE AU COLLÈGE ROYAL DE SAINT-LOUIS

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ASIATIQUE, ETC.

TOME PREMIER

PARIS

IMPRIMÉ PAR AUTORISATION DU ROI

A L'IMPRIMERIE ROYALE

M DCCC XXXIV

Publication (partielle) de l'oeuvre d'Al-Hasan Al-Murrâkushî (mort vers 680H/) par Sédillot, Paris, 1834.