DES

SCIENCES MATHÉMATIQUES

CHEZ LES GRECS ET LES ORIENTAUX.

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR.

Traité des instruments astronomiques des Arabes, trad. par J. J. Sedillot, publié avec une introduction en 2 v. in-4° avec planches; 1834 et 1835

Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, pour servir de complément à l'ouvrage précédent. 1 vol. in-4° avec pl. 1841-1845.

Les 3 vol. reliés en un seul tome.......................... 50 fr

Memoire sur les systèmes géographiques des Grecs et des Arabes, et en particulier sur *Khobbet-Arine* قبة أرين (la coupole d'Arine) et *Kankader* كنكدر, servant chez les Orientaux à determiner la position du premier meridien dans l'enonciation des longitudes. In-4° avec deux cartes; 1842.. 10 fr.

Recherches nouvelles pour servir à l'histoire des sciences mathématiques chez les Orientaux, ou Notice de plusieurs opuscules qui composent le Ms. 1104 de la Bibliothèque nationale (et particulièrement de l'algèbre chez les Arabes). In-4° avec planches........................ 6 fr.

Lettre sur quelques points de l'astronomie orientale. 1834..... 2 fr. 50 c

Notice du traité des connues géométriques de Hassan-ben-Haithem. In-8° avec pl.. 3 fr

Nouvelles recherches pour servir à l'histoire de l'astronomie chez les Arabes, et Notes relatives à la découverte de la variation par Aboul-wéfa de Bagdad. 1836-1845.. 6 fr

Manuel de chronologie universelle. 1845. 3e édition.............. 3 fr.

Notice de l'histoire des Sultans Mamlouks de l'Égypte, par Makrizi, trad. par M. Quatremère ; fasc. I, II, III. In-8°. 1839-1846........... 3 fr.

Notice de l'ouvrage intitulé : *Études géographiques et historiques sur l'Arabie,* par M. Jomard. In-8°. 1840.................. 2 fr. 50 c.

Mémoire sur un sceau du sultan Schah-Rokh et sur quelques médailles des Timourides de la Transoxiane. In-8°, pap. vél.................. 3 fr.

Tables astronomiques d'Oloug-Beg, fils de Schah-Rokh, fils de Tamerlan, commentées et publiées avec le texte en regard. 1839. Introduction, 1er fasc.. 3 fr.

Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux. In-8°. 1845-1849. 2 vol. avec pl. 20 fr

Prolégomènes des Tables astronomiques d'Oloug-Beg, publiés avec notes et variantes, et précédés d'une introduction. In-8°. 1847....... 7 fr.

PARIS. — TYPOGRAPHIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES, RUE JACOB 56

MATÉRIAUX

POUR SERVIR

A L'HISTOIRE COMPARÉE

DES

SCIENCES MATHÉMATIQUES

CHEZ LES GRECS ET LES ORIENTAUX,

PAR M. L. P. E. A. SÉDILLOT,

PROFESSEUR D'HISTOIRE AU LYCÉE SAINT-LOUIS, SECRÉTAIRE DU COLLÈGE
DE FRANCE ET DE L'ÉCOLE SPÉCIALE DES LANGUES ORIENTALES VIVANTES,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ASIATIQUE ET DE LA COMMISSION CENTRALE
DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE,
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.

TOME PREMIER

PARIS,

LIBRAIRIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES,
IMPRIMEURS DE L'INSTITUT,
RUE JACOB, 56.

1845—1849.

AVANT-PROPOS.

On s'accorde à placer en Orient le berceau de la civilisation, sans que personne ait pu lever jusqu'à présent les voiles qui l'entourent. Il semble que les premiers progrès de l'humanité doivent rester inaccessibles à nos regards. Les philosophes grecs parlent bien, à la vérité, d'emprunts qu'ils auraient faits à l'Égypte et à l'Inde ; mais est-il possible d'apprécier, d'après leurs livres, la valeur réelle de ces emprunts, et ne serait-ce pas se jeter dans une voie sans issue, que de rechercher, par exemple, au delà des écoles d'Athènes et d'Alexandrie l'origine et les développements des sciences mathématiques? Quel peuple de l'antiquité nous offrirait un seul nom comparable à ceux d'Hipparque et de Ptolémée, d'Euclide et d'Apollonius, d'Archimède et de Diophante? Tant que les traditions resteront muettes, tant que les monuments d'un autre âge ne nous auront révélé aucun fait nouveau, il faudra laisser de côté les ingénieuses hypothèses de Bailly et s'en tenir aux travaux des Grecs. Eux seuls nous fournissent des documents écrits d'une certitude incontestable; eux seuls nous ont transmis sur les diverses branches des sciences exactes, avec de remarquables modèles, les bases de nos plus belles découvertes. Toutefois le glorieux sillon que les savants de l'école d'Alexandrie ont tracé au milieu de la décadence et de l'agonie de Rome, s'arrête au sixième siècle de notre ère, et la lumière ne se rallume en Europe que huit cents plus tard. Ce long intervalle a-t-il été pour le monde entier une période d'ignorance et de barbarie?

C'est alors que les Arabes apparaissent : l'épée d'une main et le Coran de l'autre, ils commencent à la mort de Mahomet (632 de

J. C.) cette série de conquêtes qui rangent sous leur domination la plus grande partie de l'Asie, l'Afrique et l'Espagne; après la chute des Ommiades (750 de J. C.), une ère nouvelle s'annonce; à l'enthousiasme guerrier succède l'amour des lettres, des sciences et des arts. Bagdad, à peine fondée, devient le foyer d'une civilisation qui rayonne à la fois sur l'Orient et sur l'Occident. Cordoue et Tolède; le Caire, Fez, Maroc; Racca, Ispahan, Samarcande, rivalisent avec la capitale des khalifes abbassides; les livres grecs, traduits et commentés, sont étudiés dans les écoles, et de toutes parts se renoue la chaîne, un moment interrompue, des connaissances humaines; du neuvième au treizième siècle, on voit se former une des plus vastes littératures qui existent; des productions multipliées, de précieuses inventions attestent l'activité merveilleuse des esprits, et faisant sentir leur action sur l'Europe chrétienne, semblent justifier l'opinion que *les Arabes ont été en tout nos maîtres.* D'un côté, des matériaux d'un prix inestimable pour l'histoire du moyen âge, des relations de voyages, l'heureuse idée des dictionnaires biographiques; de l'autre, une industrie sans égale, des édifices d'une pensée et d'une exécution grandioses, d'importantes découvertes dans les arts : voilà ce qui doit relever à nos yeux ce peuple trop longtemps dédaigné. Si par l'application de la méthode expérimentale, la médecine et l'histoire naturelle, la chimie et l'agriculture se sont enrichies entre ses mains d'une foule de notions utiles, peut-on croire qu'il n'en ait pas été de même pour les sciences mathématiques, qui furent cultivées avec tant de persévérance et d'ardeur? Les beaux travaux de mon père ont détruit à cet égard bien des erreurs accréditées; et moi-même, quoique marchant de très-loin sur ses traces, j'ai été assez heureux pour éclaircir sur plusieurs points cette branche de l'histoire scientifique de l'Orient.

Une fois en possession des livres grecs, les Arabes ne pouvaient manquer de les perfectionner et d'ajouter de nombreuses innovations aux théories de leurs devanciers; c'est ce que nous nous proposons d'établir.

L'objet du présent ouvrage est donc de

prouver, par l'examen comparé des monuments, que, soit en astronomie, soit en mathématiques, soit en géographie, l'École de Bagdad a su dépasser les Écoles d'Athènes et d'Alexandrie. Ce serait assurément une étude d'un haut intérêt que de suivre le progrès des sciences dans les divers pays soumis à la domination musulmane; nous pourrions montrer, au treizième siècle, les khans mongols se faisant initier aux connaissances des Arabes, et les propageant jusque dans l'empire de la Chine, qu'ils avaient conquis; puis Oloug-Beg, petit-fils de Timour, terminant, deux cents ans plus tard, chez les Orientaux, la période de leurs travaux astronomiques.

Mais pour nous renfermer dans le cadre que nous nous sommes tracé, et compléter l'analyse des documents que nous possédons aujourd'hui, nous avons dû rechercher seulement si les Indiens et les Chinois avaient contribué pour une large part au grand mouvement de l'intelligence humaine, et si, après avoir retranché de leurs livres tout ce qui provient évidemment des Grecs et des Arabes, on y trouve encore assez de notions originales pour qu'on puisse être autorisé à supposer chez ces peuples, à une époque ancienne, un développement scientifique en rapport avec leur civilisation présumée.

La table des matières placée à la suite de cet avant-propos indiquera suffisamment l'ordre et les divisions que nous avons adoptés dans notre travail.

MATÉRIAUX

POUR SERVIR

A L'HISTOIRE COMPARÉE

DES

SCIENCES MATHÉMATIQUES

CHEZ LES GRECS ET LES ORIENTAUX.

PREMIÈRE PARTIE.

De l'astronomie grecque.

Nous divisons l'histoire de l'astronomie proprement dite en trois grandes périodes, auxquelles se rattachent trois écoles distinctes : 1° l'*école grecque* ou l'*école d'Alexandrie*, dont les derniers travaux coïncident avec le démembrement de l'empire romain par les peuplades du Nord ; 2° l'*école arabe*, qui jette quelques lueurs brillantes, du huitième au quinzième siècle de notre ère, sur les temps de barbarie du moyen âge ; 3° l'école moderne, qui commence avec Copernic et Rhéticus, mais dont les progrès véritables ne datent que des premières années du dix-septième siècle, lorsque Keppler et Galilée, et après eux Newton, déterminent irrévocablement les lois des mouvements célestes et le principe général qui leur sert de base.

On sait combien l'école grecque, illustrée surtout par Hipparque (1) et par Ptolémée (2), a rendu de services à la science; les découvertes qui sont dues à ses représentants, ont été justement appréciées, et le tableau que l'Almageste en a tracé, donne une idée très-nette du système astronomique auquel elles se trouvent liées : les théories sont appuyées sur des observations faites avec des instruments propres à mesurer les angles, et calculées par les méthodes trigonométriques; la *science astronomique* est créée; mais l'école grecque, appelée aussi *école d'Alexandrie,* ne remonte pas au delà du troisième siècle av. J. C.; et l'on s'est souvent demandé si, dans les temps antérieurs, l'astronomie n'avait pas été déjà portée à un haut degré de perfectionnement; or, l'histoire nous apprend que jusqu'au règne des Ptolémées, cette science avait fait peu de progrès (3); elle ne s'était composée que d'observations

(1) Hipparque, de Nicée, florissait au second siècle avant notre ère, vers l'an 127.

(2) Ptolémée, d'Alexandrie, composait l'*Almageste* (ἡ μέγιστη σύνταξις) vers l'an 138 de J. C.

(3) M. Ideler (*Sur l'origine du zodiaque*, p. 12) s'exprime ainsi à l'égard des Grecs : « Nulle part ne se montre chez les

relatives aux phénomènes des saisons et des éclipses, de quelques périodes fondées sur de très-longs intervalles de temps, et de conjectures sur la constitution de l'univers, mêlées de vérités et d'erreurs. Le mouvement du soleil dans un orbe incliné à l'équateur; le mouvement de la lune, la cause de ses phases et des éclipses; la connaissance des planètes et de leurs révolutions; la sphéricité de la terre et sa mesure; la revue du ciel étoilé et sa distribution en certains groupes, auxquels on avait imposé des noms arbitraires, aussi bien que la division du zodiaque en vingt-sept ou vingt-

Grecs, avant l'école d'Alexandrie, une trace d'une observation purement astronomique, excepté peut-être le solstice d'été que Méton observa en 432, et qu'il mit un jour et demi trop tôt. Leurs physiciens s'abandonnaient à des rêveries sur l'arrangement du monde, sans s'inquiéter de chercher une base à leurs spéculations dans l'observation des phénomènes. Pour les besoins de la vie civile, on se servait de nombres grossiers et variables, qu'Hipparque, le créateur de l'astronomie scientifique, soumit le premier à un examen plus précis. » Ce tableau de l'astronomie grecque avant Hipparque, rapporte par M. Letronne (*Sur l'origine du zodiaque grec*, 1840, p. 24), s'éloigne peu de celui qu'il avait tracé lui-même (*Discours sur l'origine des zodiaques grecs*, p. 31) : « On a dit que la Grèce devait à l'Orient tout ce qu'elle a possédé de connaissances scientifiques; mais on n'a pas fait attention que les Grecs, avant l'école d'Alexandrie, sont restés à peu près étrangers à ce que nous appelons *les sciences*. Les mathématiques et l'astronomie étaient encore dans l'enfance au temps de Platon et d'Eudoxe. »

huit maisons indiquées par le cours de la lune, ou en douze signes qui répondent aux douze mois de l'année : telles sont les notions élémentaires que nous révèle l'étude de l'antiquité; d'un côté, des faits si frappants qu'ils ne pouvaient échapper à aucun observateur; de l'autre, quelques conséquences faciles à déduire et que tous les peuples ont dû signaler ou admettre (1).

Les Chaldéens, il est vrai, si nous en croyons Geminus (2), avaient été plus loin, et leur méthode pour calculer l'*anomalie de la lune* fait honneur à leur sagacité; si l'on joint à cette détermination, cette série d'observations qui remontaient jusqu'à dix-neuf siècles avant Alexandre, et qu'Aristote, au rapport de Porphyre cité par Simplicius (3), se fit communiquer par l'entremise de Callisthène, celles des éclipses de lune des années 720, 719, 620, etc., av. J. C., conservées par Ptolémée (4), le *saros* ou période de deux cent

(1) Delambre, *Histoire de l'astronomie ancienne*, tom. I, disc. prélim., pag. 9.

(2) Geminus, *Introduction aux phénomènes célestes*, texte grec publié dans l'*Uranologion* de Petau, p. 61 et suiv.

(3) Simplicius, *Commentaire sur les quatre livres d'Aristote* περὶ οὐρανοῦ, *de cœlo*, texte grec, 1526, pag. 123. Porphyre était du troisième siècle de notre ère, et Simplicius du cinquième. Il n'est question de ces observations dans aucun des ouvrages d'Aristote qui nous sont parvenus.

(4) Ptolémée, *Almageste*, liv. IV.

vingt-trois mois lunaires qui ramène la lune dans la même position à l'égard de ses nœuds, de son périgée et du soleil (1), l'emploi du *scaphé* (2), et quelques idées fort justes sur les comètes (3), on est porté à reconnaître que les astronomes de Babylone avaient fait avancer l'étude de l'astronomie. Mais chez les autres peuples de l'Orient nous ne trouvons nul monument authentique d'une valeur réelle; les tables indiennes n'offrent aucun caractère d'ancienneté, et les travaux des savants modernes tendent à leur ôter tout crédit. D'autre part, les annales de la Chine montrent que l'astronomie ne s'est jamais élevée dans le Céleste Empire, avant l'ère chrétienne, à la hauteur d'une science proprement dite; c'est à peine si l'on y découvre quelques observations des longueurs méridiennes du gnomon, utiles pour la détermination de l'obliquité de l'écliptique; et assurément si les livres chinois avaient renfermé de précieux documents sur l'histoire de l'astronomie, les ad-

(1) Laplace, *Précis de l'hist. de l'astronomie*, 1821, p. 13.

(2) Voy. notre *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, inséré dans le tome I des *Mémoires des savants étrangers*, publié par l'Académie des inscriptions et belles-lettres, pag. 9.

(3) Sénèque, *Traité des questions naturelles*, liv. VII, ch. 3. Voy. sur les opinions opposées d'Apollonius de Myndes et d'Épigène, notre mémoire déjà cité, pag. 10.

mirables écrits des missionnaires européens du seizième et du dix-septième siècle nous l'auraient appris; de ce côté, tout paraît avoir été fait.

Il faut donc revenir aux Grecs; leurs philosophes nous disent bien qu'ils ont puisé chez les Égyptiens de nouvelles idées sur le système de l'univers; qu'on leur doit *la période sothiaque* de quatorze cent soixante et un ans fondée sur le lever héliaque de Sirius, qui faisait revenir à peu près aux mêmes saisons leurs mois et leurs fêtes; enfin, suivant Macrobe (1), ils avaient reconnu le mouvement de Vénus et de Mercure autour du soleil; mais on ne voit pas qu'ils aient transmis à ceux dont ils se prétendaient les maîtres (2), aucune série d'observations astronomiques; sous ce rapport les traditions sont muettes. Thalès, qui avait voyagé en Égypte (3), et qui fut le chef de l'école ionienne, répandit en Grèce quelques notions nouvelles; après lui, Anaximandre et Anaximène firent connaître l'usage du gnomon (4).

(1) Macrobe (*Commentaire sur le songe de Scipion*), liv. I, c. 19), après avoir rapporté le remarquable passage de Cicéron sur Mercure et Vénus, dit : « *Ægyptiorum solertiam ratio non fugit, quæ talis est.* » — Vitruve, liv. IX, c. 4.

(2) Voy. notre mémoire déjà cité, p. 6 et 7.

(3) Diogène Laërce, t. I, p. 22 (éd. Longolius, 1739). Thalès, Phénicien d'origine, était né en 639 avant J. C.; il mourut en 548.

(4) Le premier était né en 610, et mourut en 546; le se-

Pythagore et son école admirent, suivant Laplace, les deux mouvements de la terre sur elle-même et autour du soleil (1), sans réussir à faire prévaloir leur hypothèse. Méton introduisit dans le calendrier la période de dix-neuf années, corrigée plus tard par Calippe, mais moins exacte que le *saros* des Chaldéens (2). — Ces premiers essais sont remarquables : toutefois ils ne suffisent point pour constituer une science; il aurait fallu y joindre des observations précises, continuées pendant un long espace de temps; et jusqu'au règne d'Alexandre le Grand (336-324 av. J. C.) on n'en peut citer que deux : la première fut celle du

cond florissait vers l'année 543 avant J. C. Voyez notre mémoire déjà cité, p. 6. — Anaximandre, selon Diogène Laërce, t. I, p. 134, l. II, c. 1, 3, est l'inventeur du gnomon; c'est Anaximène, suivant Pline, II, 8. Voyez Bailly, *Hist. de l'astronomie ancienne*, p. 175, 197, 384, 442 et suiv.; Delambre, *Astron. anc.*, t. I, p. 15; l'abbé de Canaye (*Recherches sur Anaximandre* (*Mémoires de l'Académie des inscriptions*, t. X, p. 26 et suiv.). Vitruve, l. I, ch. VI, p. 23, dit que le γνώμων des Grecs est la même chose que leur σκιαθήρ; Pline, l. II, ch. LXXVI, traduit σκιαθήρ par *horologium*. Le γνώμων était sans doute *le style du gnomon*, et σκιαθήρ le cadran lui-même. Voy. aussi M. Ideler, *Mém. sur l'astronomie des Chaldéens* (tr. de l'abbé Halma), p. 164.

(1) Laplace, l. c., contredit par M. Ideler. Pythagore florissait au sixième siècle avant J. C., et son disciple Philolaüs, qui exposa sa doctrine au grand jour, était du quatrième.

(2) Laplace, l. c., p. 27.

solstice d'été de l'an 432 par Méton et Euctémon (1); la seconde, celle que fit Pythéas à Marseille de la longueur méridienne du gnomon au solstice d'été (2), et dont on s'est servi pour établir la diminution successive de l'obliquité de l'écliptique. Pythéas florissait au quatrième siècle av. J. C., et c'est seulement à la fin de ce quatrième siècle que s'ouvre une période non interrompue de travaux et de découvertes qui sont la véritable base de la *science astronomique.*

Dix-huit ans s'étaient à peine écoulés depuis la mort d'Alexandre, que Ptolémée *Soter*, l'un de ses plus habiles généraux, se faisait proclamer roi d'Égypte; ce prince, qui occupa le trône de 305 à 285 (av. J. C.), aimait les lettres et les cultivait, puisqu'il composa *une vie d'Alexandre* fort estimée des anciens, mais qui ne nous est point parvenue. Il attira les savants à sa cour, les encouragea par des bienfaits, et mit à leur disposition un observatoire et une bibliothèque qui devait s'enrichir par les soins de Démétrins de Phalère (3).

(1) Laplace, l. c., p. 26. Ideler, *Rech. hist. sur les observ. astron. des anciens* (tr. de l'abbé Halma), p. 84.

(2) Cléomède, liv. 1, chap. 7. Hipparque cité par Strabon, p. 175.

(3) Arrian., in præf. Plutarq., *in Alex.*, p. 691; *in Appophth.*, p. 189, et *in Moral.*, p. 1095. Q. Curce, l. IX, c. 8. Strabon, l. XVII, p. 793.

Marchant sur les traces de son père, Ptolémée *Philadelphe* (285-247), établit à Alexandrie des écoles publiques et des académies, et rechercha avec zèle tout ce qui pouvait fortifier le goût des sciences et des arts dans ses États (1). Ce grand mouvement intellectuel imprimé à l'Égypte par les deux premiers Ptolémées ne devait point s'arrêter sous leurs successeurs, et l'astronomie, en particulier, devait prendre un développement remarquable, et recevoir une forme nouvelle que les siècles suivants n'ont fait que perfectionner.

Les premiers observateurs de l'école d'Alexandrie furent Aristille et Timocharis (2); ils fixèrent la position des principales étoiles du zodiaque, et facilitèrent la découverte de la précession des équinoxes que l'on doit à Hipparque; après eux, Aristarque cherche à mesurer les grandeurs et les distances du soleil et de la lune (3); Ératosthène

(1) Euseb., in *Chron.* Plutarque, in *Arat.*, p. 1031. Liban., *Orat.*, 11.

(2) Ptolémée, *Almageste*, l. VII, c. 1, 2 et 3; l. X, c. 4. Reinholdi, *Not. ad Theor. Planet.* Purbachii, *de Motu octavæ sphæræ*, f. 227.

(3) Weidler, *Historia astronomiæ*, p. 128. Ejus observationem solsticii laudat Ptolemæus, l. III, c. 2. Dicitur instaurasse Philolai *hypothesin* de mobilitate terræ, quam ob caussam a Cleanthe violatæ religionis postulatus est, tanquam universi lares Vestamque si loco movisset. Plutarch., *de Facie in orbe lunæ*, p. III oper., p. 355. Stobæus, p. 56. Archimedes, *in*

détermine la longueur d'un degré du méridien terrestre et l'obliquité de l'écliptique (1); enfin Hipparque, le plus grand astronome de l'antiquité (2), s'appuyant sur des observations faites avec toute la précision que comportent les instruments dont il se sert (3), forme les premières tables du soleil; pour constater la durée de l'année tropique, il emploie deux solstices, parce qu'il n'a point d'ancien équinoxe, et il est obligé de recourir aux siens propres pour vérifier l'exactitude de sa théorie (4); il signale enfin la précession, que, d'après Ptolémée, il ne fait pas moindre de 36″ (5).

Arenario, sub init. Adde Plutarch., l. c., p. 358, ubi etiam Aristarchi librum περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων, *de magnitudinibus et distantiis, solis* nempe et *lunæ*, laudat; quem Pappus, *Collect. mathem*, lib. VI, prop. 38, posteris servavit. Cf. Riccioli, *Almag.*, p. I, p. 108, 731; add. Joann. Wallisii operum, t. III, p. 581.

(1) Ptolémée, l. II. Gassendi, *Præf. ad vit. Tychonis*. Proclus, *Hypotyp.*, c. 2. Flamsteed, *Prolegom.*, p. 19. — Cléomède, *Cycl. theor.*, l. 1, c. 10. Strabon, l. II, p. 78. Censorinus, c. XIII. Pline, l. II, *c. penult.* Voy. aussi sur le passage de Martianus Capella, *de Nupt. philol. et mercur.*, l. VIII, p. 289, Weidler, l. c., p. 133.

(2) Laplace, l. c., p. 35. Suidas, *au nom d'Hipparque*. Strabon, l. XII, p. 390. Weidler, l. c., p. 141.

(3) Voy. notre Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, p. 19 et s.

(4) Ptolémée, l. III, c. 1, p. 63. Scaliger, *de Emendat. tempor.*, l. II, p. 108.

(5) Delambre, *Hist. de l'astr. ancienne*, t. II, p. 249.

Les anciens, en cherchant à régulariser les mouvements de la lune, avaient reconnu qu'après un certain intervalle de temps les mêmes phénomènes se reproduisaient d'une manière à peu près constante. C'est ainsi qu'on attribue aux Chaldéens la connaissance du retour exact des éclipses au bout de deux cent vingt-trois lunaisons, ou de dix-huit ans et dix jours (6585 j. $^1/_3$) (1). Hipparque perfectionna cette période en obtenant des révolutions complètes de tous les éléments moyens des mouvements lunaires dans un intervalle de 126007 j., plus une heure équinoxiale, *avec cette circonstance heureuse, que pendant le même espace de temps*, *le soleil accomplissait aussi* 345 *révolutions sidérales complètes à* 7° $^1/_2$ *près.* « De « là, écrivait M. Biot, en 1843 (2), on conclut « par proportion la durée d'une seule révolution « pareille égale à 365 j.,25985868. Telle est donc « l'année sidérale admise par Hipparque ; elle est « un peu trop longue. Toutefois en la comparant « à son année tropique 365 j.,24666667, qui pè- « che dans le même sens, la différence 0,01319201 « suppose un mouvement annuel de précession

(1) *Journal des Savants*, cahier de septembre, 1843, p. 531.

(2) Id., cahier d'octobre, p. 610.

« égal à 46″,807; valeur à la vérité un peu trop
« faible, mais bien préférable aux 36″ adoptées par
« Ptolémée. Ce rapprochement, qui, JE CROIS, N'A-
« VAIT PAS ENCORE ÉTÉ FAIT, montre évidemment
« que Ptolémée a eu très-grand tort d'employer
« une évaluation aussi fautive, et surtout de la
« présenter comme celle à laquelle s'était arrêté
« Hipparque, tandis que, selon les expressions de ce
« grand astronome qu'il rapporte et sur lesquelles
« il s'appuie, cette précession de 36″, loin d'être
« la meilleure, serait exceptionnellement la plus
« faible que les observations partielles eussent
« indiquée. Ce qui est pire, c'est que Ptolémée
« prétend avoir trouvé aussi cette même valeur
« de 36″ par ses propres observations comparées
« à celles d'Hipparque; car de là résulte cette
« inévitable alternative, ou qu'il a très-mal observé
« la précession, ou qu'il ne l'a pas observée du
« tout, comme la plupart des astronomes moder-
« nes l'ont présumé. »

M. Biot se trompe, en disant que le rapprochement qu'il indique n'a pas été fait avant lui. Dans un mémoire lu à l'Académie des inscriptions et belles-lettres, imprimé en 1840, et dont les bonnes feuilles confiées à M. Biot lui-même, en 1841, se trouvent encore entre ses mains, ainsi qu'il a bien voulu le reconnaître dans une note annexée à l'une de ses récentes publications (1), je m'exprimais ainsi (2) :

« On sait que la recherche des périodes et leur « rectification ou perfectionnement étaient deux « des principaux objets de l'ancienne astronomie ; « ainsi nous n'avons pas à répéter ici comment « Hipparque a corrigé *les périodes des Chaldéens*, « en comparant leurs observations aux siennes « propres ; mais entre ces déterminations nouvel- « les, il en est une qui se déduit d'un rapport de « nombres conservés par Ptolémée, dont on n'a « pas encore tiré tout le parti possible, et qui « peut servir à fixer d'une manière incontestable « la précession déterminée par Hipparque.

« Ptolémée rapportant (liv. III) les propres ex- « pressions d'Hipparque, montre qu'il faisait l'an- « née tropique de 365j. 5h. 55′ 12″, et il dit au li- « vre IV que le même Hipparque a trouvé, d'après « les observations des Chaldéens et les siennes « propres, que dans une période de 126007 jours « et une heure équinoxiale, le soleil parcourt 345 « circonférences entières, moins 7° 1/2 ; à très-peu « près, relativement aux étoiles fixes ; de ces deux « nombres, on déduit une année sidérale de 365j. « 6h. 14′ 12″.

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 719 et 720.

(2) *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des inscriptions et belles-lettres*, t. I, p. 20.

« Quelle que soit la grandeur respective de « ces deux années, leur différence en temps, qui « est de 19′, donne l'arc de précession annuelle « de 46″,8.

« En effet, la détermination de la durée de l'an- « née tropique produit pour cent années juliennes

« un mouvement sécu- « laire de.	100^c	0°	19′	42″,	76
« Les nombres cités « précédemment don- « nent pour le même « temps un mouvement « séculaire sidéral de. .	99	359	1	41,	98
« Différence ou préces- « sion séculaire.	0	1	18	0,	78

« En secondes : 4680″,78.

« Delambre, en comparant les déclinaisons des « étoiles observées par Timocharis et par Hippar- « que, trouve par un milieu entre dix-huit résul- « tats, 51″39; Ptolémée réduisait la précession à « 36″; il aurait dû trouver d'après les calculs de « Delambre, 48″ 75.

« Delambre suppose entre Hipparque et Timo- « charis une distance moyenne de 144 ans; la « précession de 46″8 conduirait à augmenter cette « distance moyenne de 15 ans. »

Si la remarque qui précède a quelque valeur, j'en revendique donc la priorité; mais j'ajouterai que les Arabes, dont on paraît faire si peu de cas, ont porté dans leurs appréciations une exactitude bien préférable aux hypothèses incertaines des Grecs; puisqu'ils ont successivement évalué la précession des équinoxes, qui, d'après la théorie de l'attraction, était, au deuxième siècle av. J. C., de 49″645, et qui est suivant nos tables modernes de 50″1, à 54″5, 51″4, 51″2, 50″9 et 49″6, comme nous l'établirons en son lieu.

Hipparque avait montré que dans un intervalle de 126,007 jours $^1/_{24}$ (1), il y a 4267 mois entiers, 4573 retours d'anomalie, 4612 révolutions sidérales de la lune moins $^{15}/_{720}$ de la circonférence; il trouve qu'en 5458 mois, la lune revient 5923 fois au même nœud de son orbite; il détermine l'excentricité de l'orbe lunaire, son inclinaison à l'écliptique et la parallaxe de la lune; mais il ne s'élève point à la recherche de la seconde et de la troisième inégalité de cet astre (2), inégalités dont la découverte paraît réservée à Ptolemée et aux astronomes modernes du dix-huitième siècle.

Inventeur de la trigonométrie sphérique (3), sans

(1) Voy. notre Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, p. 20. — (2) Laplace, l. c., p. 38 et 39.

(3) Delambre, l. c., t. I, p. 142.—Liv. II du *Commentaire* d'Hipparque sur Aratus, *passage fondamental :* Ἕκαστον γὰρ

laquelle il n'y a point d'astronomie, Hipparque ne rendit pas de moins grands services à la géographie mathématique (1), et l'on doit à jamais regretter la perte de ses écrits, en voyant tout le parti que Ptolémée en a tiré dans ses divers ouvrages; il aurait été à désirer, comme nous l'avons déjà dit (2), que l'école d'Alexandrie eût produit un second Hipparque, et malheureusement aucun de ses successeurs, sans en excepter Ptolémée lui-même, n'eut cet esprit de sagacité et de pénétration qui remonte aux causes des phénomènes pour les expliquer. Quelques traités d'une importance très-secondaire, ceux de Geminus (3), de Théon

τῶν εἰρημένων ἀποδείκνυται διὰ τῶν γραμμῶν ἐν ταῖς καθόλου περὶ τῶν τοιούτων ἡμῖν συντεταγμέναις πραγματείαις. Le traité où se trouvent ces démonstrations était intitulé : ἡ τῶν συνανατολῶν πραγματεία, *Traité des levers simultanés*. (Petavii *Uranologion*, p. 218.)

(1) Laplace, l. c., p. 41, dit qu'il fixa la position des lieux sur la terre par leur latitude et par leur longitude, pour laquelle il employa *le premier* les éclipses de lune. Voyez notre Mémoire sur les systèmes géographiques des Grecs et des Arabes.

(2) Voy. notre Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, p. 21.

(3) Weidler, *Hist. astr.*, p. 144 et suiv. Geminus scripsit εἰσαγωγὴν εἰς τὰ φαινόμενα s. commentarium in Arati phænomena, quem Edo Hildericus cum latina versione primum edidit Altorfii, a. 1590. Aliquoties laudatur a Proclo in comm. ad l. 1 Euclidis qui γεμῖνον vocat. Contexuerat autem Geminus lib. VI *enarrationum geometricarum* quibus passim Proclus fuit

l'Ancien (1) et de Cléomède (2), paraissent remplir l'intervalle de près de trois cents ans, qui sépare Hipparque et Ptolémée; il faut y joindre cependant les observations qui nous ont été conservées d'Agrippa (3) et de Ménélaüs (4), et la réforme du calendrier par Jules César (5).

Vers l'année 130 de notre ère, Ptolémée élève à l'astronomie et à la géographie mathématique deux monuments impérissables. S'il n'est pas véritablement inventeur (6), on peut dire toutefois qu'il résume et complète avec un rare mérite les travaux de ses devanciers; il confirme le mouvement de précession des équinoxes (7), et détermine la seconde inégalité lunaire ou l'*évection* (8).

adjutus. Posidonius quoque non nulla e Gemino profert, apud Simplicium in lib. II Phys., sect. 10.

(1) Théon, de Smyrne, florissait à la fin du premier siècle avant J. C. Boulliau a publié un fragment de son traité d'astronomie. Weidler, p. 175. Delambre, t. I, p. 317.

(2) Cléomède ne vivait pas sous Auguste, comme on le supposait (Delambre, t. I, p. 218, Weidler, p. 152), mais au deuxième siècle de notre ère, ainsi que l'a démontré M. Letronne; son livre est intitulé : *Théorie circulaire des phénomènes célestes*, κυκλικὴ θεωρία μετεώρων.

(3) Ptolémée, *Alm.*, l. VII, c. 3. Proclus, *Hypotyp.*, c. III, p. 355.

(4) Ptolémée, l. VII, c. 3. Weidler, p. 174.

(5) Weidler, p. 151, sur Sosigène, et p. 157, sur J. César.

(6) Voy. notre Mémoire sur les instrumens astronomiques des Arabes, p. 21.

(7) Ptolémée, *Alm.*, l. VII. — (8) Id., liv. V.

Cette dernière découverte lui est attribuée généralement, et présentée comme son plus beau titre de gloire; mais Hipparque lui en avait préparé les voies. Delambre a été obligé de convenir que cet astronome avait reconnu l'insuffisance d'une inégalité simple pour rendre raison des observations de la lune (1); il aura signalé l'effet de l'évection, et peut-être Ptolémée l'aura-t-il soumise au calcul, dans le seul but de compléter sa théorie des planètes.

Quoi qu'il en soit, on ne saurait estimer trop haut le service que nous a rendu Ptolémée, en composant son *Almageste* (2); il nous transmet dans ce traité les éléments du système astronomique qui a conservé son nom, et qui, malgré l'erreur fondamentale sur laquelle il repose (l'immobilité de la terre prise pour centre de tous les mouvements célestes), a régné sans partage pendant quatorze siècles. C'est le tableau le plus exact des connaissances astronomiques de l'antiquité; c'est le point de départ des écoles arabe et moderne.

La géographie n'est pas moins redevable à Pto-

(1) Delambre, *Astr. anc.*, t. II, p. 189, 193.

(2) Voyez plus haut, pag. 2, not. 2; les Arabes ont fait de ἡ μεγίστη, *la très-grande*, le mot المجسطي *almadjesthi*, d'où est venu le nom d'*Almageste*.

lémée; sa méthode de projection, pour la construction des cartes, qui était celle d'Hipparque, est encore employée aujourd'hui; et sa table de la longitude et de la latitude des lieux terrestres, malgré ses imperfections, est l'un des plus précieux débris qui nous soient restés des Grecs (1). Les écoles d'Athènes et d'Alexandrie subsistèrent, il est vrai, jusqu'aux V^e^ et VI^e^ siècles de notre ère, mais elles ne produisirent que des commentaires sur les ouvrages de Ptolémée (2), dont un bien petit nombre nous est parvenu (3); les materiaux d'une histoire des sciences pendant cette longue période manquent presque entièrement ; sur ce

(1) La géographie de Ptolémée était intitulée : γεωγραφικὴ ὑφήγησις. L'abbé Halma en a publié en français le premier livre et les derniers chapitres du septième. Ce travail a donné lieu à des remarques fort utiles de M. Letronne (*Examen critique des prolégomènes de la géographie de Ptolémée*, etc.; *Journal des Savants*, décembre 1830, avril et mai 1831, et *Bulletin universel des sciences* de Férussac, mars et mai 1831, sect. VII). — Voy. aussi notre Mémoire sur les systèmes géographiques des Grecs et des Arabes, p. 16 et suiv.

(2) Weidler, *Hist. astr.*, p. 180 et suiv., donne la liste des autres ouvrages de Ptolémée, dont les connaissances étaient aussi étendues que solides.

(3) Au milieu des noms que nous a conservés Weidler, l. c. p. 184 à 202, Théon et Proclus, qui florissaient au quatrième et au cinquième siècle de notre ère, méritent seuls d'être mentionnés. On peut voir dans l'*Histoire de l'astronomie ancienne* de Delambre, t.II, p. 546 et suiv., ce qu'il dit de Sextus Empiricus.

point, les annales romaines ne peuvent être d'aucun secours, et les Latins demeurèrent longtemps étrangers à tout progrès scientifique (1). On aurait pu en dire presque autant des Arabes, si l'on s'était borné aux traductions faites au moyen âge de quelques-uns de leurs traités d'astronomie qui paraissaient calqués sur Ptolémée (2). Boulliau (3) après avoir compulsé tous les manuscrits de la Bibliothèque royale, n'avait trouvé que sept observations postérieures à l'astronome d'Alexandrie, qu'on pût joindre à l'éclipse de Théon (4) : nous voulons

(1) Laplace, l. c., p. 55, s'exprime ainsi : « Rome, pendant longtemps le séjour des vertus, de la gloire et des lettres, ne fit rien d'utile aux sciences ; la considération attachée dans cette république à l'éloquence et aux talents militaires entraîna tous les esprits ; les sciences n'y présentant aucun avantage, durent être négligées, au milieu des conquêtes que son ambition lui fit entreprendre, et de ses querelles intestines, qui produisirent enfin les guerres civiles dans lesquelles son inquiète liberté expira et fut remplacée par le despotisme souvent orageux de ses empereurs. Le déchirement de l'empire, suite inévitable de sa trop vaste étendue, amena sa décadence, et le flambeau des sciences, éteint par les irruptions des barbares, ne se ralluma que chez les Arabes. »

(2) Boulliau, *Astronomia philolaica*, 1645. *Prolegomena*, p. 14 et 15.

(3) Id., p. 15.

(4) Théon, *Comment. ad Ptol.*, p. 334. Weidler, l. c., p. 189. Boulliau, l. c.

parler des observations de Thius (1). On ne peut douter néanmoins que dans un siècle où fleurit le philosophe Simplicius, il n'y ait eu des savants livrés à l'étude de l'astronomie (2); et lorsque la persécution les obligea d'aller chercher, avec les Nestoriens, un refuge chez les Perses et dans les contrées plus éloignées de l'Asie orientale, ils n'y portèrent pas seulement les connaissances qu'ils avaient puisées dans les ouvrages de l'école d'Alexandrie, ils y ajoutèrent les résultats de leurs propres observations, de leurs propres travaux (3), et cet esprit de recherche et d'invention qui les caractérisait, ne laissa pas assurément la science stationnaire. Malheureusement, l'histoire littéraire du sixième au neuvième siècle de notre ère nous offre des lacunes qu'on ne saurait espérer combler, si l'on ne savait aujourd'hui que les manuscrits arabes peuvent fournir sur cette période des documents précieux; à peine a-t-on

(1) Id. p. Vossius, ch. 33, § 25, p. 165. Delambre, *Hist. de l'astr. anc.*, I, 318. Thius vivait vers l'an 500.

(2) Boulliau, *Astronomia philolaica*, p. 14. Weidler, *Hist. astron.*, p. 200.

(3) On en pourrait trouver la preuve dans certains passages d'Ebn-Jounis; il dit, par exemple, que les Perses avaient découvert au cinquième siècle le mouvement de l'apogée du soleil. Voy. notre *Introd. aux tables astronomiques d'Oloug-Beg*, p. 47.

examiné et traduit jusqu'à présent quelques-uns de leurs traités scientifiques, et les découvertes qu'ils ont revélées prouvent que cette mine, restée si longtemps inexplorée, permettra d'arriver à la solution de bien des questions importantes. Nous allons passer rapidement en revue ce qui a été fait jusqu'à présent dans cette direction.

DEUXIÈME PARTIE.

De l'astronomie arabe.

Pendant que l'Europe chrétienne retombait, après la mort de Charlemagne, dans les ténèbres de la barbarie que ce grand prince avait tenté vainement de dissiper, les Arabes, que leurs conquêtes et des rapports multipliés avec les peuples vaincus, avaient conduits à un degré de civilisation avancée, cultivaient avec succès les sciences et les lettres, et s'appropriaient les travaux des Grecs (1).

En 827, le khalife Almamoun, fils du célèbre Haroun-al-Raschid, et surnommé à juste titre l'*Auguste* des Arabes, faisait traduire l'Almageste de Ptolémée (2), et répandait ainsi dans ses États les connaissances astronomiques de l'école d'Alexandrie; mais jusqu'au commencement de ce

(1) Voy. mon *Introduction au traité d'astronomie d'Aboul-Hhassan*, in-8°, p. 5.

(2) Boulliau, *Astron. philol.*, *Prol.*, p. 14, et notre *Introd. aux tables astronomiques d'Oloug-Beg*, t. I, p. 40 et suiv.

siècle, les écrits des astronomes arabes nous étaient peu connus.

Le seul ouvrage important que l'on citât, l'*Introduction aux tables* de Mohammed ben Geber Albattani, nommé par le traducteur latin *Albategnius* ou *Albatégni*, composé au neuvième siècle (1) et commenté avec soin par Régiomontan (2), paraissait indiquer que les Arabes, imitateurs scrupuleux des Grecs, en avaient conservé les théories générales; qu'ils avaient seulement un peu perfectionné les instruments, mieux déterminé l'obliquité de l'écliptique, l'excentricité du soleil, son mouvement moyen et la précession des équinoxes; qu'ils avaient employé les sinus au lieu des cordes dans les calculs astronomiques, mais qu'ils n'avaient pas été plus loin, et que, pour signaler de nouveaux progrès, il fallait se reporter aux astronomes européens du seizième et du dix-septième siècle.

Les *éléments* de Ahmed ben Kétir Alfergani, qui

(1) Boulliau (l. c.) le considère à tort comme le premier astronome arabe qui ait véritablement mérité le titre d'*observateur;* mais cette opinion n'en est pas moins restée généralement admise jusqu'au dix-neuvième siècle.

(2) Albategnius astronomus peritissimus de *Motu stellarum* ex observationibus tum propriis tum Ptolemæi, cum demonstrationibus geometricis et additionibus Joannis de Regio-Monte. Norimbergæ, anno M.D.XXXVII.

florissait cinquante ans avant Albatégni (1), n'offraient qu'un extrait superficiel de Ptolémée, et Thébit ben Corrah son contemporain, que Delambre appelle *le Ronsard de l'astronomie*, s'était jeté dans des aberrations qui semblaient lui ôter toute autorité (2).

Albatégni avait donc seul quelques titres à l'estime des savants, et Bailly le présentait en effet comme le plus grand astronome qui eût paru sur la terre depuis Ptolémée jusqu'à Régiomontan.

La traduction de quelques chapitres d'Ebn-Jounis en 1804, par M. Caussin (3), fit connaître une suite d'observations jusqu'en 1007, fort utiles pour la détermination des moyens mouvements, et qui, remontant au règne d'Almamoun (829), montraient chez les astronomes arabes antérieurs à Albatégni une partie des résultats attribués à ce dernier; on ne pouvait plus dire que les recueils

(1) Voy. notre *Introd. aux tables astronomiques d'Oloug-Beg*, t. I, p. 80 et suiv. Nous avions, en 1834, placé Alfragan parmi les astronomes du dixième siècle, d'après Delambre. Voy. notre *Intr. au traité d'Aboul-Hhassan*, p. 6. (Aboul-Hhassan, in-4°, t. I, p. 2.)

(2) Delambre, *Hist. de l'astron. au moyen âge*, passim.

(3) *Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque royale*, t. VII. — *Le livre de la grande table Hakémite*, avant-propos et chap. IV et V.

d'observations rassemblées uniquement pour elles-mêmes, n'appartenaient qu'à l'astronomie moderne (1).

Mais la doctrine, les méthodes, en un mot l'histoire de la science, restaient dans l'obscurité; les Arabes s'étaient contentés de vérifier les tables de Ptolémée, sans rien changer à ses théories, sans y rien ajouter (2).

Telles étaient les seules notions que l'on eût recueillies, lorsque J.-J. Sédillot, mon père, soupçonnant chez les Arabes des travaux plus étendus, plus parfaits, se livra à des recherches approfondies sur ce sujet, et commença cette série de découvertes qui forment la partie vraiment neuve et originale de l'histoire de l'astronomie au moyen âge de Delambre (3).

J.-J. Sédillot complète la traduction d'Ebn-Jounis, d'après le manuscrit tiré de la Bibliothèque de Leyde; il retrouve vingt-huit nouveaux chapitres de cet astronome dans un ouvrage d'Ebn-Schatir, et nous montre des progrès dont on n'avait aucune idée. Un grand nombre de pratiques et de règles qui rapprochent la trigonométrie arabe de celle des modernes; l'emploi des

(1) Laplace, l. c., p. 52.

(2) Voy. notre *Introduction au traité d'Aboul-Hhassan*, p. 7.

(3) Id., p. 7 et 10.

tangentes et des sécantes comme moyen subsidiaire en certains cas plus compliqués, des artifices de calcul qui n'ont été imaginés en Europe que dans la première moitié du dix-huitième siècle : voilà ce que J.-J. Sédillot nous donne d'après ces derniers chapitres d'Ebn-Jounis (1).

Mais ce n'est pas tout : il découvre dans Ebn-Jounis et ses contemporains, les formules des tangentes et des sécantes, des tables de tangentes et de cotangentes pour tout le quart de cercle. Les géomètres arabes en faisaient le même usage qu'aujourd'hui dans les calculs trigonométriques; ils changent les formules des triangles; ils en bannissent ces expressions composées si incommodes, où se trouvaient à la fois le sinus et le cosinus de l'inconnue; ils complètent enfin la révolution dont l'auteur était incertain. On en faisait, sans aucun fondement, honneur à Régiomontan, qui n'avait jamais été plus loin, ni même aussi loin qu'Ebn-Jounis, et l'on n'en a joui en Europe que six cents ans après l'invention première par les Arabes, dont malheureusement les ouvrages n'ont pas été assez répandus (2).

(1) Delambre, *Analyse des travaux de l'Académie royale des sciences*, 1817, p. 54 et suiv.

(2) Delambre, l. c., et *Hist. de l'astron. au moyen âge*, passim.

Animé par ce succès inespéré, J.-J. Sédillot étend ses recherches aux astronomes persans et tartares; il nous apprend que le catalogue d'Oloug-Beg est vraiment original, comme celui d'Hipparque, et que toutes les étoiles en ont été réellement déterminées par des observations nouvelles; que tous les autres catalogues ne sont que des copies de Ptolémée, qui avait copié Ménélaüs, lequel Ménélaüs avait tout pris dans Hipparque. Albatégni, au neuvième siècle, et Nassir-Eddin Thousi, au treizième, pour calculer la précession, s'étaient bornés à observer, comme Ménélaüs, deux ou trois étoiles, et avaient pris les autres dans Ptolémée, en faisant aux longitudes la correction commune, qui résultait d'un petit nombre de comparaisons. J.-J. Sédillot reconnaît, en outre, que l'astronome Abderrhaman-Soufi, du dixième siècle, ne s'est occupé que des alignements et des grandeurs des étoiles, en sorte que son catalogue, que l'on croyait véritablement original, n'est autre que celui de Ptolémée avec l'addition d'une constante (1).

D'un autre côté, Montucla n'avait pas balancé d'affirmer que la gnomonique des Arabes était

(1) Delambre, l. c., et notre *Introd. au traité d'Aboul-Hhassan*, p. 10.

perdue, ainsi que celle des Grecs; cependant celle des Grecs était en entier dans l'Analemme de Ptolémée. J.-J. Sédillot, par la traduction du manuscrit d'Aboul-Hhassan, qui lui mérita l'un des grands prix décennaux, nous donne un traité complet et très-détaillé de la gnomonique des Arabes. Le fond de la doctrine est toujours le même, mais avec des additions curieuses et importantes. Vitruve nous avait conservé les noms de quelques pratiques connues de son temps: mais ses descriptions étaient tellement équivoques qu'on en était réduit à des conjectures; les descriptions d'Aboul-Hhassan, plus exactes, lèvent tous les doutes, et son ouvrage renferme de plus un grand nombre d'inventions évidemment dues aux Arabes (1).

Delambre a fait grand usage de ces travaux dans son Histoire de l'astronomie au moyen âge, et il a signalé avec un soin tout particulier les découvertes qui pouvaient modifier les opinions reçues jusqu'alors. Les écrits des Arabes avaient acquis une importance réelle; ce peuple, naguère encore traité de *barbare*, avait véritablement fait école; les mathématiques et l'astronomie lui devaient des progrès remarquables, et les manus-

(1) Id. id.

crits qu'il nous avait transmis pouvaient être l'objet d'études fertiles en aperçus nouveaux ; mais, par cela même que les résultats obtenus dépassaient tout ce qu'on croyait pouvoir attendre des Arabes, on se persuada que le dernier terme de leurs connaissances scientifiques était désormais fixé, et l'on traça hardiment la limite qu'ils n'avaient pu franchir. Sans doute ils avaient perfectionné les instruments et les méthodes de calcul ; sous ce rapport, ils avaient été plus loin que les Grecs ; mais ils avaient conservé leurs théories générales, et n'avaient point senti le besoin d'innover en fait d'hypothèses astronomiques (1).

Cette opinion, appuyée de l'autorité de savants illustres, adoptée par tous ceux qui écrivent maintenant sur l'histoire des sciences, n'a jamais été combattue : voyons si elle est exacte, et si les Arabes n'auraient point enlevé d'avance, à l'Europe moderne, quelques-uns de ses principaux titres de gloire.

L'ignorance où nous sommes de la plus grande partie des travaux des astronomes arabes, le peu d'attention que l'on apporte à l'examen de leurs manuscrits, la négligence des gouvernements à

(1) Voy. nos *Recherches nouvelles pour servir à l'histoire de l'astronomie chez les Arabes*, p. 4.

recueillir les derniers débris de la science des Orientaux, épars çà et là dans la plupart des villes de l'Asie et de l'Afrique, tout contribue à perpétuer des erreurs que le temps seul se chargera de dissiper. Il faut que l'on sache bien que les matériaux laissés à notre disposition ne forment qu'une partie infiniment restreinte des écrits scientifiques des Arabes; et, si nous avons été assez heureux pour montrer, dans nos précédents Mémoires, que l'école de Bagdad avait apporté une attention toute spéciale dans la fabrication des instruments (quarts de cercle, demi-cercles, instruments sphériques, astrolabes ou planisphères, et instruments d'*observation*) (1); qu'en algèbre, elle avait traité des équations cubiques, et connu l'art d'exprimer graphiquement les formules et d'en présenter aux yeux la signification, art si beau et si précieux que Keppler regrettait de ne pas savoir, et qui a été l'une des plus grandes conceptions de Viète (2); enfin, qu'en géométrie, elle

(1) Voy. notre Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, inséré dans le tome I des *Mémoires des savants étrangers,* publiés par l'Académie des inscriptions et belles-lettres.

(2) Voy. nos *Recherches nouvelles pour servir à l'histoire des sciences mathématiques chez les Orieataux,* ou Notices de plusieurs opuscules mathématiques qui composent le ms. 1104 de la Bibliothèque royale, insérées dans le tome XIII des

s'est particulièrement distinguée par des idées ingénieuses (1), ce n'est certainement pas une mine épuisée, et il n'est point permis de formuler, par voie d'induction, un jugement définitif sur les nombreux traités qui ne nous sont pas parvenus, et qui renferment peut-être la justification de faits curieux, à peine encore soupçonnés (2). Ce qui nous importe maintenant, c'est d'établir qu'on ne connaît qu'un très-petit nombre des manuscrits arabes relatifs à l'astronomie et aux mathématiques, et que, loin de faire ressortir l'inutilité de leur examen, ceux que nous possédons suffisent pour donner une très-haute opinion des richesses dont ils sont les gardiens fidèles. Un nouveau fait vient à l'appui de cette assertion, et nous allons l'exposer avec quelques détails ; mais, pour bien en comprendre l'importance, il est nécessaire de résumer en quelques mots ce que nous

Notices des manuscrits publiées par l'Académie des inscriptions et belles-lettres.

(1) *Même recueil*, l. c. et notre *Notice du traité des connues géométriques de Hassan-ben-Haithem. — Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 23 avril 1838.

(2) Telles que l'application des idées pythagoriciennes sur le véritable système du monde; l'invention du pendule, que Laplace, sur l'assertion d'Ed. Bernard, n'hésite pas à attribuer aux Arabes, etc. Voy. notre *Introd. aux tables astronomiques d'Oloug-Beg*, t. I, p. 49.

venons de dire et ce que nous savons aujourd'hui des progrès scientifiques des Arabes.

Le khalife Almamoun (813-833) ouvre chez les Orientaux la période de leurs travaux astronomiques; Oloug-Beg la termine, et nous laisse, dans ses tables et dans le texte qui les accompagne, un tableau de l'état de la science vers le milieu du quinzième siècle (4 juillet 1437).

Élèves des Grecs, les Orientaux, et sous ce nom nous comprenons les Arabes, les Persans et les Tartares de la Transoxiane, rendent beaucoup plus parfaites leurs méthodes de calcul, et, par la substitution des sinus aux cordes, et l'introduction des tangentes dans les calculs trigonométriques, ils donnent à l'expression des rapports et de leurs combinaisons plus d'étendue et de simplicité; leur algèbre s'élève jusqu'aux équations du troisième degré; mais leur notation demeure imparfaite, et le défaut des signes généraux introduits depuis par les modernes, les empêche d'apercevoir, dans leurs principaux théorèmes, les formules secondaires qui en découlent immédiatement, et que les besoins du calcul ne développent le plus souvent qu'avec une extrême lenteur (1).

(1) Voy. nos *Recherches pour servir à l'histoire de l'astronomie chez les Arabes*, p. 9.

On les voit, en outre, porter sur les détails une attention scrupuleuse, et ne négliger ni la réduction à l'écliptique dans le calcul des lieux de la lune, ni la différence des temps du milieu de l'éclipse et de la conjonction *vraie*, ni même l'augmentation du demi-diamètre lunaire, à mesure qu'il s'élève sur l'horizon. Leurs tables trigonométriques et les tables subsidiaires sont aussi plus commodes, mieux rédigées et plus multipliées que celles des Grecs : les unes calculées de minute en minute, jusqu'aux quartes, ce qui revient à la neuvième décimale; les autres, jusqu'aux tierces ; toutes au degré d'approximation que leur emploi paraît demander. Ils améliorent enfin plusieurs constantes, et déterminent les moyens mouvements et les époques, sinon avec la précision que nous devons à la mesure du temps et des lunettes, du moins avec l'exactitude qu'on peut exiger raisonnablement de leur doctrine et de leurs moyens de calcul et d'observation (1).

Mais ils n'ont, assure-t-on, rien changé au système de Ptolémée; ils en savaient assez pour annoncer les éclipses et les divers aspects des planètes, pour régler le calendrier et dresser des

(1) Voy. nos *Recherches*, etc., loc. cit.

thèmes astrologiques; ils n'en voulaient pas davantage. Ainsi, nous lisons textuellement dans le Précis de l'histoire de l'astronomie de Laplace (1) : *L'activité des astonomes arabes, bornée aux observations, ne s'est pas étendue à la recherche de nouvelles inégalités, et, sur ce point, ils n'ont rien ajouté aux hypothèses de Ptolémée. Cette vive curiosité qui nous attache aux phénomènes, jusqu'à ce que les lois et la cause en soient parfaitement connues, caractérise les savants de l'Europe moderne.*

« Les renseignements nouvellement recueillis « sur les Arabes, les Persans et les Tartares, écrit « aussi Delambre (2), prouvent qu'il n'y a eu « qu'une seule astronomie, celle des Grecs, imi« tée par tous les autres peuples avec plus ou « moins de succès, selon la mesure de leurs con« naissances géométriques. *Ce qui est parfaite« ment sûr*, c'est que les Arabes ont admis, *sans « la moindre modification*, les hypothèses de Pto« lémée, qui n'ont été renversées que par Keppler, « et pour lesquelles ils ont montré un respect ti« mide et superstitieux. Tous leurs astronomes

(1) Laplace, *Précis de l'hist. de l'astr.*, p. 60.

(2) Delambre, *Analyse des travaux de l'Acad. des sciences*, p. 50 et suiv. — *Hist. de l'astronomie au moyen âge*, p. XL, 95, etc.

« ont cherché à mieux déterminer ce qui n'avait « été qu'ébauché par leurs prédécesseurs, mais ils « ne paraissent pas même *avoir soupçonné* le be- « soin de rien changer aux théories; on ne voit « sur ce point *aucune tentative*, même de la part « des plus distingués d'entre eux, et ils n'ont que « le mérite d'être venus sept à huit cents ans plus « tard. »

Un tel jugement si nettement exprimé, si positif, semble, au premier abord, sans appel; aussi, personne n'a-t-il jamais songé à l'attaquer; et cependant, si l'on étudie avec soin les fragments qui nous ont été fournis des écrits de l'école arabe, depuis le commencement de ce siècle, et surtout *la grande table Hakémite* d'Ebn-Jounis, on ne peut s'empêcher de croire que de tels travaux ont dû conduire leurs auteurs à des découvertes d'une véritable importance en astronomie: il ne s'agit plus que d'en trouver quelque preuve irrécusable : eh bien, cette preuve, nous l'avons considérée en 1836 comme acquise à la science. Les Arabes, dont les traités devront être envisagés sous un point de vue tout nouveau, n'auront pas été au-dessous de nos grands observateurs modernes, et il ne sera plus permis de leur refuser cet esprit d'invention qu'on attribue exclusivement *aux Grecs et aux Indiens*, ni cette persévérance dans les observations et cette perfection dans les arts mécaniques qui sembleraient caractériser *les Chinois*. Un astronome de Bagdad avait, dès le dixième siècle, déterminé la troisième inégalité lunaire ou *variation*, qui n'a pas été connue de l'Europe moderne avant l'année 1610. Le passage d'un manuscrit arabe que nous allons rapporter, nous a paru ne devoir laisser subsister aucun doute sur ce point très-curieux de l'histoire des sciences. Voyons d'abord quel intérêt s'attache à cette découverte.

La lune a, dans tous les temps, fixé l'attention particulière des observateurs; il n'est aucun astre dont les mouvements soient aussi compliqués, aussi irréguliers. Ses inégalités principales sont au nombre de quatre, sans compter le mouvement de l'apogée, le mouvement du nœud et les nombreuses inégalités secondaires que la théorie de l'attraction a fait reconnaître.

Les plus anciens astronomes faisaient mouvoir la lune *uniformément* le long d'une circonférence de cercle dont la terre occupait le centre. Hipparque découvrit le premier que la vitesse apparente de notre satellite n'est pas uniforme. Pour expliquer cette inégalité, sans renoncer à l'*uniformité réelle* de mouvement et à *une orbite circulaire*, qui, l'une et l'autre, dans l'école d'Alexandrie, paraissaient de l'essence des révolutions célestes, Hipparque plaça la terre à quelque distance du centre du cercle que la lune était censée parcourir. A l'aide de cette *excentricité*, il rendit compte assez exactement de certaines variations considérables de vitesse qui dépendent, comme nous le savons aujourd'hui, de l'*ellipticité* de l'orbite lunaire.

La première inégalité de la lune était de même nature que celle du soleil; on la nomma *équation de l'orbite* ou *équation du centre;* elle était, suivant l'Almageste (1), de 5° 1'.

Mais quand les instruments astronomiques se perfectionnèrent (2), on reconnut que les inégalités dépendantes de l'*excentricité* ne représentaient pas exactement toutes les observations de la lune. L'erreur allait, dans quelques positions, à près de trois diamètres de l'astre. Cette nouvelle

(1) Ptolémée, *Almageste,* l. IV, ch. 4. C'est, dit-il, la seule anomalie qui ait été reconnue par les astronomes qui nous ont précédé. » ἣν μόνῃ καὶ πάντες σχεδὸν οἱ πρὸ ἡμῶν ἐπιβεβληκότες φαίνονται.

(2) Ptolémée, *Almageste,* l. V, c. I. Περὶ κατασκευῆς ἀστρολάβου ὀργάνου. Cet instrument était construit exprès pour mesurer les différences de longitude le long du zodiaque, entre le soleil et la lune. Voy. notre Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, introd., p. 27, et Lalande, *Astronomie,* t. II, p. 163.

perturbation, Ptolémée, d'après l'opinion commune, en trouva la loi mathématique; il montra que sa valeur varie proportionnellement au sinus du double de la distance de la lune au soleil, diminuée de la distance de la lune à son périgée: on l'appelle *évection* ; elle est occasionnée par son aspect avec le soleil et dépendante de la ligne des apsides avec le lieu des conjonctions et des oppositions; elle s'élevait, suivant Ptolémée, à 2° 39′ (1). Cet astronome représenta la première de ces inégalités par un épicycle, et la seconde par un excentrique (2); avec un double épicycle il serait

(1) Ptolémée, *Alm.*, l. IV, c. 4; l. V, c. 1. En observant avec soin, dit-il, l'ordre de cette inégalité, nous avons reconnu qu'il n'y avait que la première et simple inégalité dans les conjonctions et les oppositions, ἕνεκεν τῶν πρὸς ἥλιον συζυγιῶν συνοδικῶν τε καὶ πανσεληνιακῶν, et même dans les quadratures, κατ' ἀμφοτέρας τὰς διχοτόμους, quand la lune est apogee et perigée; mais on s'assurera facilement qu'elle ne suffit pas pour calculer les mouvements particuliers de la lune observés dans les autres aspects; la seconde inégalité se rapporte aux distances de la lune au soleil, παρὰ τὰς πρὸς τὸν ἥλιον ἀποστάσεις. Elle se rétablit et disparaît dans les conjonctions et oppositions; elle est la plus grande dans certaines quadratures, s'élevant à 2° $\frac{2}{3}$, ce qui porte la première à 7° $\frac{2}{3}$. (*Almag.*, V, 3, *in fine.*) Ζ̄ μοιρῶν καὶ γ″ ἔγγιστα εὑρίσκομεν τὸ πλεῖστον παρὰ τὴν ἀνωμαλίαν διάφορον ὅταν ὁ ἐπίκυκλος κατὰ τὸ περιγειότατον ᾖ τμῆμα τοῦ ἐκκέντρου.

(2) Ptolemée (*Almag*, l. IV, c. 2 et c. 4) expose qu'il aurait pu expliquer le première inégalité par un excentrique, διὰ τῆς κατ' ἐκκεντρότητα ὑποθέσεως, aussi bien que par un épicycle, mais

arrivé de suite à l'argument actuel de l'évection $2D - A$; mais cette simplication était réservée à Copernic. En effet, et je ne crois pas qu'on en ait encore fait la remarque, elle se trouve virtuellement comprise dans la construction de ce mathématicien, et l'on a eu tort d'en attribuer l'introduction à Euler.

L'école d'Alexandrie avait donc déterminé deux des inégalités lunaires : l'*équation du centre* et l'*évection*. Le troisième pas dans l'observation des mouvements de la lune fut la découverte d'une perturbation qui disparaît dans les conjonctions, dans les oppositions, dans les quadratures, et qui atteint son maximum dans les octants, c'est-à-dire, quand la distance angulaire de notre satellite au soleil est de 45° et de 135°. Cette inégalité est dé-

qu'ayant à représenter deux inégalités, il préfère employer l'une des hypothèses pour la première inégalité, et l'autre pour la seconde. — Dans l'hypothèse de la double anomalie, il suppose que dans un jour le centre de l'épicycle (E), allant suivant l'ordre des signes, fait 13° 14′, et que l'apogée (A), ou la ligne des apsides de l'excentrique, fait 11° 9′, contre l'ordre des signes; ainsi, tous les quatorze ou quinze jours l'apogée de l'excentrique rencontrera l'épicycle, et tous les sept jours ils seront opposés entre eux. Par là l'équation de 5° seulement a lieu dans toutes les conjonctions et oppositions, parce qu'alors l'épicycle est toujours dans l'apogée de l'excentrique. L'équation de 7° $\frac{2}{3}$ a lieu quand l'épicycle est plus près de la terre, ce qui arrive dans les quadratures. Voy. Lalande, l. c.

signée sous le nom de *variation;* elle a lieu dans les octants à cause de la force tangentielle, qui tend à accélérer ou à retarder son mouvement, et elle est remarquable dans l'histoire de la théorie lunaire, comme la première correction que Newton eut à expliquer d'après son système de la gravitation.

Jusqu'ici la *variation* avait été considérée comme une découverte de Tycho-Brahé, l'un des plus grands observateurs qui aient existé. Né à Knudsturp en Scanie, vers la fin de l'année 1546, il obtint de son souverain, Frédéric II, la petite île d'Huène, à l'entrée de la mer Baltique, où il fit bâtir un observatoire célèbre connu sous le nom d'*Uranibourg;* là, pendant un séjour de vingt et un ans, il fit un nombre considérable d'observations, et des découvertes dont les plus importantes furent celles de la *troisième inégalité lunaire* qu'il appela *variation*, et *des inégalités du mouvement des nœuds et de l'inclinaison de l'orbe lunaire.*

En butte aux persécutions du ministre Walchendorp, Tycho-Brahé trouva un asile auprès de l'empereur Rodolphe II, et un nouvel observatoire à Prague, où il mourut le 24 octobre 1601. Ce ne fut que plusieurs années après, que Keppler, ayant examiné ses papiers, signala au monde savant la *variation* restée jusqu'alors ignorée. Tycho n'avait pas eu le temps de donner l'explication et les preuves de sa théorie, mais il nous en avait du moins laissé le résultat, et c'est, dans l'opinion des savants, son plus beau titre de gloire.

On comprendra facilement que si cette perturbation du mouvement lunaire était connue des Arabes, leur astronomie devra être envisagée sous un point de vue entièrement nouveau; elle acquerra ce caractère d'originalité qu'on lui avait dénié jusqu'à présent; ce ne sera plus une copie plus ou moins exacte de l'astronomie grecque; les Arabes auront devancé les modernes dans l'une de leurs plus curieuses découvertes : c'est là ce que nous avons voulu démontrer. La *variation* paraît avoir été déterminée à Bagdad vers la fin du dixième siècle, par l'astronome Aboul-Wéfa, qui est par conséquent antérieur de six siècles à Tycho-Brahé, et pour lequel nous réclamons aujourd'hui la priorité sur l'astronome danois.

I.

Mohammed-Aboul-Wéfa-Albouzdjani, contemporain d'Ebn-Jounis, a composé sous le titre d'*Almageste*, un traité d'astronomie que l'on a cru longtemps une traduction arabe de l'Almageste de Ptolémée; c'est un ouvrage tout à fait original dont nous possédons une partie sous le n° 1138, ancien fonds des manuscrits de la Bibliothèque royale.

L'auteur, après avoir décrit les deux premières inégalités de la lune dans deux chapitres distincts, en consacre un autre à la troisième inégalité, et s'exprime en ces termes (1) :

الفصل العاشر فى الاختلاف الثالث الذى يوجد للقمر المسمّى اختلاف المحاذاة (πρόσνευσις) و ايضا لما عرفنا الاختلافين اللذين قدمنا ذكرهما و جعلنا احدهما على جهة فلك التدوير و هو الاختلاف الاول الذى كنّا نجده ابدا عند الاجتماعات و الاستقبالات و عرفنا مقداره بالارصاد المتوالية وجدناه لا يزيد فى مثل هذه الاوقات على خمسة اجزا بالتقريب و انه ينقص عن هذا المقدار فى اوقات و ربما لم يكن اصلا ثم وجدنا هذا الاختلاف يزيد فى غير اوقات الاجتماعات و الاستقبالات و اكثر ما وجدنا زيادته اذا كان القمر من الشمس على نحو من تربيع و انه يبلغ فى مثل هذه الاوقات نحو جزين و ثلثين بالتقريب و ربما ينقص عن هذا و وبما لم يكن اصلا و جعلنا هذا العرض له على جهة الفلك الخارج المركز وجدنا

(1) Ms. arabe de la Bibliothèque royale, ancien fonds, n° 1138, fol. 99 v°.

ايضا بعد ان عرفنا مقدار هذين الاختلافين و مقدار خروج مركز الفلك الخارج المركز عن مركز فلك البروج اختلافا ثالثا يعرض له فى الاوقات التى يكون مركز فلك التدوير فيها بين البعد الابعد والبعد الاقرب من فلك الخارج المركز و اكثر ذلك يكون اذا كان القمر على نحو تثليث من الشمس او تسديس و لم نجده يعرض عند الاجتماعات و المقابلات و فى اوقات التربيعات فانا لما عرفنا مشى القمر فى الطول و مشيه فى الاختلاف و تاملنا الاوقات التى لا يكون له من جهة التدوير اختلاف اعنى الاوقات التى يكون القمر فيها عند البعدين المختلفين من فلك التدوير فان القمر اذا كان فى هذين الموضعين من فلك التدوير لم يعرض له من الجهتين جميعا اختلاف فان حركته المستوية انما هى حول مركز العالم و اذا كان البعد عند هذا بينه و بين الشمس المقدار الذى ذكرنا وجدنا له اختلافا ثالثا نحوا من نصف و ربع درجة بالتقريب و ذلك انا رصدنا القمر فى امثال هذه الاوقات فاذا وجدناه فى جزء من اجزا فلك البروج بالحقيقة وجدنا موضعه بالحساب الذى صححناه بالاختلافين اللذين قدمنا ذكرهما فى اكثر من ذلك الموضع او اقل منه بنحو من نصف و ربع جزء و وجدنا هذا الاختلاف ينقص عن هذا المقدار اذا كان بعد القمر عن الشمس اقل او اكثر من تسديس او تثليث فعند ذلك علمنا ان له عارضا اخر سوى العارضين اللذين نقدم ذكرهما و ليس ممكن ان يكون

ذلك الا من جهة انحراف قطر فلك التدوير عن
محاذاة النقطة التى حولها تكون المستوية اعنى مركز
فلك البروج فان قصر فلك التدوير اذا كان منحرفا
عن النقطة التى حولها تكون الحركة المستوية عرض القمر
اختلاف فى فلك البروج و ذلك لان البعد الابعد من
فلك التدوير يتغيّر و لا يمرّ الخط الخارج من مركز فلك
البروج الى مركز فلك التدوير بالموضع الذى كان يمرّ
به فى الاوقات التى يكون فيها مركز فلك التدوير على
البعدين المختلفين من الفلك الخارج المركز و يتغيّر بعد
القمر عن البعد الابعد من فلك التدوير فانا قد جعلنا
ابدا حركة القمر فى فلك تدوير من البعد الابعد اذا
كان مركزه على التدوير المختلفين من الفلك الخارج
المركز فلما تاملنا ما ذكرنا و استخرجنا تلك النقطة
وجدنا بعدها عن مركز العالم الى ناحيه البعد الاقرب
من الفلك الخارج المركز من الخط المارّ بالمركز مساويا
للبعد الذىّ بين مركز فلك البروج و مركز الفلك
الخارج المركز٬

Voici la traduction de ce passage :

« Section X, de la troisième anomalie (ou inégalité) de la lune appelée *muhazat* (prosneuse).

« *Item*, après avoir déterminé les deux anomalies dont nous venons de donner la description, et que nous avons expliquées, l'une par le moyen d'un épicycle, savoir : la première anomalie que nous avons vue constamment lors des conjonctions et des oppositions, et dont nous avons reconnu la grandeur par des observations consécutives ; ayant trouvé que dans ces mêmes temps, elle ne s'élève pas au delà de cinq degrés environ, mais qu'elle y peut être moindre et même quelquefois tout à fait nulle, tandis qu'en d'autres temps, c'est-à-dire hors des conjonctions et oppositions (l'auteur arrive ainsi à la seconde inégalité), nous avons vu qu'elle peut être plus grande, parvenant à son *maximum*, comme nous l'avons reconnu, lorsque le soleil et la lune sont près de la quadrature, et pouvant alors augmenter de deux degrés deux tiers environ, quoiqu'elle puisse être moindre et même nulle ; et nous avons expliqué cette modification (de la première anomalie par la seconde) au moyen d'un excentrique.

« Or, après avoir déterminé ces deux anomalies et l'excentricité, savoir la distance du centre de l'excentrique au centre du zodiaque, nous avons trouvé encore une troisième anomalie, qui a lieu lorsque le centre de l'épicycle est entre l'apogée et le périgée de l'excentrique, et qui atteint à son maximum lorsque la lune est en trine et en sextile avec le soleil environ, mais qui n'a pas lieu et que nous n'avons reconnue ni dans les conjonctions et oppositions, ni dans les quadratures.

« Ainsi, après que nous avons eu déterminé le mouvement de la lune en longitude et son mouvement en anomalie, nous avons considéré le temps où, par rapport à l'épicycle, il n'y a pas d'anomalie, c'est-à-dire le temps où la lune est à l'une ou l'autre distance, apogée et périgée, de l'épicycle; car lorsque la lune est dans l'un ou dans l'autre de ces deux points, elle n'éprouve aucune des deux (premières) anomalies, et son mouvement devrait être égal au mouvement moyen, savoir, à celui qui a lieu autour du centre du monde.

« Mais lorsque dans cette circonstance, la distance entre la lune et le soleil est telle que nous l'avons dit, nous lui avons trouvé (à la lune) une troisième anomalie d'environ une moitié et un quart de degré (quarante-cinq minutes) à peu près. Pour cela, nous avons observé la lune dans les temps indiqués, et nous avons eu son lieu vrai dans un des degrés du zodiaque (sphère des signes). Nous avons en même temps cherché son lieu par le calcul, que nous avons corrigé par les deux anomalies ci-dessus décrites, et nous l'avons trouvé plus grand ou plus petit que celui-là d'environ une moitié et un quart de degré, et nous avons trouvé que cette anomalie est au-dessous de cette quantité, lorsque la distance de la lune au soleil est plus petite ou plus grande que le sextile ou le trine. D'après cela, nous avons reconnu qu'elle existe indépendamment des deux autres que nous avons précédemment décrites; or cela ne peut avoir lieu que par l'effet d'une *déclinaison* (changement de position ou de direction) du diamètre de l'épicycle à l'égard du point (1) autour duquel se fait le mouvement égal ou moyen, savoir le centre du zodiaque (2).

« Le diamètre de l'épicycle ne peut *décliner* (changer de position) à l'égard du point autour duquel a lieu le mouvement moyen, sans qu'il arrive à la lune une anomalie dans le zodiaque (sphère des signes), et cela parce que l'apogée de l'épicycle varie, et que la ligne menée du centre du zodiaque au centre de l'épicycle ne passe plus par le lieu où elle passe dans les temps où le centre de l'épicycle est vers l'une ou l'autre distance, apogée ou périgée, de l'excentrique, et qu'ainsi il y a variation dans la distance de la lune à l'apogée de l'épicycle (projeté sur la sphère des signes) (3).

(1) عن محاذاة النقطة : *littéralement*, de la direction du point.

(2) Ainsi, déviation du diamètre, changement de position, et de là balancement ou oscillation du centre de l'épicycle autour du centre du zodiaque.

(3) Il résulte de ce qui précède, que la première inégalité

« Quant au mouvement de la lune sur son épicycle, nous avons établi qu'il commence à l'apogée, lorsque le centre de l'épicycle est vers l'une ou l'autre distance, apogée ou périgée de l'excentrique ; et après avoir considéré attentivement ce que nous avons exposé et déduit pour *ce point*, nous avons trouvé que sa distance au centre du monde, vers le côté du périgée de l'excentrique, sur la ligne qui passe par les centres, est égale à la distance qui est entre le centre du zodiaque et le centre de l'excentrique. »

Ici s'arrête Aboul-Wéfa ; mais, par les explications claires et précises que nous venons de rapporter, un fait nouveau semble constaté dans l'histoire de l'astronomie : les Arabes, dès le dixième siècle de notre ère, avaient déterminé la *variation* ou troisième inégalité lunaire, et cette découverte, attribuée à l'école moderne et regardée comme un de ses principaux titres de gloire,

est représentée par la position de la lune sur son épicycle ; la seconde, par un *accroissement* relatif à une diminution du rayon vecteur de l'épicycle, et la troisième inégalité par une variation dans le mouvement angulaire de ce rayon vecteur, à la manière de Tycho-Brahé. Ou, en d'autres termes, si l'on suppose l'épicycle représenté par la lentille circulaire d'un pendule, le raccourcissement de ce pendule et l'amplitude de ses oscillations correspondront à la deuxième et à la troisième inégalité, tandis que la première sera marquée par le mouvement de l'astre sur le bord de la lentille.

les relève du reproche qui leur était adressé de n'avoir rien ajouté aux théories de Ptolémée. Sous ce rapport, les écrits des Delambre et des Laplace doivent être rectifiés, et désormais il ne sera plus permis de parler des travaux de Tycho-Brahé sans citer Aboul-Wéfa qui l'a précédé, sans mentionner sa belle découverte, *due*, comme il nous l'apprend lui-même, *à ses propres observations*; et l'on doit y attacher une importance d'autant plus grande, que, de l'existence de ce fait, on est naturellement conduit à en soupçonner d'autres qui établiraient de plus en plus la large part que les Arabes ont prise aux progrès de l'astronomie.

II.

Nous avons maintenant à examiner les objections que notre travail a soulevées, dès sa première publication en 1836.—Jusqu'en 1841, aux yeux des géomètres, l'indication de la troisième inégalité lunaire résultait évidemment du passage d'Aboul-Wéfa; mais on élevait quelque doute sur l'authenticité du passage lui-même.

Les objections présentées pouvaient se réduire à trois principales (1) :

(1) Voy. *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, séances des 14 et 28 mars 1836, et du 13 mai 1838. *Journal des Savants*, novembre 1841, p. 677.

1° Ne serait-il pas possible, disait-on, que le passage découvert et traduit par M. Sédillot fût une interpolation dans une copie de l'ouvrage de l'astronome de Bagdad, postérieure à Tycho-Brahé (1610)?

2° La ressemblance des constructions géométriques employées par Aboul-Wéfa et Tycho-Brahé, pour représenter la Variation, ne prouve-t-elle pas que l'observateur européen aurait eu quelque notion de la découverte arabe, ou que le manuscrit arabe aurait été, soit modifié, soit falsifié postérieurement à sa date apparente?

3° Si Aboul-Wéfa a reconnu la troisième inégalité lunaire, comment se fait-il qu'aucun des auteurs arabes qui lui ont succédé n'en ait parlé?

Il est nécessaire que nous donnions à l'égard de ces divers points les éclaircissements les plus complets, avant d'aborder un autre ordre de faits qui, dans ces derniers temps, a transporté la discussion sur un nouveau terrain; de cette manière il sera plus facile de suivre les développements successifs de la question.

Réponse à la première objection.

Le manuscrit de la Bibliothèque royale, n° 1138, ancien fonds, dans lequel se trouve l'Almageste d'Aboul-Wéfa, faisait partie des livres du sultan Schah-Rokh, fils de Tamerlan, qui, né en 1377, régna sur la Transoxiane pendant plus de quarante ans (de 1405 à 1447); un sceau apposé sur plusieurs des feuillets de l'ouvrage d'Aboul-Wéfa, le prouve péremptoirement; on y lit من خزانة كتب السلطان الاغظم شاه رخ بهادر *ex thesauro librorum sultani supremi Schah-Rokh Behadur* (1).

On sait, comme l'a fait remarquer M. Reinaud dans sa *Description des monuments arabes et persans du cabinet* de M. le duc de Blacas, que l'un des usages des cachets chez les Orientaux était de servir à marquer la propriété; c'est ainsi qu'en tête de leurs livres et de tout ce qui leur appartient, on trouve l'empreinte de leurs devises. Le sceau que porte le manuscrit d'Aboul-Wéfa est conforme à une médaille de Schah-Rokh, que possédait M. de Blacas, si ce n'est qu'il contient en plus ces mots : *min khazane koutoub*, etc., *ex thesauro librorum*, etc. Cette médaille nous a été communiquée, et nous en avons eu à notre disposition deux autres que nous avons décrites, et qui ne peuvent laisser aucun doute sur le point en question (2); d'ailleurs le surnom de *Behadur* (*fortis*) donné à Schah-Rokh, fils de Tamerlan,

(1) Voy. l'appendice placé à la suite de cette deuxième partie, note 1. — (2) Id., id.

ne permet pas de le confondre avec aucun autre prince mongol ou tartare. Il est donc évident que le manuscrit est antérieur de plus de deux cents ans aux travaux de l'astronome danois Tycho-Brahé, mort en 1601.

Mais on a pensé que l'âge de ce manuscrit ne pouvait être résolu que d'une manière conjecturale, attendu qu'en ce qui concerne le sceau, on a souvent l'habitude de continuer à marquer les livres d'une bibliothèque du cachet adopté par le fondateur, longtemps après sa mort; on pouvait, en outre, disait-on, citer deux princes italiens qui, à plusieurs siècles de distance, avaient adopté la même devise.

Ce dernier exemple n'est rien moins que concluant : les deux princes italiens avaient choisi pour devise un verset des livres saints, et la légende des sceaux employés par les souverains de l'Orient porte généralement un nom et une date; le cachet de Schah-Rokh contient ces mots: *ex thesauro librorum s. s. Schah-Rokh Behadur,* ce qui ne ressemble nullement à un verset du Coran, et d'ailleurs ses successeurs ont eu leur sceau particulier. Si l'on avait continué, après la mort du fils de Tamerlan, arrivée en 1447, de marquer les livres avec son cachet, il serait difficile de croire que cet usage se fût prolongé jusqu'au delà du dix-septième siècle. Il y a, d'ailleurs, à cette supposition une réponse décisive : il existe à la Bibliothèque royale des manuscrits copiés pour des princes de la famille des Timourides du quinzième et du seizième siècle, et ces manuscrits sont marqués d'un sceau différent de celui de Schah-Rokh (1).

Malgré la netteté de ces explications, que nous avons développées dans un Mémoire spécial (2), on s'est encore demandé (3) « si le manuscrit « d'Aboul-Wéfa n'aurait pas été, soit modifié, « soit même fabriqué postérieurement à sa date « apparente. Des membres très-savants de la so- « ciété de Calcutta n'avaient-ils pas été victimes « de semblables falsifications effectuées avec un « art infini par leurs pandits sur les points de « l'ancienne histoire de l'Inde qui pouvaient le « plus les intéresser? Ne l'ont-ils pas reconnu « eux-mêmes, avec des regrets qui doivent nous « apprendre à nous défier des assertions extraor- « dinaires, lorsqu'elles se présentent isolées de « l'ensemble des faits auxquels elles se rattachent?» Il ne faut pas avoir une idée exacte de ce que

(1) Voy. l'appendice, note 1.

(2) Id., id.

(3) *Journal des Savants*, novembre 1841, p. 677, art. de M. Biot.

sont les manuscrits arabes et les manuscrits de l'Inde, pour émettre une telle supposition. Ces derniers sont composés de feuilles de *latanier*, espèce de palmier séché, sans autre apprêt, et séparées par côtes, sur lesquelles se trouve formé, au moyen d'un stylet ou poinçon, un trait léger, mais apparent; et rien n'est plus facile, avec un peu d'adresse, que d'intercaler quelque nouvelle feuille au milieu des anciennes. Il y avait d'ailleurs une excellente raison qui portait les pandits à tromper les Européens: c'est qu'on leur payait au poids de l'or toutes les découvertes qu'ils pouvaient exhumer de leurs livres, et qui souvent leur étaient indiquées d'avance. Les manuscrits arabes, au contraire, copiés sur du papier de coton de Boukhara ou de Samarcande, dont la vétusté ne saurait être imitée, écrits de la même main, ne laissent d'accès à aucune interpolation.

Quel intérêt, d'ailleurs, un Arabe aurait-il eu à introduire dans un traité d'astronomie du dixième siècle la détermination de la troisième inégalité lunaire, découverte par les modernes en 1610? Serait-ce par un sentiment d'honneur national? Mais il se serait empressé de tirer profit de sa supercherie; il aurait fait grand bruit du point important qu'il pouvait signaler.

Pourquoi se serait-il arrêté en si beau chemin, et n'aurait-il pas saisi cette occasion d'attribuer à ses ancêtres le nouveau système du monde de Copernic, et les plus beaux résultats des travaux modernes?

D'un autre côté, cette interpolation n'aurait pu avoir lieu que de 1610 à 1670, puisque le manuscrit a été apporté à cette dernière époque par le voyageur Jean-Michel Wansleb, que le ministre Colbert avait envoyé en Orient pour faire l'acquisition de manuscrits destinés à la Bibliothèque royale; et toute personne qui voudra se donner la peine de jeter un regard sur l'histoire des Arabes du dix-septième siècle, reconnaîtra aussitôt qu'une telle modification apportée à un traité d'astronomie était tout à fait impossible de leur part. M. de Sacy disait qu'un pareil fait leur ferait plus d'honneur que la découverte de la Variation elle-même, et il avait raison; car les Turcs et les Arabes qu'ils ont subjugués, ont si peu profité des connaissances scientifiques des Européens, qu'ils croient encore aujourd'hui, pour la plupart, à l'immobilité de la terre, et que le *Djihan numah*, imprimé dans ces derniers temps à Constantinople, reproduit la plupart des longitudes erronées données par Aboul-Hhassan, de Maroc, en 1229, pour l'Asie et l'Afrique.

Au lieu de renouveler ainsi sur la falsification possible du manuscrit d'Aboul-Wéfa des opinions abandonnées, et de les soutenir par des arguments qui n'ont rien de grave, n'aurait-il pas mieux valu s'adresser aux maîtres de la science, à nos orientalistes si profondément versés dans la connaissance des manuscrits? Nous l'avions déjà fait nous-même. Feu M. de Sacy avait constaté l'ancienneté de la copie, et déclaré qu'à cet égard aucun doute n'était permis. L'état et l'apparence des feuillets avaient donné à M. Reinaud la même opinion. M. Quatremère et M. Amédée Jaubert, dont l'expérience en pareille matière ne saurait être contestée, n'ont pas hésité à reconnaître l'exactitude de nos assertions; il y a plus, c'est qu'à l'inspection du manuscrit et du cachet dont il porte l'empreinte, non-seulement il a été établi qu'il avait appartenu au commencement du quinzième siècle à Schah-Rokh, fils de Tamerlan, mais encore que la copie devait en avoir été faite dès le onzième siècle de notre ère.

D'autres faits détruisent entièrement l'idée de toute interpolation ou de l'insertion d'un passage fabriqué après coup.

1° L'écriture est identiquement la même dans tout le manuscrit.

2° Aucun feuillet n'offre, sous le rapport du papier, de différence avec les autres.

3° Les folios qui contiennent la description de la troisième inégalité n'ont pu être intercalés; le passage est complet, réclamé par l'ordre des matières, et il se trouve indiqué dans la table générale des chapitres qui précède, avec la plus grande précision.

Nous comprenons, en effet, qu'une assertion ne doit pas être présentée « *isolée des faits aux-* « *quels elle se rattache*, et qu'il importe de savoir « *dans quelle partie du manuscrit la découverte* « *dont il s'agit se trouve consignée, et comment elle* « *se lie au reste du texte, ainsi qu'aux constructions* « *géométriques et aux nombres employés par l'au-* « *teur pour représenter les diverses inégalités lu-* « *naires* (1). » Et d'abord nous dirons que la détermination de la *variation* par Aboul-Wéfa était préparée par les observations des astronomes auxquels il succédait, et dont Ebn-Jounis nous a transmis, en partie, les utiles et importants travaux. On verra plus loin, par les passages d'Ebn-Jounis que nous reproduisons, que, depuis plus d'un siècle, la lune était observée à toutes les époques de sa révolution, aussi bien dans les octants

(1) *Journal des Savants*, novembre 1841, p. 678.

que dans les syzygies et dans les quadratures; et les savants de Bagdad devaient nécessairement arriver à la découverte de la troisième inégalité, et compléter, sur ce point, la théorie de Ptolémée.

D'un autre côté, l'exposé que nous donne Aboul-Wéfa du nouveau et important résultat auquel ses propres observations l'ont conduit, se trouve-t-il dans son manuscrit *présenté isolément?* En aucune manière; et si l'on avait voulu prendre la peine de lire avec attention notre premier travail, on n'aurait pas songé à soulever cette question.

Aboul-Wéfa divise son Almageste المجسطى *en trois parties* جعلنا هذا الكتاب ثلاثة اجناس (1); chaque partie comprend plusieurs *discours* مقالات, subdivisés en *paragraphes* انواع et en *sections* فصول. L'auteur expose, dans la première partie, les choses qui doivent précéder l'exposition des mouvements des planètes الامور التى ينبغى ان يقدم ذكرها لحركات الكواكب; cette partie comprend cinq *discours*, et remplit les quatre-vingts premiers feuillets, c'est-à-dire les trois quarts du manuscrit que possède la Bibliothèque royale; c'est dans le cha-

(1) Ms. arabe de la Bibliothèque royale, ancien fonds, n° 1138, fol. 2.

pitre VI du premier *discours* (1), que se trouve la définition des tangentes, signalée par Delambre dans son Histoire de l'astronomie au moyen âge (2). Les paragraphes 3, 4, 5 et 6 du second discours (3), y sont également analysés (4). La trigonométrie des Arabes acquérait une importance toute nouvelle; on connaissait enfin d'une manière certaine l'auteur et la date de l'introduction des tangentes, dont les Arabes ont fait un si fréquent usage dans leur gnomonique.

La seconde partie du manuscrit d'Aboul-Wéfa a pour objet d'expliquer le mouvement des planètes, que l'on nomme *mouvement en longitude* et *mouvement d'anomalie* حركة الطول وحركة الاختلاف Dans l'argument de cette seconde partie (5), Aboul-Wéfa rappelle qu'il vient de faire connaître dans les cinq discours précédents tout ce qui sert d'introduction au mouvement des planètes, et qu'il va s'occuper de leur révolution circulaire et des diverses contradictions ou différences qu'elles présentent, et cela, après qu'il aura expliqué les principes dont ces différences dépendent, et sur

(1) Ms. arabe, n° 1138, fol. 13 et 14.
(2) Delambre, *Astronomie du moyen âge*, p. 157.
(3) Ms. arabe, n° 1138, fol. 20 et s.
(4) Delambre, l. c., p. 158 à 163.
(5) Ms. arabe, n° 1138, fol. 82.

quelles bases sont fondées les démonstrations. Il annonce ensuite qu'il exposera plus loin les moyens par lesquels on est arrivé aux résultats qu'il a décrits, et qu'il rapportera les observations d'après lesquelles on a déterminé les mouvements généraux et particuliers ثم نذكر بعد ذلك الارصاد التى عرفت منها الحركات الكلية و الجزية. Le sixième discours المقالة السادسة (1), dans l'ordre des subdivisions adoptées par l'auteur, comprend, à part quelques lacunes, la théorie des excentriques et des épicycles appliqués aux inégalités des planètes, parmi lesquelles Aboul-Wéfa distingue avec soin les trois inégalités lunaires (2); plus loin, dans le septième discours المقالة السابعة (3) qui termine le manuscrit, mais qui n'est pas tout à fait complet, se trouve la détermination de ces diverses inégalités; le second paragraphe النوع الثانى contient l'exposé des anomalies du mouvement lunaire, et les trois inégalités dont nous venons de parler, mentionnées une seconde fois

(1) Ms. arabe, n° 1138, ancien fonds, fol. 82 à 95.

(2) Id., fol. 81. — النوع السابع فى تصور امور القمر الفصل الرابع فى الاختلاف الاول الذى يرى بحركات القمر الفصل الخامس فى الاختلاف الثانى الذى يرى لحركة القمر الفصل الثامن فى الاختلاف الثالث الذى يوجد لحركة القمر

(3) Id., fol. 95 à 106.

dans la table sommaire placée en tête du septième discours (1), sont passées en revue dans des chapitres et sections spéciales (2). Aboul-Wéfa décrit très-clairement la première inégalité qu'il a observée dans les conjonctions et oppositions فى اوقات الاجتماعات و الاستقبالات, et qui est d'environ 5° على خمسة اجزا بالتقريب; puis la seconde inégalité qui a lieu dans les quadratures اذا كان بعد القمر من الشمس على نحو ربع دايرة, et qui s'élève à deux degrés deux tiers environ جزين و ثلثين بالتقريب, et il arrive ensuite à la troisième inégalité dont nous avons rapporté plus haut l'explication. On ne saurait donc révoquer en doute la réalité de sa découverte, qui était déjà préparée par les travaux de ses devanciers, et qui, dans l'ordre des matières, se trouve parfaitement *liée au reste du texte ainsi qu'aux constructions géométriques et aux nombres employés par l'auteur pour représenter les diverses inégalités de la lune.*

Aux preuves que nous venons d'exposer, nous

(1) Fol. 95. الفصل الخامس فى الجهة التى منها عرفنا الاختلاف (الاول) للقمر الفصل السادس فى معرفة لاختلاف الثانى للقمر الفصل العاشر فى الاختلاف الثالث الذى يوجد للقمر المسمّى اختلاف المحاذاة

(2) Id., fol. 98, 99 et suiv.

ajouterons quelques considérations qui tendent également à faire rejeter l'hypothèse de l'*intercalation* d'un chapitre dans une copie de l'ouvrage d'Aboul-Wéfa, postérieure à 1610.

Aboul-Wéfa présente la découverte de la *troisième inégalité lunaire comme étant le fruit de ses propres observations* (1); et l'explication qu'il donne diffère sur plusieurs points de celle de Tycho-Brahé. Nous avons rapporté plus haut la traduction du passage de l'astronome arabe; nous allons mettre en regard l'appendice trouvé à la mort de Tycho-Brahé dans ses papiers, et publié pour la première fois neuf ans après (1610 de notre ère).

« Experti sumus hos circulos omnibus appa-
« rentiis necdum satisfacere, si quidem in octan-
« tibus sive mediis locis inter quadraturas et syzy-
« gias ☌ et ☍, cùm luminaria sesquisigno inter
« se distant, adhuc inæqualitas quædam et diffe-
« rentia satis percibilis sese ingerat, necessum
« videbatur, adhuc alium parvum circellum per
« quem hæc variatio excusetur, superaddere, in
« quo centrum epicycli majoris non in circumfe-
« rentia, sed per diametrum transversum motu
« quodam librationis, circulari tamen, ut alias

(1) Voy. ci-dessus, p. 35 et 45.

« apud Copernicum fieri solet, analogo, hinc indè
« transfertur, efficiens prosthaphæresin quam-
« dam à ☌ et ☍ luminarium usquè ad quadratu-
« ras semper addendam et rursùs à quadraturis
« ad ☌ et ☍ subtrahendam à mediâ longitudine
« ☽ à ☉, ut verus locus centrî epicycli prodeat.
« Motus autem hujus librationis duplici distan-
« tiæ veræ ☉ et ☽ commensurabilis est, maxi-
« mamque variationem 40′ 30″ in primo et tertio
« à ☌ octante addendam, in secundo et quarto
« octante subtrahendam procreat (1). »

(1) Tycho-Brahé, t. I, Francofurti, 1610; *appendice intercalé* entre les pages 112 et 113. Lalande, *Astronomie*, II, 169. — L'auteur, après avoir exposé la manière dont il envisage les deux premières inégalités (voy. plus loin, § IV), ajoute: « J'ai éprouvé, par un grand nombre d'observations exactes, que ces trois cercles ne satisfont pas encore aux observations, et que dans les octants, c'est-à-dire à 45° des syzygies et des quadratures, il y a une autre différence sensible. J'ai donc été obligé d'ajouter un petit cercle en F pour expliquer cette *variation*, et je suppose que le centre F du grand épicycle (voy. plus loin, § IV) en parcourt non pas la circonférence, mais le diamètre VX perpendiculaire au rayon BF, par un mouvement de libration qui soit réglé cependant de même que s'il se faisait sur la circonférence, comme l'a supposé Copernic dans d'autres occasions, c'est-à-dire proportionnellement aux sinus des arcs parcourus; il en résulte une équation qui depuis les syzygies jusqu'aux quadratures doit toujours s'ajouter à la longitude moyenne de la lune, pour avoir la véritable situation du centre de l'épicycle, mais qui est soustractive dans le second et dans le quatrième octant. Cette libration dépend donc du double de la vraie distance de la lune

Il est évident que si les Arabes avaient copié Tycho-Brahé, ils auraient reproduit son explication mot pour mot; ils ne seraient pas entrés dans le détail des observations et des calculs qui avaient conduit à la détermination de la troisième inégalité lunaire, ce dont l'astronome danois ne parle pas. On voit en outre qu'Aboul-Wéfa et

au soleil, et produit la variation. Tycho avait encore déterminé cette inégalité avec assez de précision, puisqu'il la faisait de 40′ 30″. Or, elle est dans Flamsteed de 40′ 34″; dans Clairaut, 39′ 54″; dans les anciennes tables de Mayer, 40′ 43″, et dans les nouvelles tables 35′ 41″, sans y comprendre les petites équations qu'on a renfermées dans la même table.

Tycho-Brahe se proposait de donner l'explication et les preuves de toute sa théorie dans un ouvrage particulier; mais il n'en eut pas le temps, et il ne nous en laissa que le résultat renfermé dans les hypothèses que nous venons de rapporter. Il avait mis la dernière main à ce petit résumé en 1601, et avait été aidé dans ce travail par Longomontan, comme les éditeurs en avertissent à la page 819 du même livre. Ce fut en 1610 qu'il fut rendu public.

Dans les tables de la lune qui sont jointes à l'*Astronomie* de Lalande, on trouve les trois inégalités de la lune sous le nom d'*équation de l'orbite, évection* et *variation*. Les deux dernières sont appelées par Keppler *inæqualitates menstruæ;* l'évection y est nommée en particulier *æquatio temporanea*, et la variation *æquatio perpetua* ou *variatio* (Keppler, *Epitome*, p. 790, 793, 811), parce que celle-ci revient perpétuellement deux fois par mois, et que l'autre ne se rétablit qu'au bout de plus d'une année. La troisième inégalité avait déjà été appelée variation par Tycho, qui en était l'inventeur. Boulliau l'appelle *variation* ou *réflexion*.

Tycho-Brahé étaient même arrivés à des résultats différents : le premier faisait la *variation* de 40′ à 45′ environ ; le second la fait de 40′ 30″, et dans les nouvelles tables de M. Damoiseau, elle est de 39′ 29″ 7. Comment les Arabes, qui se seraient approprié une découverte moderne dans le courant du dix-septième siècle, l'auraient-ils dénaturée dans son coefficient numérique ? Mais, dit-on, Aboul-Wéfa et Tycho-Brahé emploient les mêmes procédés géométriques pour représenter cette inégalité de la lune ? N'y aurait-il pas en quelque communication inexpliquée entre ces deux prétendus auteurs de la découverte ? C'est la seconde objection qui a été faite et que nous allons examiner.

Réponse à la seconde objection.

Après avoir exposé que, « pour pouvoir discerner dans les différences restantes entre l'*observation* et *les tables*, l'existence de la *variation* « et en apprécier l'étendue, *ainsi que la loi*, Aboul-« Wéfa aura dû faire ce qu'a fait Tycho avec l'as-« sistance des horloges mécaniques et d'instru-« ments divisés qu'on peut croire plus précis *que* « *n'ont dû l'être au* dixième siècle ceux des Ara-

« bes, » le rédacteur du *Journal des Savants* (1) ajoute : « Pour que rien ne manque à cette sin-« gulière coïncidence, parmi toutes les construc-« tions géométriques qui pouvaient représenter la « nouvelle inégalité, Aboul-Wéfa paraît employer « justement la même que Tycho a choisie, et les « coefficients numériques dont ils l'affectent tous « deux, diffèrent seulement par des quantités dont « l'un ou l'autre n'auraient pu que bien difficile-« ment répondre; de sorte qu'en voyant une ren-« contre *tellement complète*, on est *involontaire-« ment* conduit à se demander si l'observateur « européen n'aurait pas eu quelque notion de la « découverte arabe, ou si le manuscrit n'aurait pas « été (comme nous l'avons déjà rapporté plus « haut, p. 51), soit modifié, soit même fabriqué « postérieurement à sa date apparente. »

Pour ce qui concerne les instruments astronomiques, nous avons fait voir que les Arabes s'étaient spécialement occupés de les perfectionner dès le commencement du neuvième siècle de notre ère. « Les traités qu'ils ont laissés sur cet objet, « dit Laplace (2), montrent l'importance qu'ils y « attachaient, et cette importance garantit la jus-

(1) *Journal des Savants*, novembre 1841, p. 678, art. de M. Biot.

(2) Laplace, *Précis de l'histoire de l'astronomie*, p. 60.

« tesse de leurs observations; ils donnèrent aussi « une attention particulière à la mesure du temps « par des clepsydres, par d'immenses cadrans so- « laires, et même par les vibrations du pendule. » On peut donc très-bien admettre qu'Aboul-Wéfa ait eu les moyens de faire des observations beaucoup plus exactes qu'on ne semble le supposer. Quant à la manière dont il a expliqué l'inégalité lunaire qu'il avait découverte, il faut se reporter un instant aux écrits de l'école d'Alexandrie.

On a cru jusqu'à Keppler (m. en 1631) que le mouvement des astres, au lieu d'être elliptique, était uniforme et circulaire; cette erreur, Ptolémée la partagea, et pour rendre compte des inégalités des planètes, il fit usage des excentriques et des épicycles. Que l'on imagine en mouvement sur une première circonférence dont la terre occupe le centre, celui d'une circonférence sur laquelle se meut le centre d'une troisième circonférence, et ainsi de suite jusqu'à la dernière que l'astre décrit; si le rayon d'une de ces circonférences surpasse la somme des autres rayons, le mouvement apparent de l'astre autour de la terre sera composé d'un moyen mouvement uniforme et de plusieurs inégalités dépendantes des rapports qu'ont entre eux les rayons des diverses circonférences et les mouvements de leurs centres et de l'astre; on peut donc, en multipliant et déterminant convenablement ces quantités, représenter toutes les inégalités de ce mouvement apparent. Or, Ptolémée faisait mouvoir chaque planète sur un *épicycle* dont le centre décrivait un *excentrique* autour de la terre.

Les Arabes, élèves des Grecs, adoptèrent leurs constructions géométriques, et il en fut de même pour les astronomes de l'Europe moderne, jusqu'à Keppler, ou plutôt jusqu'à Tycho-Brahé inclusivement. Serait-il donc permis de s'étonner qu'Aboul-Wéfa et l'astronome danois se soient servis des mêmes procédés pour rendre raison de la troisième inégalité lunaire; il aurait été, au contraire, fort surprenant que, sur ce point, ils ne se fussent pas rencontrés.

Aboul-Wéfa représentait, comme Ptolémée, la première inégalité de la lune par un épicycle, et la seconde par un excentrique; lorsqu'il eut déterminé la *variation*, qui ne lui paraissait pas s'élever au delà de 45', il pensa qu'elle ne pouvait avoir lieu que par *une déclinaison* du diamètre de l'épicycle. Que faut-il entendre par ce mot, *déclinaison* انحراف عن محاذاة (changement de position ou de direction); c'est ce qu'Aboul-Wéfa ne dit pas clairement, et nous avons cherché nous-même une explication de ce passage dans l'exposé de Tycho-Brahé, en montrant que les procédés des deux astronomes offraient des points de rapprochement. Le rédacteur du *Journal des Savants* y a vu une identité parfaite; mais Aboul-Wéfa se contente de dire que cette inégalité peut être représentée par *une déclinaison* du diamètre de l'épicycle, tandis que l'astronome danois est beaucoup plus explicite; il ajoute un petit cercle dans lequel il fait osciller transversalement le centre du grand épicycle : *necessum videbatur adhuc alium parvum circellum per quem hæc variatio excusetur, superaddere, in quo centrum epicycli majoris non in circumferentiâ, sed per diametrum transversum, motu quodam librationis, circulari tamen, ut alias apud Copernicum fieri solet, analogo, hinc indè transfertur, etc.* Si les Arabes, comme on le prétend, s'étaient approprié la découverte de Tycho-Brahé, ils auraient, sans aucun doute, adopté son exposition, qui est si claire et si précise, et ils n'auraient pas porté de 40 à 45′ une inégalité que leur auteur aurait faite de 40′ 30″. Lorsque le rédacteur du *Journal des Savants* se demande si l'observateur européen n'aurait pas eu quelque notion de la découverte arabe, il reste dans le domaine des choses possibles; car, à la rigueur, Tycho-Brahé pourrait avoir trouvé une mention de la troisième inégalité lunaire dans quelque ancien manuscrit, puisqu'elle était connue six siècles avant lui; il pourrait l'avoir seulement mieux déterminée, et avoir, en même temps, complété les explications de ses devanciers. Mais l'idée d'une interpolation, qui ne s'appuie sur aucun fondement de quelque valeur, et qu'on met en avant sans se donner seulement la peine d'examiner *matériellement* le manuscrit, et sans tenir compte des raisonnements qui la détruisent, n'a aucun caractère sérieux.

Pour nous, nous ne songeons nullement à priver Tycho-Brahé de la gloire de sa découverte, et nous ne voyons pas pourquoi il ne serait pas arrivé de lui-même à constater l'existence de la *variation* aussi bien qu'Aboul-Wéfa. En réclamant la priorité pour les Arabes, nous rétablissons un fait historique, très-intéressant sans doute, mais qui n'ôte rien au mérite des astronomes modernes. Il y a d'ailleurs une limite que les écoles de Bagdad et d'Alexandrie n'ont jamais pu franchir ; l'usage des lunettes et du télescope leur était inconnu. Il est donc facile de tracer une ligne de démarcation bien distincte entre l'astronomie de l'antiquité et du moyen âge, et celle des derniers siècles; mais nous tenons à constater que les Arabes sont arrivés à cette extrême limite, et qu'ils ont ajouté aux travaux des Grecs d'importantes découvertes qui n'outrepassaient point leurs moyens d'observation. La *variation* est de ce nombre, et, en démontrant qu'ils l'avaient signalée dès le dixième siècle de notre ère, nous ne faisons que leur rendre la place qu'ils doivent occuper dans l'histoire des écoles astronomiques.

On a dit, il est vrai, « qu'il était désirable que « cette découverte ne fût pas constatée seulement « par un simple énoncé de fait, quelque explicite « qu'il fût, mais qu'on pût y joindre, soit la preuve « de son application, soit au moins la certitude « de la succession d'observations qu'elle néces- « site (1). » C'est une pensée que nous avons souvent exprimée nous-même; mais, pour parvenir à ce résultat, il faudrait encourager les travaux entrepris dans cette intention si louable, et ne pas les entraver, ni les interrompre par d'injustes attaques. Nous savons déjà que les astronomes de Bagdad et des principales villes des États musulmans nous ont laissé une série d'observations qui embrassent près de deux siècles, à partir du règne d'Almamoun (814-833), et dont Ebn-Jounis nous a fait connaître un certain nombre, dans les premiers chapitres de la grande table Hakémite. On avait prétendu que les Arabes n'avaient observé la lune que

(1) *Journal des Savants*, novembre 1841, l. c.

dans les quadratures et les syzygies, et jamais dans les octants, malgré le passage que nous avions rapporté d'Aboul-Wéfa, et qui prouvait le contraire; et cependant, Ali-Ben-Amadjour, qui florissait à Bagdad au commencement du dixieme siècle, déclare avoir observé la lune plusieurs fois, à diverses époques du mois lunaire arabe, au commencement, au milieu, à la fin, à différentes heures du jour et de la nuit, dans différents endroits du ciel, près de l'orient, à un signe et demi de l'ascendant, près du méridien, et en ayant égard à la parallaxe, etc. (1); il avait même re-

(1) Ebn-Jounis, p. 107, et Ms. ar. de la Bibliothèque royale, n° 89 *provisoire*, fol. 98 : قال رصدت القمر ايضا (من اول المحرم الى شهر ربيع الاول) مرارا كثيرة فى اوقات من الشهر العربى متغايرة اعنى اوله و وسطه و اخره وفى اوقات من النهار و الليل و هو فى مواضع عدة من الفلك اعنى قرب المشرق و على بعد برج و نصف من الطالع او نحوه و ايضا قريبا من دايرة نصف النهار الزمه فيها ما يلزمه من اختلاف المنظر فاجده بالرصد ينقص عنها فى التقويم ربع درجة الى ثلث فقط و اما عرضه etc.
« Je trouvais, dit-il en terminant, la lune moins avancée par l'observation que dans les ephémérides, d'un quart à un tiers de degré; quant à la latitude, aucun résultat fixe; » et plus loin, p. 111 et fol. 99 :
ذكر ابن الادمى فى زيجه عن على بن اماجور قال اخبرنى من جماعتهم الصادق فى قوله على بن اماجور

marqué quelques anomalies qui devaient attirer l'attention des astronomes de son temps, et qui expliquent comment Aboul-Wéfa a pu, soixante ou quatre-vingts ans après, compléter ou du moins réformer la théorie lunaire de Ptolémée. M. Biot l'a reconnu lui-même dans le *Journal des Savants* : « Les Grecs, dit-il (1), s'étaient bornés à repré-« senter autant qu'ils le pouvaient les positions de « la lune dans les syzygies et dans les quadratures ; « les Arabes se sont d'abord attachés à perfection-« ner les déterminations qu'on obtenait dans ces

انه ما زال يراعى الرصد وقتا بعد وقت فى مدة ثلاثين سنة فيجد فى مواضع الكواكب السبعة و الثابتة خلافا فى الطول و العرض و الجهة لما اوجبه الحساب من المذهب الممتحن و انه وجد وقتا بعد وقت فى القمر يو دقيقة فقط ناقصة عن طوله الذى اوجبه الحساب لايعلم لها سببا

Ebn-Aladami rapporte dans sa *Table :* « Ali-ben-Amadjour, auquel on peut ajouter foi, m'a affirmé qu'il n'avait pas cessé d'observer à diverses reprises pendant l'espace de trente ans, et qu'il avait toujours trouvé dans les lieux des planètes et des étoiles fixes des différences en longitude et en latitude, et dans la situation par rapport à l'écliptique, avec le calcul fait d'après la table vérifiée ; qu'il avait trouvé en différents temps pour la lune 16′ de moins en longitude que par le calcul, et qu'il n'en savait pas la raison. »

(1) *Journal des Savants*, novembre 1841, l. c.

« deux seuls points de l'orbite par les tables de
« Ptolémée. Pour aller plus loin, le premier pas à
« faire était de comparer les observations aux ta-
« bles dans des points intermédiaires à ceux-là;
« or on voit, dans Ebn-Jounis, que plusieurs as-
« tronomes de son temps ont eu cette excellente
« idée, et l'ont même réalisée, pour tous les points
« de l'orbite, par des séries d'observations long-
« temps combinées; il serait donc fort naturel
« qu'Aboul-Wéfa, qui paraît avoir été un calcula-
« teur très-habile et très-versé dans les théories as-
« tronomiques, eût entrepris, comme eux, cette
« comparaison générale; ce qui lève déjà une des
« difficultés que l'on pouvait faire contre la réalité
« de la découverte que le manuscrit cité lui attri-
« bue. Mais, selon ce que dit Ebn-Jounis, ces as-
« tronomes trouvèrent, entre leurs observations et
« les tables, de trop grandes différences pour pou-
« voir en découvrir les causes, ou même en assi-
« gner les valeurs précises; cela est fort concevable
« si l'on considère combien la mesure du temps,
« ainsi que des hauteurs, était encore inexacte
« alors, et combien il y avait d'imperfection dans
« les constantes mêmes des tables, indépendam-
« ment de tous les effets des inégalités inconnues
« qui s'y trouvaient mêlées; il aura donc fallu
« qu'Aboul-Wéfa ait d'abord reconnu et corrigé

« ces erreurs fondamentales, assez exactement « comme assez sûrement pour pouvoir ensuite « discerner la variation, etc. »

Sans aucun doute Aboul-Wéfa a remarqué les différences qui se trouvaient entre l'*observation* et *les tables*, non-seulement par ses propres travaux, mais encore par l'examen de ceux de ses devanciers; il n'est, d'un autre côté, nullement démontré que la mesure du temps et des hauteurs fût aussi imparfaite du temps d'Aboul-Wéfa qu'on veut bien le dire; il faudrait savoir ce que l'école de Bagdad a produit, et on l'ignore presque entièrement; Aboul-Wéfa peut très-bien « *avoir fait ce* « *qu'a fait Tycho-Brahé*, » et la supposition contraire ne saurait détruire des textes et des faits positifs, tant qu'elle reposera sur des considérations aussi vagues qu'arbitraires.

Mais si nous avons établi qu'Aboul-Wéfa avait été conduit par les observations continues de l'école de Bagdad, du neuvième et du dixième siècle, et par les siennes propres, à la détermination de la *variation*, voyons maintenant ce que cette détermination est devenue dans les mains de ses successeurs; et s'ils en ont fait mention, ce sera l'objet d'un chapitre particulier.

Réponse à la troisième objection.

« Comment se fait-il qu'aucun des auteurs ara-
« bes qui ont succédé à Aboul-Wéfa n'ait parlé de
« sa découverte? »

Cette question est tout à fait secondaire; elle ne touche en rien à la réalité de la détermination d'Aboul-Wéfa; cependant, nous allons l'examiner, parce qu'elle pourra servir à démontrer toute l'importance qu'il y aurait à favoriser l'étude approfondie des manuscrits scientifiques des Arabes.

Et d'abord, en connaît-on dès à présent un assez grand nombre pour qu'il soit permis d'affirmer qu'aucun des astronomes postérieurs à Aboul-Wéfa n'a parlé de la *variation?* Ceux dont les ouvrages nous sont parvenus sont presque tous du neuvième et du dixième siècle : *Isaac-ben-Honain* florissait vers 817; *Alfragan*, *Abulmasar* (Abou-Maashar), *Thébit-ben-Chorrah*, sont de la même époque; *Albatégni* vivait en 880, *Abderrahman-Soufi* en 947, *Ebn-Jounis* en 980, et notre auteur *Aboul-Wéfa* est mort en 998.

Si nous portons nos regards au delà, les matériaux nous manquent entièrement; nous ne possédons pas un seul des écrits que les savants de Bagdad ont dû composer depuis la mort d'Aboul-

Wéfa jusqu'à la prise de cette ville par les Mongols, en 1258, c'est-à-dire pendant une période de deux cent soixante ans; il est vrai que ce fut une époque de décadence pour le khalifat qui était rapidement entraîné vers un anéantissement complet; les Ghaznévides et les Sedjoukides s'emparaient successivement des plus belles provinces de l'empire des Arabes, et les Croisades embrasaient tout l'Orient; mais néanmoins, les annales musulmanes nous fournissent les noms d'auteurs très-célèbres, dont les ouvrages pourraient nous révéler de précieux documents.

En Espagne, nous trouvons au onzième siècle *Arzachel* et *Géber*, dont les écrits ne nous ont été transmis que par fragments; encore ne sait-on pas exactement en quelle année florissait le second de ces astronomes : on a prétendu que Géber était postérieur à Arzachel, parce qu'il l'avait cité; maintenant il est prouvé qu'il n'a cité que des noms grecs, et qu'il est resté étranger à tout ce qui s'est fait en astronomie depuis Albatégni (880). Quant à Arzachel, on lui attribue à tort les *Tables Tolédanes;* et d'ailleurs, ces tables inspirèrent si peu de confiance, qu'on leur préféra toujours celles d'Albatégni.

Nous ne pouvons donc mentionner, comme postérieurs à Aboul-Wéfa, que deux savants dont une partie des écrits seulement nous est parvenue : ce sont Alpétrage et Aboul-Hhassan, tous deux de Maroc (aux douzième et treizième siècles) ; mais on sait qu'Aboul-Hhassan, dans son traité des instruments astronomiques, ne s'est point occupé des mouvements de la lune et de ses inégalités, et pour Alpétrage, il suit pas à pas Ptolémée, et son livre n'offre d'intéressant que quelques détails sur les mouvements des étoiles.

Si nous passons aux astronomes persans et tartares-mongols qui se sont approprié les travaux de l'école arabe, nous sommes obligés d'avouer que nous ne les connaissons pas mieux, et personne ne saurait assurer qu'ils n'ont pas su l'existence de la *variation*. On a examiné, à la vérité, quelques-unes de leurs tables astronomiques, et le calcul de la *variation* ne paraît pas, jusqu'à présent, y avoir été introduit ; mais la raison en est simple : pendant qu'Aboul-Wéfa observait à Bagdad, Ebn-Jounis (977-1008) rédigeait au Caire sa grande *table hakémite*, et il n'avait alors, à ce qu'il semble, aucune idée de la *variation*. Les Persans et les Mongols devaient adopter et suivre cet ouvrage, qui, succédant à l'*Almageste* de Ptolémée, se trouva transporté pour ainsi dire d'un bout du monde à l'autre ; les tables *luno-solaires* d'Ebn-Jounis sont en effet reproduites : 1° chez les Persans dans les *tables Gélaléennes* d'Omar-Kheyam vers 1079; 2° chez les Grecs, dans la *syntaxe* de Chrysococca; 3° chez les conquérants mongols, dans les *tables Ilkhaniennes* de Nassir-eddin-Thousi; 4° enfin chez les Chinois, dans l'astronomie de Co-chéon-king (1).

Lorsque Boulliau publiait à Paris en 1645, d'après un manuscrit de la Bibliothèque royale, un extrait des tables de Chrysococca, comme un produit de l'astronomie des Persans, il était loin de soupçonner que ces tables étaient celles d'Ebn-Jounis construites au Caire en l'an 1000, réduites au méridien de *Tebènes*, aujourd'hui Tovin, en 1079, pour servir au nouveau calendrier persan de Gemal-eddin-Melik-Schah, qui avait chargé de ce travail Omer-Kheyam et quelques autres dont les noms nous sont à peine connus; qu'ensuite ces tables, traduites en langue grecque par Chioniadès vers l'an 1200, et apportées à Trébizonde, étaient arrivées à Constantinople d'où nous les avons reçues.

Boulliau ayant dit que les tables de Chrysococca laissaient quelque incertitude sur le mouvement du soleil, diminua par cette assertion la

(1) Voy. notre *Lettre au Bureau des longitudes*, 1834, p. 7 et suiv.

confiance des savants, et les empêcha d'en faire un examen plus attentif; et pourtant Delambre, qui oppose l'*obliquité* de Chrysococca à celle d'Ebn-Jounis, et dit qu'elle est la même, ne songe pas à comparer l'équation qu'il a sous les yeux, et le mouvement de l'apogée, qui sont identiques dans Ebn-Jounis et dans Chrysococca.

Vers 1280, les tables d'Ebn-Jounis pénétrèrent dans la haute Asie, jusqu'à Pékin même, où le Chinois Co-cheou-king les recevait du Persan Gemal-eddin, astronome de Koublaï-Khan, petit-fils de Djenghiz-Khan. On reconnaît l'altération des noms des mois persans dans le chinois; les mêmes dénominations répondent aux dodécatenaires pour l'année des équinoxes de Melik-Schah et aux triacontamérides de l'année tournante de Iezdedjerd et de Nabonassar.

Tandis qu'Ebn-Jounis traversait ainsi la haute Asie, Nassir-eddin-Thousi, après avoir assisté au siége et à la prise de Bagdad, avec un autre petit-fils de Djenghiz-Khan, Houlagou, frère de Koublaï (1258), reconstruisait ses tables, en les réduisant au méridien de Maragah, sous le titre de *tables Ilkhaniennes*. Ce n'était qu'une transformation et non pas le fruit d'observations nouvelles, comme on l'a jusqu'à présent admis

L'*Almageste* de Ptolémée n'avait pas eu plus de succès que la *grande table Hakémite* ; Ebn-Jounis est répandu dans toute l'Asie, alors que l'Europe reste plongée au milieu des ténèbres de son moyen âge.

Mais pourquoi, a-t-on dit, Ebn-Jounis n'aurait-il pas connu l'existence de la *variation* déterminée par Aboul-Wéfa, puisque non-seulement il était son contemporain, mais encore qu'il est mort huit ou neuf ans plus tard ?

Sans doute ce que nous possédons des ouvrages d'Ebn-Jounis ne nous permet pas de supposer qu'il ait eu communication de la découverte de la troisième inégalité lunaire ; mais il faut chercher les motifs de son silence à cet égard dans la position respective des deux astronomes.

Aboul-Wéfa observait à Bagdad depuis l'année 975 environ, et il est mort en 998.

Ebn-Jounis observait au Caire de 977 à 1007, et il est mort au commencement de 1008.

Il est possible que la découverte d'Aboul-Wéfa n'ait été divulguée que dans les dernières années de sa vie, ou même beaucoup plus tard.

On peut croire, dans tous les cas, qu'elle n'a pas été connue au Caire, du vivant d'Ebn-Jounis ; les Fathimites d'Afrique venaient de conquérir l'Égypte ; le Caire avait été fondé en 969 ; Moez-Ledinillah, premier khalife fathimite, en avait fait sa capitale vers 973; Ebn-Jounis commença ses observations en 977, et les continua presque sans interruption jusqu'à sa mort, arrivée en 1008; il ne quitta probablement pas le Caire durant cette période.

D'un autre côté, les khalifes de Bagdad étaient ennemis des Fathimites qu'ils considéraient comme des usurpateurs; menacés d'ailleurs par les dynasties indépendantes qui s'élevaient de toutes parts dans leur empire, dominés par les princes Bowides déjà maîtres de la Perse, par ces *émirs al-omrah*, véritables maires du palais qui avaient usurpé la puissance de fait, et les réduisaient à la condition des *rois fainéants*, ils restaient confinés dans l'enceinte de leur capitale, s'entourant de gens de lettres et de savants, *qui vivaient dans une profonde retraite*, à *l'abri du tumulte des guerres civiles* (1).

Il ne serait donc nullement surprenant que la découverte d'Aboul-Wéfa ne fût point parvenue en Égypte à cette époque. Il faut songer encore que les communications littéraires et scientifiques de ce temps-là présentaient bien d'autres difficultés qu'aujourd'hui; l'imprimerie ne multipliait pas à l'infini les productions de l'esprit, et ne les

(1) Marigny, *Histoire des Arabes*, t. IV, p. 92.

transportait pas d'une contrée à l'autre, avec la même rapidité qu'elles se propagent maintenant dans toutes les parties du monde ; et quand on pense que des inventions utiles, remarquables, sont exhumées chaque jour de livres imprimés où elles restaient enfouies et ignorées, on ne saurait s'étonner de ce qu'un savant aurait consigné, au dixième siècle de notre ère, une découverte importante dans un de ses manuscrits, sans que cette découverte ait eu un retentissement inaccoutumé. Il en a été de même pour Tycho-Brahé : et, quoiqu'il eût à sa disposition les presses de la ville de Prague, ce ne fut qu'après sa mort qu'on retrouva dans ses papiers le plus beau résultat de ses travaux.

Nous ajouterons encore à ces considérations un fait qui démontrera qu'Ebn-Jounis a pu rester tout à fait étranger aux dernières et savantes recherches d'Aboul-Wéfa. L'auteur de la *grande table Hakhémite* rapporte les observations astronomiques qu'il a pu recueillir depuis Almamoun, c'est-à-dire pendant un espace de près de deux siècles, et il n'en donne aucune d'Aboul-Wéfa, dont il ne prononce pas même le nom ; et cependant il avait été à Bagdad, dans sa jeunesse, si nous en croyons Hadji-Khalfâ, et il avait dû connaître un homme aussi profondément versé dans les sciences exactes que l'était Aboul-Wéfa. Mais de retour en Égypte, il paraît s'isoler de ses contemporains; occupé pendant trente ans de ses propres observations, qu'il se contente de comparer aux observations anciennes, il ne tient aucun compte de celles qui sont faites à Bagdad, pendant que lui-même rédige son ouvrage au Caire; et par un sentiment que nous ne chercherons pas à expliquer, il ne s'inquiète pas des résultats auxquels ont pu parvenir les astronomes de son temps, ou s'il les connaît, nulle part il n'en fait mention.

Au reste, les réflexions qui précèdent s'appliquent secondairement à la question qui nous occupe; ce sont des conjectures plus ou moins plausibles que des investigations ultérieures pourront confirmer ou détruire; mais il n'en est pas moins vrai qu'on ne saurait affirmer que les astronomes postérieurs à Aboul-Wéfa n'ont point parlé de sa découverte, puisque nous n'avons pas leurs écrits; et, d'un autre côté, nous espérons avoir démontré que tous les doutes élevés jusqu'à présent contre l'authenticité du manuscrit de cet astronome, ne reposaient sur aucun argument solide.

Tout n'est pas encore dit cependant sur la *variation*; les *tables Ilkhaniennes*, dressées par Nassir-eddin-Thousi au milieu du treizième siècle, ne la contiennent pas, et nous en avons expliqué la raison. Mais près de deux cents ans après, le Tartare Oloug-Beg, petit-fils de Tamerlan, se livrait avec ardeur à l'étude de l'astronomie, s'entourant des savants les plus distingués, et cherchant par des observations nouvelles à corriger les déterminations de ses devanciers : a-t-il ignoré l'existence de la troisième inégalité lunaire?—Nous avons déjà fait connaître notre opinion à cet égard. Oloug-Beg n'était pas probablement resté étranger aux traités d'Aboul-Wéfa, et les perfectionnements qu'il apporta dans la Théorie du soleil et de la lune, prouvent qu'il n'avait pas adopté l'ouvrage de Nassir-eddin-Thousi, comme unique base de ses travaux. Il ne semble pas, toutefois, qu'il ait cru devoir introduire dans ses tables le calcul de la *variation*, soit que l'exposé d'Aboul-Wéfa ne lui parût pas suffisamment justifié par les divers matériaux qu'il avait à sa disposition, soit que son respect pour les *tables ilkhaniennes* qui n'étaient que la reproduction de celles d'Ebn-Jonnis, ne lui permît pas de rien ajouter aux hypothèses qu'elles renfermaient. — Au reste, Oloug-Beg n'a pas dit tout ce qu'il savait dans le livre auquel il a attaché son nom, ainsi que nous l'établirons en son lieu, en analysant un manuscrit de l'un de ses plus habiles commentateurs, qui se trouve à la Bibliothèque royale.

Quoi qu'il en soit, le rédacteur du *Journal des Savants* affirmait encore en 1841, que si la découverte d'Aboul-Wéfa avait été clairement constatée, il y aurait grande probabilité d'en découvrir la connaissance et l'usage dans les tables d'Oloug-Beg. « En « effet, dit-il (1), celui-ci était précisément le fils de « Schah-Rokh dont le manuscrit cité porte le sceau, « et auquel on admet en conséquence qu'il a dû « appartenir, pour établir son ancienneté. Cette « circonstance, jointe au zèle actif et intelligent « d'*Ulug-Beigh* pour les recherches astronomiques, « *rend très-vraisemblable qu'il n'aurait pas ignoré* « l'existence d'un manuscrit appartenant à la « bibliothèque de son père, et portant un nom « aussi célèbre en astronomie que celui d'Aboul-« Wéfa, *qui d'ailleurs avait vécu et observé à Bag-« dad même.* Une innovation aussi importante pour « la théorie de la lune que celle de la troisième « inégalité, n'aura pas dû lui échapper, et, s'il l'a « connue, il n'aura très-probablement pas négligé « de l'introduire dans ses tables astronomiques. »

Quand on émet une supposition semblable, la marche à suivre est ordinairement toute tracée :

(1) *Journal des Savants*, novembre 1841, p. 698.

on prend soi-même le manuscrit, on examine les tables, et l'on s'assure, avant tout, de la réalité du fait qui paraît devoir exister. Rien n'est si facile que de substituer nos chiffres aux lettres numériques employées par les savants arabes dans la composition de leurs tables astronomiques, et, à coup sûr, l'esprit le moins exercé reconnaîtrait facilement, à la première inspection des tables de la lune d'Oloug-Beg, ce qu'on peut espérer d'en tirer pour l'éclaircissement de la question controversée; mais il faudrait d'abord avoir la conviction que l'opinion dont on s'est fait l'organe pourrait être justifiée, et, d'un autre côté, se donner la peine de poursuivre soi-même la vérité par une étude sérieuse de la matière. Or, cette curiosité scientifique, qui ne permet pas d'abandonner un problème quel qu'il soit, sans en avoir obtenu la solution par un travail réel, n'est pas commune, et l'auteur de l'article du *Journal des Savants*, au lieu de rechercher si la *variation* se trouve ou non mentionnée dans les tables d'Oloug-Beg, et de vérifier le fait par lui-même, se contente de rappeler que Burkchardt avait *analysé* ces tables *sur le manuscrit persan*; que M. Sédillot père les avait *traduites* et communiquées à Delambre, et qu'ils n'y avaient point remarqué autre chose que la grande exactitude des moyens mouvements de la lune et du soleil, ainsi que des autres éléments constants relatifs à ces astres et aux planètes, mais que n'y soupçonnant pas sans doute l'existence de la *variation*, il serait très-possible qu'elle leur eût échappé. Il aurait pu ajouter que nous avions entrepris sur Oloug-Beg, depuis plusieurs années, un grand travail qui devait apporter quelques lumières sur plusieurs points encore fort obscurs de la discussion, et dont la première partie, lue à l'Académie des inscriptions, et imprimée en 1839, détruisait d'avance certaines assertions qui ne pourraient être accueillies que par la sottise ou l'ignorance (1).

III.

Tel était donc l'état de la question à la fin de l'année 1841. L'existence de la *variation* résultait évidemment du passage d'Aboul-Wéfa. Les savants géomètres et astronomes de l'Académie des sciences n'élevaient aucun doute à cet égard : MM. Poisson, Savary, de Humboldt (2), Mathieu, Arago, s'étaient rencontrés dans une opinion commune, très-nettement exprimée. « L'examen ap-« profondi de quelques manuscrits orientaux nous « a appris, disaient ces derniers dans un rapport

(1) Voy. l'appendice de la deuxième partie, note 11.

(2) De Humboldt, *Asie centrale*, 1843, t. III, p. 596.

« lu à l'Institut (1), que les Arabes ne se sont pas « bornés à conserver et à transmettre la science « astronomique telle qu'ils l'avaient reçue des « Grecs...; ils ont connu la troisième inégalité de « la lune déterminée par Aboul-Wéfa, de Bagdad, « six siècles avant que l'on fît honneur à Tycho-« Brahé de la découverte de cette inégalité, qui « porte le nom de *variation* dans les tables mo-« dernes ».

« Les astronomes arabes, ajoutait M. Biot (2), « ont eu l'excellente idée de comparer aux tables « grecques des séries d'observations longtemps com-« binées pour tous les points de l'orbite lunaire, et « Aboul-Wéfa semblerait avoir fait pour la Variation « ce qu'a fait Tycho-Brahé six siècles plus tard. »

Mais, en 1843, une nouvelle difficulté fut soulevée : le chapitre d'Aboul-Wéfa, où l'on avait cru reconnaître la *variation*, n'était-il pas tout simplement la reproduction d'un chapitre de l'Almageste de Ptolémée, auquel on n'avait pas donné une assez grande attention ? Cette opinion, communiquée à l'Académie des sciences, vers le milieu de l'année 1843, s'appuyait sur certains passages de deux compilations hébraïques (3), qui

(1) Voy. l'appendice de la deuxième partie, note III.

(2) *Journal des Savants,* novembre 1841, l. c.

(3) L'*Iesod olam* d'Isaac Israïli, qui écrivait en 1310, et

paraissaient offrir quelques points de rapprochement, soit avec l'exposé d'Aboul-Wéfa, soit avec le chapitre V du livre V de l'Almageste grec.

Dans le premier cas, l'idée qu'aucun des auteurs arabes postérieurs à Aboul-Wéfa n'avait parlé de la troisième inégalité du mouvement lunaire, et que le chapitre d'Aboul-Wéfa pouvait être une interpolation faite après la mort de Tycho-Brahé, se trouvait définitivement renversée.

Dans le second cas, il fallait supposer que le livre V de Ptolémée, traduit par l'abbé Halma, analysé par Delambre, était resté tout à fait inconnu à nos géomètres et à tous ceux qui s'étaient occupés de la question. Or, nous l'avions étudié avec beaucoup de soin, et nous étions fort au courant des indications qu'il contenait. — Il ne pouvait venir à la pensée de personne de chercher quelque rapport entre l'exposé du chapitre V du cinquième livre de l'Almageste, qui traite de la *prosneuse* de l'épicycle de la lune et la *variation* découverte vers la fin du seizième siècle par Tycho. Il ne s'agissait donc plus que de savoir si Aboul-Wéfa n'avait pas été réellement plus loin que Ptolémée,

une version de Djaber-ben-Aflah, faite au quatorzième siècle. Voy. les *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, 26 juin, 10 et 24 juillet 1843.

et si sa troisième inégalité n'était que la *prosneuse* de l'astronome grec.

La discussion s'établissait sur un nouveau terrain, et l'on peut croire que nous n'aurions assurément pas publié notre mémoire *sur la variation*, si nous n'eussions reconnu, par un examen comparé du passage de Ptolémée et de celui d'Aboul-Wéfa, la différence radicale qui existait entre les hypothèses respectives de ces deux astronomes.

Une première considération doit d'abord frapper les esprits : les savants mathématiciens qui ont expliqué Ptolémée, et parmi ces derniers, les Laplace et les Delambre, n'ont vu et n'ont pu voir aucune concordance entre la *prosneuse* de l'astronome d'Alexandrie et la *variation* de Tycho-Brahé.

Comment donc se fait-il que le passage d'Aboul-Wéfa, traduit par nous *avec une fidélité* à laquelle on a bien voulu *rendre hommage* (1), ait paru à nos plus illustres astronomes et géomètres offrir une identité parfaite avec la *variation?* Si ce passage n'avait été qu'une reproduction du chapitre de Ptolémée, on n'aurait pas manqué de

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVI, p. 1444.

dire d'Aboul-Wéfa ce qu'on avait dit de Ptolémée, et de déclarer que, dans la discussion qui s'ouvrait à l'Académie, la *variation* était entièrement hors de cause. M. Biot, qui semblait avoir examiné lui-même la question avec un intérêt tout particulier, n'aurait pas imprimé dans le *Journal des Savants* (novembre 1841, p. 677) : « Parmi toutes les constructions qui pouvaient « représenter la nouvelle inégalité, Aboul-Wéfa « paraît employer justement la même que Tycho « a choisie, et les coefficients numériques dont ils « l'affectent tous deux, diffèrent seulement par « des quantités dont l'un et l'autre n'auraient pu « que bien difficilement répondre ; de sorte qu'en « voyant *une rencontre tellement complète*, on est « involontairement conduit à se demander si « l'observateur européen n'aurait pas eu quelque « notion de la découverte arabe, ou si le manus- « crit arabe n'aurait pas été soit modifié, soit « même fabriqué postérieurement à sa date appa- « rente. »

Ce jugement si net, si positif, ne sera pas retiré, lorsqu'il restera établi qu'on a confondu des faits absolument distincts. En effet, le rapprochement signalé entre certaines expressions employées, soit par les Grecs, soit par les Arabes, ne préjuge en rien le fond de la question, et une personne familiarisée avec l'histoire de l'astronomie, à l'époque où l'école de Bagdad ajoutait d'heureux perfectionnements aux travaux de l'école d'Alexandrie, aurait sans doute apprécié la distance qui sépare Aboul-Wéfa de Ptolémée, et n'aurait pas réduit l'auteur du *nouvel Almageste* au rôle beaucoup trop modeste d'*abréviateur de son devancier.*

Quoique les citations faites à l'appui de cette opinion ne soient pas absolument suffisantes et qu'on n'ait pas mis les lecteurs à même d'en vérifier immédiatement l'exactitude parfaite, en joignant le texte à la traduction, nous les avons acceptées telles qu'elles ont été rapportées; mais avant tout il faut observer que les écrivains qui paraissent avoir donné le nom de *troisième inégalité* à la *prosneuse* sont du treizième et du quatorzième siècle de notre ère, par conséquent de plus de trois cents ans postérieurs à Aboul-Wéfa. C'est d'abord le juif Isaac Israïli, qui rédigeait son ouvrage en 1310; puis Aboul-Faradj ou *Bar-Hebræus*, qui, dans un abrégé d'astronomie en syriaque, dit que « la troisième inégalité a lieu lorsque « la lune est dans les positions appelées μηνοειδεῖς « et ἀμφίκυρτοι, termes qu'il explique par les mots « grecs *hexagonon* et *trigonon.* » Ces deux auteurs se sont-ils bornés à traduire Ptolémée, ou n'auraient-ils pas attribué à l'astronome grec des idées qui ne lui appartiennent pas réellement, c'est ce que nous examinerons plus tard ; toujours est-il que dans les versions arabes que nous connaissons de l'*Almageste*, il n'est point fait mention des mots *troisième inégalité* (1), et l'on y trouve seulement indiquées les observations d'Hipparque, *Abrachis*, sur lesquelles repose la construction de Ptolémée. — Dans un dernier passage indiqué, on voit que Djaber-ben-Aflah, après avoir parlé des deux inégalités de l'excentricité et de l'évection, suppose des observations de la lune, faites *par Ptolémée lui-même*, dans les autres distances angulaires de cet astre au soleil (2) ; c'est une assertion toute gratuite, et, pour l'expliquer, il faut se reporter à l'époque où florissait Djaber-ben-Aflah : cet écrivain était de Séville ; il vivait *à la fin du onzième siècle*. Il composa, dit-on, un abrégé de l'*Almageste*, dans lequel il relève plusieurs erreurs de l'astronome grec ; mais il se sera probablement servi, pour ses corrections, des travaux de l'école de Bagdad du neuvième et du dixième siècle, et il aura, par une méprise facile à concevoir, fait honneur à Ptolé-

(1) Voy. le manuscrit arabe, n° 1139, de la Bibliothèque royale, fol. 95, v°.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVII, p. 76.

mée d'observations beaucoup plus modernes. S'il n'a point eu connaissance, en particulier, des ouvrages d'Aboul-Wéfa, qui écrivait cent ans avant lui, il a pu s'éclairer, sur quelques points, des traités de ceux qui l'avaient précédé, tout en s'efforçant de suivre fidèlement l'auteur qu'il traduisait ou analysait.

Il importe donc, on le comprendra sans peine, de bien préciser les faits et les époques : les Arabes ont eu de bonne heure l'*Almageste* à leur disposition ; Isaac-ben-Honain en avait donné une traduction très-exacte en 827, ainsi que nous l'avons exposé dans un précédent mémoire (1) ; Weidler (2) parle d'une autre version terminée vers le même temps : *ex Ms. Peiresciano probatum dedi interpretes fuisse Alhazenum filium Josephi, filium Maiie, Arithmeticum, et Serium filium Elbe, christianum.* M. Ideler (3) dit que l'ouvrage de Ptolémée avait déjà été traduit sous le règne de Haroun-al-Raschid, et en effet Casiri nous apprend (4) que, du vivant d'Iahia-ben-Khaled-ben-Barmek, vers 800, Abou-Haian, Salam et Hedjadj-ben-Mathar, tra-

(1) Introd. aux *Tables* d'Oloug-Beg, p. 40.

(2) Weidler, *Historia astronomiæ*, p. 205.

(3) M. Ideler, *Untersuchungen uber den Ursprung der Sternnamen*, p. 45.

(4) Casiri, *Bibl. arab.-hispan. Escurial*, t. I, p. 349.

vaillèrent à la version arabe ; mais ce n'étaient sans doute que des essais de traduction qui furent revus et complétés par Isaac-ben-Honain. Plus tard, Thébit-ben-Corrah y fit de nouvelles corrections, et l'on voit, dans la *Bibliothèque des Philosophes*, dont Casiri nous a transmis de si nombreux extraits (1), que Alnaiziri, Albatégni, Abou-Rihan-Mohammed-Albirouni, Kouschiar-ben-Laban-Algili, Omar-ben-Pharkhan, Ibrahim-ben-Alsalat, etc., firent des abrégés de l'*Almageste;* aussi doit-on trouver aisément un certain nombre de manuscrits où le chapitre de Ptolémée relatif à la *prosneuse* est résumé, ou traduit sans modifications, comme dans le manuscrit arabe, n° 1139, de la Bibliothèque royale. La difficulté est ailleurs; il s'agit de déterminer si Aboul-Wéfa a tout simplement copié Ptolémée, sans rien ajouter aux considérations de l'astronome d'Alexandrie; ou bien s'il a été conduit, par l'examen du chapitre V du cinquième livre de l'*Almageste*, à reconnaître à côté de la *prosneuse* une inégalité nouvelle, tout à fait indépendante de l'*équation de l'orbite* et de l'*évection;* s'il en a donné la mesure, et si l'on doit identifier cette troisième inégalité avec la *variation* découverte par Tycho-Brahé. Là repose toute la question.

(1) Casiri, t. I, p. 348 et *passim*.

a. Que doit-on entendre par la prosneuse de Ptolémée? — Après avoir exposé les deux premières inégalités de la lune et montré que sa théorie rend suffisamment raison des phénomènes que présente l'astre dans les syzygies et dans les quadratures, τῶν περί τε τὰς συζυγίας καὶ ἔτι περὶ τοὺς διχοτόμους τῆς σελήνης σχηματισμοὺς φαινόμενων, Ptolémée ajoute que dans les élongations particulières où la lune paraît en faucille ou biconvexe, selon les expressions dont se sert l'abbé Halma (1), ἐκ δὲ τῶν κατὰ μέρος περὶ τὰς μηνοειδεῖς καὶ ἀμφικύρτους ἀποστάσεις θεωρουμένων παρόδων, quand l'épicycle est entre l'apogée et le périgée de l'excentrique, il se passe quelque chose de particulier dans la direction de l'épicycle de la lune, ἴδιόν τι περὶ τὴν τοῦ ἐπικύκλου πρόσνευσιν ἐπὶ τῆς σελήνης εὑρίσκομεν συμβεβηκός, la lune étant elle-même apogée ou périgée.

Pour justifier ce qu'il avance, l'astronome grec se fonde sur deux observations faites à Rhodes par Hipparque, l'an 197 depuis la mort d'Alexandre : dans la première, la distance entre le *lieu moyen* de la lune et le lieu vrai du soleil, ἡ τῆς ὁμαλῆς σελήνης ἀπὸ τοῦ ἀκριβοῦς ἡλίου διάστασις, était de 314° 28′ suivant l'ordre des signes, tandis que la distance entre le lieu vrai de la lune et celui du soleil

(1) Halma, trad. de Ptolémée, t. I, p. 298.

était de 313° 42′, ce qui donnait une différence de 46′; dans la seconde, le lieu vrai de la lune était à 48° 6′ du lieu vrai du soleil, et sa distance moyenne répondant à 46° 40′, la différence était de 1° 26′.

Ptolémée explique par *la direction* de l'épicycle cette anomalie qu'il ne considère (1) que comme un corollaire des deux inégalités de l'excentricité et de l'évection, auxquelles elle sert de correction; il se borne à une construction géométrique, au lieu de chercher à vérifier par de nouvelles observations les résultats qu'Hipparque lui a transmis. En un mot, il n'ajoute rien à ce qui a été fait avant lui, et c'est le plus grave reproche qu'on puisse lui adresser; car s'il avait attaché aux observations d'Hipparque la valeur qu'elles méritaient, s'il les avait recommencées; si, au lieu de s'en tenir aux deux inégalités de la lune dans les syzygies et dans les quadratures, il avait songé à déterminer exactement sa position dans les points intermédiaires à ceux-là, il serait arrivé infailliblement à la *variation*; Hipparque lui avait tracé la voie. Mais il n'eut pas cette excellente pensée, et l'on peut dire, avec les Delambre et les Laplace, *qu'il ne fit rien pour les octants*. Vers la

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVI, p. 1446.

fin du seizième siècle seulement, l'idée vint à Tycho-Brahé d'examiner la lune sur tous les points de son orbite ; il reconnut l'existence de la troisième inégalité, et ce fut son plus beau titre de gloire. Nous pensons que l'Arabe Aboul-Wéfa avait eu la même inspiration que l'astronome danois, six cents ans auparavant, et qu'il doit partager avec lui l'honneur d'une aussi importante découverte. Les explications qui vont suivre lèveront, peut-être, toute incertitude à cet égard.

b. L'astronome de Bagdad, Aboul-Wéfa, a-t-il réellement observé? — Les écrivains arabes qui ont traité des phénomènes célestes se divisent en trois classes : *les traducteurs* et *compilateurs*, *les astronomes calculateurs*, et *les astronomes observateurs*. Au premier rang, parmi ces derniers, se placent les auteurs de la *Table vérifiée*, qui, sous le règne du khalife Almamoun, vers l'année 829 de notre ère, cherchèrent, au moyen d'instruments habilement fabriqués, à déterminer de nouveau les éléments des *Tables grecques*. Ebn-Jounis, qui florissait au Caire dans la seconde moitié du dixième siècle, nous a fait connaître les noms de quelques-uns de ces savants et les principaux résultats de leurs travaux (1); il mentionne en même temps

(1) Ebn-Jounis, *grande Table Hakémite*, chap. IV, V et VI.

quelques-uns de ceux qui leur ont succédé dans la carrière, en suivant la même direction, et nous montre successivement les fils de Musa-ben-Schâkir observant de 840 à 851 ; Le Mahani, de 854 à 866 ; Alfadl-ben-Hatem-Alnaiziri, Mohammed-ben-Geber-Albatégni, et d'autres qu'il serait trop long d'énumérer ici, corrigeant les erreurs de leurs devanciers ; un peu plus tard, les fils d'Amadjour (885 à 933) dressent leur Table après trente années d'*observations consécutives ;* et Ebn-Jounis lui-même, imitant, au Caire, leur exemple, construit sa *grande Table Hakémite*, de 977 à 1007. Aboul-Wéfa (Mohammed-ben-Mohammed-ben-Iahia-ben-Ismael-ben-Alabbas-Aboul-Wéfa-Albouzdjani) faisait partie de cette pléiade d'*astronomes observateurs*, qui ont imprimé à l'école arabe un cachet d'originalité incontestable; mathématicien consommé, commentateur d'Euclide et de Diophante, traducteur d'Aristarque, et professeur célèbre (1), il composait, à Bagdad, un *Nouvel Almageste,* ou *Système astronomique*, et consignait dans cet ouvrage ses propres observations (2), et des découvertes importantes. Il est impossible, en effet, pour qui-

(1) Voy. Casiri, *Bibl. arab.-hisp. Escur.,* t. I, p 340, 346, 433.

(2) Ms. arabe, n° 1138, de la Biblioth. royale, liv. v, ch. 2, et *passim*.

conque veut se donner la peine de le lire, de confondre le livre d'Aboul-Wéfa avec l'*Almageste* de Ptolémée : la première partie nous révèle l'emploi des tangentes, qui ne devait avoir lieu que cinq cents ans après chez les modernes, dont on faisait honneur, bien à tort, à Régiomontan, et que Copernic ignorait encore (1); et si nous démontrons qu'il avait déterminé la *variation* avant Tycho-Brahé, on reconnaîtra sans doute qu'il était aussi habile astronome que bon mathématicien.

Nous avons déjà fait remarquer, en donnant le texte et la traduction du passage relatif à la *troisième inégalité lunaire*, qu'Aboul-Wéfa présentait cette découverte comme étant le résultat de *ses propres observations*. Cette assertion ne paraît pas avoir convaincu ceux qui croient que le savant arabe n'a fait que résumer un chapitre de Ptolémée (2). Il semble pourtant que si Aboul-Wéfa s'était borné *au rôle d'abréviateur*, il aurait dit positivement que la *prosneuse* de l'*Almageste grec* était fondée sur deux seules observations d'Hipparque, et l'on ne comprend guère qu'il eût in-

(1) Voy. notre *Mémoire sur le développement et les progrès des sciences chez les Arabes*, et *Introduction aux Tables astronomiques d'Oloug-Beg*, p. 11; M. Chasles, *Aperçu historique des méthodes en géométrie*, p. 495, etc.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVII, p. 79.

troduit dans son exposé les mots : *nous avons observé* et *nous avons trouvé.*

Objectera-t-on que Ptolémée se sert quelquefois des expressions διωπτεύομεν καὶ εὑρίσκομεν (1), et qu'Aboul-Wéfa pourrait les avoir simplement traduites? L'astronome d'Alexandrie emploie, il est vrai, ces deux termes dans certains passages de son ouvrage où il parle des observations qu'il a faites lui-même, mais nullement dans le chapitre V de son cinquième livre, où il n'est question que des observations d'Hipparque; d'ailleurs Aboul-Wéfa pouvait très-bien adopter la même manière de s'exprimer que Ptolémée, en rappelant *ses propres observations.* D'un autre côté, en disant : *nous avons observé* et *nous avons trouvé,* et non pas *j'ai observé* et *j'ai trouvé*, il ne faisait qu'un acte de modestie et de convenance, car il n'était pas arrivé, selon toute apparence, isolément au résultat qu'il indiquait. Dans ce temps-là les savants se consultaient entre eux et n'avançaient une opinion qu'avec une certaine réserve; on en voit la preuve dans le Traité d'Ebn-Jounis, et particulièrement au chapitre XI, comme on peut s'en convaincre en consultant le célèbre manuscrit de Leyde, dont la Bibliothèque royale pos-

(1) *Ptol. Basil.*, 1538, p. 111, etc.

sède une copie. On trouve encore dans le manuscrit arabe, n° 1141, fol. 1, un témoignage qui confirme cette assertion : l'auteur de la *Table universelle*, Al-Zidj-al-Schamel, sur laquelle nous aurons occasion de revenir, dit qu'il a eu recours, pour son travail, à *la détermination des moyens mouvements, qu'ont corrigée le scheikh Aboul-Wéfa Mohammed-ben-Mohammed-Albouzdjani* ET SES COLLÈGUES *par les observations consécutives et les vérifications des principaux d'entre eux.*

Il est donc bien constant qu'Aboul-Wéfa avait observé ; et certes comment supposer qu'il eût parlé, à propos de la troisième inégalité de la lune, *d'observations consécutives* et de *ses propres observations*, s'il n'avait eu sous les yeux que *les deux observations* d'Hipparque rapportées par Ptolémée? Il n'aurait pas annoncé dans le même chapitre qu'il donnerait *les observations d'après lesquelles il avait reconnu cette inégalité, lorsqu'il aurait exposé la détermination des anomalies propres aux planètes* الارصاد التى منها عرفنا هذا الاختلاف عند ذكرنا معرفة الاختلافات الجزية للكواكب (1) ; enfin il n'aurait pas dit, un peu plus loin : Nous avons considéré attentivement *les divers mouvements de la lune (dans les points de son orbite autres que les syzygies et les quadratures)*,

(1) Ms. arabe, n° 1138, fol. 100, r°.

d'après nos observations et les observations de ceux qui nous ont précédé. فانا تاملنا حركات القمر عند ارصادنا و ارصاد القدما (1).

On pourrait croire, toutefois, que l'astronome arabe se serait contenté de vérifier les deux observations d'Hipparque, de telle sorte qu'il aurait *revu* le chapitre V du cinquième livre de l'*Almageste*, sans rien changer aux hypothèses de Ptolémée; mais Hipparque ne fait mention que de deux points de l'orbite lunaire, et Aboul-Wéfa a été bien au delà; il dit positivement (2) que « le « maximum de l'anomalie est d'environ la moitié « et le quart d'un degré (45 minutes à peu près) « en trine et en sextile, et que cette anomalie est « au-dessous de cette quantité *lorsque la distance « de la lune au soleil est plus petite ou plus grande « que le sextile et le trine, et qu'elle est nulle dans « les syzygies et les quadratures.* » L'observation a pu seule le conduire à une appréciation aussi nettement exprimée.

Le passage cité du juif de Tolède Isaac Israïli (3) montre que les Arabes n'ont pas seulement résumé Ptolémée; il y est dit « que la troisième iné-

(1) Ms. arabe n° 1138, fol. 100, r°.

(2) Voy. plus haut, p. 46 et 47.

(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVI, p. 1445.

« galité a lieu au cinquième et au vingtième jour « de la lune (à 60 et à 240 degrés), et à l'inverse, « au dixième et au vingt-cinquième jour (à 120 et « à 300 degrés) » ; or, ces quatre époques, ces quatre positions ne sont nullement désignées par les deux observations d'Hipparque. Les fragments que nous possédons d'Ebn-Jounis ne permettent pas d'ailleurs de douter que les astronomes arabes n'aient observé la lune dans les octants ; M. Biot l'a déclaré lui-même très-positivement (1) ; les Grecs s'étaient bornés à représenter, autant qu'ils le pouvaient, les positions de la lune dans les syzygies et dans les quadratures ; les Arabes, après avoir perfectionné les déterminations qu'on obtenait dans ces deux seuls points de l'orbite, par les Tables de Ptolémée, avaient eu l'excellente idée de comparer les observations aux Tables dans les points intermédiaires à ceux-là, et l'avaient réalisée, pour tous les points de l'orbite, par des séries d'observations longtemps combinées ; il était fort naturel qu'Aboul-Wéfa, calculateur très-habile et très-versé dans les théories astronomiques, eût entrepris cette comparaison générale.

Les passages que nous avons rapportés prou-

(1) *Journal des Savants*, 1841, p. 676, et plus haut, page 74.

vent péremptoirement qu'Aboul-Wéfa avait fait cette comparaison, et l'on doit déjà comprendre que les mots *troisième inégalité*, dont se sert l'astronome de Bagdad, ont dans sa bouche une valeur réelle ; c'est ce que n'auront pas su discerner certains compilateurs du treizième et du quatorzième siècle; ils n'y auront vu que la reproduction de la *prosneuse* de Ptolémée.

Quelques nouvelles considérations nous permettront de résoudre les derniers termes de la question.

c. *Aboul-Wéfa place le maximum de la troisième inégalité en trine et en sextile; ces expressions de trine et sextile désignent-elles les octants?* « L'inégalité de l'auteur arabe, dit-on (1), ne peut « être identique *avec la variation*; celle-ci a lieu « dans les *octants*, tandis que la troisième inéga- « lité d'Aboul-Wéfa atteint son maximum lorsque « la lune est environ en sextile ou en trine avec « le soleil, c'est-à-dire quand la distance angulaire « de la lune au soleil est à 60 ou 240 degrés. » Plus loin, on ajoute : « La troisième inégalité, « suivant Israïli, a lieu, par exemple, au cinquième « et au vingtième jour de la lune (à 60 et à 240

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVI, p. 1445.

« degrés), et à l'inverse, au dixième et au vingt-« cinquième jour (à 120 et à 300 degrés). »

C'est à un jour près, soit en plus, soit en moins, la position des *octants*, qui sont à 45, 225, 135 et 315 degrés de l'orbite lunaire, et l'on doit regretter qu'Israïli ne soit pas plus explicite et ne fasse point connaître les observations qui pourraient justifier ses assertions ; car, de deux choses l'une : ou il a puisé ses éléments dans Ptolémée, auquel il attribue la découverte de la troisième inégalité ; ou il s'est servi des travaux des Arabes, qu'il n'aura pas suffisamment approfondis. Or, son hypothèse ne s'accorde nullement avec le chapitre V du cinquième livre de l'Almageste ; *les deux seules observations d'Hipparque, rapportées par l'astronome d'Alexandrie, sont dans* LES OCTANTS, *l'une à* 46° 40′, *l'autre à* 314° 28′ ; et il n'est nullement question dans ce passage d'observations faites dans le deuxième et dans le troisième octant. Israïli se sera donc guidé sur les écrits des Arabes ? Mais supposera-t-on jamais que des astronomes observateurs qui ont introduit de si importantes corrections dans les *tables grecques*, qui ont su découvrir le mouvement de l'apogée du soleil, déterminer exactement l'obliquité de l'écliptique, et, par des observations d'équinoxes, évaluer avec une précision remarquable la longueur de l'année, aient songé à examiner les mouvements de la lune sur presque tous les points de son orbite, et qu'ils aient justement choisi des positions différentes de celles qui leur étaient signalées par Hipparque et Ptolémée, sans tenir compte des faits contenus dans l'*Almageste*; bien plus, qu'ils aient dirigé leurs observations sur les quatre points intermédiaires entre les syzygies et les quadratures, et qu'ils se soient constamment tenus à 15 degrés, soit en deçà, soit au delà des points proposés? N'est-il pas plus présumable qu'Israïli s'est laissé tromper par une fausse interprétation des mots *trine* et *sextile*, qui, dans notre opinion, désignent les *octants?*

Si un auteur du treizième siècle, Aboul-Faradj ou Bar-Hebræus (1), explique les termes μηνοειδεῖς et ἀμφίκυρτοι, dont se sert Ptolémée, par les mots grecs *hexagonon* et *trigonon*, on n'en peut conclure qu'un compilateur arabe ou syrien ait donné le véritable sens de deux expressions grecques que l'auteur de l'*Almageste* nous indique lui-même très-clairement. Ptolémée parle des élongations où la lune paraît en faucille ou en

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVII, p. 80.

croissant (μηνοειδής) et biconvexe, ou près de son plein (ἀμφίκυρτος), et les seuls exemples sur lesquels il s'appuie sont pris dans LES OCTANTS. Il n'y a point là d'équivoque possible, et lorsqu'on (1) rappelle que *dans la version arabe de l'Almageste*, μηνοειδεῖς *et* ἀμφίκυρτοι *sont traduits par Al-Tesdisât, les sextiles, et par Al-Tethlithât, les trines, et qu'on doit remarquer que ce sont les mêmes termes qu'emploie aussi Aboul-Wéfa*, on reconnaît implicitement que les trines et les sextiles ne sont autre chose que les *octants*. D'un autre côté, si dans l'astronomie arabe on ne trouve aucune autre expression applicable à ces quatre points de l'orbite lunaire, il restera évident que les savants de Bagdad auront adopté *trine* et *sextile* comme *termes de convention* pour représenter les *octants*.

Cette conclusion ressortira également de l'examen de la dernière objection qui nous a été faite.

d. Aboul-Wéfa a-t-il donné la mesure exacte de la troisième inégalité? « Aboul-Wéfa (2) n'aurait « pas même eu le mérite de mesurer l'inégalité « signalée par Ptolémée, car Ptolémée lui-même « dit expressément qu'elle est de 46 minutes, ce

(1) *Comptes rendus*, etc., t. XVI, p. 1446.
(2) Ibid., t. XVII, p. 79.

« qu'Aboul-Wéfa rend par *environ une demie et un « quart de degré.* » Mais pourquoi prendre dans l'Almageste un résultat qui justifie en apparence l'opinion qu'on cherche à faire prévaloir, en passant sous silence un autre résultat qui la détruit ? Ptolémée rappelle deux observations d'Hipparque *dans les octants* (*voyez* plus haut, p. 98) : l'une donne à l'anomalie signalée dans le premier octant la valeur de 1° 26′; l'autre, qui se rapporte au quatrième *octant*, marque une différence de 46 minutes; comment Aboul-Wéfa, résumant le chapitre de Ptolémée, aurait-il dit que le *maximum* de l'inégalité était de 46 minutes et non pas de 1° 26′, et adopté pour *maximum* la plus petite des évaluations mentionnées par l'astronome grec ? La raison en est fort simple; c'est qu'il avait observé, comme Hipparque, la lune dans les octants, et qu'il avait reconnu que le *maximum* de l'anomalie dans ces quatre positions ne dépassait pas 45 minutes, *la moitié et le quart d'un degré environ;* et en ajoutant qu'elle est au-dessous de cette quantité lorsque la distance de la lune au soleil est plus petite ou plus grande que le *sextile* ou le *trine*, c'est-à-dire plus petite ou plus grande que les *octants*, il s'appuie évidemment sur les *observations consécutives* qui l'ont conduit à cette détermination. Isaac Israïli a désigné, dans sa compilation, quatre points de l'orbite lunaire voisins des octants, sans deviner qu'un observateur attentif, curieux de vérifier ses assertions, se serait facilement assuré, *par un petit nombre d'observations*, que le maximum de l'inégalité ne se trouvait pas dans les positions indiquées par son *Yesod Olam.*

Les considérations qui précèdent confirment, ce semble, notre opinion sur tous les points:

« Pour Ptolémée, la *prósneuse* était en quelque « sorte un corollaire des deux inégalités de l'ex- « centricité et de l'évection, auxquelles elle servait « de correction. »

Pour Aboul-Wéfa, c'est une inégalité nouvelle, *une troisième inégalité*, tout à fait indépendante des deux premières, dont il place le *maximum* dans les *octants*, qu'il a mesurée *après une série d'observations longtemps combinées*, avec une précision remarquable; et cette inégalité paraît être identique avec la *variation.*

Nous ne devions donc pas hésiter à réclamer pour l'auteur arabe une partie de la gloire que la découverte de cette inégalité a fait rejaillir, au dix-septième siècle, sur l'astronome danois Tycho-Brahé; et il faudrait, pour la lui enlever, des arguments plus solides que ceux que l'on a fait valoir jusqu'à présent.

IV.

« Nous pensions que toute discussion était terminée, lorsque M. Biot vint à son tour communiquer à l'Académie une note qui semblait condamner les Arabes (1). D'après cette note, il résultait d'une suite d'articles insérés au *Journal des Savants* et présentant « l'ensemble des découvertes qui ont « été successivement faites dans la théorie de la « lune, par les observateurs grecs, arabes, euro- « péens, qui ont précédé Newton, que la circons- « tance astronomique *décrite* par Aboul-Wéfa, sous « le nom de *troisième inégalité lunaire*, n'était « pas la *variation*, mais le mouvement oscillatoire « de l'apogée, tel que Ptolémée l'a *décrit* et cons- « truit au chap. V du V^e livre de l'*Almageste*, avec « les mêmes éléments déterminatifs et les mêmes « erreurs. »

Il était à croire que M. Biot avait été conduit par de nouvelles investigations à modifier sa première opinion sur le véritable sens du passage arabe que nous avions traduit en 1836, et qu'il avait résolu le problème sans retour; mais, loin de là, ce savant nous parut n'avoir fait aucun pas en avant; les articles du *Journal des Savants* nous laissaient dans

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVII, p. 1315 et 1316.

la même situation; pas un argument nouveau n'était ajouté à ceux que l'on avait déjà produits, et les différences radicales qu'offre le chapitre V du Ve livre de l'*Almageste* de Ptolémée, avec l'exposé d'Aboul-Wéfa, n'étaient point du tout expliquées.

Nous demandâmes (1) que l'Académie suspendît son jugement sur la question, qui déjà s'était agitée si souvent devant elle, jusqu'à ce que nos observations eussent été mises sous les yeux du public. Mais aux doutes que nous avions exprimés, M. Biot a répondu par de simples affirmations (2), qui ne nous ont nullement convaincu de l'exactitude de ses résultats. L'Académie ayant décidé que le point d'histoire scientifique dont il s'agit serait abandonné à la libre discussion des recherches individuelles, nous nous sommes contenté de lui soumettre la déduction des motifs qui ne nous ont pas encore permis de nous rendre aux assertions de M. Biot (3).

Un mot d'abord sur le fond même de notre

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 8 janvier 1844.

(2) *Comptes rendus*, etc., 22 janvier 1844, p. 103. *Journal des Savants*, octobre 1844, p. 640. Voy. aussi nos réponses à M. Biot, *Comptes rendus*, etc., 11 novembre 1844, et *Journal des Savants*, cahier de novembre 1844, pag. 693.

(3) *Id. ib.*

travail. On s'est étonné de l'insistance que nous mettions à défendre la cause des Arabes : qu'importe, en effet, que les astronomes de Bagdad aient déterminé quelques centaines d'années avant les modernes, une inégalité de quarante minutes dans les mouvements de la lune; qu'ils aient été sur quelques parties de la science plus loin que les Grecs, leurs instituteurs? Ce sont de ces faits d'un intérêt purement historique, dont le public ne saurait se préoccuper vivement. « Vous avez « traduit, disait-on, un passage arabe fort curieux, « puisqu'il a fixé l'attention des géomètres, et qu'il « a été l'objet depuis sept ans d'une polémique « incessante; on avait commencé par admettre « généralement la réalité de la découverte, et la « seule objection sérieuse, acceptée d'abord par « M. Biot lui-même, avait été la possibilité d'une « interpolation dans le manuscrit d'Aboul-Wéfa; « vous avez démontré le peu de valeur d'une telle « supposition; maintenant on veut que l'astro- « nome arabe n'ait fait que copier Ptolémée; les « textes que vous avez donnés répondent natu- « rellement à cette nouvelle allégation : ne prolon- « gez donc pas une discussion à laquelle vous « attachez plus d'importance qu'elle n'en mé- « rite. »

Ces réflexions ne manquent pas d'une certaine justesse, et s'il ne s'agissait que d'une découverte isolée, accidentelle, nous nous serions contenté de l'avoir signalée, et nous nous en serions remis à l'avenir du soin de faire triompher la vérité; mais indépendamment de la difficulté que la question présente par elle-même aux yeux de tous les gens instruits, elle acquiert une très-grande importance par sa connexité avec l'ensemble des travaux scientifiques des Arabes, jugés si sévèrement par M. Biot, et dont nous nous sommes proposé de retracer l'histoire; et, sous ce point de vue, nous ne saurions laisser de côté une des pierres de l'édifice que nous avons mission de reconstruire.

a. Il ne faut pas oublier qu'à une époque où l'Europe était plongée dans la barbarie du moyen âge, les khalifes Abbassides favorisaient, par leur exemple et leur protection, la culture des sciences et des lettres; que de toutes parts l'on voyait s'ouvrir des écoles où les livres grecs étaient traduits et commentés; qu'Almamoun et ses successeurs ordonnaient de vérifier par des expériences nouvelles les résultats qui se trouvaient consignés dans les écrits des savants d'Alexandrie; qu'une noble émulation donnait naissance à des traités spéciaux sur toutes les branches des connaissances humaines, et que partout se faisait sentir l'influence d'une civilisation qui devait rayonner à la fois sur l'Orient et l'Occident, pendant une période de sept cents ans.

Et cependant, on est aujourd'hui disposé à faire bon marché des travaux des Arabes, tandis que l'on affecte une prédilection marquée pour tout ce qui nous vient de l'Hindoustan et de la Chine, comme si l'on pouvait séparer des éléments qui se confondent à chaque instant, et déclarer qu'un peuple a été inventeur, en faisant abstraction de ses rapports indirects ou immédiats avec les autres nations. Ce que nous ont appris nos habiles indianistes depuis le commencement de ce siècle, prouve que la science orientale est allée puiser à une même source ses plus belles inspirations; et l'histoire de l'ancienne astronomie chinoise, élaborée avec un zèle si consciencieux, par nos missionnaires, au point qu'il ne reste plus qu'à glaner après eux, montre qu'elle se compose surtout d'emprunts très-imparfaitement déguisés.

Mais si les productions scientifiques de l'Inde et de la Chine ont été soigneusement explorées, il n'en est pas de même, à beaucoup près, des monuments arabes; un nombre infini de manuscrits répandus çà et là dans quelques-unes des bibliothèques de l'Europe, n'ont jamais été traduits ou analysés, et l'on sait par les dictionnaires biographiques dont les écrivains orientaux nous ont transmis de si précieux modèles, qu'on pourrait recueillir en Afrique et en Asie bien des documents d'une valeur réelle. Tant que les investigations n'auront pas été dirigées d'une manière suivie vers ce champ si riche, qui reste encore à défricher, on ne pourra apprécier sainement les écrits des Arabes; cependant on ne craint pas aujourd'hui d'émettre une opinion en quelque sorte définitive sur ces écrits, sans les avoir étudiés, sans même les connaître, et des personnes qui n'ont jamais eu une idée bien nette de ce qu'ils sont, et de ce qu'ils peuvent renfermer, n'hésitent pas à leur attribuer un caractère plus brillant qu'exact, plus superficiel que profond (1).

Cet arrêt, contredit par les enseignements de l'histoire et par les beaux travaux de mon père, n'en a pas moins réuni des partisans.—Nous serons toujours prêt, pour notre part, à subordonner nos faibles lumières à l'autorité des hommes graves et sérieux, s'ils ne s'écartent pas des limites de leurs connaissances spéciales; mais lorsqu'ils portent leur examen sur des questions auxquelles ils sont demeurés étrangers toute leur vie, par la nature même de leurs études, il est permis de décliner leur compétence : — à combien d'erreurs ne

(1) *Journal des Savants*, septembre 1843, p. 514.

se laisse-t-on pas entraîner, quand on obéit à des préventions systématiques; la vie de Tycho-Brahé lui-même est là pour nous le rappeler. Ne s'est-il pas trouvé, en 1597, une commission de savants qui déclara l'observatoire d'Uranibourg un objet de curiosité plus *brillant qu'utile*, et qui en obtint la destruction; et c'était cependant à Uranibourg, devenue *la métropole de l'astronomie européenne* et *la merveille du Danemarck*, que depuis dix-sept ans Tycho-Brahé poursuivait avec une admirable persévérance, cette série d'observations qui assuraient sa propre gloire et immortalisaient sa patrie.

M. Biot, en refusant aux astronomes arabes la *découverte de la variation*, croit pouvoir les gratifier en même temps d'un brevet d'ignorance et de mauvaise foi; il va même jusqu'à leur appliquer ces paroles d'un écrivain philosophe qui avait été, dit-il, en position de les bien connaître, « *de los moros no se puede esperar verdad alguna, porque todos son embelecadores, falsarios y chimeristas* (1). » Une telle conclusion surprendra assurément ceux qui ont la plus légère teinture de l'histoire orientale; elle dénote un singulier oubli des principes essentiels de la critique et des règles

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 737.

de cette méthode sévère qui sert toujours de guide aux véritables érudits ; et l'on ne conçoit pas qu'il soit possible de confondre à ce point les hommes et les époques. — Quand bien même Aboul-Wéfa n'aurait pas déterminé la troisième inégalité de la lune, ce qu'il faudrait avant tout démontrer, il n'en résulterait pas qu'on dût prononcer une sentence de proscription contre les Arabes, et ce que nous connaissons déjà de leurs traités sur les mathématiques, l'astronomie et la géographie, suffirait pour leur faire assigner dans les annales de la science, un rang beaucoup plus élevé que celui d'aucun autre peuple de l'Asie.

Malheureusement, M. Biot, partant d'une idée arrêtée d'avance dans son esprit, et lui sacrifiant volontiers les faits et les traditions, ne cherchant pas même à s'éclairer, en pénétrant plus avant dans une mine dont les abords seuls ont été jusqu'à ce jour mis à découvert, se contente de quelques notions superficielles qui lui ont été communiquées de seconde main, pour prononcer en dernier ressort sur des questions qui sont à peine posées ; c'est pourquoi ses articles sont semés d'aperçus et de généralités que personne ne saurait accepter comme le dernier mot de la science.—Nous aurions peut-être hésité à contester l'autorité de l'honorable académicien en pareille ma-

tière, si ses premières excursions dans le domaine de l'érudition, soit pour le zodiaque de Denderah, soit au sujet de l'astronomie chinoise ou égyptienne, ne nous avaient appris que le calculateur le plus ingénieux pouvait se laisser entraîner, sur ce terrain mouvant, à de singulières illusions. Quelle confiance est-il possible d'accorder à un écrivain dont toutes les inductions, subordonnées à un système général erroné, tombent une à une devant les textes et les documents de toute espèce ; aussi pouvons-nous répéter dès à présent ce que nous avons imprimé dans notre dernière lettre à l'Académie (1). « Ce n'est pas par des supposi-
« tions hasardées ou des appréciations incomplè-
« tes, par des interprétations forcées ou des juge-
« ments téméraires, qu'on peut réussir à dépouiller
« un peuple de la gloire qui lui appartient, et il
« est aussi impossible aujourd'hui de refuser aux
« travaux des Arabes le mérite réel et l'originalité
« qui les caractérisent, que de reconnaître ces
« traits distinctifs dans l'ancienne astronomie chi-
« noise qui n'a jamais été, à proprement parler,
« *une astronomie.* »

M. Biot, avant d'aborder la question de la *variation*, jette un regard en arrière sur les traités

(1) *Comptes rendus*, etc., 8 janvier 1844, p. 48.

scientifiques des Arabes ; de leur peu de valeur, il tirera la conséquence qu'une découverte de cette nature n'est pas à présumer de la part « d'un « peuple nouveau, sans préparation intellectuelle, « récemment tiré par le fanatisme et par les ar- « mes du fond de ses déserts, ayant alors à peine « une langue écrite, et que son imagination fan- « tastique devait rendre pendant longtemps in- « sensible à la précision des idées autant qu'im- « propre aux conceptions rigoureuses (1). » Cependant il reconnaîtra dix pages plus haut (2) que « ces Arabes, qu'on ne doit pas considérer et juger comme des hommes occupés d'abstractions scientifiques, ainsi qu'ont pu l'être les Grecs et que nous le sommes aujourd'hui; que ces Arabes, dis-je, qui subordonnaient tout à l'astrologie et à la gnomonique, avaient déterminé avec plus de précision que l'école d'Alexandrie, divers éléments fondamentaux de l'astronomie dont le temps avait développé les variations ou l'inexactitude : le mouvement de l'apogée du soleil, inconnu à Hipparque et à Ptolémée, l'excentricité de l'orbite de cet astre, l'obliquité de l'écliptique, la durée de l'année, la quantité de la précession; qu'ils avaient rendu beaucoup plus parfaites leurs méthodes de

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 737.

(2) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 726 et 727.

calcul, et, par la substitution si utile et si féconde des sinus aux cordes, et l'introduction des tangentes dans les calculs trigonométriques, donné à l'expression des rapports et de leurs combinaisons plus d'étendue et de simplicité. » Si nous ajoutons à cela de précieux aperçus en géométrie, des progrès incontestables en algèbre (1), d'importantes modifications dans le système géogra-

(1) Voy. les divers mémoires que nous avons donnés dans les *Notices et extraits des manuscrits* publiés par l'Académie des inscriptions et belles-lettres, dans le *Journal asiatique* et dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, passim. A l'appui des opinions que nous avons soutenues, nous pouvons faire valoir l'autorité d'un savant géomètre, M. Chasles, qui s'exprime ainsi dans son *Aperçu historique des méthodes en géométrie*, p. 492 :

« Parmi les nombreux ouvrages laissés par Thébit-ben-Corrah, disciple de Mohammed-ben-Musa, il en est un indiqué par Casiri, dont le titre : *de Problematibus algebricis geometricâ ratione comprobandis*, aurait dû piquer vivement la curiosité des géomètres, car il annonce que Thébit avait appliqué l'algèbre à la géométrie. C'est sans doute le titre de cet ouvrage qui a fait dire à Montucla que « Thébit a écrit sur la « certitude des démonstrations du calcul algébrique, ce qui « pourrait donner lieu de penser que les Arabes eurent aussi « l'idée heureuse d'appliquer l'algèbre à la géométrie. » CETTE CONJECTURE EST DEVENUE POUR NOUS UN FAIT CERTAIN, CONSTATÉ *déjà par l'algèbre de Mohammed-ben-Musa, et dont on trouve une preuve plus convaincante encore dans un autre ouvrage dont on doit la connaissance récente à M. L. Am. Sédillot.*

« Cet ouvrage est un fragment d'algèbre trouvé dans le manuscrit arabe n° 1104 de la Bibliothèque royale, où les phique de Ptolémée, les efforts tentés dès le commencement du neuvième siècle sous le règne

équations du troisième degré sont résolues géométriquement.

« M. Sédillot nous apprend qu'avant de passer à la solution de ces équations, l'auteur donne celle du problème des deux moyennes proportionnelles, qu'il résout par deux paraboles, et dont il se sert pour la solution de certaines équations. Le géomètre arabe se serait-il aperçu que toutes les équations du troisième degré peuvent se résoudre par les deux moyennes proportionnelles et la trisection de l'angle, ce qui est, comme on sait, une des découvertes qui ont fait honneur à Viète; il construit les racines des équations de la forme $x^3-ax-b=0$ par un cercle et une parabole; mais nous pensons qu'il ne s'agit encore que d'équations numériques, les seules qu'on trouve dans les ouvrages arabes, et chez les modernes jusqu'à Viète, à qui est dû le pas immense qu'il fallait franchir pour arriver à l'idée et à la considération d'équations littérales.

« Toutefois, malgré cette restriction dans les spéculations algébriques des Arabes, nous pouvons dire que non-seulement ils ont possédé l'algèbre, mais qu'ils ont connu aussi l'art d'exprimer graphiquement les formules et d'en présenter aux yeux la signification, art si beau et si précieux, que Keppler regrettait de ne pas savoir, et qui a été l'une des grandes conceptions de Viète.

« On avait toujours pensé que les Arabes n'avaient pas été au delà des équations du second degré. On fondait cette opinion sur ce que Fibonacci et Luca de Burgo s'étaient arrêtés à ce point de la science. Montucla, le premier, l'a mise en doute, et a pensé que les Arabes pouvaient bien avoir traité des équations du troisième degré; il se fondait sur le titre : *Algebra cubica seu de problematum solidorum resolutione,* d'un manuscrit apporté de l'Orient par le célèbre Golius, et qui se trouve dans la Bibliothèque de Leyde. Le fragment d'algèbre d'Almamoun pour la mesure nouvelle d'un degré du méridien (1), pour la vérification et la correction des tables grecques, l'importance, en un mot, que l'on attachait dès cette époque reculée aux spéculations purement scientifiques, on comprendra difficilement le jugement sévère dont M. Biot frappe, en dernière analyse, l'école de Bagdad. Comment croire, en effet, qu'un peuple, entraîné par le seul désir de s'instruire, renonçant à l'amour des conquêtes, pour cultiver exclusivement, à l'ombre de la paix, les lettres et les arts, portant dans cette nouvelle direction l'ardeur qu'il

trouvé par M. Sédillot confirme la conjecture de Montucla, et en fait l'un des points les plus importants et l'un des monuments les plus précieux de l'histoire scientifique des Arabes. »

On nous a prêté, au sujet de la résolution des équations du troisième degré et de la géométrie de position, des assertions toutes gratuites, que M. Chasles, en examinant notre travail, n'avait pas même aperçues. Ceci nous dispenserait de toute observation à cet égard, si nous n'avions pris le soin de repousser, dans le *Compte rendu des séances de l'Académie des sciences,* les attaques dont ces questions ont été le sujet.

(1) Voy. notre *Mémoire sur les systèmes géographiques des Grecs et des Arabes.* Si les opinions que nous avons soutenues n'ont pas eu complétement l'assentiment de M. Biot, l'approbation qu'elle ont reçue des plus illustres géographes de l'Académie, MM. Walckenaer, Jomard, Letronne, etc., a bien adouci nos regrets.

avait mise à la propagation de ses idées religieuses, et trouvant dans les livres des Grecs un instrument admirablement disposé, n'ait jamais su s'élever à la hauteur de ses modèles et les suivre dans la voie des découvertes? M. Biot suppose que la vraie science fut appelée à la cour des premiers khalifes Abbassides *à cause de l'astrologie,* plutôt que par le sentiment de sa propre beauté: le premier de ces deux motifs n'exclut pas l'autre; et bien au contraire, les savants arabes s'appliquant, pendant plusieurs siècles consécutifs, à perfectionner les travaux de leurs devanciers, sans autre intérêt que celui de la science et de la vérité, nous offrent un spectacle digne d'admiration et qu'on ne saurait trop méditer.

Ce que l'on dit de l'esprit léger des Arabes ne pourrait-il donc être reporté sur les Grecs eux-mêmes? Quel peuple fut jamais plus mobile, plus ardent, plus poétique, et pourtant quels profonds génies n'a-t-il pas produits? Les Arabes, devenus les maîtres de la plus grande partie du monde, ne présentent-ils pas beaucoup des caractères de leurs prédécesseurs: l'intelligence, la facilité, la mémoire, de l'imagination, ce désir de connaître qui tient à une curiosité native, ce penchant à l'observation, cette sagacité si nécessaire pour les sciences exactes qu'ils affectionnaient au plus haut degré (1)?

Parlerais-je de la langue arabe, devenue la langue savante de l'Orient et de tous les États musulmans? Mais les écrits des Arabes forment une des plus vastes littératures que l'on puisse citer, et ils ont rendu cet idiome, dont l'appréciation paraît facile à ceux qui n'en ont pas étudié les éléments, dépositaire d'un grand nombre de connaissances belles et utiles, que les travaux, exécutés jusqu'ici chez les diverses nations de l'Europe depuis la renaissance des lettres, sont encore bien loin d'avoir épuisées.

Une considération doit surtout frapper les esprits, c'est l'ignorance où nous sommes des faits dont se compose l'histoire de l'astronomie, des mathématiques et de la géographie chez les Orientaux. Sur quelques notions isolées, les uns ont vu dans l'Inde le berceau des sciences, les autres l'ont cherché à la Chine; puis ces divers systèmes manquant de bases solides, se sont successivement écroulés; le peuple arabe seul nous offre encore une longue chaîne de monuments inexplorés; sans eux, l'histoire scientifique de l'école d'Alexandrie ne sera jamais traitée d'une manière com-

(1) M. Jomard, *Études sur l'Arabie, etc.*, p. 179. Voyez aussi la notice que nous avons donnée de cet ouvrage, p. 19.

plète; sans eux, l'on ne saura jamais à quoi s'en tenir sur l'origine, la marche et les progrès de ces doctrines qui ont régné chez les Orientaux pendant toute la durée du moyen âge, et dont on ne saisit que des traces fugitives en interrogeant les traditions de la plupart des nations asiatiques.—Il est donc bien certain qu'on ne peut porter un jugement définitif sur l'influence que l'école arabe a dû exercer du neuvième au quinzième siècle de notre ère, et sur sa valeur réelle, si l'on ne connaît pas exactement l'ensemble de ses travaux; ce n'est que de leur examen, de leur étude approfondie, que pourront jaillir des idées nettes et précises sur le développement des sciences pendant cette longue période.—La ligne est ainsi toute tracée; et, pour notre compte, nous l'avons suivie avec persévérance, sans nous écarter jamais du but que nous nous proposions d'atteindre, mais sans nous dissimuler, toutefois, la distance qui nous en séparait encore. Par malheur, cette méthode toute de raison, et sûre dans ses résultats, paraît trop lente à certaines personnes qui sont possédées du désir de condamner, et qui, se jetant à la traverse de questions à peine effleurées, ne prennent pas même le temps de parcourir les pièces qui sont sous leurs yeux, et se hâtent de prononcer un arrêt sans appel. On a beau leur objecter que de nouveaux éléments peuvent surgir, que d'importants documents ont été négligés, qu'elles se sont appuyées sur des données incomplètes ou erronées ; peines inutiles : elles ont dit leur dernier mot.

Cette manière de procéder est assez commode, mais elle ne peut empêcher la vérité de se faire jour. Pour affirmer que les manuscrits scientifiques des Arabes n'ont point d'importance, il faut, comme nous l'avons déjà dit, savoir ce qu'ils contiennent, et c'est là surtout le côté faible de la critique, qui ne repose que sur des considérations purement hypothétiques. On regrettait tout récemment encore, qu'un astronome tel que Delambre, écrivant un ouvrage très-volumineux sur l'histoire de l'astronomie, eût mis trop peu de soin dans la recherche et dans la discussion des matériaux qu'il employait ; aujourd'hui, ce n'est plus de même. « Delambre dans son Histoire de l'astronomie au « moyen âge, dit M. Biot (1), me paraît avoir *très-ju-* « *dicieusement apprécié l'ensemble des travaux ef-* « *fectués par les astronomes arabes.* » En restreignant ce jugement au petit nombre de documents que Delambre avait à sa disposition, on pourrait l'admettre à quelques égards; mais il faut avant tout

(1) *Journal des Savants*, decembre 1843, p. 726.

s'abstenir de le généraliser, et se souvenir que ce que nous possédons aujourd'hui des écrits scientifiques des Arabes est infiniment peu de chose en comparaison des nombreux traités qui ne sont point arrivés jusqu'à nous. Si l'on s'en rapportait à M. Biot(1), l'histoire de l'astronomie orientale, à partir de la fin du huitième siècle, se bornerait à quelques indications d'un intérêt fort minime. « En 772, le khalife Abou-Giaffar-Almanzor aurait accueilli à sa cour un savant hindou très-versé dans les connaissances astronomiques, et il se serait servi de lui pour les communiquer aux Arabes qui l'entouraient. Un peu plus tard, l'Almageste de Ptolémée aurait été traduit, puis revu par Ishac-ben-Honein et par Thébit-ben-Corrah; Albatégni serait venu ensuite ajouter quelques notions nouvelles à celles qui lui étaient transmises par l'école d'Alexandrie; et l'on n'aurait à mentionner après lui qu'Ebn-Jounis, remarquable *par son intelligence des méthodes grecques*, mais au-dessous d'Albatégni *comme inventeur*, et Arzachel, qui florissait vers 1080 en Espagne, et dont les travaux *ont dû* servir de base aux *Tables Alfonsines*, dressées au milieu du treizième siècle. »

(1) *Journal des Savants*, cahier de décembre 1843, p. 719 et suiv. : *des travaux astronomiques des Arabes*.

Or, voyons sur quels fondements s'appuient ces diverses assertions :

1° Nous n'avons point les ouvrages d'Arzachel; 2° sur les quatre-vingt-un chapitres dont se compose le Traité d'Ebn-Jounis, M. Caussin n'en a publié que *trois*, et les extraits qui se trouvent dans l'Histoire de l'astronomie au moyen âge de Delambre, et qui lui ont été, comme on sait, communiqués par mon père, d'après un travail resté inédit, font seulement regretter que la traduction complète du manuscrit de Leyde n'ait pas encore été donnée au monde savant; 3° nous n'avons qu'une traduction latine, souvent inexacte, d'Albatégni, dont le texte original n'existe pas dans nos bibliothèques; 4° les versions arabes de l'Almageste qui nous sont parvenues sont une reproduction très-fidèle de la syntaxe de Ptolémée; 5° enfin, nous ignorons entièrement l'histoire de la vie et des écrits de ce savant hindou, *très-versé dans les connaissances astronomiques*, accueilli par le khalife Almanzor (1).

Voilà cependant de quels éléments d'appréciation se sert M. Biot pour juger les Arabes en dernier ressort : quelques données vagues et incertaines sur leurs premiers travaux, et trois noms

(1) Voyez plus loin, V^e partie, *de l'Astronomie indienne*.

jetés en avant, comme les seuls représentants de la science orientale! Et des trois astronomes dont parle M. Biot, l'un florissait en Asie au neuvième siècle; l'autre en Afrique, cent ans plus tard; le troisième, en Europe, à la fin du onzième siècle. Mais, en vérité, l'on se ferait une idée bien fausse des services que peut rendre l'érudition, si l'on devait se contenter de notions aussi superficielles, et si l'on en était réduit à condamner la littérature de tout un peuple, parce que certains fragments d'un livre à peine examiné, auraient exercé la verve satirique d'un critique. Non-seulement on ne saurait mettre en doute aujourd'hui le haut degré de civilisation auquel étaient arrivés les Arabes de Bagdad, de Damas et d'Alexandrie, de Tolède et de Cordoue; mais ce qui frappe surtout d'admiration, c'est assurément cette persévérance avec laquelle ils cultivèrent pendant plusieurs siècles, et sans autre mobile que l'amour de la science elle-même, les diverses branches des connaissances humaines. Nous avons déjà retracé le tableau des progrès qui signalèrent leurs premiers pas dans cette nouvelle carrière, et nos précédents Mémoires, lus à l'Académie des inscriptions, ou imprimés, auraient pu fournir à M. Biot plus d'un exemple des emprunts que les khalifes Abbassides paraissent avoir faits aux écrits scientifiques des Hindous; mais il aurait vu que ces emprunts ne pouvaient être estimés à leur véritable valeur, puisque les manuscrits où ils étaient consignés ont disparu (1); il se serait enfin assuré avec nous, qu'une fois en possession des livres grecs, les Arabes semblent abandonner tout à fait les méthodes indiennes que leurs premiers traités préconisaient (2). Nous avons également fait connaître tout ce qui se rattachait à la traduction de l'Almageste en arabe, et cité le passage relatif à Iahia-ben-Khaled-ben-Barmek, sur lequel s'appuie M. Biot, et que nous avons extrait, le premier, du grand ouvrage de Casiri (3). Mais il est une lacune que nous avons essayé de combler, et que ce savant a laissé subsister tout entière, lacune très-importante à signaler, puisqu'elle ouvre la période des travaux des Arabes sur l'astronomie et les mathématiques et comprend plus de la moitié du neuvième siècle.

On pourrait supposer, en effet, qu'Albatégni fit le premier d'utiles corrections aux Tables et aux méthodes grecques: il n'en est rien; depuis quatre-

(1) Voyez plus loin, Ve partie, *de l'Astronomie indienne*.

(2) Id.—(3) Dans notre *Introduction* aux Tables d'Oloug-Beg, p. 41; voy. aussi ce que nous avons dit à ce sujet dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences,* séance du 24 juillet 1843, et plus haut, p. 96 et 97.

vingts ans, l'école de Bagdad était fondée; des observations avaient été faites avec un très-grand soin et sans interruption. Non-seulement l'Almageste avait été traduit, mais on avait vérifié, par de nouvelles expériences, toutes les déterminations qu'il renfermait : les Éléments d'Euclide, le Traité d'Apollonius étaient enseignés dans les écoles, et l'application de l'algèbre à la géométrie prouvait déjà chez les savants arabes un esprit singulièrement porté vers l'étude des sciences exactes.

M. Biot voit dans Albatégni un inventeur; mais il aurait dû rechercher d'abord si ses devanciers ne pouvaient revendiquer l'honneur des découvertes qu'il lui attribue. Albatégni a joué chez les Arabes le même rôle que Ptolémée chez les Grecs: tous deux ont présenté le tableau des connaissances acquises de leur temps, et leurs ouvrages, ayant seuls surnagé au milieu des révolutions politiques qui ont tant de fois bouleversé le monde, on s'est accoutumé à les considérer comme la dernière expression de la science grecque et de la science arabe. Du seizième au dix-neuvième siècle, Albatégni a été aux yeux des Européens le seul astronome de quelque mérite *qui eût paru sur la terre depuis Ptolémée jusqu'à Régiomontan*, pour nous servir des termes mêmes de Bailly; mais il y a cette différence entre l'auteur de l'Almageste et le savant arabe, qu'on a perdu tout espoir de retrouver jamais les ouvrages d'Hipparque, dont Ptolémée a fait un si grand usage, tandis que les Traités des mathématiciens qui ont précédé Albatégni subsistent encore; et il sera permis de rendre un jour à chacun le bien qui lui appartient réellement. Nous savons déjà à quoi nous en tenir sur quelques points principaux de leur histoire. Ainsi Delambre, dont M. Biot loue très-fort les appréciations judicieuses, n'avait pas hésité à affirmer qu'Alfragan avait servilement copié certains chapitres d'Albatégni; c'est, au contraire, Albatégni qui s'est approprié une partie de l'ouvrage d'Alfragan, écrit plus de cinquante ans avant lui. Montucla attribuait à Albatégni la correction du mouvement de précession des équinoxes, supposé par les anciens d'un degré en cent ans. Cette correction avait été faite dès le règne d'Almamoun. Il en est de même du mouvement de l'apogée du soleil, inconnu à Hipparque et à Ptolémée, et de l'excentricité de l'orbite de cet astre; et il serait téméraire d'affirmer qu'Albatégni eut la première idée de la substitution des sinus aux cordes, tant qu'on n'aura pas compulsé les écrits de ses devanciers. Nous nommerons particulièrement, parmi eux, Mashallah, Ahmed-ben-Mohammed-al-Nevahendi, Hégiah-ben-Iousef, Iahia-ben-abi-Mansour, Al-abbas-ben-Saïd-al-Jauheri, Send-ben-Ali, Ebn-Ishac-ben-Kesouf, Khaled-ben-Abdalmelek-al-Merouroudi, Ahmed-ben-Abdallah-Habash, Ali-ben-Isa et Ali-ben-Albahtari, Abdallah-ben-Sahl-ben-Naoubakht, Mohammed-ben-Musa-al-Khowarezmi, Alfragan, Abou-Maashar, Alkindi, Costha-ben-Luka, les fils de Musa-ben-Sehakir, Thébit-ben-Corrah, Mohammed-ben-Isa-Abou-Abdallah, surnommé le Mahani, Aboul-Abbas-Fadhl-ben-Hatem-al-Tebrizi, Sahl-ben-Bashar, Mohammed-ben-Mohammed-ben-Iousef-al-Samarcandi, etc. (1). Ces savants ont laissé des recueils d'observations astronomiques et de nombreux ouvrages sur les sciences mathématiques, qui sont dispersés çà et là, et qu'on n'a jamais étudiés sérieusement; mais là, du reste, ne s'arrêtent pas les travaux de l'école de Bagdad.

La période qui s'étend d'Albatégni à Ebn-Jounis, de 880 à 1007, et dont M. Biot ne tient aucun compte, n'est pas moins fertile en savants astronomes dont les noms et quelques fragments nous ont été conservés; ce sont les fils d'Amadjour, Moflih, Ali-Aboul-Cassem, Abderrahman-Soufi, Abou-Fadhl-Harwani, Ebn-al-Aalam, Ebn-Ahmed-Sagani, Mohammed-al-Chogandi, et

(1) Voy. notre *Introduction aux tables astronomiques d'Oloug-Beg*, pag. 39 et suiv.

bien d'autres encore, dont les efforts ne peuvent avoir été complétement stériles, et qui précèdent immédiatement Aboul-Wéfa, mort en 998, et inventeur présumé de la *variation*.

Avec Aboul-Wéfa l'école de Bagdad semble s'éteindre; du moins ne pouvons-nous recueillir de données certaines sur les savants arabes qui se sont distingués dans les États musulmans d'Orient au onzième siècle. Il n'est point permis, cependant, de croire que les sciences exactes aient cessé d'être cultivées; les travaux du célèbre Albirouni, qui n'existent point en entier dans nos bibliothèques, mais dont l'importance ne saurait être mise en doute, si nous en jugeons d'après les témoignages des historiens orientaux; et, d'un autre côté, la réforme du calendrier persan, en 1076, qui atteste, chez ses auteurs, un mérite éminent (1), suffiraient pour démontrer le contraire. Mais il semble que l'activité intellectuelle des Arabes change de direction, et se porte plus particulièrement vers l'Occident. L'Égypte venait de se séparer définitivement de la cour de Bagdad; les Fathimites avaient fondé le khalifat du Caire; et, sous leurs auspices, Ebn-Jounis, *élève d'Aboul-Wéfa*, appréciant comme lui les avantages de la méthode expérimentale, élevait un observatoire et cons-

(1) Voy. nos *Prolégomènes* d'Oloug-Beg, pag. 25.

truisait de nouvelles Tables plus exactes que celles de ses devanciers, et destinées à un succès au moins égal à celui de l'*Almageste* de Ptolémée. Après Ebn-Jounis vient Al-Hassan-ben-al-Haithem, auteur de plus de quatre-vingts opuscules mathématiques, dont les titres à peine nous ont été révélés. A la même époque, l'Espagne devient un nouveau foyer de lumière : chaque ville a sa bibliothèque et ses écoles. L'Afrique occidentale ne reste pas étrangère à ce mouvement général des esprits : Fez et Maroc, Ceuta et Tanger comptent dans leur sein des savants distingués, et, du commencement du onzième siècle jusqu'au milieu du treizième, de nombreux Traités sur toutes les branches des sciences exactes attestent l'ardeur des écrivains de cette époque. L'histoire littéraire de l'Espagne et de l'Afrique musulmanes est encore à faire. Les monuments n'ont pas été explorés. M. Biot se contente de citer Arzachel, et il fait remarquer que les Tables Alphonsines ayant été dressées par des hommes qui se trouvaient à la source des livres arabes, elles ont dû reproduire les résultats de cet astronome et de ses successeurs. Mais il faudrait, avant tout, compulser les ouvrages d'Arzachel pour s'en assurer, et le petit nombre de recherches qu'il nous a été possible de faire à cet égard, nous a déjà démontré que M. Biot était dans l'erreur. Indépendamment des quatre cent deux observations qu'on attribue à Arzachel pour la détermination de l'apogée du soleil, cet illustre astronome en avait fait d'autres auxquelles on n'a fait aucune attention, et qui établissent, avec une exactitude remarquable, la valeur réelle du mouvement de précession des équinoxes(1); elle était à ses yeux de 49 1/2 à 50″ (nos Tables modernes portent 50″1), et les mathématiciens du roi Alphonse la supposaient encore de 54″33 : c'était l'ancienne détermination d'Albatégni, dont l'ouvrage servit longtemps de base à l'enseignement dans les écoles de la Péninsule, et l'on doit assurément trouver dans les Tables Alphonsines une copie de ce guide si respecté, bien plutôt que le résumé fidèle des résultats de la science astronomique d'Arzachel et des Arabes d'Espagne, sur laquelle nous manquons de documents originaux.

Ainsi, de quelque côté que nous tournions nos regards, nous apercevons un ensemble de travaux tout à fait remarquable, et nous sommes obligés de reconnaître qu'ils n'ont été l'objet d'aucun examen sérieux et approfondi; si quelques parties en ont été, çà et là, mises en lumière, elles n'of-

(1) Voy. l'appendice de la seconde partie, note IV.

frent que des éléments d'appréciation insuffisants. C'est cependant d'après ces éléments incomplets qu'on a jugé les Arabes; que l'on s'est cru autorisé à dénier à leurs écrits toute valeur scientifique; et l'on se borne encore aujourd'hui à reproduire la même opinion, sans l'appuyer sur de nouvelles investigations, en déclarant même à *priori* ces investigations inutiles.

Il fallait relever d'abord l'école arabe du discrédit dans lequel on l'avait fait tomber: tel a été le but que nous nous sommes proposé d'atteindre dans une série de mémoires qui ont éclairci plusieurs points de l'histoire de l'astronomie, des mathématiques et de la géographie chez les Orientaux (1); et l'importance que l'on a attachée depuis douze ans aux questions que nous avons soulevées, prouve qu'elles ont pris rang dans la science, et qu'il n'est plus permis aujourd'hui de traiter légèrement des travaux qui servent d'intermédiaire entre la civilisation grecque et la civilisation moderne, conservant l'une et préparant l'autre. La véritable science ne doit point d'ailleurs procéder par des arguments négatifs, et au lieu de proclamer bien haut que les recherches ultérieures sur une littérature aussi riche que variée, ne produi-

(1) Voy. plus haut les notes des pages 123 et suiv.

ront aucun résultat intéressant, et de décourager ainsi ceux qui s'appliquent à lever le voile qui la cache encore à nos yeux, il vaudrait mieux exciter le zèle des travailleurs, et soutenir leurs efforts, au lieu de le paralyser par des attaques qui n'auront d'autre effet que de faire abandonner le laborieux examen des manuscrits et de reculer peut-être d'un siècle la manifestation de la vérité.

On se ferait à coup sûr une idée bien fausse des progrès des sciences chez les Arabes, si l'on admettait avec M. Biot, qu'Albatégni, Ebn-Jonnis et Arzachel (de 880 à 1080) en sont les seuls représentants. L'école de Bagdad, après avoir étendu son influence en Afrique et en Espagne, alors que l'Asie est entraînée dans les croisades, bien loin de disparaître entièrement sous l'invasion des Mongols au treizième siècle, et des Turks orientaux au commencement du quinzième siècle, semble au contraire renaître et se répandre jusqu'aux dernières limites de l'Asie orientale; elle jette un nouvel éclat à Maragah, avec Houlagou-Khan et Nassir-eddin-Thousi, vers 1260; à Pékin, avec Koublaï et Co-cheou-King, en 1280; à Samarcande, avec Oloug-Beg, petit-fils de Tamerlan, Cadhi-Zadeh, Djemschid, Ali-Koudjschii et Meriem-Tchélebi. Les traités des savants astronomes, observateurs et mathématiciens, qui remplissent cette longue période, subsistent encore, mais l'on ignore ce qu'ils contiennent. N'est-ce donc pas un jugement téméraire que de supposer, sans intérêt pour la science, des écrits qui attestent sept cents ans de travaux non interrompus et qu'on n'a point encore arrachés à la poussière des bibliothèques (1); nous en avons donné un premier aperçu, qui suffira, nous l'espérons, pour détruire l'impression que la lecture des articles de M. Biot aurait pu faire naître, nous réservant de montrer ailleurs, avec tous les développements nécessaires, quelles richesses restent en dehors des regards du public et quels matériaux nous aurons à examiner avant de pouvoir porter un jugement définitif sur le mérite et l'influence de l'école arabe. Nous allons voir maintenant si M. Biot a été plus heureux dans l'appréciation d'un fait particulier, celui de la découverte de la *variation*.

b. De la manière de représenter les inégalités lunaires, depuis Ptolémée jusqu'à Tycho-Brahé. Les mouvements de la lune sont tellement compliqués, qu'aujourd'hui même on porte à plus de soixante le nombre de ses inégalités, sans qu'on

(1) Nous n'avons pas encore un seul traité d'arithmétique arabe, traduit soit en latin, soit en français.

soit encore assuré d'avoir dompté cette planète *bizarre et rebelle*, comme l'appelle avec raison Montucla (1).

Parmi ces inégalités, il en est trois, nous l'avons dit, qui par leur nature et par la valeur de leur coefficient ont dû attirer avant tout l'attention des observateurs. Les deux premières ont été déterminées par les Grecs : l'une, que nous nommons *équation de l'orbite* ou *équation du centre* (*l'inæqualitas soluta* de Keppler), fut d'abord de 5° environ; l'autre, appelée par Boulliau *évection* (2), s'élève à environ 2° 40′; la troisième inégalité n'a été constatée, on le suppose du moins, que vers l'année 1600 de notre ère; Tycho-Brahé et Longomontan la faisaient de 40′ 30″; elle est dans Flamsteed de 40′ 34″; dans Clairaut de 39′

(1) Montucla, *Hist. des mathématiques*, t. I, p. 296 et 665.

(2) Lalande, *Astronomie*, t. I, p. 164, dit que le nom d'évection a été donné à la seconde inégalité de la lune, parce qu'elle provient de l'éloignement ou de l'élévation de l'apogée, ou bien parce qu'elle porte le calcul à une plus grande précision. M. Biot (*Journal des Savants*, 1843, p. 525) trouve que le terme *évection*, introduit par *Bouillaud* (sic) pour exprimer qu'on élève le calcul à une plus grande perfection en y ayant égard, ne convient pas plus à cette inégalité-là qu'à toute autre; et cette remarque serait juste, si telle avait été l'intention de Boulliau; mais il est permis de croire que ce savant voulait seulement indiquer l'accroissement de valeur de la première inégalité, dans certaines circonstances données.

54″ (1); dans les anciennes tables de Mayer de 40′ 43″, et pour les modernes de 35′ 41″, en n'y comprenant pas les petites équations renfermées dans la table dressée à cet effet.

Cette dernière inégalité, appelée *variation*, avait-elle été reconnue par les astronomes arabes six cents ans avant les modernes? Cette question, éclaircie par la discussion, semblait résolue affirmativement aux yeux des plus habiles mathématiciens; toutefois l'opinion nouvelle adoptée et soutenue par M. Biot, tendrait à faire croire que le chapitre d'Aboul-Wéfa, au lieu d'expliquer l'inégalité décrite par Tycho-Brahé et Longomontan, reproduit seulement l'un des éléments de la seconde inégalité ou *évection*, tel qu'il a été déterminé et exposé par les Grecs, ainsi qu'on peut s'en assurer par un examen attentif du chapitre V du livre V de l'Almageste de Ptolémée. Cet examen, nous l'avions déjà fait avant la publication de notre premier travail, et il nous paraît, jusqu'à présent, devoir conduire à des conclusions diamétralement opposées à celles de M. Biot.

Comment une semblable dissidence peut-elle exister sur des faits livrés depuis huit ans à l'ap-

(1) Clairaut, *Théorie de la lune déduite du principe de l'attraction*, Paris, 1765, p. 136 et 137.

préciation des savants? Les trois termes du problème sont très-clairement énoncés; il suffit donc de comparer le passage d'Aboul-Wéfa à celui de Ptolémée, de rechercher s'il s'écarte des hypothèses grecques, et en cas d'affirmative, s'il peut s'identifier avec la théorie de Tycho et de Longomontan : cette méthode simple et naturelle devait conduire immanquablement à la découverte de la vérité, et, faute de l'avoir suivie, M. Biot s'est laissé entraîner dans des développements qui n'ont fait qu'obscurcir la question.

Pour bien se rendre compte des notions et des institutions astronomiques des peuples qui nous ont précédés, il faut en effet s'isoler en quelque sorte de la science moderne, et se mettre à la place des premiers observateurs; si nous substituons aux déterminations approximatives par lesquelles ils ont dû commencer, les procédés que les derniers siècles nous ont révélés, l'interprétation de ce que les anciens ont dû faire, se trouve entachée d'idées hétérogènes, de conceptions inexplicables.

Tycho-Brahé et Longomontan avaient conservé les excentriques et les épicycles dont se servaient les Grecs et les Arabes pour représenter les diverses inégalités des planètes; les immortelles lois de Keppler n'avaient pas encore été reconnues;

il n'était point question de l'ellipse, et les temps des Newton n'étaient pas venus. On comprend donc que la théorie de la pesanteur universelle et que le fameux problème des trois corps restent tout à fait en dehors de notre sujet. Cependant M. Biot, au lieu de prendre les écrits de Tycho et de Longomontan comme seul terme de comparaison, s'attache à démontrer les inégalités lunaires par les lois de l'attraction; ainsi, d'après les idées modernes qu'il reproduit, la lune décrit une ellipse autour de la terre placée au foyer T (*voyez fig.* 1re); le point A représente l'apogée, P le périgée. Supposons un astre *fictif* L' qui, parti de l'apogée, de A en P, en même temps que l'astre *vrai* L, le devancerait (*fig.* 2), en augmentant d'abord, puis en diminuant de vitesse pour le rejoindre en P, et le suivrait de P en A avec les mêmes alternatives; les angles L'TL et LTL' représenteront l'*équation du centre*, additive dans la première moitié de la révolution, soustractive dans la seconde.

L'*évection* qui dépend des distances de la lune au soleil se trouve intimement liée au changement de position de la ligne des apsides; quant à la *variation*, elle se compose de la somme des accélérations ou des retardements que la force perturbatrice perpendiculaire au rayon vecteur lunaire produit par alternatives dans son mouvement de circulation, pendant qu'il passe de chaque syzygie à la quadrature suivante, puis de chaque quadrature aux syzygies. M. Biot, afin de rendre sa démonstration plus simple et plus sensible aux yeux, abandonne l'ellipse pour revenir à l'orbe circulaire, et l'on peut voir, *fig.* 3, la loi physique de cette inégalité; soit S le soleil, T la terre, TL le rayon vecteur vrai, TL′ le rayon vecteur fictif qui parcourrait l'orbite avec un mouvement de circulation uniforme; dans le 1^{er} et le 3^e octant l'inégalité est additive; elle est soustractive dans le 2^e et le 4^e (1).

Nous ne suivrons pas M. Biot dans sa digression sur les autres inégalités lunaires; c'est un appendice tout à fait étranger à l'objet qui nous occupe; il est temps de porter la discussion sur son véritable terrain, et de considérer, avant tout, la manière dont les Grecs, puis Tycho-Brahé et Longomontan, ont représenté leurs diverses hypothèses.

Les *anciennes périodes* ont donné à l'astronomie un premier caractère de fixité et d'exactitude;

(1) *Journal des Savants,* septembre 1843, p. 523 et 524. — Delambre (*Astr. moderne,* I, 163) suppose, par erreur, la variation additive dans le quatrième et le premier octant, soustractive dans les deux autres. Voy. aussi Horoccius, *Lunæ nova theoria,* p. 469.

appliquées aux mouvements lunaires, elles ramenaient les éclipses à des époques déterminées, permettaient de prédire ces phénomènes sans aucune théorie mathématique. L'on peut croire que c'était là le procédé usité en Chine; mais il ne paraît pas qu'il y ait pris naissance, et les documents très-complets qui nous ont été transmis à cet égard par les missionnaires, tendent à prouver que son introduction dans le Céleste Empire ne remonte pas à une très-haute antiquité, et se rattache aux emprunts faits par les Chinois aux astronomies étrangères. Il ne faudrait pas, d'un autre côté, que le désir de rencontrer chez ce peuple les débris d'une science qu'ils n'a jamais eu, selon toute apparence, l'idée de créer, rendît injuste envers les Arabes, qui sont si rapprochés de nous, et dont les travaux ne sont pas suffisamment étudiés. Si, dans l'appréciation des hypothèses anciennes, par exemple, on peut se borner *à considérer* la manière dont elles expriment la longitude vraie de la lune, qui est l'élément principal de ses positions apparentes vues de la terre; si l'inclinaison de l'orbe lunaire, étant très-petite et à peu près constante, on y peut placer très-approximativement le rayon vecteur de la lune, d'après sa longitude, quand on connaît la position actuelle des nœuds de ce plan et son inclinaison moyenne de 5°9, l'inclinaison véritable variant tout au plus de 11′ autour de ce terme moyen. Si Hipparque et Ptolémée lui-même n'ont pas aperçu ces variations non plus que les oscillations périodiques des nœuds, parce qu'ils *considéraient* presque uniquement la lune dans les éclipses, où ces phénomènes ne se manifestent point, peut-on conclure, comme le fait M. Biot (1), que « leur existence est restée « pareillement inconnue aux Arabes, et qu'avant « Tycho-Brahé, on a observé les mouvements lu-« naires hors des syzygies, avec trop peu de suite, « ou avec trop peu d'exactitude, pour y constater « les inégalités principales qui les affectent. »

Hipparque avait reconnu le premier, par l'observation de plusieurs éclipses de lune et par une méthode regardée comme l'une des plus belles conceptions du génie grec, une inégalité de cinq degrés, la seule qui pût s'y manifester; il l'expliqua par un excentrique, c'est-à-dire en abandonnant l'idée d'un mouvement circulaire autour d'une orbite dont la terre aurait occupé le centre. Ainsi (fig. 4), soit T la terre, C le centre de l'excentrique AGPH; A l'apogée, P le périgée; la

(1) *Journal des Savants,* décembre 1843, p. 610.

(2) Voy. l'appendice de la deuxième partie, note v.

lune décrit dans son plan oblique à l'écliptique et contre l'ordre des signes le cercle excentrique de A en G, etc.; l'angle ATL est le mouvement vrai depuis l'apogée; l'angle ACL est le mouvement moyen; l'angle CLT, qui est leur différence, est l'*équation de l'orbite* ou l'équation du centre.

Quant au mouvement de l'apogée, qui est d'environ trois degrés par mois, il était facile de le représenter par le déplacement du diamètre AP de l'excentrique rendu mobile.

C'était une construction très-simple, qui s'éloignait peu des phénomènes réels; la substitution au cercle excentrique d'une ellipse ayant la terre pour un de ses foyers (fig. 1), et son grand axe mû de même, aurait-elle conduit les anciens à la découverte des vrais mouvements, reconnus seulement quinze siècles plus tard par les modernes (1)? C'est une question. M. Biot, toutefois, la décide affirmativement, tout en avouant que l'orbite de la lune n'est, à proprement parler, ni une ellipse, ni un cercle. « On peut, » ajoute le savant académicien (2), « apprécier toute la force de combi-« naison géométrique qu'a exigée la solution du « problème d'Hipparque, en regardant l'effroyable « complication de formules trigonométriques, de

(1) *Journal des Savants*, oct. 1843, p. 618.
(2) Id., p. 619.

« proportions, de constructions, que Delambre « a rassemblées dans son Histoire de l'astronomie « ancienne, pour le résoudre, à ce qu'il dit, plus « généralement par les méthodes modernes; mais « il leur fait tort; car, à son ordinaire, il n'y « emploie que *ce mélange bâtard* de géométrie et « d'analyse, qui n'a ni l'élégante évidence de « l'une, ni la pénétrante simplicité de l'autre ». C'est un jugement sévère, car on doit au moins quelque reconnaissance à Delambre pour avoir frayé la route à ses successeurs; et il serait assez singulier d'admettre que l'illustre savant eût parfaitement apprécié les travaux des Arabes qu'il ne pouvait connaître que d'une manière très-incomplète, et qu'il n'eût réussi qu'à rendre plus obscures et plus compliquées les hypothèses grecques, dont tous les éléments se trouvaient placés sous ses yeux; il n'a certainement mérité *ni cet excès d'honneur, ni cette indignité.*

Hipparque s'était servi de trois éclipses de lune observées à Babylone pour déterminer la première inégalité. Ptolomée appliqua la même méthode à trois éclipses observées par lui-même sous Adrien, et il trouva l'équation du centre de 5° 1'. Indépendamment de *cette première et simple anomalie*, πρώτης καὶ ἁπλῆς ἀνωμαλίας, il reconnut, en examinant les distances du soleil à la lune observées par Hipparque et par lui-même, une seconde inégalité, qui s'élevait à 2° 2/3 environ, lorsque la lune était en quadrature (c'est-à-dire à 90° de la conjonction), et à trois signes de son apside, et qui était nulle, lorsque l'apside concordait avec la quadrature.

Cette seconde inégalité qu'Hipparque n'avait fait qu'entrevoir, dépend donc non-seulement de la distance de la lune au soleil, mais encore de la combinaison du lieu de l'apogée avec celui des conjonctions (1).

Si, par exemple, les conjonctions arrivent dans l'apogée de la lune, le lieu de cette planète est altéré dans les quadratures d'environ deux degrés quarante minutes ; l'inégalité est soustractive dans le premier demi-cercle de la révolution lunaire, additive dans le second.

Le même phénomène se présente lorsque les conjonctions arrivent dans le périgée, avec cette différence que l'inégalité est additive dans le premier demi-cercle, soustractive dans le second.

Quand les quadratures se font dans l'apogée et dans le périgée, l'inégalité est nulle.

Dans les points intermédiaires, l'inégalité reparaît ; si les conjonctions se font dans le premier

(1) Montucla, *Hist. des mathém.*, t. I, p. 297.

quart de cercle, à partir de l'apogée ou du périgée, elle est soustrative dans la première moitié de la lunaison, et additive dans l'autre : c'est le contraire, lorsque les conjonctions arrivent dans le quart de cercle qui précède le périgée ou l'apogée.

La théorie mathématique imaginée par Ptolémée pour satisfaire aux diverses conditions des mouvements lunaires, était fort ingénieuse ; à l'excentrique d'Hipparque (fig. 4) se trouve substitué un petit cercle appelé *épicycle*, porté sur un cercle concentrique, et décrit en sens rétrograde par la lune, durant sa révolution synodique; soit, fig. 5, le cercle ACEG ; pendant que l'épicycle s'avance de A en C, la lune se dirige de A' en B', et ainsi de suite. Quant au mouvement de l'apogée, on peut le représenter aisément en faisant parcourir à la planète un peu moins de l'épicycle entier, de manière qu'elle ne se retrouve au point culminant qu'après un peu plus d'une révolution.

L'hypothèse de Ptolémée produit exactement le même résultat que celle d'Hipparque; il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un regard sur les fig. 6 et 7. Tous les traités les plus élémentaires en fournissent la démonstration (1); mais l'astro-

(1) Lalande, t. I, p. 289; *Journal des Savants*, oct. 1843, p. 617.

nome d'Alexandrie avait un motif, pour s'écarter ainsi de la marche suivie par son devancier : en appliquant un épicycle à la première inégalité, il se réservait l'excentrique pour la seconde. Ensuite, pour lier ces deux inégalités, il supposa que *le déférent* était un excentrique mobile, marchant en sens inverse de l'épicycle, dont le centre rencontrait toujours (fig. 8) l'apogée A, A' dans les syzygies, le périgée P, P' dans les quadratures ; au lieu de venir de L en L' (fig. 9), la lune se trouvera en L'' ; elle sera vue de T sous l'angle ATL'', qui est moins grand que l'angle ATL', et paraîtra par conséquent moins avancée. Ce sera le contraire (fig. 10) dans la quadrature opposée. L'inégalité sera nulle (fig. 11) lorsque l'apogée sera dans les quadratures, ou lorsqu'au moment de la conjonction, la lune occupera un des points latéraux de son épicycle (1).

Cette hypothèse représente avec assez d'exactitude les apparences véritables ; la plus grande et la plus petite équation du centre employées par Ptolémée sont presque les mêmes que nous admettons aujourd'hui.

Quoiqu'on ait beaucoup écrit sur la construction de l'astronome grec, je ne crois pas qu'on

(1) Montucla, l. c., p. 298.

ait encore fait la remarque que voici : c'est qu'elle revient à faire mouvoir le centre de l'épicycle qui représente l'anomalie sur une ellipse dont il parcourt le premier quart de la syzygie à la quadrature, le second de la quadrature à la syzygie suivante, et ainsi de suite, tandis que le corps lunaire est porté sur son épicycle.

Mais nous n'avons pas encore terminé le chapitre de l'*évection*. Ptolémée, s'appuyant sur les observations d'Hipparque, avait fort bien exposé dans quelles circonstances la première inégalité se trouvait portée de 5°1′ à 7°40′; il fallait de plus satisfaire aux positions intermédiaires ; car, lorsque la lune, au temps de la conjonction, se trouve dans des lieux moyens, entre le plus haut, le plus bas et les côtés de l'épicycle, l'inégalité variera. « Ici, » dit M. Biot (1), « Hipparque fournit encore les « données *les plus spécialement* propres à la dé- « termination des éléments essentiels d'une théorie « générale, et les deux observations que lui em- « prunte Ptolémée sont faites dans des aspects « intermédiaires entre les syzygies et les quadra- « tures, que nous appelons *des octants, expres-* « *sion que, du reste, Ptolémée et les commentateurs* « *n'emploient jamais.* »

Dans ces deux observations d'Hipparque, faites

(1) *Journal des Savants*, octobre 1843, p. 624.

à Rhodes le 17 payni et le 11 pharmouthi de l'an 197 de la mort d'Alexandre, c'est-à-dire à deux mois de distance, « *la lune est à peu près apogée ou périgée; de sorte que dans les deux cas elle se trouve presque placée sur la ligne des apsides* : » l'une donne à l'anomalie signalée dans le premier octant la valeur de 1°26'; l'autre, qui se rapporte au quatrième octant, marque une différence de 46'. Ptolémée conclut de ces deux observations, et, à ce qu'il assure, d'un grand nombre d'autres, que la ligne moyenne des apsides de l'épicycle, que l'on supposait jusque-là dirigée constamment vers la terre, s'en détourne pour se diriger, non pas vers le centre de l'excentrique, mais vers un point fixe N, ainsi qu'on peut le voir dans la construction tout à fait identique donnée par Ptolémée (1), par Delambre (2), et par les traducteurs arabes de l'Almageste (3), fig. 12 et 13.

M. Biot modifie cette construction d'après les idées que nous avons émises dans notre

(1) Ptolémée, *Almageste*, édition grecque de 1538, p. 112 et suiv.; édition latine, p. 106; édition française de l'abbé Halma, t. I, p. 301 et suiv.

(2) *Hist. de l'astronomie ancienne*, t. II, p. 193 et suiv.

(3) Ms. ar., n° 1139 et n° 1107, fol. 88 et suiv. — M. Biot indique à tort ce dernier manuscrit sous le n° 1137. (*Journal des Savants*, décembre 1843, p. 729.)

premier mémoire, mais dont il ne tient pas suffisamment compte.

La correction d'anomalie exposée par l'astronome grec est tout à fait liée au mouvement de la lune sur son épicycle; tandis que la troisième inégalité est indépendante de ce mouvement. Si l'on rattache la direction du diamètre de l'épicycle vers le point N, au mouvement de rotation du centre de l'excentrique, on obtient un écart qui a son maximum dans les quatre octants, et qui disparaît dans les syzygies et dans les quadratures, et cet écart peut se représenter par un petit cercle à la manière de Tycho (fig. 14). Supposez que le diamètre de l'épicycle se dirige vers le point T, et non vers le point N, et que le mouvement oscillatoire du rayon vecteur ait lieu autour du centre de l'épicyle (fig. 15), vous avez la construction de l'astronome danois, et l'hypothèse d'Aboul-Wéfa ne paraît pas être autre chose.

On peut voir, en effet, fig. 16, les tracés dont les Arabes se servaient pour leur théorie lunaire.

M. Biot se borne à apprécier la construction imaginée par Ptolémée : « Elle représente, dit-il, « avec une approximation remarquable l'apparence « optique causée sur la longitude par le change- « ment d'excentricité ; puis *il aperçoit* cet autre « effet de l'évection qui consiste dans le mouve-

« ment oscillatoire de la ligne des apsides; *il ne « fait pas connaître comment il l'a découvert*, mais « il l'indique. » M. Biot ne fait ici que reproduire une hypothèse moderne, publiée plus de soixante et dix ans après la mort de Tycho-Brahé. Horoccius, enlevé aux sciences à l'âge de vingt et un ans, avait trouvé, vers 1638, qu'on devait admettre un balancement de l'apogée et un changement d'excentricité pour expliquer la seconde équation trouvée par Ptolémée, et sa théorie ne fut connue qu'en 1673; il y avait été conduit par l'observation des diamètres de la lune, et il n'avait fait qu'appliquer à cette planète l'hypothèse employée pour le soleil par l'Arabe Arzachel, et imitée par Copernic (1). Soit (fig. 17) T le centre de la terre, C le lieu moyen du centre de l'orbite qu'une planète est supposée décrire, TCA la ligne des apsides, et TC l'excentricité. Si le centre de l'orbite, au lieu d'être fixe en C, décrit la circonférence d'un petit cercle AGB, il en résultera un double effet : 1° la ligne des apsides changera de position, et, au lieu d'être constamment sur la direction TCA, elle passera, par exemple, en TG, et fera, avec la première situation, un angle ATG; 2° l'excentricité, au lieu d'être égale à TC, deviendra TG, TB, etc.

(1) Lalande, *Astron.*, t. II, p. 164-166.

Mais il y avait une méthode facile, qu'Euler a démontrée sans se servir d'une excentricité variable et d'un balancement dans l'apogée, et qui conduit à l'argument actuel de l'*évection* ^{2}D—A(1).

Pour nous, ce qu'il nous importe d'établir, c'est :

(1) Id. Soit (fig. 17) T la terre; C le centre moyen de l'orbite lunaire; G le centre pour un moment donné; CT l'excentricité moyenne de la lune; CLT la moitié de la moyenne équation de l'orbite, parce que c'est la double excentricité qui produit l'équation entière; GLT la moitié de l'évection pour le temps donné, représentée par une augmentation d'excentricité; CLG est la différence de ces deux équations, ou l'effet que produit sur la demi-équation le changement de l'excentricité et la libration de l'apogée. Pour trouver, par une simple opération, cet angle CLG, qui est la moitié de l'évection, je considère que quand cet angle est le plus grand ou lorsque LC est perpendiculaire sur CG, l'angle CLG est de 40′, c'est-à-dire que le rapport constant qu'il y a entre CL et CG est tel qu'il n'en peut résulter que 40′ pour l'angle L, lorsqu'il est le plus grand, ou 1° 20′ pour l'évection entière. Lorsque l'angle LCG sera oblique, l'angle CLG diminuera, et cela dans le rapport de la perpendiculaire GD à la ligne CG, ou de sin. DCG au rayon. Donc, l'évection sera 80′ sin. DCG; mais l'angle DCG=ACL—ACG est l'anomalie moyenne de la lune, moins deux fois la distance du soleil à l'apogée de la lune, ou, ce qui revient au même, deux fois la distance de la lune au soleil, moins l'anomalie moyenne de la lune, qui forme l'argument de l'évection. Donc, la demi-évection ou l'angle GLC est égale à 40′ sin (2 dis. ☾ ☉ — an. ☾). C'est la forme sous laquelle elle se trouve actuellement dans toutes les tables de la lune; mais dans nos tables elle est jointe à une équation de 35″, qui a pour argument le double de celui de l'évection.

1° Que Tycho-Brahé ne semble point se préoccuper du mouvement oscillatoire de l'apogée;

2° Que la période de ce mouvement n'est pas comprise dans une même lunaison;

3° Qu'il est si intimement lié à l'*évection*, que la table dressée par Ptolémée donne numériquement les mêmes valeurs que nos tables modernes, à très-peu de chose près.

Avec de tels éléments était-il possible de faire un pas de plus et d'arriver à la découverte de la *variation?* Oui sans doute; mais à la condition d'observer la lune dans des points autres que les syzygies et les quadratures. Hipparque à cet égard avait encore ouvert la route à ses successeurs; et l'on ne comprendrait pas comment Ptolémée a pu s'arrêter dans une voie ainsi préparée, si l'on ne savait que cet astronome S'INQUIÉTAIT PEU DES PRINCIPES PHYSIQUES, ET SE CONTENTAIT TOUJOURS D'UNE MÉTHODE DE CALCUL. Il est évident que dans les deux observations d'Hipparque sur lesquelles s'appuie Ptolémée *pour déterminer sa correction relative à l'oscillation de l'apogée*, se trouvaient les éléments de la *variation;* M. Biot le reconnaît lui-même, en disant que ces observations *devaient renfermer quelque erreur qui aura compensé ou dissimulé l'effet de cette troisième* *inégalité dont Ptolémée ne tenait pas compte* (1). Si, comme nous l'avons déjà soutenu, il s'était donné la peine de les vérifier; si, au lieu de se borner aux inégalités que présentent les mouvements de la lune dans les syzygies et dans les quadratures, il avait seulement songé à déterminer exactement la position de cette planète dans des points intermédiaires à ceux-là, par des observations nouvelles, soit lorsque la ligne des apsides concourait avec les octants, soit lorsque cette ligne concourait avec les conjonctions ou avec les quadratures, il aurait nécessairement reconnu l'existence de la *variation*, attendu que les instruments dont il se servait, étaient d'une précision tout à fait suffisante, pour lui révéler cette troisième inégalité.

Copernic, en traitant des mouvements de la lune, chercha surtout à bien faire comprendre les idées des anciens et à les rectifier dans ce qu'elles pouvaient avoir de défectueux; s'il n'ajouta rien aux hypothèses de Ptolémée, c'est qu'il avait peu observé; on doit cependant lui savoir gré d'avoir amélioré la théorie lunaire en un point très-important, c'est-à-dire, dans les distances qui règlent les diamètres et les parallaxes.

(1) *Journal des Savants*, novembre 1843, p. 703.

Dans l'explication qu'il admet des deux premières inégalités, il se sert, en suivant les mêmes données, de deux épicycles; le petit épicycle est supposé parcourir dans l'espace d'une révolution anomalistique et contre l'ordre des signes, la circonférence du grand épicycle, tandis que la lune décrit, contre l'ordre des signes, le petit épicycle en 14 j. 18 h., c'est-à-dire dans l'espace d'une demi-révolution synodique; en sorte que dans toutes les syzygies, la lune se trouve en dedans du grand épicycle, pour former l'équation de l'orbite de 5° seulement; mais dans les quadratures, elle est au dehors pour donner une équation de 7° 2/3. C'est ainsi que l'*évection* s'expliquait encore du temps de Tycho-Brahé vers 1600 (1).

Soit T (*fig.* 18) le centre de la terre; TF le rayon de l'excentrique supposé de 100,000; on prend TB de 2174, et l'on décrit un cercle sur lequel se meut le centre de l'excentrique, de telle sorte que dans les syzygies le centre soit en T; dans les quadratures en C; en D et en E dans les octants. L'équation qui en résulte (ou l'angle BRT) est de 1° 15′; elle est proportionnelle au sinus du double de l'élongation de la lune au soleil, le cercle étant parcouru tout entier dans une demi-

(1) Lalande, l. c.

révolution; elle est soustractive dans la première quadrature, parce que le mouvement a lieu de F en R, de manière que l'angle FTR vu de la terre est plus petit que l'angle formé en C autour du vrai centre de l'orbite lunaire; voilà pour l'évection qui était de 1° 19′ ½ suivant Ptolémée, de 1° 18′ 50″ dans les tables de Flamsteed, de 1° 20′ 28″ dans celles de Lalande.

Le grand épicycle dont le rayon FG est de 5800, produit 3° 19′ d'inégalité; c'est une partie de l'équation de l'orbite; le centre du deuxième épicycle est supposé en G, lorsque la lune est apogée, et en I lorsqu'elle est périgée, ce qui arrive à la moitié des 27 j. 13 h. 18′ 35″, dont se compose sa révolution anomalistique. C'est sur ce dernier épicycle que la lune se meut; son rayon est de 2900 (moitié de celui du grand épicycle), et il produit par conséquent une inégalité de 1° 40′. Quand le centre du petit épicycle est apogée en G, la lune est en K; et quand il est en H ou en O, la lune qui parcourt le deuxième épicycle en 13 j. 18 h. 39′ 17″ ½ se trouve en M; la somme de ces deux équations qui répondent à la distance FM est de 4° 58′ ½; c'était, selon Tycho-Brahé, la plus grande équation, qui par l'*évection* devenait quelquefois de 7° 28′, moindre de 12′ que dans Ptolémée et Copernic.

Voyons maintenant ce qu'il fit pour la *variation.*

c. *De la détermination de la troisième inégalité lunaire.* L'astronome danois déclare que les trois cercles dont il s'est servi ne satisfont pas encore aux observations, et que dans les octants, c'est-à-dire, à 45° des syzygies et des quadratures, il y a une autre différence sensible; pour l'expliquer, il semble nécessaire de tracer un petit cercle, dont le centre F du grand épicycle parcourt, non pas la circonférence, mais le diamètre transversal, par un mouvement de libration, réglé de même que s'il se faisait sur la circonférence, comme l'a supposé Copernic dans d'autres occasions; l'équation qui en résulte doit toujours s'ajouter à la longitude moyenne de la lune depuis les syzygies jusqu'aux quadratures, et en être retranchée depuis les quadratures jusqu'aux syzygies. *Cette libration dépend donc du double de la vraie distance du soleil à la lune*, et elle produit la *variation*, qui est dans son maximum de 40′ 30″.

Cette théorie avait été achevée en 1601 par Tycho-Brahé, *aidé* de Longomontan, ainsi que l'affirment les éditeurs à la page 819 des *progymnasmes;* elle fut trouvée dans les papiers de l'illustre observateur et publiée en 1610; Longomontan lui-même en fit un nouvel exposé en 1612, comme nous le verrons plus loin; la *variation* ou troisième inégalité lunaire était désormais acquise à la science.

Dans l'hypothèse adoptée par Tycho-Brahé pour les deux premières inégalités, on ne voit pas qu'il soit question du mouvement oscillatoire de l'apogée (1); cette direction du diamètre de l'épicycle, telle que l'imaginait Ptolémée, ne se lie pas de la même manière à la construction de l'astronome danois, et la déviation du rayon vecteur n'est admise par ce dernier, que pour être appliquée à la troisième inégalité lunaire ou *variation*.

Ainsi nous trouvons d'un côté, dans Ptolémée, la première inégalité représentée par un épicycle, et la seconde par un excentrique; celle-ci est à son maximum dans les quadratures, quand la ligne des apsides concourt avec les syzygies; elle est nulle quand la ligne des apsides concourt avec les quadratures; dans les distances intermédiaires il se passe quelque chose de particulier, qui conduit l'auteur de l'Almageste à supposer une déviation constante du diamètre de l'épicycle vers un point donné, et à compléter sa théorie de l'évection.

(1) On peut faire ici observer que ni Ptolémée, dans ses *Hypothèses*, ni Théon, dans ses *Tables manuelles*, ni Proclus, dans ses *Hypotyposes*, ne font mention de cette circonstance astronomique. — *Journ. des Savants*, déc. 1843, p. 724.

De l'autre côté, Tycho-Brahé applique un double épicycle à la première inégalité, et, à la seconde, un excentrique mobile opérant sa révolution dans une demi-lunaison ; il admet de plus une déviation du rayon vecteur de l'épicycle, mais elle lui sert à représenter une troisième inégalité tout à fait distincte des deux autres.

Les Arabes ont-ils reconnu cette troisième inégalité vers la fin du dixième siècle de notre ère, c'est-à-dire plus de six cents ans avant Tycho-Brahé? Et d'abord, ce que nous connaissons de leurs travaux astronomiques permet-il de croire qu'ils ont pu arriver d'eux-mêmes à cette découverte ?

La seconde question est facile à résoudre :

Une ligne de démarcation bien tranchée sépare l'astronomie ancienne de l'astronomie moderne ; elle dépend de la nature même des instruments ; s'il s'agissait d'un satellite de Jupiter, que la vue simple ne saurait atteindre, toute discussion serait superflue : les lunettes et les télescopes n'étaient pas connus au moyen âge ; mais tous les phénomènes célestes placés en deçà de la limite que nous avons fixée, c'est-à-dire appréciables aux yeux et par le moyen d'instruments d'une certaine précision, étaient du ressort des astronomes de Bagdad ou d'Alexandrie, et la troisième inégalité lunaire est au nombre de ces phénomènes.

Si Ptolémée, après avoir donné la mesure des deux premières inégalités de la lune, mesure d'une exactitude si remarquable suivant M. Biot, s'était donné la peine d'observer lui-même; s'il avait eu seulement l'idée de refaire les observations qu'Hipparque lui avait transmises dans les conditions les plus favorables, si nous en croyons ses propres aveux, il aurait aisément reconnu que ses hypothèses ne satisfaisaient pas à toutes les apparences physiques de notre satellite, et quelle qu'eût été l'imperfection présumée de ses instruments, une anomalie de 40′ ne lui aurait pas complétement échappé,

Les Arabes se trouvent dans une situation meilleure; pendant deux cents ans, ils s'occupent, sans interruption, de soumettre les Tables grecques à l'épreuve d'observations nouvelles; ils en constatent les erreurs : M. Biot le reconnaît lui-même (1); ils cherchent à les corriger. N'est-ce pas là un pas immense, et, dans l'ignorance où nous sommes de leurs travaux, peut-on dire qu'ils n'ont pas *amélioré la théorie de la lune, quoiqu'ils l'aient tenté* (2); ils auraient déterminé avec plus de précision que les Grecs divers éléments fonda-

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 727.
(2) Id., p. 726.

mentaux de l'astronomie, *dont le temps avait développé les variations ou l'inexactitude*: par exemple, le mouvement de l'apogée du soleil, inconnu à Hipparque et à Ptolémée, l'excentricité de l'orbite de cet astre, l'obliquité de l'écliptique, la durée de l'année, la quantité de la précession, les différences que présente la latitude totale de la lune, et il leur aurait fallu *une intelligence plus qu'humaine,* pour perfectionner en un point quelconque les Tables lunaires grecques dont *l'insuffisance* leur était démontrée. Une telle conclusion, nous le demandons à tous les hommes instruits, est-elle acceptable aujourd'hui ?

Il était toutefois nécessaire de s'assurer d'un fait important : les Arabes avaient-ils seulement observé la lune dans les syzygies et dans les quadratures? Pour découvrir l'existence de la *variation*, le premier pas à faire était de comparer les observations aux Tables dans des points intermédiaires à ceux-là. Les fragments que nous avons rapportés du traité d'Ebn-Jounis le prouvent péremptoirement. « On voit dans Ebn-Jounis, » ce sont les propres expressions de M. Biot, « que « plusieurs astronomes arabes ont eu cette excel- « lente idée, et l'ont même réalisée pour tous les « points de l'orbite par des séries d'observations « longtemps combinées. » Et si l'on pense qu'ils n'ont pu faire ces observations sans tenir compte en même temps du lieu de l'apogée de la lune, on avouera qu'il était bien difficile, pour ne pas dire impossible, que la *variation* échappât à leurs investigations.

La question ainsi posée, voyons si le chapitre de l'astronome Aboul-Wéfa, que nous avons publié en 1836, était de nature à établir la réalité de cette importante découverte. L'auteur, dont les connaissances profondes en mathématiques ne peuvent être révoquées en doute, termine la série de ces observateurs infatigables, qui, depuis près de deux cents ans, se sont appliqués à vérifier par eux-mêmes les tables grecques; frappé des différences signalées entre les résultats obtenus, soit par l'école de Bagdad, soit par l'école d'Alexandrie, il entreprend, avec l'aide de plusieurs astronomes, de les soumettre à une nouvelle appréciation, et consigne dans *un traité spécial* les corrections qu'il croit devoir faire aux travaux de ses devanciers.

Arrivé à la théorie de la lune, il rappelle les deux premières inégalités, qu'il représente l'une par un épicycle, l'autre par un excentrique; il rappelle aussi le mouvement de l'apogée qui s'explique par la direction du diamètre de l'épicycle vers un point N, nommé qar les Arabes *muhazat*, et qui complète, ainsi qu'on l'a vu plus haut, l'hypothèse de l'évection.

Il sait que *la seconde inégalité atteint son maximum* quand l'apogée de la lune coïncide avec les syzygies; *qu'elle est nulle,* quand il coïncide avec les quadratures; *qu'elle est moindre que le maximum*, quand l'apogée se trouve dans les distances intermédiaires.

Puis il ajoute : Nous avons trouvé, au moyen de nos instruments et par nos propres observations, qu'en dehors de ces deux inégalités, il en existe une troisième dans le mouvement de la lune en longitude, dont le maximum est d'environ 45′, qui est nulle dans les syzygies et dans les quadratures, et qui est au-dessous de 45′, lorsque la lune est en deçà et au delà des octants. Cette inégalité a lieu quatre fois par mois, et elle peut s'expliquer par une déviation du diamètre de l'épicycle du *muhazat* du centre du monde; en un mot, elle est indépendante du mouvement de la lune sur son épicycle.

Ce résumé du chapitre d'Aboul-Wéfa, comparé au texte de Ptolémée et à l'exposé de Tycho-Brahé, ne prouve-t-il pas que les Arabes avaient reconnu l'existence de la *variation ;* c'était l'opinion des géomètres qui avaient, les premiers, étudié la question. L'équation du centre était, comme nous l'avons dit, représentée par la position de la lune sur son épicycle; la seconde inégalité par un *accroissement* relatif à une diminution du rayon vecteur de l'épicycle, et la troisième par une variation dans le mouvement angulaire de ce rayon vecteur, à la manière de Tycho-Brahé (voy. fig. 14 et 15), ou, en d'autres termes, si l'on suppose l'épicycle représenté par la lentille circulaire d'un pendule, le raccourcissement de ce pendule et l'amplitude de ses oscillations correspondront à la deuxième et à la troisième inégalité, tandis que la première sera marquée par le mouvement de l'astre sur le bord de la lentille. Les figures 15 et 16, qui représentent cette hypothèse, ne laisseront subsister aucune incertitude sur ce point.

Cependant quelques personnes, prévenues de longue date contre les Arabes, dont elles ne pouvaient, d'ailleurs, connaître les travaux d'une manière suffisante, n'ont pu se décider à admettre l'existence de la découverte d'Aboul-Wéfa. M. Biot est de ce nombre; il avait d'abord avoué l'identité parfaite qui semblait subsister entre les constructions de Tycho-Brahé et de l'astronome de Bagdad, et la valeur approximative des coefficients numériques dont ils affectaient tous deux la troisième inégalité; mais alors il se demandait si l'observateur européen n'aurait point eu quelque notion de la découverte arabe, ou si le manuscrit d'Aboul-Wéfa n'aurait point été, soit modifié, soit même fabriqué postérieurement à sa date apparente Nous avons déjà rapporté ce jugement si net, si positif (1), qui subsistait encore dans toute sa force en 1841, et M. Biot prétend que « nous l'avons « présenté à tort, *dans une publication récemment « imprimée*, comme ayant admis la réalité de la « découverte de la variation par Aboul-Wéfa, lors-« qu'il s'exprimait avec cette réserve (2). » Mais s'il est prouvé que le manuscrit n'a été ni modifié ni fabriqué après coup, et à cet égard, M. Biot ne conserve plus aujourd'hui aucun doute, il reste établi que Tycho-Brahé et Aboul-Wéfa se sont rencontrés sur les points les plus essentiels de leurs déterminations, et que par conséquent nous n'avons fait dire à M. Biot autre chose que ce qu'il a si clairement exposé lui-même, et, sous ce rapport, nous devons être à l'abri de tout reproche. M. Biot reconnaît, d'ailleurs, qu'il n'avait pas étudié à fond la question (3) sur laquelle il s'était ainsi prononcé : c'est le meilleur moyen d'expliquer son changement d'opinion.

(1) *Compte rendu des séances de l'Académie des sciences*, 24 juillet 1843.

(2) *Journal des Savants*, septembre 1843, p. 514.

(3) Id., et novembre 1844, p. 693.

Il ne s'agit plus, en effet, pour M. Biot, d'interpolation; le chapitre d'Aboul-Wéfa est bien authentique; mais il n'offre aucun rapprochement possible avec la théorie de Tycho-Brahé, ce n'est qu'*une paraphrase confuse, embarrassée, inintelligente du cinquième chapitre du cinquième livre de l'Almageste* (1).

Une telle conclusion a lieu de surprendre; depuis sept ans, les savants les plus illustres ont pris part au débat qui s'était élevé à l'occasion de notre mémoire; ils ont suivi la discussion avec un véritable intérêt; ils ont eu sous les yeux et l'Almageste de Ptolémée, c'est-à-dire, le chapitre V de son cinquième livre sur lequel nous avions appelé leur attention, et le passage d'Aboul-Wéfa, et ils n'ont point été frappés de la concordance des textes, ou même des idées. Bien plus: quand, en 1843, on a saisi l'Académie des sciences de la question, nous aurions montré les différences radicales qui séparaient Aboul-Wéfa de Ptolémée; et l'on aurait pu croire le problème résolu contre le premier de ces deux astronomes, alors même qu'aucune des différences signalées n'aurait été expliquée d'une manière satisfaisante? C'est là une thèse vraiment inacceptable.

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 735.

Il faut pourtant supposer que M. Biot n'a formulé son jugement qu'après une étude approfondie des éléments soumis à son appréciation ; et, dès qu'il affirme que tout astronome et tout géomètre qui voudra prendre la peine de le lire, reconnaîtra que le traité d'Aboul-Wéfa ne contient aucune trace de la variation, et que l'auteur arabe suit pas à pas Ptolémée (1), on doit penser qu'il rendra un compte exact de toutes les difficultés soulevées ; mais on est étrangement désabusé après avoir parcouru ses articles, et l'on est obligé de reconnaître qu'il n'a rien ajouté à ce que l'on savait déjà, et que la plupart de ses assertions reposent sur de bien faibles bases. Il lui est certainement permis d'exprimer son opinion partout où bon lui semble, et de rester persuadé qu'il y a encore quelque chose à tirer des livres scientifiques des Chinois, dont nos plus habiles missionnaires nous ont donné des analyses si exactes et si complètes, tandis qu'on ne saurait attendre aucun résultat curieux de l'examen des manuscrits arabes qu'on ne s'est jamais donné la peine d'examiner ; mais, pour qu'un jugement prenne rang dans la science, il est nécessaire qu'il soit appuyé de preuves sans réplique ; et tant qu'on se borne à des hypothèses

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 1844, t. XVIII, p. 103.

plus ou moins ingénieuses, tant qu'on met en avant des arguments d'une valeur équivoque, en laissant de côté ceux qui peuvent porter atteinte à un système conçu *à priori,* toute liberté de discussion subsiste, et le champ demeure ouvert à la manifestation de la vérité.

Ces observations nous sont suggérées par la marche que M. Biot a suivie dans son examen critique d'Aboul-Wéfa; examen fait, comme il le dit lui-même, et comme cela doit être pour toute question de science, *sine irâ et studio* (1).

d. De l'interprétation du texte d'Aboul-Wéfa.— La traduction que nous avons donnée du chapitre d'Aboul-Wéfa avait été reconnue très-fidèle (2) : M. Biot *ne prétend lui-même élever aucun doute sur son exactitude* (3); mais il s'adresse à trois personnes presque étrangères aux écrits et à la nomenclature scientifique des Arabes, et il en obtient trois versions *mot à mot* du chapitre dont il s'agit; de ces trois versions *mot à mot*, strictement conférées ensemble, il résulte ce que M. Biot appelle une *traduction littérale*, traduction obscure et confuse qui lui suggère les suppositions les plus hasardées.

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 728.
(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc.*, 12 juin 1843.
(3) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 729.

On concevrait très-bien que l'interprétation d'un texte original laissât quelque chose à désirer, et que notre version du passage d'Aboul-Wéfa donnât lieu, sur certains points, à d'utiles corrections; mais la substitution de mots sans aucun sens à des termes techniques, dont la valeur ne peut être contestée, n'est assurément pas de nature à éclaircir telle question que ce soit; *l'esprit de précision moderne que nous avons transporté*, selon M. Biot (1), à notre traduction, consiste uniquement dans l'emploi d'expressions consacrées qui constituent le langage astronomique des Grecs et des Arabes, ainsi qu'on le verra plus loin. « Maintenant qu'il « s'agit de faits et non de style, ajoute M. Biot, il « m'a semblé essentiel de conserver à l'auteur « arabe les formes propres sous lesquelles il a pré- « senté ses conceptions, afin que, par leur carac- « tère arrêté ou indécis, on puisse reconnaître la « netteté ou le vague des idées qu'il en avait lui- « même (2). » Il n'y a de vague et d'indécis dans toute cette question, que le *mot à mot* reproduit par M. Biot; Aboul-Wéfa savait très-bien ce qu'il voulait dire; les expressions dont il se sert n'offrent aucune incertitude, et nous maintenons

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 729.
(2) Id., id.

qu'une interprétation *mot à mot*, faite sans l'intelligence du sujet, et dont la plupart des termes nécessiteraient un commentaire, ne conduira jamais, dans quelque langue que ce soit, et surtout en matière de science, à la déduction rigoureuse de la pensée d'un auteur (1).

Mais avant de nous engager dans l'examen de la *version littérale* de M. Biot et de ses trois traducteurs, il est bon que nous arrêtions notre attention sur quelques considérations préliminaires qui se rattachent à notre sujet :

On nous apprend que le manuscrit arabe, n° 1138, ancien fonds, qui contient l'ouvrage d'Aboul-Wéfa, présente des lacunes (2); c'est une remarque que nous avons faite il y a bien des années; non-seulement nous avons exprimé le regret de ne pouvoir apprécier le travail de l'astronome arabe dans son ensemble, mais, *sur notre demande*, le Bureau des Longitudes a bien voulu, dès l'année 1836, prier M. l'ambassadeur de France à Constantinople de rechercher si l'on ne pourrait se procurer un exemplaire complet du traité d'Aboul-Wéfa. M. Arago et M. Poisson ont également, dans leur correspondance particulière, insisté à plusieurs

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 8 janvier 1844.

(2) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 731.

reprises sur cette demande, et transmis les notes que nous avions déposées entre leurs mains; M. Biot, membre du Bureau des Longitudes, ne peut l'avoir ignoré.

Le livre est intitulé : *Almageste d'*Aboul-Wéfa. « Cette dénomination, dit M. Biot, se donnait « alors à tous les traités astronomiques qui em« brassaient l'ensemble des phénomènes célestes, « comme celui de Ptolémée (1). » M. Biot serait fort embarrassé, s'il avait à citer un grand nombre de ces traités, indépendamment de l'*Almagestum novum* de Riccioli, et de celui d'Aboul-Wéfa qu'il considère comme un abrégé très-médiocre de Ptolémée. Le titre d'*Almageste* ne s'applique en général qu'à l'ouvrage de l'astronome d'Alexandrie, et c'est pour cette raison seulement que le livre d'Aboul-Wéfa, qui est véritablement original, a été pris à tort pour une traduction de l'Almageste grec.

M. Biot pense que la dénomination d'*Almageste* vient de ἡ μεγίστη *sic* (σύνταξις) (2); c'est ce qu'on a répété de tout temps, et ce qu'on trouve indiqué même dans le dictionnaire de Trévoux.

On nous apprend que le mot *muhazat*, employé

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 732.
(2) Id., id., p. 725.

par Aboul-Wéfa pour désigner la troisième inégalité de la lune, se dit proprement, en arabe, de l'*état* de relation qui existe entre deux objets dont l'un est en face de l'autre (1); c'est la définition que Greaves en donnait dès 1662, en traduisant nochthah muhazat, par *punctum diametraliter oppositum* (2); mais les Arabes avaient pris le terme *muhazat* dans le sens du mot πρόσνευσις de Ptolémée, et de plus ils lui avaient assigné un sens absolu; aussi lorsque M. Biot s'attache à démontrer que l'expression πρόσνευσις n'est point séparée dans le traité grec du sujet de l'action (3), il soutient une thèse qui n'a jamais été mise en doute. *Les* personnes, dit-il, qui ont appelé simplement πρόσνευσις l'inégalité étudiée par Ptolémée, dans le V^e livre de sa syntaxe, s'en faisaient probablement une idée peu exacte (4); c'est l'avis que nous avons exprimé (5) nous-même: nous n'avons point par conséquent à le combattre; nous dirons seulement que les Arabes peuvent être regardés comme les premiers coupables; ils ont d'abord identifié

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 729.

(2) Greaves, *Astronomica quædam ex. trad. Shah Cholgii*, p. 70.

(3) *Journal des Savants*, octobre 1843, p. 624.

(4) Id., et *Comptes rendus*, t. XVI, p. 1446, 26 juin 1843.

(5) Id., et 24 juillet 1843.

le terme muhazat avec celui de πρόσνευσις; puis ils en ont fait une dénomination absolue, l'appliquant, dans leur théorie des mouvements lunaires, à un point fixe et déterminé, et s'en servant pour désigner une inégalité réelle et tout à fait distincte de l'équation du centre et de l'évection. C'est pour ce dernier motif, sans doute, qu'ils prennent aussi parfois, comme équivalent de πρόσνευσις, le mot *maïl*, qui signifie *déclinaison*, *inclinaison*.

Il est très-important de définir toute cette synonymie, car il serait impossible de comprendre les écrits scientifiques des Arabes, si l'on ne connaissait la valeur exacte de leurs expressions techniques; on est d'ailleurs guidé sur plusieurs points par la nomenclature grecque que les astronomes de Bagdad se sont appropriée de bonne heure. Ils ont par exemple rendu l'ἐπίκυκλος de Ptolémée, par *tedouair* تدوير; or tout le monde sait très-bien ce qu'on doit entendre par *un épicycle;* M. Biot et ses traducteurs substituent constamment à ce terme celui *de cercle de circonvolution*, et il n'en peut résulter, pour le lecteur, qu'un peu plus de confusion et d'obscurité, lorsqu'au lieu de la théorie *des épicycles* si généralement connue, il rencontre la théorie *des cercles de circonvolution*. Un tel procédé ne peut s'appeler ni une version littérale ni un *mot à mot*. Que le traducteur latin d'Albatégni, peu au courant de son sujet, ait expliqué le *tedouair* des Arabes par *circulus circumvolutionis*, ou *circumvolubilis* (1), cela se conçoit parfaitement; mais que des personnes qui ont sous les yeux l'expression technique que nous avons adoptée dans notre traduction, la remplacent par une expression vague et indéterminée, sous prétexte *de conserver à l'auteur arabe les formes propres sous lesquelles il a présenté ses conceptions*, c'est une véritable erreur de jugement, et le prétendu *mot à mot* qu'elles donnent, vous jette dans une série continuelle de faux sens.

Pourquoi, en effet, M. Biot et ses traducteurs, après avoir emprunté à l'auteur de la version latine d'Albatégni son *circulus circumvolutionis*, ne lui ont-ils pas pris aussi son *egressus circulus*, le *felk kharidj* des Arabes, فلك خارج, pour désigner un excentrique?

Avec le système d'interprétation *littérale* suivi par M. Biot, les termes les plus simples ne se comprennent plus; et certainement si l'astronome Aboul-Wefa devait à son tour remettre *le mot à mot français* en arabe, il aurait toutes les peines du monde à retrouver la liaison de ses idées.

(1) Albatégni, *de Scientiâ stellarum*, ch. xxx, fol. 32 v°.

Lorsqu'il parle de la lune en quadrature, on lui fait dire qu'*elle est en quadrant* (*tarbia*, quadrans); lorsqu'elle est en trine ou en sextile, *c'est à un tiers ou un sixième de la circonférence*; l'apogée et le périgée deviennent *la distance la plus éloignée et la plus rapprochée de l'excentrique*; « le centre du zodiaque, » *le centre du cercle des constellations zodiacales*, « le mouvement en longitude et le mouvement en anomalie; » *la marche en longitude et la marche en inégalité* « le temps où il n'y a pas d'anomalie, par rapport à l'épicycle; » *les moments où la lune n'a pas d'inégalité quant à la* CIRCONVOLUTION, « le temps où la lune est à l'une ou l'autre distance apogée ou périgée de l'épicycle » : *les moments où elle est dans une des* DISTANCES OPPOSÉES (EXTRÊMES) DU CERCLE DE CIRCONVOLUTION; « nous avons eu son lieu vrai dans un des degrés du zodiaque, puis nous avons cherché son lieu par le calcul que nous avons corrigé par les deux anomalies ci-dessus décrites, et nous l'avons trouvé plus grand ou plus petit que celui-là d'environ une demie et un quart de degré » : *nous l'avons trouvé* EN RÉALITÉ *dans un des degrés du cercle du zodiaque*, *et nous avons*, PAR UN CALCUL RECTIFIÉ, *en tenant compte des deux inégalités précédentes, obtenu sa place* PLUS AVANCÉE OU MOINS AVANCÉE *d'environ un demi et un quart de* *degré;* « cette anomalie est au-dessous de cette quantité » : *cette inégalité est moindre que cette mesure.* « D'après cela, nous avons reconnu qu'elle existe, indépendamment des deux autres que nous avons précédemment décrites. » *Par là nous avons su que la lune éprouve encore un* ACCIDENT *outre les deux dont la description a précédé*, etc., etc.

Nous pourrions multiplier ces citations, et montrer que partout le sens véritable est tronqué ou défiguré. Comprend-on, par exemple, qu'on puisse substituer à ces mots : *nous avons reconnu par des observations consécutives,* ceux-ci : *nous avons connu au moyen des observations consécutives ;* et que l'apogée et le périgée de l'excentrique soient toujours remplacés par : *les deux distances opposées* (*extrêmes*). Chaque terme, nous l'avons dit, nécessiterait un commentaire qui serait sans profit pour la science, et nous n'insisterons pas sur tous les *car* semés çà et là par M. Biot, et qui sont, en France, des taches de style qu'assurément Aboul-Wéfa n'aurait pas acceptées; il nous suffit d'avoir fait ressortir les tristes conséquences d'un système de traduction, qui tend à rendre inintelligibles les passages les plus clairs et les plus positifs. Nous allons rapporter la version de M. Biot. En la plaçant en regard de la nôtre (1), on recon-

(1) Voy. plus haut, p. 45.

naîtra que celle-ci est la seule vraiment *littérale*, et les notes ajoutées au bas de chaque page compléteront la démonstration de ce que nous avons avancé.

Version de M. Biot. — Chapitre X, sur la troisième inégalité que l'on trouve à la lune et qui est appelée (1) l'inégalité de mohadzat.

Item : connaissant (2) les deux inégalités déjà mentionnées précédemment, et ayant établi (3) l'une des deux au moyen du cercle de circonvolution (4) (savoir la première inégalité que *nous trouvions* (5) *toujours* dans les conjonctions et les oppositions), et ayant connu (6) son évaluation (7), au moyen *des* observations consécutives, *nous avons trouvé* que, dans ces moments-là (8), elle n'excède pas (9) cinq degrés à peu près (car dans certains moments, elle est moindre que cette quantité, et, parfois, elle n'existe pas du tout). Ensuite, *nous avons trouvé* que cette inégalité

(1) Le texte porte : appelée.
(2) Id. : Après que nous avons reconnu ou déterminé.
(3) Id. : Et que nous avons construit ou représenté.
(4) Id. : D'un épicycle.
(5) Id. : Que nous avons trouvée constamment.
(6) Id. : Et après que nous avons reconnu.
(7) Id. Sa grandeur ou sa valeur.
(8) Id. : Dans ces mêmes temps.
(9) Id. : Elle ne croît pas, ne s'élève pas au delà.

augmente à des époques autres que les conjonctions et les pleines lunes, et la plus grande valeur que *nous avons trouvée* à cet accroissement a eu lieu quand la lune a été à environ un tarbia (quadrans) du soleil. Car, dans de tels moments, il (cet accroissement) atteint environ deux degrés et deux tiers à peu près; quelquefois il est moindre que cela, et quelquefois il n'existe pas du tout. Et *nous avons établi* cet accident de la lune (1) au moyen d'un cercle excentrique; et, après avoir reconnu la valeur de ces deux inégalités, ainsi que la distance (2) du centre de l'excentrique au centre du cercle des constellations zodiacales, *nous avons trouvé* une troisième inégalité qui survient à la lune dans les temps où le centre du cercle de circonvolution se trouve entre la distance la plus éloignée (apogée) et la distance la plus rapprochée (périgée) de l'excentrique; et le maximum de cela arrive lorsque la lune est à environ un tathlith (un tiers de la circonférence) ou un tasdis (un sixième de la circonférence) du soleil, et nous ne trouvons pas (ou nous n'avons pas trouvé) que cela ait lieu dans les conjonctions et les oppositions, ni dans les moments des tar-

(1) Cette apparence nouvelle de la première inégalité, cette modification.

(2) La quantité, la mesure.

bia (quadratures). En effet, quand nous avons connu la marche de la lune en longitude et sa marche en inégalité (en anomalie sur l'épicycle), et que nous avons considéré les moments où elle n'a pas d'inégalité, quant à la circonvolution (1), je veux dire les moments où la lune est dans une des distances opposées (extrêmes) du cercle de circonvolution (*car*, lorsqu'elle est dans ces endroits du cercle de circonvolution, elle n'éprouve aucune inégalité de ces deux côtés; *car* son mouvement moyen autour du centre du monde est le seul qui existe alors), et, dans ce cas-là, lorsque la distance de la lune au soleil est telle que nous l'avons dit, *nous avons trouvé* à la lune (2) une troisième inégalité d'environ une moitié et un quart de degré à peu près. Le fait de ceci (3) est que *nous avons observé* la lune dans de tels moments (4), avec les instruments que nous avons mentionnés ci-dessus (5), et, lorsque nous l'avons trouvée en réalité (par son lieu vrai?) dans un des degrés du

(1) C'est un contre-sens; le texte porte : par rapport à l'épicycle.

(2) Le texte porte : A elle.

(3) Id. : Et cela, pour cela.

(4) Id. : Dans ces mêmes temps.

(5) Le chapitre où il était question de ces instruments manque dans le manuscrit.

cercle du zodiaque, nous avons, par un calcul rectifié, en tenant compte des deux inégalités précédentes (1), obtenu sa place plus avancée ou moins avancée (2) d'environ *un demi* et un quart de degré; et *nous avons trouvé* que cette inégalité est moindre que cette mesure (3), lorsque la distance de la lune au soleil est plus petite ou plus grande qu'un tasdis (sixième de la circonférence), ou un tathlith (tiers de la circonférence), et, par là, nous avons su que la lune éprouve encore un accident (4), outre les deux dont la description a précédé (5); et cela ne peut avoir lieu ainsi qu'en vertu (6) de la déviation du diamètre du cercle de circonvolution du *mohadzat*, du point autour duquel s'opère le mouvement égal, je veux dire le centre du cercle du zodiaque; car, lorsque le diamètre du cercle de circonvolution se détourne du point autour duquel s'opère le mouvement égal, il survient à la lune une inégalité dans le

(1) Le texte porte : Nous avons cherché son lieu par le calcul que nous avons corrigé par les deux inégalités ci-dessus décrites.

(2) Id. : Plus grand ou plus petit.

(3) Id. : Au-dessous de cette quantité que nous avons.

(4) Id. : Un phénomène, une inégalité.

(5) Id. : Indépendante des deux phénomènes ou inégalités que nous avons précédemment décrits.

(6) Id. : Au moyen, par l'effet.

cercle du zodiaque, et cela parce que l'apogée du cercle de circonvolution change, et que la ligne menée du centre du cercle du zodiaque au centre du cercle de circonvolution ne passe pas à l'endroit où elle passait dans les temps où le centre du cercle de circonvolution est aux deux distances opposées (extrêmes) de l'excentrique; et la distance de la lune à l'apogée du cercle de circonvolution est changée. *Car* nous avons fait (1) commencer le mouvement de la lune dans son cercle de circonvolution à l'apogée, lorsque son centre se trouve aux deux distances opposées (extrêmes) de l'excentrique. En considérant (2) ce que nous venons de dire, et faisant sortir (*eliciendo*) ce point (*punctum*) par les voies que nous avons mentionnées à leurs places, *nous avons trouvé* sa distance au centre du monde, du côté du périgée de l'excentrique (faisant partie) de la ligne (3) qui passe par les centres, égale à la distance du centre du cercle du zodiaque au centre de l'excentrique, et nous expliquerons (4) les ob-

(1) Le texte porte : Nous avons déjà établi ailleurs que le mouvement de la lune sur son épicycle commence, etc.

(2) Id. : Après que nous avons considéré attentivement.

(3) Id. : Sur la ligne.

(4) Id. : Nous produirons.

servations par lesquelles *nous avons reconnu* cette inégalité, lorsque nous exposerons les inégalités spéciales des différents astres (1).

Quelle que soit l'obscurité et, même sur plusieurs points, l'inexactitude du mot à mot de M. Biot, si ce savant avait pris la peine d'en peser et d'en discuter avec soin tous les termes, et justifié *par des textes nouveaux* ses propres conclusions; s'il avait, d'un autre côté, répondu aux objections que nous avions une première fois soulevées (2), nous aurions été heureux de pouvoir nous rendre à ses démonstrations; mais loin de là : M. Biot se contente de renvoyer à l'analyse qu'il a faite de l'hypothèse grecque relative à l'oscillation de l'apogée lunaire; il ajoute qu'on doit voir au premier coup d'œil que les Arabes n'ont fait que paraphraser Ptolémée. C'est ce que personne n'admettra. Au reste, le savant académicien ne juge pas lui-même inutile de faire valoir, en faveur de son opinion, d'autres motifs que nous allons examiner.

e. Des arguments de M. Biot et de leur valeur propre. Ces arguments se réduisent à six : 1° La circonstance astronomique exposée dans le traité

(1) Le texte porte : Lorsque nous aurons exposé la détermination des anomalies propres aux planètes.

(2) Voy. les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, l. c.

d'Aboul-Wéfa y arrive, de même que dans l'ouvrage grec, *à son rang logique et nécessaire*, immédiatement après les deux premières inégalités.

2° L'auteur donne à sa troisième inégalité le nom de Mohadzat, *que lui ont affecté les traducteurs arabes de Ptolémée*, et il ne l'annonce pas comme chose nouvelle, puisqu'il dit *qu'on l'appelle* de ce nom.

3° Les expressions, *nous avons réconnu, nous avons trouvé*, d'après lesquelles on a voulu lui en attribuer la découverte, sont sans conséquence, puisqu'il les emploie à chaque instant pour d'autres résultats *qui ne lui appartiennent pas*.

4° Il applique à son énoncé la même spécialité d'élongation que les traducteurs arabes, et il caractérise ces élongations *par les mêmes termes bizarres qu'ils ont employés*.

5° *N'ayant qu'une compréhension imparfaite du sujet*, il prend, pour le maximum absolu de cette inégalité, la valeur particulière de l'écart qu'elle produit entre le lieu vrai et le lieu moyen de la lune, dans la première des observations d'Hipparque, dont Ptolémée a fait usage (46′), et il ajoute que cet écart n'est jamais plus considérable, quoiqu'il s'élève à 1° 26′ dans la seconde loi du phénomène, telle qu'il *l'admet*.

6° Après bien des détours, il se résume en disant que cette troisième inégalité est due *à une déviation d'aspect du diamètre apogée* de l'épicycle, et son énoncé est identique à celui de Ptolémée; et par cela seul que l'inégalité considérée ici, s'applique à la position de l'apogée de la lune, ce ne peut être *la variation*.

Il faut avouer que ces conclusions pourraient avoir quelque autorité, si elles étaient précédées d'une analyse fidèle de la première comme de la dernière partie du chapitre d'Aboul-Wéfa, et d'une discussion approfondie de tous les éléments de la question; mais il est évident que M. Biot ne les a pas plus étudiés en 1843, qu'il ne l'avait fait, comme il l'a reconnu lui-même, en 1841. Il est très-facile, après s'être formé une opinion *à priori*, de la justifier par des considérations puisées pour la plupart en dehors du sujet, et de se donner raison vis-à-vis d'un public complétement étranger au problème qu'il faut résoudre. On ne saurait toutefois comprendre comment un esprit accoutumé aux spéculations mathématiques, peut non-seulement se trouver satisfait d'une série de raisonnements qui reposent sur des bases contradictoires, mais encore substituer à une déduction rigoureuse des faits, une controverse grammaticale confuse, et négliger entièrement les énonciations les plus nettes, les plus positives, pour fonder sur des mots ou des fragments de phrases des combinaisons d'idées tout à fait illogiques.

Il ne s'agit pas, en effet, de savoir si, dans l'opinion de M. Biot, les Arabes sont d'ignorants compilateurs, fort inférieurs aux Chinois, dont ils ont été toutefois les maîtres, en matière de science, à partir de la fin du treizième siècle. Sans aucun doute, le jugement d'un savant aussi distingué sera toujours d'un grand poids dans les questions de mathématiques et de physique; mais les discussions historiques et philologiques ne lui sont pas aussi familières, et il ne serait pas surprenant qu'obligé de puiser ses renseignements de côté et d'autre, il ait pu être induit en erreur, et jeté en quelque sorte à son insu, dans les suppositions les plus étranges. La discussion se trouve placée sur un terrain solide; nous avons un texte très-exactement traduit. Ce texte renferme-t-il une découverte attribuée six cents ans plus tard à l'astronome Tycho-Brahé, ou n'est-il qu'un chapitre de Ptolémée défiguré? Voilà le point qu'il faut éclaircir. Qu'importe que l'auteur soit aux yeux de M. Biot un esprit de second ordre, ou même un abréviateur imbécile : nous n'avons à nous occuper que des indications que renferme un des chapitres de son *Almageste*. M. Biot croit qu'il a suivi pas à pas Ptolémée ; il oppose cette assertion formelle à toute protestation contraire, parce que les preuves mathématiques qu'il a rapportées ne laissent aucun sujet de doute ; il avoue même avec sincérité qu'*une si grande réunion d'arguments* aurait été inutile pour un esprit plus excrcé à ce genre de recherches. Combien, dirons-nous à notre tour, ne devons-nous pas être confus, tous tant que nous sommes, de ne voir dans cette *réunion si grande d'arguments*, que des propositions en désaccord avec le texte que nous avons à examiner, inconciliables entre elles, et qui, à notre sens, n'ont pu émaner que d'un jugement prévenu et beaucoup trop exclusif.

Nous pourrions signaler, dès à présent, les différences radicales qui existent entre l'exposé d'Aboul-Wéfa et le chapitre V du livre V de Ptolémée, et les rapports que présente cet exposé avec l'hypothèse de Tycho-Brahé et de Longomontan ; mais comme nos lecteurs ont pu déjà s'en faire une idée par les développements dans lesquels nous sommes entré sur les théories astronomiques des Grecs et des modernes jusqu'au dix-septième siècle, nous réserverons cette appréciation pour notre conclusion, et nous commencerons par réduire à leur juste valeur les arguments de M. Biot.

1° *Aboul-Wéfa présente le second élément de l'évection au lieu même où l'ordre logique des idées l'amène par nécessité, quand on suit la doctrine des épicycles comme il le fait* (1). Mais M. Biot ne remarque pas que Tycho-Brahé suit également la doctrine des épicycles, et que, dans l'exposé de cet astronome, *la variation* remplace le mouvement oscillatoire de l'apogée, représenté par une déviation du diamètre. Doit-on en conclure que Tycho-Brahé n'a fait que paraphraser le chapitre de Ptolémée? Nullement. *L'ordre logique des idées* appelle la troisième inégalité ou *variation* après les deux premières inégalités. Que l'hypothèse d'Aboul-Wéfa soit ou non celle de Ptolémée, la place ne fait rien à l'affaire. S'il arrivait qu'un copiste ignorant donnât à *l'équation du centre* le nom de seconde inégalité, personne ne s'aviserait d'y voir *l'évection*. L'objection de M. Biot n'aurait quelque force qu'autant qu'Aboul-Wéfa aurait traduit ou abrégé Ptolémée chapitre par chapitre; ce qui n'est pas : et encore faudrait-il démontrer qu'il n'a rien ajouté à l'original; ce n'est point ici

(1) *Comptes rendus*, etc., t. XVIII, 1844, p. 103. *Journal des Savants*, décembre 1844, p. 735.

une question de forme, mais une question de fond.

2° *L'auteur donne à sa troisième inégalité le nom spécial de* MOHADZAT *que lui ont affecté les traducteurs arabes de l'Almageste, et il ne l'annonce pas comme une chose nouvelle, puisqu'il dit qu'*ON L'APPELLE *de ce nom.* Il y a là une double erreur; la circonstance astronomique décrite par Ptolémée n'est point désignée dans les traductions arabes de l'Almageste sous la dénomination d'*inégalité du muhazat.* Le terme *muhazat* est pris dans des acceptions fort différentes, ainsi que M. Biot aurait pu s'en convaincre, en se faisant traduire les livres IV et V de la version arabe de l'Almageste de Ptolémée; il n'a pas remarqué d'ailleurs, que si l'on donnait à cette expression, le sens qu'il lui suppose avec Gravius d'après Schah-Cholgi (1) (Punctum diametraliter oppositum cujus distantia à centro mundi, perigæum eccentrici versùs, est æqualis distantiæ centri eccentrici à centro mundi apogæum versùs), on aurait dû dire que le diamètre de l'épicycle se dirigeait constamment vers le muhazat (πρὸς muhazat), le point N de Ptolémée, et non pas hors du muhazat, عن محاذاة (ἐξ muhazat), comme le fait Aboul-Wéfa. Mais reconnaissant que

(1) Schah-Cholgi, p. 39.

les traducteurs arabes s'étaient indifféremment servis des mots *muhazat* et *maïl* pour rendre le terme grec πρόσνευσις dans la version qu'ils nous donnaient du chapitre V du livre V de l'Almageste, seulement qu'Aboul-Wéfa le prenait dans un sens absolu, nous avons dû tout naturellement identifier les mots πρόσνευσις et *muhazat*. S'ensuit-il que le chapitre d'Aboul-Wéfa soit la reproduction du chapitre de Ptolémée, qu'on a présenté comme une espèce de *découverte*, quoiqu'il se trouve analysé par Delambre, signalé par nous dans notre premier mémoire, et qu'il ait exercé plus d'une fois l'esprit des commentateurs? Certes, on ne saurait accepter une semblable conclusion; par cela seul que nous aurions fait suivre le *muhazat* de πρόσνευσις placé entre deux parenthèses, nous aurions donc nous-mêmes résolu la question contre les Arabes! et si nous avions écrit au lieu de πρόσνευσις le mot variation, la découverte d'Aboul-Wéfa aurait pu être admise sans difficulté. L'absurdité d'une semblable thèse ne permet pas de s'y arrêter, et la méthode qui devait nous diriger dans nos recherches, était indiquée par le simple bon sens; nous avons examiné avec une scrupuleuse attention le passage d'Aboul-Wéfa et le chapitre V du livre V de Ptolémée, et si nous n'avions point reconnu des différences radicales dans les deux exposés, nous n'aurions point songé à publier un travail qui n'eût été qu'une édition nouvelle et très-peu intéressante de quelques paragraphes de l'Almageste grec. C'est le fond des choses qu'il faut considérer; et nous en dirons autant à l'égard d'une seconde assertion de M. Biot, qui ne veut pas croire qu'Aboul-Wéfa ait déterminé la troisième inégalité lunaire, parce qu'il ne l'annonce pas comme nouvelle. Qu'importe la manière dont l'astronome arabe expose ses idées? La troisième inégalité lunaire est-elle, oui ou non, dans l'ouvrage d'Aboul-Wéfa : voilà toute la question. Aboul-Wéfa intitule son chapitre : De la troisième inégalité que l'on trouve à la lune, *appelée* inégalité du *muhazat*. Or, on n'aperçoit ni chez les Grecs, ni chez les traducteurs arabes de l'Almageste, une inégalité ainsi dénommée; et jusqu'au moment où l'on nous prouvera, les textes à la main, qu'un astronome de l'école de Bagdad, antérieur à Aboul-Wéfa, s'est servi des mêmes termes que lui, et a décrit très-exactement la même inégalité, il nous sera permis d'en attribuer la découverte à celui qui le premier nous l'a révélée. — M. Biot lui-même (1) n'hésite pas à voir dans Albatégni l'inventeur d'un procédé géométrique

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 726.

fort ingénieux, la substitution des sinus aux cordes dans les calculs trigonométriques, quoique cet astronome ne le donne pas comme nouveau (et nous avons en effet de très-bonnes raisons de croire qu'il n'a fait qu'appliquer une méthode déjà connue); pourquoi donc ne ferions-nous pas honneur à Aboul-Wéfa d'une détermination dont son livre seul nous offre la trace? La troisième inégalité n'a point été connue de Ptolémée; il s'agit de prouver qu'elle ne se trouve point dans les auteurs arabes, et c'est ce qu'on n'a pas encore fait.

3° Nous sommes vraiment fort embarrassé de répondre à des objections auxquelles certaines personnes attachent de l'importance, et qui pour des esprits sérieux n'en ont aucune; on nous dit que les expressions dont se sert habituellement Aboul-Wéfa : *nous avons reconnu*, *nous avons trouvé*, sont sans conséquence, parce qu'il les emploie à chaque instant pour d'autres résultats *qui ne lui appartiennent pas.* On oublie complétement les explications que nous avons fournies à cet égard dans la note que nous avons adressée à l'Académie des sciences le 24 juillet 1843 (voy. plus haut, pag. 103), où l'on feint d'ignorer la situation toute spéciale dans laquelle se trouvait Aboul-Wéfa. Ce savant, célèbre dans tout l'Orient, s'était entouré des astronomes les plus habiles, et il avait entrepris de corriger par de nouvelles observations celles de la *table vérifiée;* c'est là le témoignage irrécusable de l'histoire; la *table vérifiée* dressée du temps d'Almamoun, c'est-à-dire dans la première moitié du neuvième siècle, était déjà une révision des tables grecques qui se trouvaient, sur plusieurs points, considérablement améliorées; depuis cette époque jusqu'au moment où Aboul-Wéfa commença la rédaction de ses ouvrages, plus d'un siècle et demi s'était écoulé, et cette longue période avait été remplie par des travaux astronomiques fondés sur l'*expérience* et du plus grand intérêt. Aboul-Wéfa, revenant sur les déterminations de ses devanciers, les soumettant à l'épreuve d'observations nouvelles, devait naturellement pour quelques-unes, être d'accord avec eux sur les résultats, ou s'en éloigner pour d'autres, selon leur degré d'exactitude relative; il pouvait donc très-bien dire : *nous avons trouvé, nous avons reconnu,* même en conservant les chiffres adoptés par ses prédécesseurs, s'il s'était assuré qu'aucune correction n'était nécessaire. Tycho-Brahé ne devait point agir autrement, et il a pu se servir des expressions *experti sumus* , aussi bien pour la troisième inégalité lunaire, que pour certaines déterminations entièrement conformes à celles de Ptolémée; personne assurément ne songerait à en tirer contre lui des inductions défavorables. Pour justifier une assertion qui pouvait affaiblir l'autorité de l'auteur arabe, il fallait démontrer, son livre à la main, *qu'il n'avait point observé.* C'est bien la conclusion à laquelle M. Biot paraît vouloir arriver, lorsqu'il nous présente Aboul-Wéfa comme un abréviateur inintelligent de Ptolémée; mais quelle preuve a-t-il produite à l'appui de son opinion? Nous a-t-il fait connaître un seul chapitre de l'ouvrage de l'astronome de Bagdad, de nature à confirmer une semblable appréciation? Il se borne à reproduire, avec l'aide de ses trois traducteurs, une paraphrase confuse des seuls passages que nous avons donnés, et s'il ne soutient pas ses allégations, en publiant quelque autre chapitre, qui leur fournisse une base réelle, il nous met en droit de supposer qu'il n'a rien trouvé dans le manuscrit, qui puisse justifier ce qu'il avance. Cela est d'ailleurs tellement vrai, que M. Biot parle (1) d'un chapitre fort court, qui suit celui que nous avons rapporté, et qu'il juge avec les idées des modernes, au lieu de se placer au point de vue des savants arabes, et il se garde bien d'en publier la traduction, parce qu'Aboul-

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 736.

Wéfa commence par exposer que sa théorie est fondée sur la comparaison *de ses propres observations* avec celles de ses devanciers. Comment supposer que l'auteur arabe aurait été aussi affirmatif dans son assertion, s'il n'avait eu sous les yeux que les deux observations d'Hipparque, mentionnées par Ptolémée? M. Biot ne peut, même sur ce point, arguer de son ignorance, attendu que nous avons traduit et indiqué le passage dont il s'agit, dans la note que nous avons adressée à l'Académie des sciences, le 24 juillet 1843 (1); comment ne se rappelle-t-il pas que lui-même écrivait dans le *Journal des Savants*, en 1841 (2): « Pour reconnaître *la variation*, le premier pas à faire était de comparer les observa-« tions aux tables dans les points intermédiaires « aux syzygies et aux quadratures; or, on voit « dans Ebn-Jounis que plusieurs astronomes de « son temps ont eu cette excellente idée, et l'ont « même réalisée, pour tous les points de l'orbite, « par des séries d'observations longtemps combi-« nées. » Aboul-Wéfa, qui avait été le maître d'Ebn Jounis, avait donc eu à sa disposition des obser-

(1) *Comptes rendus*, etc., l. c., p. 7 et 8, et ms. ar., n° 1138, fol. 100 : فانا تاملنا حركات القمر عند الارصاد ارصادنا و ارصاد القدما

(2) *Journal des Savants*, novembre 1841, p. 676.

vations autres que celles d'Hipparque, et lorsqu'il nous apprend qu'il a comparé ses propres observations à celles de ses devanciers, lorsque la lune était dans les *octants*, il ne peut rester aucun doute à cet égard.

4° *Des octants.* « Mais, dira M. Biot, est-il bien certain qu'il s'agisse des octants dans l'exposé de l'astronome arabe? il applique à son énoncé la même spécialité d'élongation que les traducteurs arabes, et il caractérise ces élongations par les mêmes termes qu'ils ont employés. » Nous allons voir que cette analogie n'est qu'apparente, qu'Aboul-Wéfa ne pouvait adopter d'autres expressions que celles dont il s'est servi; enfin, qu'on a confondu des faits entièrement distincts.

Ptolémée choisit deux observations d'Hipparque, faites dans les octants; il n'a pas de terme spécial pour désigner ces points de l'orbite lunaire; il se contente de dire : περὶ τὰς μηνοειδεῖς καὶ ἀμφικύρτους ἀποστάσεις, lorsque la lune paraît en faucille ou biconvexe, *quando curvatur in cornua, vel gibbosa ac semiplena orbe existit.* On a pensé que ces expressions n'indiquaient pas un point déterminé de l'orbite, mais bien tout l'espace qui sépare les quadratures des syzygies. Nous aurons bientôt l'occasion de revenir sur cette explication; il nous suffit de remarquer en ce moment que, pour les traducteurs arabes de l'Almageste, les termes μηνοειδεῖς et ἀμφίκυρτοι perdaient tout ce qu'ils pouvaient avoir de vague et d'indéterminé, en présence des deux observations rapportées par Ptolémée, et prises l'une et l'autre dans les octants. Lorsqu'ils se servirent des mots *trine* et *sextile*, pour rendre μηνοειδεῖς et ἀμφίκυρτοι, ils ne pouvaient avoir en vue que les octants, et voici ce qui le prouve :

Ptolémée, en signalant les divers points de l'orbite lunaire, distingue d'abord les conjontions et les oppositions ou syzygies, ἀμφοτέρας τὰς συζυγίας — τὰς συνόδους καὶ τὰς πανσελήνους, et les deux *dichotomies*, τὰς διχοτόμους ἀμφοτέρας (ce sont nos quadratures). Il appelle les points intermédiaires τὰς μηνοειδεῖς καὶ ἀμφικύρτους ἀποστάσεις. Si les astronomes arabes avaient regardé ces derniers termes comme des déterminations vagues, ils les auraient traduits par des équivalents dans leur langue, ou même ils les auraient conservés tels quels, au milieu de leur nouveau vocabulaire scientifique ; mais, loin de là, ils jugent à propos de leur donner une spécification propre, ainsi qu'aux dichotomies ; celles-ci deviennent les *tarbia* (quadrans), d'où nous avons fait *quadratures* ; les μηνοειδεῖς et les ἀμφίκυρτοι, تثليث, *tathlith* (triens), et تسديس, *tasdis* (sextans). Ces expressions n'ont plus le caractère vague des termes grecs ; elles doivent donc indiquer certains points fixes et déterminés. Comment les Arabes ont-ils été conduits à cette transformation ? L'Almageste de Ptolémée nous l'explique. Les seules observations qu'il emprunte à Hipparque, et qui se rapportent aux distances intermédiaires entre les syzygies et les quadratures, placent la lune à 45° et à 315° environ d'élongation à l'égard du soleil. Ces points sont précisément *les octants*, c'est-à-dire qu'ils se trouvent à distance égale des syzygies et des quadratures. Les astronomes arabes ont compris qu'ils devaient adopter, pour ces points, une dénomination particulière, qui ne laissât subsister aucun doute, aucune incertitude dans l'esprit, et appliquant le *quadrans* aux dichotomies, ils ont désigné par *triens* et *sextans* les μηνοειδεῖς et les ἀμφίκυρτοι, un peu trop vagues, de Ptolémée.

On a dit, il est vrai, que dans les observations dont nous venons de parler, la lune n'était pas exactement à 45° et 315° du soleil, puisque la différence signalée par Ptolémée était prise entre 46° 40′ et 48° 6′, 314° 28′ et 313° 42′ ; mais à cela l'on peut répondre que, pour déterminer la seconde inégalité lunaire, Ptolémée (liv. V, ch. III) choisit une observation où la distance vraie aperçue entre le soleil et la lune, était de 86° 15′, et non de 90°, et que cependant on n'a jamais songé à soutenir que cette observation n'était pas dans les quadratures. Le point essentiel est de rechercher pourquoi les astronomes arabes ont employé de préférence les mots *triens* et *sextans*, trine et sextile, pour représenter *les octants*.

M. Biot reconnaît, et c'est une première concession très-importante, que تثليث, *tathlith*, et *tasdis*, تسديس, trine et sextile, n'ont point le sens vague d'ἀμφίκυρτος et de μηνοειδής; que, par conséquent, une spécification absolue de lieu a été substituée par les Arabes à une notion indéterminée; mais, pour expliquer l'origine de cette spécification absolue, il laisse de côté les traités purement scientifiques, et prend ses renseignements dans des livres d'astrologie. « C'est, dit-il, « une chose merveilleuse, que la facilité avec la- « quelle les hommes qui ne peuvent pas s'enten- « dre pour les idées raisonnables, s'accordent pour « les absurdités. Tous les astrologues grecs, latins, « persans, arabes, et leurs successeurs européens « du moyen âge, distinguent unanimement cinq « aspects efficaces des planètes entre elles; c'est, « suivant Albatégni, parce que le zodiaque est di- « visé en 12 signes, et que le nombre 12 a seule- « ment quatre diviseurs entiers 2, 3, 4, 6;... le « diviseur 3 partage la circonférence par tiers, et

« donne l'aspect trine correspondant à l'arc de « 120°; c'est le tathlith تثليث des Arabes. Le divi-« seur 4 la coupe en quarts; il donne l'aspect qua-« drat, تربيع, répondant à 90°, que désignent le « mot arabe *tarbia*, et notre mot français *quadra-« ture*; enfin, le diviseur 6 détermine l'arc de 60° « égal à un sixième de la circonférence; il donne « l'aspect sextile, le *tasdis* تسديس arabe, etc. »

Voilà donc, d'après M. Biot, un fait établi: TASDIS = 60°, et TATHLITH = 120°; et ce sont justement ces deux termes que des astronomes habiles, que de savants mathématiciens, emploient pour désigner deux points de la circonférence dans lesquels la lune se trouve à 45° et 315° environ du soleil; cela n'est pas possible, et avant de croire à *la facilité avec laquelle*, selon M. Biot, *les hommes s'accordent pour les absurdités*, il faut rechercher s'il n'y aurait pas quelque explication raisonnable à donner d'une hypothèse que le bon sens réprouve. Il y a évidemment erreur ou confusion dans l'exposé de M. Biot, et lui-même se montre très-embarrassé pour sortir de la voie dans laquelle il s'est engagé. Il suppose que les Arabes ont peut-être pensé indiquer mieux *la nature du phénomène*, en rappelant les élongations *où il atteint son maximum dans la table de Ptolémée* (1); mais

(1) C'est la table de Delambre qu'il faut dire.

il ne peut s'empêcher de reconnaître que cette explication ne repose sur rien de sérieux. « Si l'on « n'en est pas satisfait, ajoute-t-il (1), je dirai que « plus la modification faite par les Arabes à l'énoncé « de Ptolémée paraîtra bizarre, plus elle me prê- « tera de secours; car j'imite ici les géologues qui « recueillent les fossiles contenus dans chaque « couche de l'écorce terrestre, afin de reconnaître « l'identité de la couche, quand les mêmes fossiles « se présenteront. »

L'exemple des géologues est à coup sûr très-bon à suivre, mais je leur conseillerais volontiers de ne pas imiter M. Biot, qui pourrait bien voir des fossiles là où il n'en existe pas; l'érudition n'est nullement une affaire d'imagination, et lorsqu'on rencontre dans un livre un passage qui paraît *absurde*, il faut d'abord se demander si on le comprend bien; sinon, l'on s'expose à voir retomber sur soi-même les reproches d'ignorance et d'aveuglement que l'on n'a pas craint d'adresser à l'auteur, dont on se fait à tort le critique.

Non, assurément, les astronomes arabes n'ont point appliqué à deux positions, très-nettement déterminées, de la lune dans son orbite (à 45° et 315° du soleil), des dénominations qui la trans-

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 730 et 731.

porteraient à 60° et 120° de cet astre, sans remarquer qu'ils se mettaient au même instant en contradiction avec eux-mêmes. Il faut distinguer soigneusement dans les manuscrits ce qui appartient à l'astrologie; les associations diverses des signes du zodiaque, au moyen des trigones, des tétragones, des hexagones, les rapports des *décanies*, si bien expliqués par Manilius, formaient une branche à part, complétement dédaignée par les astronomes proprement dits.

Lorsque le poëte latin s'exprime ainsi (1) :

At Leo consortis meminit sub lege Trigoni
Lanigerumque ducem recipit, Taurumque quadrato
Conjunctum sibi; sub geminis pars tertia fertur,
Hos quoque conjungit per senos linea flexus;

on comprend aisément le véritable sens du trigone, du tétragone et de l'hexagone (v. fig. 19, 20 et 21); mais est-il certain, comme l'affirme M. Biot, que les Arabes rendent constamment ces trois termes par Tathlith, Tarbia, Tasdis; n'emploient-ils pas aussi les mots : مثلث *muthallath*, مربع *murabbaa*, مسدس *musaddas*, dont la racine est la même; et ne peut-on admettre que les savants arabes aient établi entre ces diverses expressions, une différence qui expliquerait suffisamment les

(1) Manilius, liv. IV, v. 328-331.

applications qu'ils en ont faites? C'est là une question de philologie fort délicate; mais elle servira à éclaircir un point curieux de la nomenclature scientifique des Arabes, et sous ce rapport elle offre un intérêt réel.

Nous avons dit, dans la dernière note que nous avons soumise à l'Académie (v. plus haut, p. 107), que les points de l'orbite lunaire que nous désignons sous le nom d'octants, avaient été appelés *trine* et *sextile*, تثليث tathlith et تسديس tasdis, par les savants de Bagdad. M. Biot repousse cette hypothèse comme contraire à l'analogie grammaticale; c'est une erreur, et je ne conçois pas que *les orientalistes auxquels il s'est adressé*, *que lui-même*, aient pu se demander si, dans les dérivés de *trois* et de *six*, il serait possible de découvrir le nombre *huit* (1). Qui supposera jamais que trois ou six renferme l'idée du nombre huit? Mieux eût valu se reporter aux *triens* et *sextans*, qui, multipliés l'un par l'autre, donneraient ce nombre ($4 \times 2 = 8$). M. Biot oublie-t-il donc que le mot *octant* est un *terme de convention*, imaginé par Tycho-Brahé au dix-septième siècle de notre ère, et que par conséquent on n'a aucune raison de croire que les Arabes en aient jamais eu connaissance? Il s'étonne qu'on ne trouve pas dans les

(1) *Journal des Savants,* décembre 1843, p. 736.

manuscrits scientifiques des Orientaux la forme *tathmin* تثمين ou *mothamman* مثمن, *octogone*, pour désigner les octants. Cela se comprendrait à la rigueur, si les astronomes arabes étaient postérieurs à Tycho-Brahé; mais qu'avaient-ils besoin de *tathmin* ou de *mothamman*, puisqu'ils se servaient de *tathlith* et *tasdis* (trine et sextile)? M. Biot a consulté, à ce qu'il dit, plusieurs orientalistes très-expérimentés, pour savoir s'ils avaient rencontré l'expression *tathmin* ainsi employée, et il en a reçu, bien entendu, une réponse négative. S'il avait lu ma note avec attention, il se serait évité une démarche inutile. Mais voyez jusqu'où peut vous entraîner un faux raisonnement : si les Arabes ont appelé tathlith et tasdis (trine et sextile) les *octants* modernes, il est clair qu'ils n'ont point fait usage du mot *tathmin*. Eh bien, de ce que le mot *thatmin* ne s'est jamais offert à aucun orientaliste, M. Biot conclut « que cela vient très-« probablement de ce que le mot qui aurait ex-« primé cet aspect de la lune, n'a *jamais* été né-« cessaire aux astronomes arabes, parce qu'ils ne « l'ont *jamais* considéré spécialement dans leurs « observations. »

C'est un cercle vicieux dont M. Biot ne peut se dégager; on a vu que les traducteurs de l'Almageste grec avaient substitué aux termes indéterminés d'ἀμφίκυρτος et de μηνοειδὴς une spécification absolue de lieu; qu'ils avaient appliqué la dénomination de trine et sextile aux points de l'orbite de la lune, où cette *planète* se trouve à 45° et à 315° du soleil. Au lieu de chercher pourquoi ils ne se sont pas servis des dérivés du mot *theman* ثمان (huitième), examinons par quelle déduction grammaticale ils ont adopté deux termes que l'on identifie avec *trigone* et *hexagone* (=60° et 120°).

On s'est demandé si tathlith et tasdis n'avaient pas le sens indéterminé d'ἀμφίκυρτος et de μηνοειδὴς; s'ils ne désignaient pas les *octants* soit dans leur signification propre, soit conjointement avec le sens d'aspect *trine* et d'aspect *sextile*, qui leur était attribué; soit par rapport aux phases lunaires elles-mêmes, et à la valeur propre des nombres trigones et hexagones qui comprennent le nombre 45; on a pu croire que par trine et sextile, il fallait entendre le tiers (30) et le sixième (15), du quart de cercle (90), le nombre 45 répondant exactement à la distance des octants. Mais M. Biot va nous fournir lui-même une explication bien plus naturelle; il reconnaît que *tarbia* signifie *quadrans*, tathlith, par conséquent, *triens*, et tasdis *sextans;* si au lieu de rapporter les divisions de l'orbite lunaire à la circonférence entière, on ne considère, avec les Arabes, que la demi-circonférence, on arrive, par une proportion arithmétique très-simple, à exprimer exactement les phases de la lune : ☌ représente les syzygies, 2 le premier et le troisième octant, 3 les quadratures, 4 le deuxième et le quatrième octant; voy. fig. 22. En effet, si l'on se reporte au système de mesures des Romains, fondé en particulier sur la division de l'as *en douze onces*, le *sextans* représentait deux onces, le *quadrans* trois onces, et le *triens* quatre onces; c'est la division du nombre 12, telle que M. Biot la voit dans les traités astrologiques, mais avec cette différence que le quotient est substitué au diviseur; ainsi le *sextans* est représenté par le quotient 2 et non par le diviseur 6; le quotient 3 partage le nombre 12 non pas par tiers, mais par quarts (*quadrans*), et le quotient 4 le coupe par tiers (*triens*) et non pas par quarts, distinction que n'a pas aperçue M. Biot.

Nous savons très-bien quelles objections pourrait soulever cette explication ; mais elle a un mérite incontestable, c'est qu'à défaut de toute autre, elle rend compte très-raisonnablement d'un fait réel ; quelle que soit, en effet, la déduction logique des idées qui ait conduit les Arabes à se servir des mots *trine* et *sextile* (*triens* et *sextans*), pour représenter les octants, il n'en est pas moins vrai qu'ils l'ont fait, et cela en connaissance de cause, lorsqu'ils ont traduit le cinquième livre de *l'Almageste* de Ptolémée ; ces expressions, une fois entrées dans le langage scientifique, ont été conservées par les astronomes proprement dits, et le seul tort des compilateurs a été de confondre les *trigones* et les *hexagones* astrologiques avec les *trines* et *sextiles* adoptés dans un sens différent. Faut-il donc supposer, comme le fait M. Biot, que les quatre points de l'orbite lunaire désignés par Tycho-Brahé sous le nom d'*octants*, n'avaient jamais été considérés *mathématiquement* avant le dix-septième siècle? Mais indépendamment des passages que nous avons rapportés, et qui démontrent le contraire, il suffit de jeter les yeux sur les *cadrans* des Arabes, pour reconnaître qu'ils ont dû en tenir compte ; il y a plus, c'est que du temps de Tycho-Brahé, et même après sa mort, *les octants* étaient encore appelés, par de très-savants auteurs, *trine* et *sextile ;* Longomontan lui-même, qui avait été le collaborateur de l'astronome danois, explique en ces termes *la variation* ou troisième inégalité lunaire, et le petit cercle dont le rayon donne la mesure du maximum de l'anomalie $= 40 \frac{1}{2}$: Ut sit circellus BCFE super centro A ; penes quod in syzygiis luminarium centrum B in superiori lunæ hypothesi commorari intelligitur; IN SEXTILIBUS autem ET TRIGONICIS ADSPECTIBUS in B et in C, hac quidem conditione, ut à coitu lunæ cum sole usque AD SEXTILEM PRIMUM, centrum B in superiore lunæ theoria heic lineam AB in signorum consequentia decurrat : deinde se rursum in A recipiat, ad idem scilicet centrum B, quando quadrato adspectu solis luna irradiatur. Hinc autem alteram semidiametrum similiter, B punctum medii motus lunæ percurrens, primum trigonicum luminarium adspectum penes C determinat, deinde rursum ad oppositum solis in A redit et sic consequenter pergit, etc. (Longomontan : *Astronomia danica*, 1622, t. II, p. 114 et 115) (1).

Remarquez bien que Longomontan écrivait ces lignes vingt et un ans après la mort de Tycho-Brahé, qu'il avait été le collaborateur de l'astronome danois, et que depuis 1610 la découverte de la variation était publiée, et l'expression d'*octants* (*octantes*) en quelque sorte consacrée; par conséquent, Longomontan regardait *trine* et *sextile* comme synonymes d'*octants*, et ce fait seul justifierait, s'il en était besoin, tout ce que nous avons dit précédemment, et en particulier l'in-

(1) Voy. aussi Christmann, *Theoria lunæ*, 1611 ; Lagalla, *de Phœnomenis in orbe lunæ*, 1612. *Excerpta ex epistolis Horroceii*, 1672 et 1673.

terprétation que nous avons donnée des mots *trine* et *sextile*, تثليث et تسديس, dans l'index placé à la suite de *notre Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes* (1). Sans aucun doute, les mathématiciens arabes admettaient une nuance entre les *trine* et *sextile* appliqués à l'orbite lunaire, et les trigones ou hexagones astrologiques; des compilateurs ou des traducteurs ignorants se sont indifféremment servis de ces divers termes, en les confondant dans le même sens; les versions hébraïques ou syriaques des traités arabes, les commentaires qui les accompagnent ont propagé de plus en plus cette erreur que les écrivains latins du moyen âge auront aisément partagée, et Tycho-Brahé se sera trouvé tout naturellement conduit, pour lever toute incertitude, à l'adoption d'un mot technique et tout à fait distinct des expressions généralement usitées; mais cette innovation, approuvée aujourd'hui par les astronomes, ne parut point à certains savants, dans l'origine, devoir être préférée à l'ancienne nomenclature, ainsi que le prouve le passage de Longomontan que nous avons rapporté.

Il faut dire, en outre, que ce passage offre un

(1) *Mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie des inscriptions*, t. I, p. 225 et suiv.

nouveau point de rapprochement entre l'exposé des savants du dix-septième siècle et celui d'Aboul-Wéfa; non-seulement c'est presque la même construction géométrique, mais encore ce sont les mêmes termes employés pour caractériser les élongations, et l'on pourrait plus que jamais se demander, avec M. Biot, si Tycho-Brahé et ses collaborateurs n'auraient point eu connaissance de la découverte des Arabes. Cette opinion, que le savant académicien a émise en 1841, puis abandonnée en 1843, ne nous paraît pas dénuée de toute probabilité. Si l'on réfléchit, en effet, aux circonstances qui ont accompagné l'introduction en Europe de l'Almageste, traduit d'abord sur des versions arabes et hébraïques, on peut aisément supposer que l'un des textes dont on s'est appuyé, au lieu de reproduire littéralement l'ouvrage grec, ait fait mention d'une partie des commentaires que les astronomes de l'école de Bagdad y avaient réunis, et dont on aurait bien à tort reporté l'honneur à Ptolémée lui-même; ce qui nous expliquerait assez bien quelques-unes des assertions d'Abulpharadj, qui ne saurait d'ailleurs faire autorité en pareille matière. Nous savons, en effet, que Copernic se servait d'une traduction de l'Almageste faite sur l'arabe, que les laborieux rabbins du moyen âge avaient multiplié les versions en langue hébraïque de quelques-uns des écrits scientifiques des Orientaux, mais avec plus de zèle que de discernement, et que des érudits très-recommandables, tels que Christmann, n'avaient apprécié les travaux des Arabes qu'à l'aide de ces matériaux tout à fait insuffisants. Si l'on considère, d'un autre côté, que l'affinité des deux idiomes est assez grande pour qu'une personne versée dans l'étude de l'hébreu puisse, par la substitution des lettres des deux alphabets, saisir à peu près le sens général de certaines phrases arabes, on ne sera pas surpris que Tycho-Brahé et les compagnons de ses travaux aient reçu de quelque hébraïsant communication d'extraits de compilations faites d'après l'Almageste d'Aboul-Wéfa, qui auraient mis les observateurs d'Uranibourg sur la voie de la découverte de la *variation*. Il est assurément très-difficile de croire que Tycho-Brahé n'ait eu connaissance ni du chapitre V du livre V de l'Almageste grec, ni des nouvelles hypothèses des savants de Bagdad, avec lesquels il se rencontre sur le terrain géométrique. Ajoutons que l'Almageste d'Aboul-Wéfa était fort estimé des Orientaux, et qu'au quinzième siècle de notre ère, il était encore l'objet de nouveaux commentaires de la part des astronomes de Samarcande, que le célèbre Oloug-

Beg avait rassemblés autour de lui. Il peut très-bien se faire que ces traités ne soient pas restés constamment ignorés des rabbins qui s'occupaient de mathématiques et d'astronomie, et qui les auront compulsés sans les comprendre.

5° Mais, quel que soit le degré de vraisemblance de ces diverses propositions, nous n'avons pas maintenant à nous en occuper : on reconnaît généralement Tycho-Brahé comme l'inventeur de la *variation ;* nous pensons que les Arabes doivent partager avec lui l'honneur de cette découverte, et nous avons déclaré que nous persisterions dans cette conviction jusqu'à ce que l'on nous eût fourni des *preuves* contraires, puisées, soit dans la nature même de la question, soit dans l'interprétation des manuscrits originaux. Or, M. Biot ne produit aucun texte, ni aucun argument qui n'ait été soulevé précédemment, ou qu'il soit possible d'admettre sans contestation. Bien plus, on va voir à quelles suppositions singulières il se trouve entraîné pour justifier une opinion trop légèrement hasardée.

Aboul-Wéfa, réduit au rôle modeste d'abréviateur, n'aurait fait que traduire ou résumer le chapitre V du livre V de l'Almageste de Ptolémée. Nous devons donc nous attendre à rencontrer dans les deux auteurs les mêmes idées, les mêmes résultats. Or, Ptolémée nous parle d'une inégalité variable qui s'élève, d'après les observations d'Hipparque, à 46′ dans un des octants, à 1° 26′ dans un autre; on ne comprendra jamais qu'en analysant ce passage, on puisse dire que le maximum de l'inégalité est constant dans les quatre octants et de 45′; c'est pourtant ce que fait Aboul-Wéfa. M. Biot croit expliquer suffisamment cette circonstance en imaginant que l'auteur arabe n'*avait qu'une compréhension incomplète du sujet*; mais, plus l'ignorance qu'il lui reproche sera grande, plus il suivra fidèlement le texte qu'il a sous les yeux; et, dès l'instant qu'il aura un *maximum* à déterminer entre 46′ et 1° 26′, son choix ne sera pas douteux. Pour qu'Aboul-Wéfa ait adopté le nombre 45′, il faut qu'il ait eu quelque motif grave, et ce motif découle naturellement des nouvelles observations qu'il a entreprises ou combinées, et qui l'ont conduit à la connaissance d'une troisième inégalité lunaire indépendante des deux premières. Or, il se trouve justement que le nombre auquel il s'arrête se rapproche d'une manière singulière du coefficient de la *variation*. Voilà encore un de ces *hasards intelligents* qu'on ne saurait trop admirer; la seule chose qui nous étonne, c'est que l'absurdité des Arabes ne soit pas devenue proverbiale. M. Biot, du reste, ne les épargne guère, lorsque, entraîné par la mauvaise opinion qu'il s'est faite d'Aboul-Wéfa, il ne craint pas de rappeler ce jugement: *De los moros no se puede esperar verdad alguna, porque todos son embelecadores, falsarios y chimeristas,* sans songer que les monuments de toute espèce et que ses propres articles démentent ces paroles, qui, dans l'intention de leur auteur, ne s'appliquaient nullement aux savants arabes de l'école de Bagdad, ni même à leurs successeurs.

6º Fidèle au plan qu'il s'est tracé, M. Biot suppose qu'Aboul-Wéfa, *après bien des détours*, représente sa troisième inégalité par un énoncé identique à celui de Ptolémée, et que, puisqu'il s'agit dans cette circonstance astronomique de l'apogée de la lune, ce ne peut être *la variation.*

Aboul-Wéfa ne prend aucun détour pour exprimer sa pensée; il l'expose au contraire sous une forme aussi claire que positive, et si M. Biot qui s'est fait traduire l'ouvrage arabe, avait porté une égale attention sur toutes ses parties, il aurait reconnu avec quel soin notre auteur distinguait ce qui concerne le mouvement de l'apogée des planètes, de leurs anomalies en longitude; il aurait sans doute aussi reconnu qu'Aboul-Wéfa ne se résumait pas par une construction absolument semblable à celle de Ptolémée, mais qu'il faisait seulement allusion à un autre chapitre de son traité, où il rappelait l'hypothèse de l'astronome grec relativement à l'apogée, appliquant à sa troisième inégalité, comme le fit plus tard Tycho-Brahé, l'idée d'une oscillation du rayon vecteur de l'épicycle; s'il s'était contenté de reproduire, comme l'affirme M. Biot, l'exposé de Ptolémée, nous en aurions été frappé, aussi bien que tous les géomètres qui ont étudié avec nous la question, et nous n'aurions pas appelé l'examen sur un fait sans intérêt. Nous savions très-bien que les dernières lignes du passage d'Aboul-Wéfa, dont nous donnions une traduction exacte, rappelaient très-clairement la construction de Ptolémée; mais M. Biot a eu le tort de ne tenir compte que de ces dernières lignes, et d'omettre entièrement tout ce qui dans la première partie des observations de l'auteur arabe, pouvait contredire son opinion. Pour nous, qui avons agi avec une entière bonne foi dans l'examen de ce point curieux de l'histoire de la science astronomique, nous avons mis sous les yeux du public tous les éléments de la question, et, dans l'analyse que nous en avons faite, nous avons apporté un soin extrême à ne rien négliger dans l'appréciation et la comparaison de tous les passages qui pouvaient conduire à la manifestation de la vérité. Or, il y a une considération qui frappera tout le monde, c'est qu'Aboul-Wéfa renvoie son lecteur, dans la dernière partie de son exposé, à un autre chapitre de son ouvrage, qui malheureusement ne nous est pas parvenu, et qu'il faut avant tout examiner si les explications qu'il donne, en parlant de la troisième inégalité, coïncident avec celles de Ptolémée; c'est là que réside le nœud du problème; et si nous n'avions reconnu nous-mêmes des différences profondes entre les deux auteurs, nous n'aurions jamais eu la pensée d'attribuer aux Arabes une découverte qu'ils auraient empruntée à l'Almageste. Ces différences profondes, nous les avons déjà signalées, mais elles ont passé inaperçues sous les yeux de M. Biot; nous allons les rappeler en peu de mots, et tant qu'on ne les aura pas expliquées d'une manière satisfaisante, nos objections subsisteront dans toute leur force.

aa. L'inégalité de Ptolémée est intimement liée à l'*évection;* celle d'Aboul-Wéfa, selon les propres expressions de l'auteur, en est indépendante.

bb. L'inégalité de Ptolémée résultant du mouvement oscillatoire de l'apogée lunaire, n'est appréciable que dans une période de plusieurs mois; celle d'Aboul-Wéfa se renouvelle quatre fois dans chaque lunaison.

cc. L'inégalité de Ptolémée présente des éléments variables et s'élève dans un temps donné à 1° 26′; celle d'Aboul-Wéfa ne dépasse pas un maximum constant de 45′ (la moitié et le quart d'un degré environ).

dd. L'inégalité de Ptolémée croît en raison de la position de l'apogée lunaire; celle d'Aboul-Wéfa, nulle dans les syzygies et les quadratures, a toujours son maximum dans les octants, et par conséquent diminue progressivement dans les points intermédiaires de l'orbite lunaire.

ee. L'inégalité de Ptolémée est un des éléments nécessaires de l'évection; celle d'Aboul-Wéfa subsiste dans les temps où l'évection est nulle.

ff. Le coefficient le plus élevé de l'inégalité de Ptolémée s'éloigne de celui de *la variation* des modernes; le coefficient de l'inégalité d'Aboul-Wéfa s'en rapproche d'une manière très-sensible.

gg. Ptolémée se borne à déduire sa théorie de deux observations d'Hipparque, sans en soumettre les résultats à l'épreuve de nouvelles expériences; Aboul-Wéfa fait lui-même des observations, il les compare à celles de ses devanciers, et il en conclut qu'il existe une troisième inégalité tout à fait distincte des deux premières.

Nous ajouterons seulement que, voyant dans

Ptolémée les circonstances qui accompagnent le mouvement de l'apogée, représentées par une déviation du diamètre de l'épicycle, il se trouve conduit naturellement, comme Tycho-Brahé 600 ans plus tard, à supposer une oscillation du rayon vecteur, pour construire géométriquement sa troisième inégalité.

f. Du jugement porté par M. Biot sur les Arabes et sur Aboul-Wéfa. M. Biot n'aborde pas toutes les questions que nous venons d'indiquer; il supprime Tycho-Brahé, et tranche les difficultés en traitant les Arabes d'imposteurs et d'ignorants: « *Todos son embelecadores, falsarios y chimeristas.* » S'ils paraissent avoir reconnu ou soupçonné l'existence de la *variation*, ce ne sera plus que l'effet du hasard; comme si le hasard pouvait être invoqué dans de semblables appréciations. Qu'importe la manière dont les astronomes de Bagdad sont arrivés à faire telle découverte importante: est-elle ou n'est-elle pas virtuellement comprise dans leurs écrits, voilà le point sur lequel doit porter l'argumentation; quel que soit d'ailleurs le mérite de l'auteur, il s'agit ici d'un fait dont les circonstances doivent être avant tout pesées, et la discussion ne peut être, sans péril, transportée sur un autre terrain. M. Biot croit avoir résolu la question, lorsqu'il a qualifié d'absurdes les auteurs arabes, sans s'apercevoir qu'il en avait exprimé une meilleure idée, au commencement même de son article; les paroles dont il se sert en terminant, dépassent le but et ne prouvent absolument rien. C'est chose curieuse que de le voir aux prises avec Aboul-Wéfa.

« Aboul-Wéfa, dit-il (1), dans sa préface, nomme « Ptolémée, Hipparque et Apollonius qui, avec « beaucoup d'autres anciens, ont abordé le même « sujet; mais il annonce qu'il a suivi une voie « nouvelle qu'aucun d'eux n'avait mentionnée et « qui conduit aisément à ces hautes connaissances. « *Il est difficile de se tenir au-dessous d'une si* « *grande promesse*. La partie astronomique du li- « vre d'Aboul-Wéfa n'est que le traité de Ptolé- « mée, *amoindri*, *tronqué*, *lacéré* en une multi- « tude de divisions et de sous-divisions, donnant « naissance à des paragraphes de quelques lignes, « où les phénomènes et les méthodes de calcul « sont généralement énoncés comme autant d'a- « phorismes, *sans principes qui les établissent*, « *sans démonstrations qui les prouvent*, *sans ob-* « *servations qui les justifient*. Après un long détail « sur les problèmes les plus ordinaires de l'astrono- « mie sphérique, l'auteur expose la représentation

(1) *Journal des Savants*, décembre 1843, p. 732.

« des mouvements des astres par les excentriques, « les épicycles et les combinaisons de ces cercles, « *sans légitimer nullement leur emploi par la com-* « *paraison des observations et du calcul, même sans* « *rapporter les éléments astronomiques et numéri-* « *ques d'après lesquels on parvient à établir leurs* « *relations de grandeur;* et encore, dans tout ce « long *plagiat des méthodes grecques*, il parle tou- « jours en son nom propre, *nous avons reconnu*, « *nous avons trouvé*, absolument comme si toutes « ces conceptions *étaient siennes*, ou comme s'il « les présentait à des auditeurs en nom collectif. « *Le traité des hypotyposes de Proclus est in-* « *comparablement au-dessus de celui-là*, tant pour « l'ordre des idées que pour la netteté de l'expo- « sition.

« Toute la théorie des moyens mouvements et « des inégalités de la lune occupe *six pages de* « *discours sans une seule figure; je le donne aux* « *plus habiles de notre temps d'*ÊTRE SI BREF. Ar- « rivé à la première inégalité, l'auteur arabe la « fait de 5°, et il la construit par un épicycle ou « un excentrique, comme Ptolémée et Hipparque, « *mais de ceux-ci pas un mot;* il parle en son nom. « Passant à la seconde inégalité, cette augmenta- « tion de la première qui s'observe dans les qua- « dratures, nous la trouvons, dit-il, de 7° 40'; c'est

« aussi le nombre de Ptolémée, et, ajoute-t-il, *il*
« *est évident que dans ce cas, le centre de l'épicy-*
« *cle se rapproche de la terre*; c'est ce que Ptolé-
« mée suppose encore. Enfin il fait tourner l'ex-
« centrique autour de la terre avec un mouvement
« angulaire double du synodique, pour opérer ce
« rapprochement deux fois par mois. C'est aussi
« l'artifice employé par l'astronome grec; mais
« Aboul-Wéfa ne le cite pas et dit toujours *nous*
« en nom collectif; d'où l'on voit bien que lors-
« qu'il s'exprime ainsi, on ne doit pas en inférer
« que c'est lui *qui a découvert les choses dont il*
« *parle.* »

Si M. Biot avait voulu se donner la peine d'examiner plus à loisir l'ouvrage d'Aboul-Wéfa, il se serait épargné bien des jugements qu'on peut appeler *téméraires*, puisqu'ils ne sont nullement justifiés par les faits. Aboul-Wéfa était un homme d'un très-grand mérite, profondément versé dans les sciences mathématiques dont il avait fait l'étude de toute sa vie, et il est facile de reconnaître dans ses écrits les traits distinctifs d'un esprit observateur, et je dirai plus, d'une lucidité remarquable; renommé chez les Orientaux comme professeur et comme savant, il réunissait autour de lui les hommes les plus éclairés de son temps, et le célèbre Ebn-Jounis, que M. Biot traite on ne peut plus favorablement (1), était venu puiser à ses leçons cette activité et cette heureuse direction qui devaient lui faire chercher dans les voies de *l'expérience* le perfectionnement des sciences exactes. Commentateur d'*Euclide* et de *Diophante*, traducteur d'*Aristarque*, Aboul-Wéfa composa plusieurs ouvrages très-estimés, qui ne nous sont point parvenus, sur les mathématiques, et particulièrement sur l'algèbre; mais la bibliothèque de Leyde possède la première partie d'un traité qu'il rédigea sur l'arithmétique (2), et les fragments de son *Almageste*, transmis par le voyageur Vansleb à la Bibliothèque royale, suffisent pour donner une très-haute idée des connaissances et des travaux de l'auteur. Delambre (3) le qualifie d'observateur soigneux et de calculateur intelligent ; M. Chasles, de mathématicien distingué. M. Biot lui-même disait encore en 1841 (4), qu'il paraît avoir été un calculateur très-habile et très-versé dans les théories astronomiques. Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que cet *Almageste* qui porte son nom, était considéré chez les Orientaux comme un livre d'une valeur telle, qu'il était encore expliqué et accompagné de commentaires

(1) Voyez plus haut, p. 141.

(2) Id. p. 101, et note de la page 142.

(3) *Astronomie du moyen âge*, p. 166.

(4) *Journal des Savants*, p. 677.

par les astronomes d'Oloug-Beg dans la première partie du quinzième siècle, et les témoignages des auteurs arabes sont unanimes pour représenter Aboul-Wéfa comme l'une des lumières de son siècle. Albirouni lui-même, dans le manuscrit de la bibliothèque de l'Arsenal, dont M. Quatremère prépare une notice, rend justice aux qualités éminentes de notre auteur, doué d'un esprit droit et exempt de préjugés. L'importance qu'Aboul-Wéfa attachait aux observations astronomiques, prouve d'ailleurs qu'il était entré dans une voie vraiment scientifique, et qu'à ses yeux c'était la seule base de tout progrès ultérieur; il avait entrepris de corriger, par de nouvelles observations, les tables grecques et celles qui avaient été dressées depuis Almamoun jusqu'au temps où il vivait. Son *Almageste* était une introduction à ses nouvelles tables, et c'est ce qui explique parfaitement l'ordre qu'il a cru devoir adopter pour son exposition, et les résultats auxquels il est arrivé. S'il énonce ces résultats *comme autant d'aphorismes*, c'est qu'il se borne à constater les faits acquis à la science; s'il parle toujours en son nom propre, et se sert des expressions *nous avons reconnu*, *nous avons trouvé*, il indique seulement par là qu'il a vérifié les travaux de ses devanciers, et qu'il s'est assuré par lui-même de leur degré d'exactitude. Lorsque les déterminations qu'il expose sont conformes à celles de Ptolémée, on peut en conclure que ses observations ne lui ont fourni aucun élément nouveau, et que, par conséquent, il n'a rien eu à rectifier; mais quand il s'écarte des données de l'astronome grec, pour se rapprocher de la vérité, quand il s'appuie sur un examen plus attentif des phénomènes pour proposer d'utiles corrections, on ne peut dire qu'il n'a fait qu'amoindrir, tronquer et lacérer le traité de Ptolémée. Si M. Biot s'était dégagé de toute prévention, au lieu de voir dans Aboul-Wéfa un plagiaire ignorant, il lui aurait tenu compte des importantes modifications qu'il apporte aux méthodes grecques, et des perfectionnements qu'il a réellement introduits dans les tables astronomiques de ses prédécesseurs, en ce qui concerne notamment le mouvement de l'apogée des planètes ; il lui aurait su quelque gré de l'emploi des tangentes et des sécantes dans les calculs trigonométriques, innovation dont on faisait honneur à Régiomontan. Il n'aurait pas enfin comparé aux hypotyposes de Proclus un livre qui porte en lui un cachet d'originalité incontestable.

M. Biot n'est pas plus heureux dans ses autres appréciations : « Toute la théorie des moyens « mouvements et des inégalités de la lune occupe

« six pages de discours sans une seule figure ; je « le donne au plus habile de notre temps d'être « aussi bref. » Il ne faudrait pas aller loin pour répondre à ce défi ; Bailly, Montucla, Lalande ont résolu ce hardi problème, et nous ne sachions pas que quarante pages d'une phraséologie verbeuse et diffuse, fussent de nature à faire avancer d'un seul pas des questions scientifiques. Ce serait assurément un très-grand mérite dans Aboul-Wéfa, que cette concision et cette netteté d'expression qui sont l'attribut du génie ou du vrai savoir ; mais, au reste, les chapitres où il développe la théorie de la lune manquent dans le manuscrit que nous possédons, et les passages que nous avons cités dépendent d'une sorte d'appendice, où il résume ses propres idées et celles qu'il a précédemment exposées et démontrées.

Il est aussi fort injuste d'accuser Aboul-Wéfa de ne pas citer à tout propos Hipparque et Ptolémée ; puisqu'il commence par annoncer qu'il s'appuie, dans son ouvrage, sur les travaux de ces deux astronomes, il n'a pas besoin de répéter sans cesse la même chose. A cette occasion, qu'il nous soit permis un simple rapprochement : M. Biot regrette qu'aujourd'hui l'Almageste de Ptolémée soit si peu connu, si mal étudié ; on en conçoit aisément la raison : la science moderne suit d'autres voies. Mais peut-on supposer que les Arabes, qui pendant plusieurs siècles ont fait des tables grecques la base de leurs recherches et de leurs observations, ne les aient jamais comprises, et qu'actuellement il suffise à un savant français de jeter un coup d'œil superficiel sur le livre de Ptolémée, pour en apprécier les détails avec plus de justesse, que ne l'ont fait pendant plusieurs siècles des astronomes dont il était presque le seul guide? Pouvons-nous affirmer, lorsque nous ne comprenons pas un passage grec ou arabe, que l'auteur de ce passage ne s'est pas sans doute compris lui-même ? C'est cependant à une telle conclusion que se trouve entraîné forcément M. Biot ; et il semblerait plus rationnel de reconnaître qu'avant de juger les astronomes arabes et de leur délivrer un brevet d'incapacité, sans avoir compulsé leurs livres, il vaudrait mieux chercher à les réunir, à les traduire, et ne point formuler son opinion sur des données incomplètes et incertaines. Quand on considère le peu de documents que nous possédons encore sur les écrits scientifiques des Arabes, on reconnaît qu'il existe dans l'histoire de l'astronomie une lacune très-regrettable, et cette lacune ne sera jamais comblée, si, au lieu de multiplier les recherches et d'étudier avec soin les manuscrits, on accepte des jugements arrêtés d'avance, qui leur dénient toute valeur, et qui n'auront d'autre résultat que de décourager les véritables travailleurs.

On a fréquemment objecté que la découverte de la variation était par elle-même assez importante pour que les auteurs venus après Aboul-Wéfa en eussent fait mention dans leurs traités, et qu'on ne l'y rencontrait point ; mais l'on ne songe pas qu'il faudrait, avant tout, les connaître, pour justifier une semblable affirmation. Nous avons déjà montré que le petit nombre d'ouvrages que nous avons traduits des astronomes arabes sont antérieurs à Aboul-Wéfa, ou ne reproduisent que des tables dressées à une époque où la variation n'était pas déterminée. Il faut avouer, d'ailleurs, que les communications littéraires et scientifiques de ce temps-là présentaient bien d'autres difficultés qu'aujourd'hui. L'imprimerie, nous l'avons dit, ne multipliait pas à l'infini les productions de l'esprit, et ne les transportait pas d'une contrée à l'autre avec la même rapidité qu'elles se répandent maintenant dans toutes les parties du monde ; et quand on pense que des inventions utiles, remarquables même, sont exhumées chaque jour de livres imprimés où elles restaient enfouies et ignorées, on ne saurait s'étonner de ce qu'un savant aurait consigné, au dixième siècle de notre ère, une découverte intéressante dans un de ses manuscrits, sans chercher à lui donner un retentissement inaccoutumé. Tycho-Brahé n'a point fait autrement, quoiqu'il eût à sa disposition les presses de la ville de Prague, et ce ne fut qu'après sa mort qu'on trouva dans ses papiers le plus beau résultat de ses travaux.

Au reste, la seule réponse à faire, dans l'état actuel de la question, à ceux qui s'étonnent du silence des écrivains arabes postérieurs au dixième siècle, sur la détermination de la troisième inégalité lunaire, est celle-ci : *Qu'en savez-vous?* M. Biot, par exemple, croit que si Aboul-Wéfa « a fait faire un si grand pas à la science astronomique, sa découverte aura été vraisemblablement connue des savants orientaux qui suivirent après lui la même carrière ; que du moins elle aurait été difficilement ignorée d'Oloug-Beg, puisque le manuscrit même où on la suppose consignée a fait partie de la bibliothèque de Schah-Rokh, le père de ce prince astronome ; qu'Oloug-Beg n'aurait donc pas manqué d'introduire des rectifications si importantes dans les tables lunaires qu'il a construites ; qu'on en possède le manuscrit écrit *en persan* (et même en arabe), de sorte qu'on peut voir aisément s'il les a con-

« nues, et s'il en a fait usage. » Pourquoi donc M. Biot n'a-t-il pas profité de cette extrême facilité pour s'en assurer *ipso facto?* Les orientalistes auxquels il a eu recours auraient sans doute pu l'édifier à ce sujet; ils auraient même pu lui faire connaître un très-curieux commentaire des Tables d'Oloug-Beg, compris sous le n° 171 des manuscrits persans de la Bibliothèque royale (ancien fonds), qui explique et développe les points obscurs ou incomplets de l'ouvrage si célèbre du petit-fils de Tamerlan. Il est vrai que nous avions annoncé un grand travail sur ces divers manuscrits, qui aurait pu éviter à d'autres de laborieuses recherches; mais nous avons dû l'interrompre pour répondre aux critiques de M. Biot, et si nous n'avons pas relevé certaines assertions contraires à la vérité qui auraient fait d'une question scientifique une question toute personnelle, c'est que nous avons cru devoir mépriser des insinuations démenties par les faits eux-mêmes, et qui ne peuvent trouver d'écho que chez les personnes dont l'arme habituelle est la calomnie. Lors donc que M. Biot aura analysé et publié tout ce qui, dans Oloug-Beg et ses commentateurs, pourra donner une base solide à son opinion sur leur ignorance prétendue, nous l'admettrons très-volontiers, mais jusque-là il nous sera permis de la considérer comme non avenue (1).

g. Nos conclusions sont faciles à déduire.

1° Les travaux scientifiques des Arabes ne peuvent être appréciés à leur juste valeur; leurs manuscrits n'ont pas été explorés; et la limite de leurs connaissances ne sera jamais exactement tracée, si des investigations sérieuses et approfondies ne déroulent à nos yeux l'ensemble de leurs écrits.

2° C'est seulement depuis le commencement de ce siècle qu'on est revenu de certaines idées acceptées presque généralement sur le mérite réel des savants de l'école de Bagdad. Toutefois, ils ont encore des détracteurs, et il importait d'appeler de nouveau l'attention des orientalistes sur des questions qui ne sauraient être complétement résolues dans l'état actuel de nos lumières; c'est là le but que nous nous sommes proposé d'atteindre, et nous avons été assez heureux pour pouvoir démontrer que, soit en astronomie, soit en mathématiques, soit en géographie, les Arabes avaient été beaucoup plus loin qu'on ne le supposait jusqu'à nous.

3° Parmi les faits que nous avons fait connaître, l'un des plus importants était, sans contredit,

(1) Voyez plus haut, p. 89.

la découverte de la *variation* ou troisième inégalité lunaire, que nous avait paru renfermer un chapitre de l'Almageste d'Aboul-Wéfa. En traduisant et en publiant ce chapitre, nous avons utilement servi la science; et les discussions que notre travail a soulevées depuis huit ans suffiraient seules pour l'attester.

4° Notre opinion s'était établie sur l'examen comparé des hypothèses de Ptolémée, d'Aboul-Wéfa et de Tycho-Brahé, et nous avions été nous-même au-devant des objections que pouvait faire naître l'exposé de l'astronome de Bagdad, en exprimant le regret que le manuscrit de son Almageste ne fût pas complet, et en provoquant de la part du Bureau des Longitudes des démarches restées jusqu'à ce jour infructueuses.

5° Le sentiment longtemps unanime de nos plus illustres astronomes et géomètres sur la réalité de la découverte d'Aboul-Wéfa montrait, toutefois, que les éléments contenus dans le traité de ce savant offraient des rapports identiques avec la *variation*, et que nous ne nous étions pas laissé abuser par de vaines apparences; non-seulement MM. Arago, Poisson, Mathieu, Savary, de Humboldt, etc., n'élevaient aucun doute à cet égard, mais M. Biot lui-même, et bien d'autres savants, partageaient leur sentiment, au point de chercher, dans une interpolation possible l'explication d'un fait, qui devait venger les Arabes de l'espèce de discrédit auquel ils étaient injustement condamnés.

6° S'il était démontré que, dans la question qui nous occupe, Aboul-Wéfa a paraphrasé, tronqué, mutilé Ptolémée, cela n'ôterait rien à la valeur des autres écrits scientifiques de l'école arabe, et l'examen de leurs manuscrits n'en serait pas moins d'un extrême intérêt; mais, loin que les nouvelles considérations proposées soient de nature à modifier le premier jugement porté sur le passage d'Aboul-Wéfa, tout concourt, au contraire, à le confirmer.

7° En effet, Ptolémée prend deux observations d'Hipparque dans les octants; il ne songe pas à en vérifier lui-même l'exactitude par de nouvelles épreuves, et à suivre avec soin la position de la lune sur les divers points de son orbite. Il en résulte qu'il n'aperçoit pas l'erreur qui aura *compensé ou dissimulé* l'effet de la *variation* comprise dans les observations d'Hipparque, et qu'il ne peut dégager cette inégalité de celles qu'il a précédemment déterminées. La voie lui avait été ouverte par son illustre devancier; mais il s'arrête, au lieu d'avancer, et ne fait rien pour les octants. Les Arabes, au contraire, réunissent des séries d'observations longtemps combinées; M. Biot le reconnaît lui-même : ils signalent les erreurs qui affectent les déterminations grecques; M. Biot le reconnaît encore. Ils n'ont plus qu'un pas à franchir pour arriver à la découverte de la *variation* : constater que cette inégalité se manifeste quatre fois par mois, qu'elle est nulle dans les syzygies et dans les quadratures, et qu'elle a un maximum constant dans les octants ; c'est ce qui ressort clairement du passage d'Aboul-Wéfa.

8° La construction géométrique de l'astronome arabe, et celle que donne Tycho-Brahé, d'après Copernic, découlent de la même pensée; les caractères généraux sont les mêmes; la nouvelle inégalité est indépendante du mouvement de la lune sur son épicycle; sa période circonscrite, son maximum invariable. Ces éléments ne se trouvent point dans le mouvement oscillatoire de l'apogée, tel que le présente Ptolémée.

9° Quand bien même on soutiendrait que l'exposé d'Aboul-Wéfa n'est pas assez explicite dans toutes ses parties, il est certain qu'un astronome observateur qui chercherait à se rendre un compte exact de ce qu'il a voulu dire, par de nouvelles observations et par le calcul, serait infailliblement conduit à la découverte de la *variation*, tandis que l'examen du chapitre V du livre V de l'Almageste grec l'amènerait seulement à constater le mouvement d'oscillation *de l'apogée,* ainsi que l'a déterminé Horroccius.

10° Les arguments tirés de la valeur réelle des termes employés par Aboul-Wéfa ne peuvent soutenir la discussion.—Le nom d'*inégalité du muhazat* n'est pas affecté spécialement par les traducteurs arabes de l'Almageste de Ptolémée, à la circonstance astronomique décrite dans le chapitre sus-mentionné. — Les expressions *trine* et *sextile* ont été adoptées pour désigner les octants, et, ce qui le prouve, c'est que Longomontan, collaborateur de Tycho-Brahé, s'en est servi vingt ans après la mort de ce dernier, pour rendre compte de la variation. — De ce que Aboul-Wéfa dit sans cesse *nous avons trouvé, nous avons reconnu*, on ne peut conclure qu'il n'a *rien trouvé*, qu'il n'a *rien reconnu.* — En le présentant comme un ignorant compilateur, on se met gratuitement en contradiction avec les faits les mieux avérés et avec les enseignements authentiques de l'histoire, et, en laissant entrevoir qu'il n'a jamais observé, on se trouve en opposition avec des textes qui lèvent tous les doutes à cet égard, et auxquels on ne substitue que des allégations vagues, sans autorité devant les témoignages unanimes des savants et des biographes qui ont fleuri après Aboul-Wéfa.

11° S'il était possible d'admettre qu'entre deux nombres de valeur différente, un ignorant compilateur eût fait du plus petit le *maximum* réel, par une erreur tout à fait inexplicable, il faudrait encore se féliciter de ce *hasard intelligent*, qui enrichissait la science d'un résultat précieux, en remplaçant un coefficient variable par une évaluation uniforme et constante dans les quatre octants, l'un des caractères distinctifs de la *variation;* mais les considérations dans lesquelles nous sommes entré, ne permettent pas de borner à ce seul fait la reconnaissance que nous devons à l'astronome de Bagdad, et si la découverte de la *variation* n'est pas confirmée par nos recherches ultérieures, la question demeure au moins indécise.

12° M. Biot est bien libre d'exprimer partout où cela lui conviendra sa *nouvelle* manière de voir; mais nous pouvons affirmer, quant à présent, que ses *démonstrations irrécusables* n'ont rien démontré, et nous ne sommes pas seul à croire que, s'il est parvenu à jeter quelque doute dans les bons esprits, il a laissé la question tout entière au point où il l'avait prise, sans lui avoir fait faire un pas.

Nous avions l'intention de faire suivre ce travail d'un aperçu général des écrits de l'école de Bagdad sur l'astronomie, mais il formerait la matière d'un volume, et nous le publierons séparément.

Cet aperçu sera divisé en trois périodes distinctes :

La première commencera avec les khalifes Abbassides et se terminera à la fin du dixième siècle (763—998).

La seconde complétera le tableau du développement et des progrès des sciences mathématiques dans tous les États musulmans, et particulièrement en Afrique et en Espagne, depuis Aboul-Wéfa, jusqu'à la prise de Bagdad par les Mongols (998—1258).

Et la troisième, qui s'arrêtera vers le milieu du quinzième siècle, avec Oloug-Beg, comprendra les derniers efforts tentés par les conquérants mongols, et cent ans plus tard par les Turks orientaux, pour recueillir et perfectionner les connaissances qu'ils auront puisées dans les productions de l'école arabe.

APPENDICE

DE LA DEUXIÈME PARTIE.

NOTE I.

Sur le sceau de Schah-Rokh, fils de Tamerlan, et sur quelques monnaies des Timourides de la Transoxiane (1).

Dans le Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, que nous avons eu l'honneur de lire devant l'Académie royale des inscriptions et belles-lettres, et qui a été imprimé dans l'un des recueils publiés sous les auspices de cette illustre compagnie, nous avons rappelé un fait que nous avions déjà signalé à l'attention de l'Institut, et qui, s'il est exact, intéresse à un très-haut degré ceux qui s'occupent de l'histoire des sciences, parce qu'il nous montre les travaux de l'école de Bagdad sous un jour entièrement nouveau : nous voulons parler de la détermination de la troisième

(1) Extr. d'un Mémoire lu à l'Académie royale des inscriptions et belles-lettres, dans la séance du 15 mai 1840. Voy. *Journal asiatique*, octobre 1840.

inégalité de la lune ou *variation* (1), qui paraît avoir été faite, au dixième siècle de notre ère, par l'astronome Aboul-Wéfa-al-Bouzdjani (2). L'indication de ce progrès remarquable, justifiée par un passage du manuscrit arabe 1138 de la Bibliothèque royale, change une opinion répandue généralement, depuis plus de deux cents ans, sur l'état des sciences, chez un peuple qu'on supposait n'avoir jamais été plus loin que les Grecs, sous le rapport des théories astronomiques; et comme elle enlève aux observateurs modernes du dix-septième siècle la priorité de l'une de leurs plus belles découvertes, on ne doit point s'étonner qu'elle ait soulevé de graves discussions (3), lorsque nous la fîmes connaître, en 1836, par la traduction et la publication du texte de l'auteur arabe. Il était difficile de douter de la réalité d'un fait considéré par les savants astronomes de l'Académie des sciences comme incontestable (4) : les

(1) *Journal asiatique*, novembre 1835. — *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 14 et 28 mars 1836, et 13 mai 1838.

(2) Voyez, sur la ville de *Bouzdjan* بوزجان, Abou'l-Féda (édit. de M. Reinaud), p. 454, et l'Édrisi (trad. de M. le chevalier Jaubert), t. II, p. 82.

(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, l. c., et ci-dessus, p. 50 et suiv.

(4) Rapport de MM. Arago et Mathieu sur le travail de

divers témoignages que nous avons réunis à l'appui de notre assertion ont détruit bien des incertitudes ; et, quant à l'idée d'une interpolation introduite dans le manuscrit même, elle s'est évanouie devant l'autorité de M. Silvestre de Sacy, de M. Quatremère, et de nos plus savants orientalistes. Cependant, comme la découverte que nous avons cru devoir restituer à Aboul-Wéfa (mort en l'année 998 de J. C.), au détriment de Tycho-Brahé (mort en l'année 1601), est d'une grande importance pour l'histoire littéraire et scientifique du moyen âge, nous avons pensé qu'on accueillerait avec faveur toutes les recherches tendant à la confirmer de plus en plus, et nous sommes heureux de pouvoir ajouter une preuve nouvelle à celles que nous avons déjà produites sur l'ancienneté du manuscrit dont nous l'avons exhumée. — Un sceau se trouve sur plusieurs des feuillets de ce manuscrit, et porte pour légende : *Ex thesauro librorum sultani supremi Schah-Rokh-Behadur* (1). Nous avons fait obser-

M. Sédillot, intitulé : *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*. Voy. l'appendice, note III.

(1) Man. arabe n° 1138, fol. 34, 55 et 106. On y lit : من كتب خزانة (من خزانة كتب) السلطان الاعظم شاه رخ بهادر. — Nous avons reproduit l'empreinte de ce sceau ci-après (voyez la planche jointe au *Journal asiatique*, n° 1). On trouve, dans les *Mines de l'Orient*, t. II, p. 405 (*Continuatio catalogi*

ver précédemment (1) que ce devait être le sceau ou *cachet* de Schah-Rokh, fils de Tamerlan, qui régnait dans la Transoxiane au commencement du quinzième siècle (de 1405 à 1447); mais il fallait démontrer clairement la réalité de cette conjecture, et pour cela comparer le sceau dont notre manuscrit portait l'empreinte à des monnaies ou médailles du fils de Tamerlan, afin de constater l'identité des caractères. M. Reinaud avait déclaré, il est vrai, que ce sceau était conforme à une médaille de Schah-Rokh, qui faisait partie de la collection de M. le duc de Blacas (2); mais cette médaille n'avait pu être retrouvée (3), et on n'en connaissait aucune autre du prince Timouride : les recherches auxquelles nous nous livrâ-

manuscriptorum orientalium Bibliothecæ Cæsareæ regiæ Vindobonensis), le passage suivant : « جوهر الذات ESSENTIA PERSONÆ. Opus mysticum poetæ persici Attar, quod 66 aureis « venundatum fuisse primo folio inscriptum est. Sigillum in « medio libri impressum indicat hunc codicem exemplar fuisse « sultani Schahroch. Legitur enim ibidem : من خزينة (*sic*) كتب سلطان (*sic*) الاعظم شاه رخ بهادر » è thesauro li- « brorum sultani (*sic*) Schahroch Behadir. » L'assertion de M. de Hammer à ce sujet n'a jamais été mise en doute.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 14 mars 1836, et ci-dessus, p. 52.

(2) Ibid.

(3) Au moment de mettre sous presse, nous apprîmes que cette médaille se trouvait de nouveau entre les mains de M. Reinaud. Nous en parlerons plus loin.

mes à cet égard, restées longtemps infructueuses, nous conduisirent à examiner les monnaies qui ont été conservées des Timourides de la Transoxiane, et nous allons indiquer par quels rapprochements successifs nous sommes parvenu à jeter quelque lumière sur cette partie intéressante de la numismatique orientale, et comment nous avons atteint, en dernier lieu, le but que nous nous étions proposé.

I. On sait que Tamerlan ou Timour s'empara de la Transoxiane ou Ma-wara-alnahar (1), l'an 771 de l'hégire (1369 de J. C.), sur le sultan Houssain (2). Schah-Rokh, dont M. Quatremère publie en ce moment l'histoire (3), hérita de la plus

(1) Voyez ce mot dans la *Bibl. orient.* de d'Herbelot, p. 565. Il écrit *Maouarannahar;* nous avons adopté l'orthographe suivie par M. Quatremère. Voyez l'*Histoire des Mongols de Perse,* 1836; Vie de Raschid-eldin, p. 100; le t. XIII des *Notices des manuscrits,* p. 252 (Analyse du Mesalek alabsar, etc.).

(2) D'Herbelot, *Biblioth. orient.*, art. Houssain Solthan حسين سلطان, p. 464. — Ahmedis Arabsiadæ, *Vita Timuri,* éd. Manger, t. I, p. 51 et 59.

(3) شاه رخ. M. Quatremère, Mémoires historiques sur la vie du sultan Schah-Rokh (*Journal asiat.*, 3e série, t. II, p. 207 et suiv.). — Assemani appelle ce prince *Sciacroeh* (*Catalogo di codici manoscritti orient. della Biblioth. Naniana,* p. 31). Le nom est écrit شهرخ dans ces vers donnés par M. Quatremère, l. c., p. 345 :

همه بندگانيم وشهرخ پرست
من ورستم اسكندر وهر كه هست

grande partie des conquêtes de son père, en 807 (1404 de J. C.), et confia le gouvernement de Samarcande et des pays environnants à son fils Oloug-Beg (1), qui se rendit si célèbre par ses travaux astronomiques, et qui devint son successeur en 851 (1447 de J.C.); mais, à partir de cette époque, la domination des Timourides devait rapidement décliner : Oloug-Beg, plus habile dans les sciences qu'en politique, périt, en 853 (1449 de J. C.) (2), sous les coups de son propre fils Abdallatif, qui, six mois après, devait être remplacé sur le trône par son beau-frère et cousin Abdallah (3). Celui-ci était déjà renversé en 855 (1451 de J. C.): Abou-Saïd, autre descendant de Tamerlan (4), s'était rendu maître de ses États,

(1) Ce ne fut qu'en 814 (1412 de J. C.) qu'Oloug-Beg reçut le gouvernement de Samarcande, dévolu, après la mort de Timour, à Mirza-Khalil, fils de Miran-Schah. (Voyez d'Herbelot, *Bibl. orient.*, p. 887.) Nous parlerons plus loin (p. 257) des noms et surnoms d'Oloug-Beg.

(2) On lit dans Pococke, *Suppl. Hist. Abul-Faragii* (Oxoniæ, 1663, p. 55 : « Hic (Olugh-Beg), vivo adhuc patre, Samar- « candæ et regionibus Mawaraalnahri seu transfluvialibus « præfectus, Chorasano etiam pulso Ala'ddaula Mirza, filio « Baïsenkari, filii Schah Ruchi, anno octingentesimo quinqua- « gesimo secundo hegiræ potitus est. Interfectus est quinqua- « gesimo tertio. » — On peut voir, dans la Biographie universelle, à l'article *Ouloug-Beig*, le récit bien connu de la mort de ce prince.

(3) Abdallah était fils d'Ibrahim, autre fils de Schah-Rokh.

(4) Abou-Saïd était fils de Mohammed, fils de Miranschah,

qu'il devait posséder jusqu'en 873 (1468 de J. C.). Dans une guerre que ce prince soutint alors contre Ussum Cassan (Ouzoun-Haçan-Beg), nouveau conquérant de la Perse, il fut fait prisonnier et mis à mort, et avec lui disparut entièrement la puissance des Timourides (1) : on les voit, il est vrai, se maintenir encore pendant près d'un demi-siècle dans la Transoxiane; mais ils règnent sans gloire au fond de leur palais, et c'est à peine si leur nom est parvenu jusqu'à nous. Abou-Saïd laissait onze fils : l'aîné, Ahmed (2), occupa Sa-

fils de Timour : ابو سعيد كوركان ابن سلطان محمد ابن سلطان ميران شاه ابن امير تيمور كوركان. (Voyez le tableau chronologique placé à la fin du n° cité du *Journal asiatique*.) Abou-Saïd avait habilement profité de la division qui s'était élevée entreOuloug-Beg et son fils Abdallatif, pour se faire un parti puissant dans la Transoxiane.

(1) D'Herbelot, *Biblioth. orient.*, p. 38.

(2) Fræhn (*Recensio num. Muhamm.*, t. I, p. 434) nous donne la légende d'une monnaie de ce sultan, la seule remarquable que l'on connaisse des successeurs de Schah-Rokh. On lit d'un côté :

لسلطان الاعظم.... Sultanus supremus

سلطان احمد كوركان Sultan Ahmed Gourgan

خلد الله تعلى ملكه Deus excelsus perpetuet ejus regnum

و سلطانه سمرقند Et imperium, Samarkand.

Et de l'autre côté :

لا الله الا الله محمد رسول الله

Non est Deus nisi Deus, Muhammed apostolus Dei.

marcande pendant vingt-cinq ans; son frère Mahmoud lui succéda en 899 (1493 de J. C.); puis, la même année, Massud, fils de Mahmoud, monta sur un trône qu'il paraît avoir conservé jusqu'en 905 (1499 de J. C.) (1). Pendant ce temps, Omar-Scheikh, sixième fils d'Abou-Saïd, possédait le pays d'Andékan (2), et le laissait, en 899 (1493 de J. C.), à son fils Baber, qu'il ne faut pas confondre avec un autre Baber, fils de Baisancor, fils de Schah-Rokh, qui s'était établi dans le Khorasan, et qui mourut en 861 (3) (1456 de J. C.). Chassé en

Et autour de ce symbole, les noms des quatre premiers khalifes que nous retrouverons sur les monnaies de Schah-Rokh, comme on le verra plus loin.

(1) D'Herbelot, *Biblioth. orient.*, p. 38.

(2) اندكان. Ahm. Arabsiadæ, *Vita Timuri*, édit. Manger, t. II, p. 752 : « ايدكان legitur in ed. Gol., sed id manifestò « corruptum est ex nomine urbis cujus auctor sæpiùs meminit : « اندكان *Andagun*, quæ in Transoxianâ sita est adeòque op- « portuna, in quam se, relictâ Samarcandâ, reciperet Cho- « daidadus. Conf. cap. CLXII sub initium, *uti* rectè legitur « اندكان. » Voyez aussi le mémoire publié par M. Quatremère dans le tome XIII des *Notices des manuscrits*, p. 234.

(3) Les successeurs de ce prince dans le Khorasan furent : 1° son fils Mirza Mahmoud Schah, 1456; 2° son neveu Iadighiar-Mirza, fils de Mirza-Mohammed, 1468; 3° Houssain-Mirza-Abou'l-Gazi, fils de Mansour, fils de Baicarah, fils d'Omar-Scheikh, second fils de Tamerlan, qui s'empara de la ville de Hérat en 1470, et qui, vainqueur des Uzbeks, mourut l'an 1505 de J. C, après un règne de trente-cinq ans.

904 (1498 de J. C.) par les Uzbeks (1), Baber, fils d'Omar-Scheikh, fut obligé de se réfugier dans les Indes, où il fonda une dynastie nouvelle, illustrée par son petit-fils Akbar.

Telle est la série chronologique des princes de la famille de Timour qui ont régné dans la Transoxiane ou Ma-wara-alnahar, et il est fort difficile, en étudiant leur histoire, de percer l'obscurité qui entoure les descendants d'Abou-Saïd. Il était nécessaire, pour l'intelligence de ce qui va suivre, que nous fissions connaître par une esquisse ra-

(1) D'Herbelot, *Biblioth. orient.*, p. 163, 456, 752, 916. On se ferait difficilement une idée de la confusion et des contradictions où tombe à chaque instant d'Herbelot, dans tout ce qu'il dit au sujet des derniers Timourides de la Transoxiane. On lit, pages 456 et 566 : « La postérité de Tamerlan fut dé-« pouillée du Maouarannahar par Schaïbek, sultan des Uzbeks, « l'an 904 de l'hegire; Mirza Babur, fils d'Omar-Scheikh et « successeur de son oncle Ahmed, fils d'Abou-Saïd, fut le der-« nier de la race de Tamerlan qui y régna. » — Et. pag. 38 : « Sultan-Massud (autre petit-fils d'Abou-Saïd) jouit paisible-« ment de Samarcande et de la Transoxiane, après la mort « d'Ahmed, et y régna jusqu'à l'an 905 de l'hégire. » On trouve aussi (pag. 752) que Schaïbek-khan reprit sur les enfants de Tamerlan la Transoxiane, l'an 904 de l'hégire, *après la mort du sultan Mirza-Houssain*, et nous voyons (pag. 464) que le sultan Houssain régnait encore dans le Khorasan, où il mourut en l'an 911 de l'hégire (1505 de J. C.; voy. plus haut p. 250). Les anachronismes ne sont pas moins fréquents ; on lit, pag. 6 et 7 : « Année de l'hégire 850, de J. C. 1481 ; de l'hégire 854, « de J. C. 1485, etc. »

pide ce que l'on entend par Timourides de la Transoxiane. Maintenant nous revenons à Schah-Rokh, objet principal de notre attention.

II. Il est peu d'époques de l'histoire orientale, comme le dit si bien M. Quatremère, qui présentent une série de faits aussi multipliés et aussi intéressants que ceux du règne de Schah-Rokh (1). Protecteur éclairé des sciences, il attirait à sa cour de Hérat (2) tous les hommes distingués par leurs connaissances, et les comblait de bienfaits. La bibliothèque qu'il avait formée, montrait assez son amour pour les livres, et on sait qu'il entretenait des rapports littéraires même avec le sultan d'Égypte (3). Né à Samarcande en 779 de l'hégire (1377 de J. C.) (4), il prit part de bonne heure

(1) M. Quatremère, Mém. hist. sur la vie de Schah-Rokh (*Journal asiatique*, 3e série, t. II, p. 193 et suiv.). — M. Price (*Chronolog. rétrosp.*, t. III, p. 485) avait laissé tout à faire à notre illustre orientaliste, qui s'est principalement servi, pour ce travail, du manuscrit d'Abd-Errazzak.

(2) M. Quatremère, *Hist. des Mongols de Perse*, Vie de Raschid-eddin, p. 84. —Voy. aussi *Mém. sur la vie de Schâh-Rokh*, l. c., p. 213. M. Quatremère indique à ce sujet Gonzalès de Clavijo, *Vida del gran Tamorlan*, 2e édit., p. 129.

(3) M. Quatremère, *Journ. asiat.*, l. c., p. 196 et 197. — *Mémoire sur le goût des livres chez les Orientaux*, p. 32 et 44. — *Hist. des Mongols de Perse*, Vie de Raschid-eldin, p. 80; et voyez aussi p. 83 et 84.

(4) M. Quatremère, *Journal asiatique*, l. c., p. 207. On lit dans Pococke, *Supplementum historiæ Abul-Faragii*, 1663,

aux conquêtes de son père, et, pendant un règne de plus de quarante ans, il sut faire respecter sa puissance, et maintenir l'union de ses vastes États par une administration vigoureuse. A l'exemple de plusieurs rois mongols, il reçut le surnom de *Behadur*(1) (le vaillant), et ce surnom sert à le distinguer de deux autres Schah-Rokh (2), qui vinrent

p. 54 et 55 : « شاه رخ بهادر سلطان. Obiit mense Dul. Hajja « anno hegiræ octingentesimo quinquagesimo, eum regnasset « quadraginta tres annos et vixisset *circiter* septuaginta unum. » — Par une coïncidence assez singulière, Schah-Rokh, *quatrième fils* de Tamerlan, fut le père d'Oloug-Beg, que l'on peut à juste titre surnommer le prince des astronomes orientaux, et qui fonda, à Samarcande, un observatoire rendu célèbre par ses travaux. Deux cents ans auparavant, Touli, *quatrième fils* de Tchenghiz-khan, donnait naissance à Houlagou-khan, protecteur des sciences, et auquel on doit l'observatoire de Maragah.

(1) Voyez, pour les princes de l'Orient qui ont pris ce surnom de بهادر, Fræhn, *Recensio num. Muhamm.*, t. I, p. 721, et les renvois qu'il indique. Lindberg, *Lettre à Brönsted sur quelques médailles cufiques, in fine;* Copenh., 1830.

(2) Le premier, Schah-Rokh-Mirza, quatrième fils d'Abou-Saïd, mena une vie misérable jusqu'en 1493 (voy. d'Herbelot, *Biblioth. orient.*, p. 38). Le second, petit-fils de Nadir-Schah, fut épargné dans le massacre de sa famille, ordonné en 1747. (*Biographie universelle,* t. XXX, p. 536.) — M. Fræhn a décrit une monnaie à demi effacée de ce prince (*Recensio num. Muhamm.*, t. I, p. 496. — Voyez aussi Erdmann, *Num. asiat. cas.*, t. II, p. 717; Tychsen, *Intr. in rem numariam*, p. 97, et *Tychsen. additamenta*, p. 68. — Nous avons fait remarquer ailleurs que le manuscrit arabe de la Bibliothèque du Roi, n° 1138, avait été apporté en Europe par le voyageur Wansleb, près de

après lui. Ce nom de Behadur se trouve marqué sur le sceau dont nous nous occupons, et c'était un premier indice qui pouvait conduire à la découverte de la vérité. M. Reinaud avait vu, dans la collection de M. le duc de Blacas, une monnaie à demi effacée de Schah-Rokh, fils de Timour, sur laquelle on lisait le mot *Behadur*; malheureusement ce savant orientaliste ne l'avait plus à sa disposition (1); et comme on ne trouve l'empreinte d'aucune des médailles de Schah-Rokh dans les ouvrages de numismatique publiés jusqu'à ce jour, il nous était impossible d'avoir un point exact de comparaison. Nous pensâmes que notre seule ressource était de rechercher si quelques-uns des manuscrits de la Bibliothèque royale ne contenaient pas d'autres cachets ayant appartenu à des princes Timourides, et si la description de quelques-unes de leurs monnaies ne suffirait pas pour nous conduire à la solution du problème.

III. On sait que chez les Orientaux, comme en Europe, le principal usage des cachets est de constater la propriété (2); aussi trouve-t-on pres-

cent ans avant la naissance du petit-fils de Nadir-Schah. (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences,* 14 mars 1836.)

(1) Voyez plus haut, p. 246.

(2) M. Reinaud, *Description du cabinet de M. le duc de Blacas,* t. I, p. 118. — Voy. aussi p. 49, 82, 84, 86.

que toujours en tête de leurs livres l'empreinte de leurs devises. Sous ce rapport, les manuscrits que l'on a recueillis dans nos bibliothèques pourraient être l'objet d'un travail très-curieux, si le dernier propriétaire n'avait pas, la plupart du temps, le soin barbare de gratter minutieusement les cachets apposés sur quelques-uns des feuillets par ses devanciers (1). D'un autre côté, il arrive quelquefois que l'inscription de ces cachets comprend une louange adressée à Dieu, ou quelque éloge pour un homonyme que l'on choisit comme patron; mais le plus ordinairement, comme les voyageurs l'ont observé, elle offre le nom de la personne qui a fait copier le manuscrit ou qui l'a acheté, avec une date qui indique l'époque où elle vivait. On peut voir, à la Bibliothèque royale, de nombreux exemples de ces cachets de diverse nature; et nous avions l'espérance d'en découvrir quelques-uns qui se rapportassent aux Timourides de la Transoxiane : M. Reinaud avait bien voulu nous faire savoir qu'il existait, à la Bibliothèque royale, des manuscrits ayant appartenu au célèbre Oloug-Beg, fils et successeur de Schah-Rokh, et que ces manuscrits étaient marqués

(1) Le manuscrit arabe n° 1138 en offre même un exemple; le cachet marqué au fol. 106 est presque entièrement effacé.

d'un sceau particulier différent de celui de son père (1). Ce fait était fort important, parce qu'il prouvait qu'après la mort de Schah-Rokh on n'avait point continué à imprimer son cachet sur les livres dont on avait pu enrichir la bibliothèque qu'il avait formée ; mais le savant académicien n'ayant point pris note du numéro de ces manuscrits, il nous fut impossible de les retrouver. Nous eûmes cependant l'occasion d'examiner un manuscrit persan qui paraissait avoir été copié pour Oloug-Beg, et qui portait plusieurs empreintes d'un sceau à légende : ce manuscrit avait à nos yeux d'autant plus de prix que, nous occupant en ce moment d'un grand travail sur les ouvrages d'Oloug-Beg, le dernier et le plus célèbre des astronomes de l'école arabe, tout ce qui se rattache à l'histoire de ce prince devait être pour nous d'un vif intérêt; mais nous reconnûmes bientôt avec regret qu'il ne s'agissait pas d'Oloug-Beg, fils de Schah-Rokh. Les annales mongoles font, en effet, mention de trois princes de ce nom : le pre-

(1) Sur cette indication, nous avons annoncé (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences,* 28 mars 1836) qu'il existait, à la Bibliothèque royale, des manuscrits marqués du sceau d'Oloug-Beg; on verra plus loin que ces manuscrits avaient été copiés pour un autre prince du nom d'Oloug-Beg, postérieur de cinquante ans au fils de Schah-Rokh.

mier, Oloug-Beg-Nowain (1), était le plus jeune des fils de Tchenghiz-khan; le second, fils de Schah-Rokh et petit-fils de Timour (2); et le troisième, fils d'Abou-Saïd (3), avait le gouvernement de Caboul et de Gazna dans les Indes, vers l'an 893 de l'hégire (1487 de J. C.) : c'est à ce dernier que le manuscrit persan dont il s'agit appartenait (4). Quant à la légende du sceau marqué sur

(1) Abul-Faragii, *Hist. comp. dynast.*, édition Pococke, p. 305-465, 306-466, 309-472, الغ بك نواين.

(2) M. Quatremère, Mémoire historique sur la vie de Schah-Rokh (*Journ. asiat.*, 3e série, t. II, p. 209). L'an 796 de l'hégire (1393 de J. C.) fut l'époque de la naissance d'Oloug-Beg, fils de Schah-Rokh. — Pococke, *Supp. hist. Abul-Faragii*, p. 55, l'appelle الملك السعيد الغ بك سلطان. — Le nom est écrit اولوغ بيك dans la vie de Timour (Ahm. Arabsiadæ, *Vita Timuri*, édit. Manger, t. II, p. 776 et 777. — Hyde, *Tabulæ Stellarum*, etc., écrit الغ بيك Ulugh-Beigh; Gravius, *Epochæ celebriores*, etc., Ulug-Beig; Assemani, *Catalog. di codici*, l. c., p. 31, Ulug-Beigh; enfin on le nomme Mirza-Mohammed-Taraghi-Oulough-Beyg dans la *Biographie universelle*, t. XXXII, p. 267. Voy. aussi d'Herbelot, *Bibl. orient.*, p. 914. Nous suivons l'orthographe adoptée par M. le chevalier Jaubert.

(3) D'Herbelot, *Bibl. orient.*, p. 38.

(4) On lit en tête du manuscrit persan, suppl. n° 16, fonds Polier (recueil de poésies persanes copiées pour le sultan Oloug-Beg) :

لسلطان الغ بك غازی خلد الله تعلی ملکه وسلطانه
سلطان ابن السلطان الاعظم سلطان ابو سعید کورکان

plusieurs des feuillets, elle est partout grattée avec une sollicitude bien regrettable; il nous a été cependant possible de reconnaître que ce n'était point le sceau de Schah-Rokh, et même de déchiffrer une date positive, celle de 957 (1550 de J. C.) (1), qui nous reporte à la huitième année de la vie d'Akbar (2): cette date suffit pour montrer qu'à cette époque les princes Timourides n'avaient point conservé l'usage de marquer les manuscrits de leur bibliothèque du cachet de Schah-Rokh, et on ne doit point oublier que ce n'est qu'en 1610 que, pour la première fois, la découverte de la *variation* a été signalée à l'Europe savante.

Pour compléter nos recherches, il nous restait

ابن سلطان محمد ابن سلطان میران شاه ابن المغفور
المرحوم امیر تیمور کورکان فی شهر ربیع الاول سنة اثنا
و تسعین و ثمان مایة الهجرة ٨٩٢

Cette dédicace est répétée au commencement de chaque poëme.

(1) Man. pers. suppl. n° 16, fol. 165 (fonds Polier). Nous avons pris une empreinte exacte de ce cachet presque entièrement effacé; mais il nous a été impossible d'y découvrir autre chose que cette date ٩٥٧, 957 (1550 de J. C.).

(2) Baber régna jusqu'en 1530; Homaioun, de 1530 à 1552; Akbar, de 1552 à 1605. Voyez d'Herbelot, *Biblioth. orient.*, p. 456. — Langlès fixe l'avénement d'Akbar à l'année 1555 (*Biogr. universelle*, t. I, p. 360).

à passer en revue les divers recueils de numismatique orientale qui ont été publiés; mais nous devions reconnaître bientôt qu'ils nous offriraient peu de secours : à peine çà et là quelques monnaies des Timourides sont-elles indiquées, et c'est un fait qui mérite d'être constaté. Tandis que l'on possède presque toutes les médailles des Tchenghiz-khanides, on n'a jamais cherché, à ce qu'il paraît, à former une collection de celles de leurs successeurs; et il fallait qu'elles fussent d'une extrême rareté, pour qu'en 1815 on considérât comme une véritable découverte la mention que M. Fræhn faisait de deux monnaies de cuivre de Tamerlan, dans son *Numophylacium orientale pototianum*, imprimé à Kasan (1). Ces deux monnaies portaient les trois ronds disposés en triangle que l'on marquait, au rapport de Ruy-Gonzalez-Clavijo et d'Ebn-Arabschah, sur les monnaies et sceaux de Timour, et qui ont été signalés par M. de Sacy dans son mémoire sur le cachet de Tamerlan, placé à la suite de la lettre de ce conquérant au roi de France Charles VI (2).

(1) *Magasin encyclopédique*, année 1815, t. II, p. 435. — Fræhn, *Numophyl. orient. potot.*, p. 39, et dans les additions et corrections.

(2) *Moniteur* de 1812, n° 226, et *Mémoires de l'Académie des inscriptions*.

M. Fræhn en indiquait, en même temps, une autre qui a été donnée dans le tome XIV des Mémoires de la Société royale de Gœttingue, en 1778 (1), par Tychsen, sans que ce savant l'eût déchiffrée ; on n'y voit pas le type des trois ronds, et on doit l'attribuer, à proprement parler, au sultan ou plutôt au fantôme de sultan Mahmoud-khan, au nom duquel Timour exerçait l'autorité souveraine, si nous en croyons Schérif-eddin. M. Marsden rapporte en effet, d'après cet historien (2), que la postérité de Tchenghiz-khan avait conservé le privilége de porter le titre de khan et de sultan, et que Tamerlan n'osa le prendre que lorsqu'il eut fait la conquête de la Transoxiane, en 771 de l'hégire (1369 de J. C.); qu'en conséquence il reconnut comme sultan, à la place d'Houssain (3) mis à mort en 1367, Soyourgatmisch (4), puis son fils Mahmoud (5), en 790

(1) *Mag. encyclop.*, 1815, t. II, p. 435. Les monnaies de Tamerlan indiquées par M. Fræhn, dit M. de Sacy, méritent d'autant plus d'attention qu'on n'en connaissait encore aucune de ce conquérant. — M. Fræhn est revenu sur cette monnaie, dont parle Tychsen. Voy. *Beitrage zur Muhamm. Munzkunde*, p. 28.

(2) Marsden, *Num. orient.*, t. I, p. 278.

(3) حسين

(4) سيور غتمش D'Herbelot, *Bibl. orient.*, p. 464.

(5) محمود — Deguignes l'appelle tantôt Mahmoud Schah

(1388 de J. C.), dont il ne se qualifiait que le vizir ou le lieutenant, ajoutant à son nom l'épithète de *Gourgan*, qui signifie *gendre* ou *proche parent* (1), et qu'il ne négligea de nommer des khans de la famille de Tchenghiz-khan qu'après l'année 800 (1397 de J. C.). Mais ces diverses assertions ne sont point toutes exactes; les mémoires autographes de Timour, dont M. Stewart a donné en partie la traduction en 1830, prouvent que ce prince avait pris, dès l'année 771 (1369 de J.C.), les titres de *sultan* et de *khakan* (chef suprême) (2), et, s'il laissa quelques prérogatives royales à

(*Hist. des Huns*, t. I, p. 286), tantôt Mahmoud-khan (t. V, p. 68). — *Mag. encyclop.*, 1815, t. II, p. 436.

(1) Voy. Hyde, *Tabulæ stellarum*, etc., præfatio, p. 4. — Fræhn, *De num. Bulgharicorum*, etc., 1816, p. 8.

(2) Stewart, *The Mulfuzat Timury or autobiographical memoirs of the Mogul emperor Timur*, p. 131, 133 et suiv. — On lit, p. 137 : « The (Khetyb) preacher commenced the Khutbeh « in my name in these words : ô Lord, assist the muselman « armies and camps wherever they are or wherever they may « be, whether in the east, or in the west, by the good fortune « of the just Sultan, the illustrious Khakan (title of the Turkish « sovereign), the renowned emperor, the exalted prince, the « khakan son of the khakan amyr Timur Gurghan, may God « almighty perpetuate his dominions and government, and « extend his beneficence and justice to all Muselmans. » — — Ceci se rapporte à l'année 1369. — On trouve, p. 138 : « The Khutbeh was read for my success from the pulpit of « Samerkand, being now the capital of my empire, etc. »

Soyourgatmisch et à Mahmoud, bien loin de se considérer comme le lieutenant de ces princes, il en fit ses mandataires. — M. Fræhn nous fait connaître, mais sans en donner le dessin, une monnaie de Soyourgatmisch (1), et M. Marsden ne donne la description que d'une monnaie de Mahmoud-khan (2); c'est la seule médaille que ce dernier ait trouvée des Timourides, et, si nous

(1) Fræhn, *Novæ symbolæ ad rem numar. Muhamm.*, 1819, p. 37. Voyez aussi *Rec. num. Muhamm.*, t. I, p. 424. سیورغتمش یرلغی امیر تیمور کورکان — Sujurghatmyschi Jarlikum (s. mandatum) Emir Timur Gurekan. Ann. 785 (1383 de J. C.). — Voy. aussi Erdmann, *Num. as.*, t. II, p. 571.

(2) Marsden, *Numism. orient. illustr.*, t. I, p. 277. سلطان محمود خان امیر تیمور کورکان. M. Fræhn, l. c., p. 425 et suiv., cite quelques monnaies de Mahmoud-khan de 795 (1392 de J. C.). — Voy. aussi Erdmann, *Num. asiat.*, t. II, p. 573 et suiv. — Il faut joindre à ces médailles, d'après M. Soret (*Trois lettres sur des monnaies cufiques rares ou inédites du musée de Genève*, 1841, p. 11-13), une pièce de Mahmoud, dernier grand khan du Dschagataï, sous la haute juridiction de Tamerlan, et celle que M. Fræhn a décrite à la fin de son mémoire *sur les Khans Houlagou*. Le revers porte, comme la précédente : *Il n'y a de Dieu que Dieu ; Mohammed envoyé de Dieu*, et l'avers porte non-seulement les noms de Mahmoud-Khan et de Timour, mais encore celui du sultan Mohammed, successeur désigné à l'empire. M. Fræhn donne de plus, dans une note, la liste des monnaies connues de Tamerlan. En voici le résumé : *à Samarcande*, années 791, 793, 795, 799, 800, et sans date, dans les villes de Ousch, Iezd, Sultaniah, Ersendschan, Amid, Derbend, etc.

consultons les écrits de Clewberg, d'Aurivilius, de Hallenberg (1), ceux de Castiglioni et d'Assemani (2), de Tychsen (3) et d'Adler (4), nous voyons que ces savants n'ont pas été plus heureux. C'est à M. Fræhn et à Erdmann seulement que nous pouvons nous adresser pour avoir quelques documents malheureusement très-incomplets, puisqu'ils n'ont pu reproduire par la gravure l'empreinte des monnaies qu'ils ont eues sous les yeux. Chacun d'eux parle d'une médaille de Schah-Rokh, fils de Timour : la première, frappée à Samarcande en 830 de l'hégire (1426 de J. C.), porte d'un côté : *Sultanus supremus Emir Schah-Rokh-Behadur*, *perpetuet Deus regnum et imperium ejus*, et, sur le revers, le symbole sonnite avec les noms des

(1) Hallenberg, *Coll. num. cufic.*, Stockholmiæ, 1800. Il y rappelle un autre opuscule de sa composition, publié en 1796 sous ce titre : *Disquisitio de nomine Gud ex occ. nummi cufici.*

(2) Voy. aussi *Descrizione di alcune moneti cufiche del museo Mainoni*, p. 93 et 94, et les observations sur cet ouvrage, publiées à Milan, en 1821. — Assemani, *Mus. cufic. Naniano*, p. 111. — Il s'arrête à Abou-Saïd-Behadur, vers l'année 736 (1335 de J. C.).

(3) Tychsen, *Introductio in rem numariam*. Il ne parle que de Schah-Rokh, petit-fils de Nadir-Schah, p. 197, et p. 68 de ses *Additamenta*.

(4) Adler s'arrête, comme Assemani, à Abou-Saïd-Behadur 736 (1335 de J. C.). *Collect. nova numorum cuficorum*, p. 122, et *Museum cuficum Borgianum*, p. 77.

quatre premiers khalifes (1); la seconde frappée, à Samarcande en 822 (1419 de J. C.) et à demi effacée, offre la même légende (2). Ces deux médailles ne pouvaient nous servir qu'à constater l'identité du surnom de Behadur adopté par le fils de Tamerlan, et, comme on ne trouve nulle part l'indication d'autres monnaies des Timourides de la Transoxiane, nous désespérions de pouvoir établir de comparaison matérielle entre le cachet de Schah-Rokh et quelques-unes de ces monnaies. Le sceau dont parle Baber (3) dans ses mémoires n'était qu'un nouvel indice à ajouter à ceux que nous possédions, sans nous fournir une

(1) Fræhn, *Rec. num. Muhamm.*, t. I, p. 430.

....سلطان الاعظم
٨٣٠
ضــرب
امير شاه رخ بـهادر خلد الله
سـمـرقـنـد
مـلـكـه وسلطا....

(2) Erdmann, *Num. asiat.*, t. II, p. 574.

...طا.. الاعظ....
٨٢٢
ضـرب
..اه خ بهادر خلد الله
سمرقـنـد
...... وسلطانه

(3) Man. pers. (fonds Ducaurroy), n° 35, fol. 17 r°, lig. 6.

preuve suffisante, lorsque nous avons été assez heureux pour nous procurer, par l'intermédiaire de M. Reinaud, deux pièces en argent de Schah-Rokh, dont nous reproduisons ci-après le dessin (1), et qui présentent, sous le rapport des caractères, une conformité si parfaite avec le cachet du manuscrit 1138 de la Bibliothèque royale, qu'on ne peut conserver le moindre doute sur son authenticité.

IV. La première de ces monnaies a été frappée à Hérat (2); elle fait partie de la collection de médailles formées à la Rochelle par les soins éclairés de M. Guillemot, fils aîné. M. Reinaud, l'ayant eue quelque temps entre les mains, voulut bien me la communiquer, et il me fut permis d'en prendre l'empreinte; elle porte d'un côté :

ضرب Cusus est
السلطان الاعظم Sultanus supremus

— مهر چارسوی — و مهر چارسوی میرزا سلطان ابو سعید حوال او بود. Voy. aussi la traduetion anglaise, p. 17, et la note. — Chardin, *Voyages en Perse*, t. V, p. 461.

(1) Voyez la planche indiquée plus haut, p. 245, n^os 2 et 3.

(2) Fræhn, *Rec. num. Muhamm.*, t. I, p. 116 et 507. — M. Quatremère, *Histoire des Mongols de Perse*, Vie de Raschid-eldin, p. 84. — Prinsep, *The Journal of the asiatic Society of Bengal*, vol. III, p. 9 et suiv. — Ce fut en 818 (1415 de J. C.) que Schah-Rokh releva la ville de Hérat, que son père avait détruite, et qu'il en fit sa capitale. La médaille est donc d'une époque postérieure à 1415.

شاه رخ بهادر خلد ال.. Schah-Rokh Behadur, perpetuet Deus

هراة Hérat

ملكه وسلطا.... Regnum ejus et imperi....(um);

et de l'autre côté, en carré :

لا اله الا الله محمد Non Deus nisi Deus; Mohammed

رسول الله legatus Dei;

et, sur les bords du carré, les noms des quatre premiers khalifes :

ا... عمر عثمان ع.. Aboubèkre, Omar, Othman, Ali.

La seconde de ces monnaies, achetée récemment par le cabinet des médailles de la Bibliothèque royale, provient de la collection de M. Schultz; elle a été frappée à Iezd (1) en 1425, et nous en devons le dessin à l'extrême obligeance de M. Longpérier.

On lit d'un côté :

ضرب يزد Cusus est Iezd

السلطان الاعظم Sultanus supremus

شاه رخ بهادر خلد الله Schah Rokh Behadur, perpetuet Deus

ملكه وسلطانه Regnum et imperium ejus

سنت ٨٢٩ Anno 829 (1425).

(1) Voyez, sur la ville d'Iezd (Jesda), Aboul-Féda, p. 330 et 332; et Fræhn, *Recensio num. Muhamm.*, t. I, p. 426 et 502. — M. Fræhn, l c., indique une monnaie du sultan Mahmoud frappée à Iezd. — Voyez aussi les détails que donne sur cette ville (Yezd), M. le chevalier Am. Jaubert, dans sa traduction de l'Édrisi, t. I, p. 391, 403, 419, 436, 438.

De l'autre côté, comme sur celle de M. Guillemot, dans un carré fort régulier :

لا اله الا Non Deus nisi

الله محمد رسول الله Deus, Mohammed legatus Dei;

et sur les bords de ce carré :

ابو بكر عمر عثمان علی Aboubèkre, Omar, Othman, Ali.

V. L'examen de ces monnaies nous permet de conclure que le sceau marqué sur les feuillets du manuscrit arabe 1138 appartient évidemment à Schah-Rokh, fils de Tamerlan ; il offre le même type sous le rapport des caractères et sous le rapport des surnoms donnés au fils de Tamerlan, et cette identité résout la question que nous nous étions proposée. Un fait récent est encore venu confirmer nos premières assertions. La médaille de Schah-Rokh, qui devait se trouver dans la collection de M. le duc de Blacas, est revenue entre les mains de M. Reinaud, et l'empreinte que nous en avons donnée (1) justifie pleinement les in-

(1) Voyez la planche indiquée p. 245, n° 4. Cette monnaie, presque entièrement effacée, faisait partie d'un collier. On lit d'un côté :

لا اله الا الله محمد (رسول الله)

Et de l'autre côté :

ضرب (شاه رخ بهادر خلد

سمرقند

(م)لكه و (سلطانه)

dications que ce savant académicien avait eu la complaisance de nous transmettre. D'un autre côté, les livres qui composaient la bibliothèque de Schah-Rokh ont dû être estampillés de son vivant, c'est-à-dire, entre les années 1405 et 1447, chacun des successeurs de ce prince ayant eu son cachet particulier; et si l'on songe que la découverte de la *variation* par Tycho-Brahé ne fut rendue publique qu'en 1610, on reconnaîtra aisément que la priorité de cette découverte, que nous croyons devoir restituer à Aboul-Wéfa de Bagdad (mort en 998 de J. C.), appartient bien réellement aux Arabes, puisque le manuscrit qui nous a paru contenir ce fait important, quelle que soit d'ailleurs la date exacte de sa copie, a fait partie de la bibliothèque d'un prince de la Transoxiane, qui vivait près de deux cents ans avant l'astronome danois.

Nous ne terminerons pas ce mémoire sans exprimer de nouveau le désir que la collection de monnaies orientales que possède le cabinet des médailles de la Bibliothèque royale, et qui est encore malheureusement fort incomplète, reçoive enfin tous les accroissements qu'on est en droit d'attendre de la haute intelligence de MM. les conservateurs, et du zèle infatigable de ces nombreux voyageurs que l'amour de la science attire chaque jour dans les contrées les plus reculées de l'Asie.

NOTE II.

Nous lisions devant l'Académie des inscriptions et belles-lettres, et nous imprimions ce qui suit (1) en 1839 :

« Avant d'aller chercher au loin les manuscrits qui nous manquent, soin que le Gouvernement devrait imposer aux explorateurs éclairés qui voyagent sous ses auspices, examinons au moins d'une manière sérieuse ceux que nous possédons. On sent plus que jamais aujourd'hui la nécessité de recourir aux originaux ; et la publication des textes, en même temps qu'elle offre un moyen facile de contrôle pour les assertions produites à la lumière, fournit à ceux qui veulent s'instruire un sujet d'études débarrassé de toutes les difficultés qu'on rencontre dans la lecture des manuscrits; nous avons donc résolu de publier les *Tables astronomiques* d'Oloug-Beg, dont plusieurs copies en arabe et en persan se trouvent à la Bi-

(1) *Mémoire sur le développement et les progrès des sciences chez les Arabes, de* 814 *à* 1448 (Introduction aux *Tables astronomiques* d'Oloug-Beg, p. 18).

bliothèque royale, et il nous reste à expliquer les motifs qui ont déterminé notre choix.

« Oloug-Beg, fils de Schah-Rokh et petit-fils de Tamerlan (1393-1449), termine chez les Orientaux la période de leurs travaux astronomiques, et nous laisse dans ses tables et dans le texte qui les accompagne un état assez exact de la science au commencement du quinzième siècle ; ces tables méritent donc une attention toute particulière ; on en a déjà fait connaître quelques fragments que nous indiquerons plus loin, mais sans prendre la peine d'étudier l'ouvrage dans son ensemble ; les difficultés nombreuses qu'il présente, la manière obscure dont l'auteur expose ses idées, arrêtent le lecteur à chaque pas : aussi l'analyse que mon père en avait faite pour M. Delambre a-t-elle paru à ce dernier ne contenir aucun résultat nouveau (1). Un commentaire était nécessaire, et ce commentaire, nous avons été assez heureux pour le trouver dans un manuscrit persan de la Bibliothèque royale, composé vers l'an 904 de l'hégire (1498 de J. C.), par l'astronome Mériem-Al-Tchélébi. Ayant dès lors la clef de tous les passages qui nous paraissaient d'abord inexplicables, nous nous sommes décidé à mettre au

(1) Delambre, *Hist. de l'astronomie au moyen âge*, p. 209.

jour le traité complet d'Oloug-Beg ; ce traité comprend trois parties distinctes : 1° une Préface, qui n'a jamais été traduite, et dans laquelle ce prince célèbre nous apprend les noms des astronomes qu'il avait réunis autour de lui; 2° une Introduction, ou Discours préliminaire divisé en quatre livres, dont le premier seulement a été publié par Greaves, sous le titre d'*Epochæ celebriores astronomiæ*, etc. (Londres, 1650); 3° de nombreuses Tables astronomiques, dont Greaves, Hyde et Burckhardt n'ont pris que quelques extraits (1).

« Le texte que nous donnerons sera revu et collationné avec beaucoup de soin sur tous les manuscrits qui sont à notre disposition; non-seulement la Bibliothèque royale en possède plusieurs copies, mais il en existe aussi quelques autres dans les principales bibliothèques de l'Europe, et nous aurons la possibilité d'indiquer très-exactement toutes les variantes qui offriront de l'intérêt. Notre publication aura donc un double avantage: elle permettra de juger plus sainement qu'on ne

(1) Greaves, *Binæ tabulæ geographicæ, una Nassir-Eddini, altera Ulug-Beighi,* Londres, 1652. — Hyde, *Tabula long. et lat. Stellarum fixarum, ex observatione Ulugh-Beighi*, etc., Londres, 1665. — En dernier lieu, Burckhardt a publié quelques considérations sur les tables du soleil, d'Oloug-Beg, en 1799, dans les *Éphémérides* du baron de Zach, p. 179 et suiv.

l'a fait jusqu'ici, de l'état de l'astronomie chez les peuples de l'Asie, au quinzième siècle, et elle pourra servir de guide à ceux qui, comme nous, se livreront à l'étude des langues orientales, dans une direction toute scientifique.

« Une Notice étendue sur Oloug-Beg et ses ouvrages fera d'abord connaître la nature et l'importance des travaux de ce savant astronome, que l'on regarde avec raison comme le dernier représentant de l'école arabe ; mais avant d'aborder ce sujet, avant de passer en revue et d'apprécier à leur juste valeur les différents manuscrits que nous avons dû consulter, nous avons pensé qu'il était nécessaire d'exposer dans une INTRODUCTION les résultats des recherches entreprises jusqu'à ce jour sur l'histoire de l'astronomie et des mathématiques chez les Orientaux. Ce n'est qu'en relisant les écrits des devanciers d'Oloug-Beg que l'on peut se faire une idée bien nette des services que ce prince a rendus à la science ; un autre motif d'ailleurs nous a porté à suivre cette marche : les Arabes, placés entre deux civilisations, ont conservé l'une et préparé l'autre ; par leurs propres découvertes, ils ont, nous l'avons prouvé, fondé une école tout à fait distincte de celle d'Alexandrie. C'est de ce nouveau point de vue que nous allons considérer les productions de leur active intelligence ; et, en retraçant le tableau de leurs progrès scientifiques, nous marquerons nous-mêmes la limite que nous avons atteinte, et que nous espérons reculer encore, avec l'aide des illustres maîtres qui ont daigné soutenir et encourager nos premiers efforts. »

NOTE III.

Rapport de MM. Arago et Mathieu (1).

« L'examen approfondi de quelques manuscrits orientaux nous a déjà appris que les Arabes ne se sont pas bornés à conserver et à transmettre la science astronomique telle qu'ils l'avaient reçue des Grecs. Ils ont perfectionné les méthodes de calcul, et en ont inventé de nouvelles. C'est à eux que l'on doit l'heureuse substitution des sinus aux cordes, et l'ingénieux emploi des tangentes dans les calculs trigonométriques. Ils ont connu la troisième inégalité du mouvement de la lune, déterminée par Aboul-Wéfa, de Bagdad, six siècles avant que l'on fit honneur à Tycho-Brahé de la découverte de cette inégalité, qui porte le nom de *variation* dans les tables modernes.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences,* 10 décembre 1838.

« Les Arabes ont aussi été utiles à la science en perfectionnant les moyens d'observation. Mais on n'avait que des notions vagues sur leurs instruments, quand M. Sédillot père entreprit, pour les faire connaître, des recherches qui ont été continuées par son fils.

« La Bibliothèque royale possède deux manuscrits arabes d'Aboul-Hhassan, astronome de Maroc, qui vivait au commencement du treizième siècle.

« L'un, sous le n° 1147, est un traité de gnomonique où l'on trouve la description de tous les cadrans alors en usage ; l'autre, sous le n° 1148, renferme la description des instruments astronomiques de cette époque. Ces deux ouvrages donnent une connaissance complète des instruments de tous genres employés du temps d'Aboul-Hhassan.

« La traduction du premier a été faite par M. Sédillot père, et publiée par son fils en 1834.

« Le Mémoire que M. Sédillot fils a présenté à l'Académie, et dont nous devons lui rendre compte, se compose en grande partie de la traduction du second manuscrit, n° 1148, d'Aboul-Hhassan, et il a spécialement pour objet la description des instruments astronomiques employés par les Arabes.

« M. Sédillot ne s'est pas borné à ce manuscrit ;

il en a consulté plusieurs autres, qu'il cite, pour y puiser des notions nouvelles ou plus étendues sur la composition et l'usage des instruments décrits par Aboul-Hhassan.

« M. Sédillot rappelle d'abord en peu de mots l'usage des cadrans dont la construction est exposée dans le manuscrit n° 1147, traduit par son père. Il fait connaître ensuite les divers instruments employés par les Arabes, savoir : le *quart de cercle* et le *demi-cercle*, les *instruments sphériques*, les *astrolabes* ou *planisphères ;* enfin, les *instruments d'observation.*

« Nous ne suivrons pas l'auteur dans cette longue description ; quelques remarques suffiront pour faire apprécier l'importance de son travail.

« La plupart des auteurs arabes et persans recommandent l'emploi du *cercle indien* pour tracer la ligne méridienne. M. Sédillot en donne une description très-détaillée d'après un manuscrit persan, n° 173, du onzième au douzième siècle. Quelques auteurs parlent de ce cercle et de son usage sans le nommer ainsi. Pourquoi la dénomination de cercle indien, appliquée ordinairement à un instrument connu des Grecs du cinquième siècle ; car il est décrit dans les hypotyposes de Proclus ? Est-il réellement un emprunt fait aux Indiens ?

« Dans le petit nombre de globes célestes, construits par les Arabes, il y a plus de six cents ans, et qui sont venus jusqu'à nous, celui qui a été communiqué à M. Sédillot par M. Jomard, se distingue des autres par des dénominations inusitées, pour une douzaine de constellations.

« Les astrolabes planisphères paraissent avoir été souvent construits avec une précision qui atteste l'habileté des Arabes et le soin qu'ils mettaient dans le tracé des projections, dont ils avaient emprunté la théorie aux Grecs.

« Dans l'espèce d'instruments que les Arabes comprennent sous le nom d'*instruments d'observation*, se trouvaient ceux qui ont été décrits par Ptolémée dans son *Almageste*. Les Arabes les ont imités en les perfectionnant, et presque toujours en leur donnant de grandes dimensions. Parmi ceux qu'ils ont imaginés, nous citerons particulièrement le sextant décrit par M. Sédillot d'après Aboul-Hhassan. Cet instrument, destiné à mesurer la déclinaison du soleil, était placé verticalement dans le méridien. Il se composait d'un arc de 60° divisé de 6 en 6 secondes, et de 40 coudées de rayon, et d'un tuyau mobile autour du centre. A midi, les rayons du soleil passaient par une ouverture pratiquée dans la voûte qui couvrait l'instrument, suivaient le tuyau et formaient sur la concavité du sextant une image circulaire dont le centre donnait sur l'arc gradué le complément de la hauteur du soleil.

« Cet instrument ne diffère de notre mural qu'en ce qu'il était garni d'un simple tuyau au lieu d'une lunette. Il suffit, pour donner une idée de la précision que les Arabes cherchaient à obtenir dans l'observation des astres. Sa construction montre qu'ils connaissaient, au douzième siècle, l'usage du gnomon à trou, ce que l'on n'avait fait que supposer jusqu'à présent. Avant le travail de M. Sédillot, on n'avait que des notions vagues sur le sextant des Arabes. Ce que l'on disait des grandes dimensions de cet instrument était même de nature à rendre son existence problématique. Il est à regretter que Aboul-Hhassan ne nous dise pas où un pareil instrument a été établi, et quel usage les Arabes en ont fait.

« Le Mémoire de M. Sédillot est précédé d'une introduction (1) où il résume son intéressant travail sur les instruments des Arabes ; et, pour que l'on puisse se former une idée exacte et complète des instruments astronomiques imaginés et employés au moyen âge par les anciens, il commence son introduction par une histoire rapide des instruments des Chaldéens et des Grecs.

(1) Lue à l'Académie royale des inscriptions et belles-lettres, dans les séances des 11 et 18 mai 1838.

« Nous proposons à l'Académie d'accorder son approbation au travail de M. Sédillot, et de l'encourager à continuer des recherches qui déjà l'ont conduit à de si remarquables résultats. »

Ces conclusions sont adoptées.

NOTE IV.

De la précession des équinoxes.

Ptolémée, Théon, Proclus faisaient la précession de 36″; nous avons montré que pour Hipparque elle était de 46″8 (1); il aurait dû la trouver, d'après la théorie de l'attraction, de 49″645, moindre de 0,455 qu'elle ne l'est à présent. Les auteurs de la *table vérifiée* la portèrent au commencement du neuvième siècle à 54″5, et en cela ils furent suivis par Albatégni, Abderrahman-Soufi, le roi Alfonse, et quelques-uns des observateurs de Maragah.

Aboul-Cassem-Ali-ben-al-Hossein-ben-Mohammed-ben-Issa-ben-al-Hosseini, surnommé Ebn-al-Aalam, qui florissait à la fin du dixième siècle de notre ère, établissait que la précession était de 51″4, mesure qui devait être adoptée par Nassir-eddin-Thousi, Cothb-eddin-Schirazi, l'anonyme

(1) Voyez plus haut, p. 18.

Persan auteur des tables de Chrysococca, Oloug-Beg et Schah-Cholgi.

Enfin Ebn-Jounis, qui paraissait se rapprocher le plus de la vérité, donnait $51''2$ pour le mouvement annuel de précession.

Ce mouvement était pour Copernic de $50''\ 12'''$, pour Tycho-Brahé, Keppler, Boulliau, de $51''$, pour Longomontan $51''\ 19'''$, pour Riccioli de $50''\ 40'''$, pour Edw. Bernard de $50''9'''$ (1); pour nous, il est de $50''\ 1$.

Or, on peut déduire de quelques observations que les Arabes nous ont transmises, et qui dénotent chez ce peuple un esprit d'exactitude très-

(1) *Philosophical Transactions*, 1684, t. XIII, p. 567-576. — Edw. Bernard rapporte les principales observations d'étoiles qui lui sont connues, et il en deduit le nombre d'années solaires correspondant à 1° *de précession* pour chaque auteur : « Hipparcho et Alfergano, 100; Timocharidi Alexandrino, Abdorabmano Salehio? et D. Petavio, 072 sive $\frac{60 \text{ in } 12}{10}$ et $50''$ quovis anno; Johannidæ Ægyptio, 70 $\frac{1}{4}$; Jahiæ Abomansori aliisque probatæ quam vocarunt astronomiæ auctoribus : necnon Nasirodino Tusio, Cotbodino Sirasio, Ologbeco Xacholgio, Abolphetaco, Abenesdræ, Maimonidæ et plerisque juniorum 70 et $51''\ 26'''$; Chrysococcæ in Persicis et astron. Anglicis an. chr. 1300, 68 et $52''\ 23'''$; Abdorabmano Sophio, Bahodino Chorcio, Alfonso regi, Albatanio ex Raccâ, quæ est Callinicos Mesopotamiæ, Abdogalilo Segazio, Levi et Zacuto Judæis et observatorum Meragensium nonnullis 66 et $54''\ 33'''$; apud Chorcium Arabem, $54''$; nobis et Ægyptiorum Hierophantis, 71, 9 $\frac{2}{3}$ *mens.* et $50''\ 9'''$ *ferè.* »

remarquable, des déterminations beaucoup plus précises que toutes celles de leurs devanciers, et d'une identité presque parfaite avec les résultats modernes.

On lit dans Aboul-Hhassan (voyez notre édition, t. Ier, p. 139, et Ms. arabe de la Bibliothèque royale, ancien fonds, n° 1147, fol. 26 et suiv.) : La longitude de Régulus ou du cœur du lion était de 4^s $16° 33'$ pour l'année 473 de l'hégire (1080-1081 de J. C.), ainsi que l'a trouvée Arzachel par une observation faite en la même année وهو (١٦ درجة و٣٣ دقيقة من برج الاسد) طول قلب الاسد فى سنة ٤٧٣ من الهجرة وهكذا الزرقال بالرصد فى سنة ٤٧٣ من الهجرة

Le même auteur dit un peu plus loin, que Régulus était à 3^s $29° 54'$ l'an 775 avant l'hégire (130-129 avant J. C.), et il ajoute que, peu de temps auparavant, Hipparque avait trouvé Régulus à 3^s $29° 50'$ وهو (كط ند من برج السرطان) طول قلب الاسد قبل الهجرة بسبع ماية سنة و ٧٥ سنة عربية ووجده ابرخس بالرصد قبل هذه المدة بقليل فى كط ن من برج السرطان.

D'un autre côté, Ebn-Iounis nous apprend que Ahmed, surnommé Habasch, place dans sa table arabe pour l'an 214 de l'hégire (829-830 de J. C.), Régulus à 4^s $13°$, et qu'Ebn-al-Aalam, homme très-savant et fort exact dans ses observations من اهل العلم والفضل شديد العناية بالارصاد l'avait trouvé à $4^s\ 15^\circ\ 6'$, en 365 de l'hégire (975-976 de J. C.). (Ebn-Jounis p. 143 et 152, et Ms. arabe de la Bibliothèque royale n° 39 provisoire, fol. 105 et 107) ذكر احمد المعروف بحبش فى زيجه العربى ان مكان قلب الاسد سنة ٢١٤ للهجرة وذلك فى سنة ١٨١ ليزدجرد فى الاسد يج درجة سوا . . . . وذكر الشريف ابو القاسم على بن الحسين بن محمد بن عيسى الحسينى المعروف بابن الاعلم انه قاس قلب الاسد فى سنة شسه للهجرة فوجده فى الاسد فى يه و.

L'observation d'Arzachel comparée à sa détermination pour l'an 129 avant J. C., et à celle d'Hipparque, donne pour le mouvement annuel de précession $49''57$ et $49''77$, en moyenne $49''67$.

Comparée à l'observation de Habasch, et à celle d'Ebn-al-Aalam, elle donne $50''9$ et $49''7$; en moyenne $50''3$. De tels résultats font honneur à Arzachel, et le relèvent du reproche d'avoir copié Albatégni. Nous savons par Aboul-Hhassan qu'il avait observé pendant vingt années consécutives, de 1060-1080; et en exprimant le regret que ses ouvrages ne nous soient point parvenus, nous ne pouvons nous empêcher de faire de nouveau remarquer combien l'étude approfondie des travaux de l'école arabe pourrait fournir d'utiles documents sur l'une des périodes les plus intéressantes de l'histoire de l'astronomie.

NOTE V.

De la latitude de la lune.

« On sait que l'orbite de la lune est inclinée sur l'écliptique, en moyenne, d'environ 5° 8′. Jusqu'au commencement du dix-septième siècle, si l'on en croit les historiens de la science astronomique, on avait supposé cette inclinaison constante et toujours de 5 degrés. « Ptolémée, Albatégni, Alfonse, « dit Lalande (t. II, p. 190), ont été suivis en cela par « Copernic, avec trop de confiance, comme dans « plusieurs autres occasions. » Ce fut Tycho-Brahé qui, le premier, s'écarta des traditions anciennes; *après avoir découvert* la troisième inégalité lunaire, il remarqua que les limites de la plus grande latitude de la lune n'étaient pas constamment les mêmes, et les trouva tantôt de 4° 58′ 30″, tantôt de 5° 17′ 30″ (en moyenne, de 5° 8′).

« M. Biot, jugeant les Grecs et les Arabes, dans le cahier d'octobre 1843 du *Journal des Savants* (p. 610), établit qu'Hipparque et Ptolémée n'aperçurent pas les variations de l'inclinaison de l'orbite lunaire, non plus que les oscillations périodiques des nœuds; et il ajoute, à l'exemple de Lalande :

« Leur existence est restée pareillement inconnue *aux Arabes*, aux rédacteurs des Tables al-

« fousines, et à Copernic. Tycho, le premier, les « découvrit ; ce qui prouve qu'*antérieurement* à « cet astronome infatigable, on avait observé la « lune, hors des syzygies, avec trop peu de suite « ou avec trop peu d'exactitude pour y constater « *ces diverses inégalités*, à plus forte raison, d'*au-* « *tres moins sensibles*, qui sont mêlées avec elles. »

« Cependant les manuscrits arabes nous apprennent que, dès le neuvième siècle de l'ère chrétienne, les astronomes de l'école de Bagdad avaient remarqué les erreurs de leurs devanciers sur la détermination de la latitude de la lune. Habash, en 829, la faisait de 4° 46′ ; Aboul-Abbas-al-Fadhl-ben-Hatem-al-Naïziri, ou plutôt al-Tebrizi (Ms. arabe, n° 1112, fol. 184), avait donné deux Tables, l'une selon Ptolémée, l'autre selon ce que disait Habasch des auteurs de la Table vérifiée ; enfin Aboul-Hassan-Ali-ben-Amadjour écrivait, vers 918, qu'il avait mesuré la latitude de la lune un grand nombre de fois, et qu'elle lui avait paru, la plupart du temps, plus considérable que ne l'avaient pensé Hipparque et Ptolémée, ajoutant : « J'ai trouvé *en elle* des différences manifestes. »

« La théorie des Grecs se trouvait ainsi renversée, et les successeurs d'Ali-ben-Amadjour ont pu vérifier ses hypothèses par de nouvelles observations. Un passage important d'Eb-Jounis, qui a été connu de Delambre (1), constate ces premiers essais des astronomes de Bagdad, et élève la limite de l'inclinaison de 4°46′ à 5°3′=17′; mais il ne paraît pas avoir encore pris rang dans la science, puisque M. Biot n'en tient aucun compte. Voici le texte de ce passage, extrait du Ms. arabe n° 1112; il n'indique pas qu'Ebn-Jounis ait tiré grand parti des travaux de ses devanciers, mais il nous montre les Arabes dans une voie de découvertes, que l'avenir ne pouvait manquer de développer.

فى عرض القمر وهو كله وهو بعد مركزه من الفلك الممثل بفلك البروج فى الدايرة العظمى التى تمر بالنهايتين الشمالية والجنوبية وهذه الدايرة تمر ايضا بقطبى الفلك المايل اختلف المتقدمون فى مبلغه فاما ابرخس وبطلميوس فكانا يريان ان اكثر عرضه ه درج واما الفرس فانهم ذكروا ان اكثر عرضه دل واما اصحاب الممتحن قد ذكر عنهم احمد بن عبد الله المعروف بحبش انهم وجدوه برصد الشماسيه د مو وذكر ابو العباس الفضل بن حاتم التبريزى انه حسبه برصد وقع اليه لاحمد ومحمد بنى موسى بن شاكر قد وجده د مه وهذا اقرب مما ذكره احمد بن عبد الله عن اصحاب الممتحن وذكر غيره انهم وجدوه د نح وذكر ابو عبد الله محمد بن جابر بن سنان البتانى فى زيجه انه وجده بقياسه ه درج كما وجده ابرخس وبطلميوس وذكر انه الحسن على بن اماجور انه قاسه مرات كثيرة فوجده فى

(1) *Hist. de l'astronomie au moyen âge*, p. 138 et suiv.

اكثرها يزيد على مذهب ابرخس وبطلميوس قال ووجدت الاختلاف فيه متباينا قال ابو الحسن على بن عبد الرحمن بن احمد بن يونس بن عبد الاعلى وقسته انا مرات كثيرة فوجدته ه ج والذى ضعّف قول احمد بن عبد الله فيما حكاه عن اصحاب الممتحن ان ابا الطيب سند بن على وقد كان حضر الرصدين رصد بغداذ ودمشق اثبته فى زيجه ة درج ولو كان وجد عرض القمر بالرصد ه مع او وجده القايسون بمحضر منه كذلك لا ثبته فى زيجه كما اثبت الاوساط التى وجدها اصحاب الممتحن واتفق هو ويحيى بن ابى منصور عليها ويشهد بمثل ذلك ابو العباس الفضل بن حاتم التبريزى اثبته فى زيجه فى جدولين احدهما براى ابرخس وبطلميوس والاخر بما حكاه حبش عن اصحاب الممتحن ولو كان فيما حكى عن اصحاب الممتحن على ثقة لا ثبته (الا) كما وجدوه كما فعل فى اوساط الكواكب وعلى ما وجدت بالرصد اعول وبالله التوفيق

« *De la plus grande latitude ou latitude totale de la lune.* — On nomme ainsi la distance du centre de la lune à l'orbite homocentrique au zodiaque (sphère des Signes), mesurée sur un grand cercle qui passe par les limites boréale et australe, et en même temps par les deux pôles de l'orbite inclinée. Nos devanciers diffèrent entre eux sur son évaluation. Hipparque et Ptolémée ont pensé l'un et l'autre que la plus grande latitude de la lune est de 5 degrés; les Persans ont dit qu'elle ne s'élève qu'à 4° 30′. Ahmed-ben-Abdallah, surnommé Habaseh, rapporte que les auteurs de la Table vérifiée l'ont trouvée, par l'observation du Schemasiah, de 4°46′; Aboul-Abbas-al-Fadhl-ben-Hatem-al-Tébrizi dit que, l'ayant calculée d'après les observations de Ahmed et Mohammed, fils de Mousa-ben-Schaker, il l'a trouvée de 4° 45′; ce qui se rapproche beaucoup de l'évaluation donnée par Ahmed-ben-Abdallah, d'après les auteurs de la Table vérifiée; mais un autre dit qu'ils l'ont trouvée de 4°58′. Abou-Abdallah-Mohammed-ben-Djaber-ben-Senan-al-Battani (Albatégni) rapporte dans ses Tables qu'il l'a mesurée et trouvée de 5 degrés, comme Hipparque et comme Ptolémée. Aboul-Hassan-Ali-ben-Amadjour dit qu'il l'a mesurée un grand nombre de fois, et qu'elle lui a souvent paru plus considérable que ne l'ont pensé Hipparque et Ptolémée; il ajoute : Et j'ai trouvé en elle des différences manifestes. Quant à moi, Aboul-Hassan-Ali-ben-Abderrahman-ben-Ahmed-ben-Jounis-ben-Abd-al-Aala, je l'ai mesurée moi-même plusieurs fois, et je l'ai trouvée de 5° 3′ ou de 5° 8′? Mais l'assertion de Ahmed-ben-Abdallah sur la détermination des auteurs de la Table vérifiée est infirmée par Aboul-Thyb-Send (Ms. Seid) ben-Ali, qui a été présent aux deux observations faites à Bagdad et à Damas. Les Tables portent 5 degrés, et si, par l'observation, il eût trouvé 4° 46′, ou que ceux qui observaient en sa présence eussent trouvé la même quantité pour la plus grande latitude de la lune, il s'ensuivrait qu'il ne l'aurait pas donnée dans ses Tables (telle qu'elle aurait été observée), comme il y a donné les moyens mouvements déterminés par les auteurs de la Table vérifiée; mais sur ces moyens mouvements il est d'accord avec Iahia-ben-Abi-Mansour; on peut donc adopter la latitude qu'il indique. Aboul-Abbas-al-Fadhl-ben-Hatem-al-Tébrizi a donné dans ses Tables astronomiques deux Tables particulières pour la latitude de la lune : l'une selon Hipparque et Ptolémée, l'autre selon ce que dit Habasch des auteurs de la Table vérifiée. S'il avait eu confiance dans ce qu'on rapportait des auteurs de la Table vérifiée, il n'aurait donné la latitude que comme ils l'ont trouvée, ainsi qu'il a fait pour les moyens mouvements; mais j'ai moi-même plus de confiance dans mes propres observations. »

NOTE VI.

L'ère de Melik-Schah, appelée aussi *ère djélaléenne* (1), fut déterminée par une commission de huit astronomes persans, au nombre desquels se

(1) Voy. p. 137, et nos *prolégomènes* d'Oloug-Beg, p. 25.

trouvaient Omar-Keiam, originaire de Bactriane, et Abderrahman-Hazeni. On lit dans le Ms. persan n° 171, p. 49 : چون حکم عمر خیام و عبد الرحمان حازنی و غیر هما این تاریخ را وضع کردند ; Golius appelle ce dernier : Haziri حازری dans ses notes sur Alfragan, en citant Nedham-eddin. On avait pensé qu'après six intercalations de quatre ans en quatre ans, la sextile était retardée d'une année, et qu'il en était ensuite de même après sept autres intercalations, ce qui peut s'exprimer par la formule $\frac{7}{29}+\frac{8}{33}=\frac{15}{62}$; toutefois, quelques savants n'admettaient que la période $\frac{8}{33}$ qui est reproduite dans l'*Art de vérifier les dates* et ailleurs ; mais les astronomes djélaléens avaient été beaucoup plus loin ; ils avaient adopté pour base la période $\frac{7}{29}+\frac{4.8}{4.33}=\frac{39}{161}$, qui donne une année fort exacte de 365 jours 5 heures 48 minutes 49 secondes 1875 (voy. notre *Manuel de chronologie universelle*, pag. 12 et 176), et ce fait intéressant est confirmé par un passage de Mériem-al-Tchélébi (Ms. c., p. 50), qui réfute Nassir-eddin, l'auteur des *tables Ilkhaniennes* صاحب زیج خانی, et qui compte en 1440 ans, 349 sextiles, در هر هزار و چهار صد و چهل سال سیصد و چهل و نه روز کبیسه افتد. En déterminant l'année moyenne avec une telle précision, les astronomes djélaléens ont fait preuve d'un mérite remarquable.

TROISIÈME PARTIE.

Des instruments astronomiques des Grecs et des Arabes.

En cherchant à réunir les matériaux d'une histoire de l'astronomie chez les Orientaux, nous avons reconnu de bonne heure, combien il serait utile d'examiner d'une manière spéciale quels progrès les Arabes ont fait faire à la partie mécanique, c'est-à-dire, aux instruments d'observation, qu'ils avaient reçus des Grecs et dont ils augmentèrent de beaucoup le nombre.

Nous allons donc passer en revue ce que l'école d'Alexandrie nous a transmis sur cet intéressant sujet, et après avoir recueilli les notions répandues, çà et là, chez les écrivains de l'antiquité, nous nous efforcerons de jeter quelque lumière sur les inventions qui appartiennent en propre à l'école arabe.

La sphère (1) et le gnomon ont été très-ancien-

(1) L'abbé Renaudot, *de l'Origine de la sphère* (*Mémoires de l'Académie des inscriptions*, t. I, p. 1 et suiv.); Delambre, *Hist. de l'astronomie ancienne*, t. I, p. XLVI, 15, 73, 109-138.

nement connus en Grèce; c'est un fait généralement admis (1); mais Thalès de Milet employait-

On trouve aussi, page 100, quelques détails sur la sphère mouvante ou *planétaire* d'Archimède, et, p. 194, sur le globe de Geminus. — Delambre juge bien sévèrement Geminus, en disant qu'il n'était ni géomètre ni astronome, et qu'il a voulu malheureusement faire parade de science. N'est-ce pas une opinion bien hasardée?—Il reproche à Geminus de n'avoir placé ni le centre de la terre, ni la ligne de l'apogée dans la figure qu'il donne du mouvement du soleil; Geminus, il est vrai, ne trace pas la ligne des apsides; mais il l'indique, en disant que la plus grande dodécatémorie de l'orbite est dans les Gémeaux, et la plus petite dans le Sagittaire. « Pour cette raison, ajoute Geminus, « le soleil emploie le temps le plus long à parcourir les Gé« meaux, et le plus court à parcourir le Sagittaire, quoique « son mouvement soit toujours uniforme (chap. 1er). » Un peu plus loin (p. 211), M. Delambre avance que Geminus, ayant *pris ses données dans Hipparque*, a voulu se donner un vernis de géométrie en calculant la variation diurne. Peut-il émettre une telle assertion après avoir dit (p. 190) que Geminus ne connaissait pas le $\frac{1}{300}$ de jour retranché de l'année par Hipparque, et (p. 191) qu'il semble n'avoir eu aucune idée des travaux de cet astronome? Voyez aussi, sur l'équatorial de Geminus, Delambre, *Histoire de l'astronomie ancienne*, t. I, p. 202.

(1) Hérodote dit que les Grecs ont pris des Babyloniens le *pole* et le *gnomon* (éd. Schweighaeuser, *Hist.*, lib. II, p. 383): Πόλον μὲν καὶ γνώμονα καὶ τὰ δυώδεκα μέρεα τῆς ἡμέρης παρὰ Βαβυλωνίων ἔμαθον οἱ Ἕλληνες; voyez aussi l'édition de Larcher, t. II, p. 84, et la note, p. 409. Scaliger (*Ad Manil.*, III) et M. Ideler pensent que le mot *pole* était le nom donné à l'horloge solaire. (Voyez notre *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, pag. 6.)

il d'autres instruments? on l'ignore (1). Jusqu'à Ptolémée, on ne trouve que des indications vagues; à peine devons-nous mentionner l'héliomètre de Méton et l'héliotrope de Phérécyde (2); on ne possède aucun renseignement sur leur grandeur ou sur leurs usages, et peut-être l'héliomètre n'était-il qu'un gnomon destiné à mesurer les ombres solsticiales, puisqu'on ne cite que des solstices de Méton (3).

(1) Diogène Laërce, liv. 1, chap. 1, 3; l'abbé de Canaye, *Recherches sur Thalès* (*Mémoires de l'Académie des inscriptions*, t. X, p. 8). On a dit de Thalès, comme d'Ératosthène, qu'il avait trouvé la hauteur des pyramides par leur ombre.

(2) Diogène Laërce, t. I, liv. 1, chap. XI, 6 : Σώζεται δὲ καὶ ἡλιοτρόπιον ἐν Σύρᾳ τῇ νήσῳ, etc. Bailly, *Hist. de l'astronomie ancienne*, p. 197.

(3) Ptolémée compare le solstice observé par Méton et Euctémon, à Athènes, sous l'archonte Apseude, le 21 phamenoth au matin, à celui qu'il a observé lui-même l'an 463 de la mort d'Alexandre, le 11 mesori, 2 heures après minuit, ou à 14 heures. Ici Delambre (*Hist. de l'astronomie ancienne*, t. II, p. 109 et 576), après s'être appuyé sur les vérifications de M. Marcoz, accuse Ptolémée de s'être trompé d'un jour.— A notre sens, Ptolémée dit le 12 mesori à 2 heures du matin, et sa phrase exige qu'on lise ιϐ', 12, au lieu de ια', 11. La voici : « Pour nous, nous sommes assurés d'une manière certaine que celui (*le solstice*) de l'année susdite, 463e après la « mort d'Alexandre, a eu lieu le (ια', lisez ιϐ') 12 de mesori, « après ou durant la 2e heure, *ou bien* vers 2 heures proche de « minuit (du 11) au 12. » Ce ne peut être le 11, si c'est après le minuit du 11 au 12; et si c'est le 11 après minuit, ce ne peut être le minuit du 11 au 12 : ce serait celui du 10 au 11. Les

Nous pouvons avoir, il est vrai, des données un peu moins incertaines sur les cadrans des anciens (1). Indépendamment du *scaphé* ou hémisphère creux de Bérose (2), Vitruve nous a laissé

nombres résultant du calcul que Ptolémée fait ensuite lui-même, montrent que c'est du 12 qu'il s'agit; autrement il n'aurait que 571 années 139 jours d'intervalle, tandis qu'il en a 140. Voy. Delambre, *loc. cit.*, à la page 576, où la leçon du 12 est indispensable et d'ailleurs indiquée par le calcul de Cabasillas.

(1) Delambre, *Hist. de l'astronomie ancienne*, p. 15, sur le gnomon de Pythéas, et *passim*; de La Nauze et l'abbé Gedoyn, *Mém. de l'Académie des inscriptions*, t. XII, p. 86 et suiv. et p. 170; Fréret, même recueil, t. XVIII, p. 206; l'abbé Sallier, *Recherches sur les horloges des anciens*, même recueil, t. IV, p. 148; *Dissertation sur Jacques de Dondis*, loc. cit., et les auteurs qui sont indiqués dans ce mémoire; on y trouve (p. 448 et suiv.) des détails intéressants sur les horloges chez les Romains et au moyen âge (*horloges de Boëce et de Cassiodore, de Pépin*, etc.). Nous le mentionnerons plus loin pour les *clepsydres*. Aristophane nous apprend que, de son temps, on se servait à Athènes d'un simple gnomon sans divisions horaires. Ideler, *loc. cit.* Voy. aussi Bailly, *Hist. de l'astronomie moderne*, t. I, p. 71 et suiv.

(2) Cet hémisphère ou hémicycle, placé horizontalement dans un lieu découvert, a sa partie concave tournée vers le zénith; un style s'y élève verticalement (Delambre se sert du mot *globule*). Dès que le centre du soleil dépasse l'horizon, 'ombre du style entre dans la concavité de l'hémisphère, et y trace dans une situation renversée le parallèle diurne du soeil. Cet instrument, qui servait à la fois à marquer les heures et les saisons, fut adopté par les Grecs. — Bérose florissait vers 230 avant J. C. Y a-t-il eu deux Bérose? L'astronomie a-t-elle été portée en Grèce par le Chaldéen Bérose? (*Mém.*

quelques débris de la gnomonique des Grecs; il explique le cadran d'Eudoxe appelé *l'araignée*. L'analemme de Ptolémée nous offre aussi des constructions fort simples et suffisantes pour les cadrans réguliers; la tour des vents d'Athènes (1) nous fournit huit verticaux déclinants; et, quant aux projections, l'analemme semblerait prouver que les Grecs connaissaient la projection orthographique, la projection gnomonique et la projection stéréographique (2). Il nous suffit, au reste, de renvoyer à cet égard à l'ouvrage de Delambre; et nous nous contenterons de signaler ce point important, que les anciens n'employaient et ne marquaient sur leurs cadrans que les heures temporaires.

Quant aux cadrans de Rome, on sait que le premier fut érigé l'an 263 avant J. C. par le consul Val. Messala (3).

de l'Académie des inscriptions, t. VI, p. 8 et 178; Delambre, *Astron. anc.*, *passim*, et particulièrement t. II, p. 510; Ideler, *Mém. sur les Chaldéens*, p. 159.

(1) Delambre, *Hist. de l'astronomie ancienne*, t. II, p. 487; *Antiquités d'Athènes*, de Stuart; *Cadran de Délos* (*Histoire de la classe des sciences mathématiques*, 1814). M. Delambre s'étend assez longuement sur les cadrans anciens, *loc. cit.*, t. II, p. 489-514.

(2) Delambre, *Hist. de l'astron. anc.*, t. II, p. 485.

(3) *Mémoires de l'Académie des inscriptions*; *Dissertation sur Jacques de Dondis*, loc. cit. Saumaise, *in Flavium Vopis-*

L'usage des clepsydres et des sabliers remonte aussi à une époque fort reculée (1); mais il ne faut pas cependant confondre avec les horloges à eau (2) proprement dites les clepsydres qu'on employait à Rome et à Athènes au quatrième siècle; les Chaldéens avaient, dit-on, divisé le zodiaque en douze signes par les levers au moyen d'une clepsydre (3); les Égyptiens trouvaient le diamètre du soleil par les horloges d'eau, et par le temps que le diamètre met à monter sur l'horizon; voici de quelle manière (4) :

cum, p. 425 *b*; Schœll, *Éléments de chronologie*, t. I, p. 23, etc.

(1) *Dissertation sur Jacques de Dondis*, loc. cit., et la note précédente; l'abbé Sallier, *Recherches sur les horloges des anciens* (*Mémoires de l'Académie des inscriptions*, t. IV, p. 148). La première clepsydre qu'on vit à Rome fut celle de Scipion Nasica. Ces horloges étaient appelées *horologia hydraulica* ou *horaria*, et Cicéron se sert du terme *solarium;* Schœll, *Éléments de chronologie*, t. I, p. 23, où l'on trouve aussi quelque chose sur les horloges au moyen âge. Voyez la description donnée par Vitruve de l'horloge à eau de Ctésibius. Sur l'horloge de Cicéron, voyez Zuzzeri et Delambre, *Hist. de l'astr. anc.*, t. I, p. 263; Bailly, *idem*, p. 383 et suiv.; et *Hist. de l'astr. mod.*, t. I, p. 61 et suiv.

(2) Ideler, *loc. cit.*, sur les clepsydres d'Athènes et l'horloge de Platon. Les Chaldéens se servaient sans doute de l'*hydrologe*.

(3) Ils employèrent aussi la course d'un cheval, après avoir préalablement mesuré le chemin qu'il faisait dans un temps donné. Delambre, *loc. cit.*

(4) Καὶ πρῶτον ὅπως συμβαίνει καθ' ὁμαλὴν ῥύσιν ὕδατος ἐκλα-

Au moment où le disque du soleil apparaissait à l'horizon, le jour de l'équinoxe, on laissait sortir l'eau goutte à goutte du fond du vase, qui se conservait toujours plein au moyen d'un autre vase placé au-dessus, et qu'on remplissait au fur et à mesure. On recevait dans un bassin l'eau qui tombait depuis l'apparition du premier bord du soleil jusqu'au moment où le disque se montrait tout entier sur l'horizon, et dans un second bassin beaucoup plus grand, l'eau qui tombait jusqu'au lendemain à la première apparition du soleil; puis on mesurait et on pesait avec soin l'eau contenue dans chaque bassin, et l'on établissait cette proportion : comme toute la quantité d'eau écoulée est à celle qui est contenue dans le

βεῖν χρόνον λέγομεν ὅσα καὶ Ἥρων ὁ μηχανικὸς ἐν τοῖς περὶ ὑδρίων ὡροσκοπείων ἐδίδαξε, etc. Proclus, *Hypotyposes*, éd. Halma, p. 107; mais, ajoute-t-il, ἕτεροι δὲ λαβόντες ὡροσκοπεῖόν τι τῶν συνηθῶν τουτέστι σκάφην ἢ καὶ ἄλλοτι γνωμονικὸν κατασκεύασμα, ἢ καί τινα κλεψύδραν... ἢ καὶ χρόνον ἐξ ὑδρολογίου χρονολάβου λαμβάνοντες, etc., p. 108. Valla dit, p. 351 : « Quæ Heron mecanicus *et refert Proclus.* » Ceci répond à l'accusation portée contre Valla par l'abbé Halma (t. IV, discours préliminaire, p. 10 et 11); l'abbé Halma s'est beaucoup servi, cependant, du travail de ce savant. — Proclus, p. 103, appelle ceux qui mesurent le temps par les gnomons οἱ γνωμονικοί; — man. latin de la Bibliothèque du roi, n° 7263, fol. 257; n° 7264, fol. 281. Voy. Valla, p. 349; et, sur Héron, M. Arago, dans son excellente dissertation sur les machines à vapeur. *Ann. du Bureau des longitudes,* 1837, p. 225.

petit bassin, ainsi les 360 degrés de la sphère céleste sont à la grandeur cherchée du diamètre solaire (1).

Cette méthode est fort incertaine, et Ptolémée la repousse; il emploie, pour arriver au même résultat, la dioptre d'Hipparque, dont nous parlerons plus loin.

Venons maintenant aux instruments astronomiques, dont Ptolémée nous a laissé une description plus complète; le premier est une armille solsticiale qui lui sert à montrer de combien l'écliptique est incliné sur l'équateur (2). On peut croire qu'Aristille et Timocharis connaissaient l'usage de cette armille; mais on n'en saurait dire autant d'Ératosthène, qui fit toutefois placer à

(1) Proclus, p. 107 : Ἢ διὰ χρονολάβων παρεσχόντων, ἢ δι' ὑδρομέτρων, ἢ δι' ὡροσκοπίων; Valla, p. 350, traduit ainsi : « Per « temporum acceptiones, vel per hydrologium, vel hydroscopia; » et l'abbé Halma écrit tout simplement : « Soit par des « instruments propres à montrer le temps, soit par des ins- « truments à eau nommés hydromètres. » Voyez ce que dit M. Ideler, *Handbuch der Mathem. and Techn. Chronologie*, t. I, p. 225 et 226.

(2) Ptolémée, *Almageste*, liv. I, ch. X; *Epitomes Joannis de Monte-Regio in Almagestum*, lib. I, pr. XVII, et lib. II, pr. XIV; Schrekhenfuchsii, *Annotationes*, p. 23 et 24. Delambre, *Hist. de l'astronomie ancienne*, t. II, p. 74, fait remarquer que Ptolémée n'indique ni les dimensions, ni l'inventeur de l'instrument; mais c'est probablement parce que l'usage en était très-répandu de son temps.

Alexandrie des armilles équatoriales (1). Proclus nous a donné un long commentaire sur l'armille de Ptolémée (2); c'est dans ce commentaire que se trouve l'indication d'un cercle que plus tard on a nommé *cercle indien* (3), et comme nous aurons l'occasion de rapporter tout ce que les auteurs arabes et persans ont dit à ce sujet, il n'est pas hors de propos de transcrire ici les termes mêmes de Proclus (4) :

« On prend, dit-il, le parallélisme de l'horizon « au moyen de cales posées au-dessous d'une plan- « che sur laquelle porte le pied du soutien, de « manière qu'elle ne penche d'aucun côté; ce qui « est évident si de l'eau versée sur la planche reste « en place sans s'écouler par quelque endroit que « ce soit. Ensuite on pose un gnomon vertical sur « la base carrée, et on décrit un cercle autour du « pied de ce gnomon comme autour d'un centre; « on observe, avant midi, le moment où l'ombre

(1) Delambre, *Hist. de l'astronomie ancienne,* t. I, p. 86 et 97; t. II, p. 252.

(2) Proclus, *Hypotyposes,* trad. de l'abbé Halma, p. 78; Valla, p. 338.

(3) Le cercle indien était un véritable instrument, et non pas seulement un procédé, comme l'a pensé M. Biot; les textes arabes, ainsi qu'on le verra plus loin, ne permettent aucun doute à cet égard.

(4) Proclus, *Hypot.*, éd. Halma, p. 81 et 82.

« du gnomon atteint la circonférence de ce cercle, « pour marquer exactement le point où elle tombe, « et ensuite, après midi, l'autre point où l'ombre « aboutit, quand elle atteint encore la circonfé- « rence; et, joignant avec une règle ces deux « points, on trace une ligne que l'on divise en « deux parties égales; si l'on applique ensuite la « règle sur le point du milieu et sur le centre du « cercle, la droite tirée le long de cette règle jus- « qu'à la circonférence sera la ligne méridienne « dans tous ces points, parce qu'à midi l'ombre « qui tombe du gnomon se confond avec elle. »

Ptolémée employait aussi, pour déterminer l'inclinaison de l'écliptique, un quart de cercle tracé sur une planche (1), que nous retrouvons chez les Arabes sous le nom de *briques*, et dont a voulu faire un *mural*; mais rien ne prouve qu'il en ait été l'inventeur (2). Il ne dit que quelques mots

(1) Ptolémée, *Almageste*, liv. I, ch. X; *Epitomes Joannis de Monte-Regio*, lib. I, pr. XVII. Les auteurs arabes font mention de cet instrument et l'appellent اللبنة, *les briques*. On en a déjà fait la remarque sous forme de doute (*Mém. sur l'observatoire de Meragah*, par Jourdain, p. 18); mais nos dernières recherches ne peuvent laisser aucune incertitude sur ce point. Aboul-Hhassan, man. 1148, fol. 130, en décrivant cet instrument, traduit les propres expressions de Ptolémée.

(2) Delambre, *Hist. de l'astr. anc.*, t. II, p. 75, fait plusieurs réflexions sur ce passage de Ptolémée, sans rien conclure. C'est qu'en effet on ne peut affirmer que l'astronome

des armilles équinoxiales, en parlant des observations faites à Alexandrie au cercle de cuivre (1) placé dans *le portique carré;* cet instrument, qui paraît avoir été connu d'Hipparque, offrait beaucoup d'inexactitude.

Nous avons lieu de croire que Ptolémée n'a pas non plus inventé plusieurs des instruments dont on lui attribue généralement la première idée. L'astrolabe qui porte son nom (2) appartient,

d'Alexandrie ait le premier construit et employé l'instrument dont il est question. Le mot ἐποιούμεθα, dont se sert Ptolémée, n'est pas une preuve suffisante ; aussi ce problème, *Ptolémée a-t-il été réellement inventeur?* est encore tout entier à résoudre. Voyez notre Mémoire sur la découverte de *la variation* par Aboul-Wéfa, p. 16.

(1) Ptolémée, liv. III, ch. II; Montucla, *Hist. des mathématiques,* t. I, p. 305 ; voyez aussi le Commentaire de Théon et le manuscrit latin de la Bibliothèque du Roi, n° 7263, fol. 140, trad. de Théophile; *Epitomes Joannis de Monte-Regio,* lib. III, pr. 1; *Schrekhenfuchsii Annotationes,* p. 45. Ce commentateur, en rappelant les instruments dont les anciens se servaient pour observer les équinoxes, en donne la figure.

(2) Ptolémée, *Almageste,* liv. v, ch. 1, et liv. VII, ch. IV; *Epitomes Joannis de Monte-Regio,* liv. v, prop. 1 et II, et liv. VII, prop. VII; Georges de Trebizonde, traduction latine de l'*Almageste,* fol. 101 ; *Erasmi O. Schrekhenfuchsii, præfatio*, p. 6; Delambre, *Hist. de l'astronomie ancienne,* t. I, p. 67, et t. II, p. 185; Halma, t. IV, p. 137 et suiv. Colebrooke, *Miscell. Essays,* t. II, p. 347. Voyez la figure de l'instrument dans les ouvrages que nous venons de citer, et dans la traduction de l'*Almageste* par l'abbé Halma.

sans aucun doute, à Hipparque (1); il ne doit point être confondu avec les astrolabes planisphères que les Arabes construisirent d'une manière si parfaite, en faisant l'application des règles données par Ptolémée dans son *Traité du planisphère* (2); on l'appelle avec plus de raison *l'instrument des armilles, instrumentum armillarum*, comme l'écrit Georges de Trébizonde. Proclus en a complété la description dans ses Hypotyposes (3). Ce fut encore Hipparque qui inventa la

(1) Cette question, longtemps débattue, paraît avoir reçu sa solution définitive. Voy. Delambre, t. II, p. 486. Plus loin, p. 454, citant Proclus à propos du planisphère de Ptolémée, il nomme, comme ayant traité de l'astrolabe, *Ptolémée après Hipparque,* Ammonius, Philoponus, Nicéphore, etc. La lettre de Synésius sur l'astrolabe ne doit point d'ailleurs laisser de doute à ce sujet.

(2) On sait que le traité du planisphère de Ptolémée nous est parvenu par les Arabes, qui l'avaient traduit dans leur langue; on a une traduction latine de la version arabe de Maslem.

(3) Proclus, p. 78. L'abbé Halma, dans sa traduction française de Proclus, p. 10, traite fort mal la traduction latine de Valla, qu'il suit cependant maintes fois pas à pas. Il accuse aussi Valla d'avoir donné une description de l'astrolabe tronquée, inintelligible, et d'y avoir ajouté un extrait du traité de l'astrolabe de Philoponus. C'est un reproche que Valla ne mérite pas; car cet auteur n'a pas voulu s'astreindre à donner une traduction littérale de Proclus, sans commentaire; et ce qui suit le prouve avec évidence (Valla, p. 364) : « Sphæræ in « astrolabis superficiei exarationem, et quæ in ipso descripta « sunt causas commoditatemque, nec non in quot qualesque

dioptre (1) sur laquelle Proclus et Théon nous ont donné des détails, et d'un autre côté, l'on a fait depuis longtemps justice de certains écrits qui tendaient à attribuer aux Grecs la connaissance et l'emploi des lunettes.

« usus accommodetur quam maxime fieri potuerit explicare « moliemur quæ olim post Hipparchum, Ptolemæus, inde Ammonius et Proclus et Philoponus et Nicephorus prodiderunt, quæ omnia, cum perspicuitatem lumenque desiderent, « hinc evidentius quæ ad fabricam quæque ad usum tendant « dicere ordiemur, etc. » Voy. aussi p. 366 et 374. — Proclus, p. 137, signale la différence qui existe entre le météoroscope et l'astrolabe : Διαφέρει μὲν τὸ μετεωροσκόπιον τοῦ ἀστρολάβου τούτου καθ' ὅσον ἐκεῖνον καὶ ταῦτα τηρεῖν δυνατὸν ὅσα διὰ τούτου καὶ ἄλλα πλείονα τῶν πρὸς ἀστρονομίαν χρησίμων, καὶ γὰρ τὸ πλῆθος τῶν κύκλων ἐξ ὧν ἐκεῖνο πλέον ὑπάρχει. — Puisque nous parlons ici de Proclus, nous ne terminerons point cette note sans dire un mot d'un instrument dont il donne la description, et qui était destiné à représenter le mouvement du soleil (Proclus, p. 90) : on trace sur une planche de cuivre ou de bois un zodiaque divisé en douze parties, et chaque partie en minutes, secondes, etc. On prend pour l'apogée et le périgée 5 degrés 30′ des Gémeaux et du Sagittaire; on y fait passer un diamètre, et prenant 24 fois la trentième partie du rayon, à partir du centre, on décrit par l'extrémité un cercle intérieur qui donne l'orbite solaire. Voyez Valla, p. 343.

(1) Proclus, p. 107, s'exprime ainsi : Ἵππαρχος διὰ διόπτρας.... ἐνεποίησε κανόνα τετραπήχη σωληνοειδῆ πρισμάτια ἔχοντα πρὸς ὀρθὰς δι' ὧν διοπτεύε τὰ μέγεθη τῶν ἐν τοῖς φωτοῖς διαμέτρων τὸ αὐτὸ κάλλιον ἐτήρησεν ᾧ καὶ Πτολεμαῖος ἠκολούθησεν.... voyez aussi p. 109 et 110. Valla, p. 345, 350 et suiv.; Halma, *loc. cit.*, et t. I, préface, p. LVII. Théon donne la description de la dioptre d'Hipparque, éd. de 1538, fol. 257 et 262, où l'on

Quant à la sphère solide (1) de Ptolémée, et à ses règles parallactiques ou *triquetum* (2), il suffit de les mentionner ici ; la construction du premier de ces instruments était connue bien avant l'astronome d'Alexandrie, et le second a été justement critiqué par les Arabes et par tous ceux qui en ont fait un examen attentif. Telles sont les notions que nous ont transmises les auteurs grecs sur les instruments astronomiques employés de leur temps (3) ; et il faut avouer que l'école d'A-

trouve la figure de l'instrument, et man. lat. de la Bibliothèque du Roi, n° 7263, fol. 248, et n° 7264, fol. 282. Bailly, *Astron. moderne*, t. I, p. 180, 479 et 567.

(1) Ptolémée, *Almageste*, liv. VIII, ch. III; *Epitomes Joannis de Monte-Regio*, liv. VIII, prop. II.

(2) Ptolémée, *Almageste*, liv. V, ch. III; *Epitomes Joannis de Monte-Regio*, liv. V, prop. XIII, XIV, XV; Théon, fol. 254, et les traductions de ce commentateur, man. latins de la Bibliothèque du roi, n° 7264, trad. de Saint-Clair, fol. 277, et n° 7263, trad. de Théophile, fol. 254. Proclus, p. 102 et 105 : Κατελείφθησαν τοίνυν ἀπὸ τίνος ὀργάνου χρησίμου κατασκευασθέντος ὃ καὶ ἐντεῦθεν ὀνομάζεται παραλλάκτικον ὄργανον οὗ τὴν κατασκευὴν καὶ τὴν χρῆσιν περίεργον ἐκτίθεσθαι, σαφῶς παρὰ τοῦ Πτολεμαίου κειμένην καὶ οὐδὲν ἡμῖν δεομένην εἰς τὴν ἐξήγησιν. Valla, p. 349, 350. Voyez aussi Georges de Trébizonde, tr. de l'*Almageste*, p. 113 et 114; Albategni, ch. LVII, et Delambre, *passim*; Man. ar., n° 1157, fol. 54 et suiv.

(3) Lalande a traité des instruments des Grecs dans le ch. XIII du t. II de son grand ouvrage; consultez aussi Bailly, *Astr. anc.*, p. 81 à 504, et *Astr. mod.*, t. I, p. 20 à 180, et 555 à 577.

lexandrie a répandu bien peu de lumières sur cette branche de l'histoire de la science.

Nous trouverons chez les Arabes des détails plus étendus, plus complets.

On a toujours cru ou supposé qu'ils s'étaient servis des instruments inventés par les Grecs, en les perfectionnant peut-être, sans rechercher d'une manière précise la nature des changements qu'ils y avaient introduits. En voyant des mécaniciens cités avec éloge dans quelques-uns des traités d'astronomie qui nous sont parvenus, et des savants porter le surnom d'*Astharlabi* (faiseur d'astrolabes), on a conclu que les Arabes avaient donné un soin particulier à la fabrication des instruments; et personne n'a cherché à se rendre compte des améliorations dont on leur était redevable. Si les noms de quelques instruments nouveaux se sont offerts dans les écrits scientifiques que des traductions latines ont fait connaître au moyen âge, on s'est contenté de les transcrire sans prendre la peine de recourir aux originaux, qui auraient pu fournir des détails curieux, et l'on s'en est tenu à une sèche nomenclature (1). C'est ainsi que nous voyons mention-

(1) On peut se faire une juste idée du peu de documents positifs qui existent sur ce sujet en parcourant l'*Histoire de*

nés le shafiah d'Arzachel (1), le sextant de Fakhreddaulah (2), sans qu'aucune explication permette de les apprécier; des renseignements écourtés ou imparfaits sur l'usage des instruments compris dans l'Almageste, et sur la confection de quelques autres d'une importance fort secondaire, voilà tout ce qu'on a appris jusqu'à présent de plus positif.

Il importait de remplir cette lacune, et c'est là le but que nous nous sommes proposé.

Les Arabes ont, sans contredit, apporté dans les arts mécaniques une grande perfection; la preuve en est dans les horloges que l'on construisait du temps de Haroun al-Raschid; une de ces horloges fut offerte à Charlemagne (3). On en distinguait trois espèces : celles à eau (horloges hydrauliques); celles qui vont par le moyen du sable

l'astronomie au moyen âge, par Delambre. Voy. aussi E. Bernard, *Philosoph. Trans.*, t. XIII, p. 567.

(1) Delambre, *Hist. de l'astron. au moyen âge,* p. 6; Assemani, *Globus cœl. cuf. arab.*, p. XLIV; Casiri, *Bibliothèque ar. Escur.*, t. I, p. 393; D'Herbelot, *Bibliothèque orient.*, au mot *Zarcalah;* Ideler, *Untersuchungen über den Ursprung der Sternnamen,* introd.

(2) Assemani, *Globus cœl. cuf. ar.*, p. XLV; E. Bernard, *Philos. Trans.*, t. XIII, p. 724.

(3) Weidler, *Hist. astron.*, p. 208; notre *Introd. aux Tables astronom. d'Oloug-Beg,* t. I, p. 38; Golius, *in Alferganum notæ,* p. 2.

(sabliers); et enfin, celles que des roues combinées font mouvoir (horloges à roues) (1). Silvestre de Sacy nous a fait connaître fort en détail la grande horloge de Damas, dans sa relation d'Abd-Allatif (2); des globes célestes en cuivre ou en argent attestaient également l'habileté des constructeurs d'instruments (3), et nous aurons plus tard l'occasion de montrer jusqu'à

(1) Jourdain, *Mém. sur l'Observatoire de Maragah*, p. 49.

(2) Silvestre de Sacy, *Relation de l'Égypte par Abdallatif*, p. 578. V. aussi Almakkari, éd. de Gayangos, p. 81.

(3) Casiri, *Biblioth. ar. hisp. Esc.*, t. I, p. 417 : « Ben-Alnabdi Ægypti incola, vir erat doctus et astrolabiorum et « aliarum cœlestium machinarum insignis artifex. Cujus nos « aliquot instrumenta adfabre elaborata ac peraccurate delineata mirati sumus cum Abul-Cassem-Ali-ben-Hamah Giorgianensis, regius ea tempestate administer, anno hegiræ 435 « (a. c. 1043), bibliothecæ Cairensis rebus consulere decrevisset, ejusque indicem componendi, tum codices concinnandi, « reparandique curam viris duobus demandasset, videlicet « Aba-Abdallæ-Alcodhai dignitate judici et Ben-Khalepho bibliopolæ (utrique Hispano); illam ego inquit (Ben-Alnabdi « suprà laudatus) post modum adii, absolutum ab utroque « auctore opus spectaturus. Ibi præter selectos de astronomia, « geometria, et philosophia codices numero sex mille et quingentos, vidi globos duos : alterum æneum à Ptolemæo olim « confectum, cujus tempore, quo factus est, rite perspecto, « subditisque calculis, annos MCCL elapsos fuisse comperimus : argenteum alterum ad Abil-Hoscin-Alsuphi ad usum « regis Adhadaldaulat jam pridem elaboratum, trium millium « dracmarum pondere qui totidem nummis aureis emptus esse « traditur. » Assemani, *Globus cœl. cuf. ar.*, p. LXXII et LXXIII.

quel point ils portaient la précision et l'exactitude dans la fabrication des quarts de cercle, des astrolabes, etc. On a prétendu que les Arabes connaissaient le pendule; c'est une question encore en litige, mais que des recherches ultérieures pourront résoudre affirmativement (1). Chaque jour amène quelque découverte nouvelle, et vient démontrer l'extrême importance d'un examen approfondi des manuscrits de l'Orient. Le travail de M. le chevalier Amédée Jaubert sur la boussole, employée dès le douzième siècle par les Arabes, n'en est-il pas encore une preuve évidente (2). Quant à l'opinion qui leur attribue l'invention du téles-

(1) Voici le passage d'Ed. Bernard qui a donné lieu à cette assertion : « Inter codices arabicos in musæo Mertonensi..... « multa sane commendant astronomiam Orientalium. Felicitas « quidem et claritas regionum ubi observatum; machinarum « granditas et accuratio, quantas plerique nostri credere no- « lunt cœlo ipso obvertisse. Contemplantium insuper numerus « et scribentium decuplo major quam apud Græcos Latinosque « celebratur. Adde decuplo plures munificentiores ac poten- « tiores principes qui viris boni ingenii sumtus et arma cœ- « lestia dederunt. Quid vero astronomi Arabum in Cl. Ptole- « mæo, magno constructore artis cœlestis, injuria nulla re- « prehenderent; quam illi sollicite temporis minutias, per « aquarum guttulas, immanibus Sciotheris, imo (mirabere) « fili penduli vibrationibus jampridem distinxerint et mensu- « rarint; quam etiam perite et accurate versaverint in magno « molimine ingenii humani de ambitu intervalloque binorum « luminarium et nostri orbis una epistola narrare non debet. »

(2) Klaproth, *Mém. sur l'invention de la boussole.*

cope, nous ne nous y arrèterons pas ici (1). On a récemment imprimé que peut-être ils avaient possédé quelque instrument propre à faire mieux apercevoir les objets éloignés, et l'on a rappelé à ce sujet le miroir d'Alexandrie (2), au moyen duquel on aurait vu des vaisseaux sortir des ports de la Grèce; mais avant que ce point, d'ailleurs fort intéressant, pût devenir l'objet d'une discussion sérieuse, il faudrait qu'il s'appuyât sur quelques faits hors de toute contestation.

Parmi les auteurs arabes dont les écrits sur l'astronomie nous sont aujourd'hui connus, Albatégni, Ebn-Jounis, Géber ben-Afflah, sont les seuls qui parfois parlent des instruments, et encore ce qu'ils énoncent est-il peu instructif. Ebn-Jounis, pourtant, nous apprend que les Arabes aimaient les grands instruments (3); Abou-Rihan-Albirouni se servait d'un cadran de quinze coudées (4), et l'on sait ce que Gravius rapporte de

(1) Jourdain, *Mém. sur l'Observatoire de Meragah*, p. 28. Voy. notre mémoire déjà cité, p. 114.

(2) Silvestre de Sacy, *Chrest. arabe*, t. II, p. 183; *Relation de l'Égypte*, p. 240; voyez notre Notice sur l'histoire des mamlouks de Makrizi, trad. par M. Quatremère, p. 17.

(3) Caussin, trad. des premiers chapitres d'Ebn-Jounis, p. 6; Jourdain, *loc. cit.*, p. 23.

(4) Assemani, *Globus cœl. cuf. arab.* Il appelle Albirouni *Albatrunius*. Voy. aussi Flamsteed, *Prolegomena*, p. 28.

celui d'Oloug-Beg (1); quant au sextant, nous en donnerons plus loin la description détaillée: mais si nous voulons arriver aux explications techniques et à des notions positives, c'est à l'astronome de Maroc Aboul-Hhassan que nous devons principalement recourir. Nous avons de ce savant deux traités (manuscrits arabes de la Bibliothèque du Roi, nos 1147 et 1148), dont le premier, traduit par J. J. Sédillot, mon père, et publié par mes soins sous le titre de *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, contient tout ce qui se rapporte spécialement à la gnomonique (2). Le manuscrit 1148 en est la suite nécessaire, et c'est là que nous avons puisé la plus grande partie des documents dont nous avions besoin pour rendre notre travail complet. Ce manuscrit comprend, outre la description de nombreux instruments purement astronomiques, des détails assez étendus sur l'usage des cadrans dont la construction est exposée dans le manuscrit 1147; c'est pourquoi

(1) Gravius, *Ulug-beigi epochæ celebriores*, etc., cité par Assemani, *Globus cœl. cuf. arab.*, p. XLV; Hyde, *præf.*, p. 19. Nous avons adopté l'orthographe d'*Oloug-beg*, en nous conformant à l'opinion de M. le chevalier Am. Jaubert. Ce nom a été écrit de bien des manières différentes : *Olug*, *Ulug*, *Oulough*, etc., et même *Oleg*, Flamsteed, *Prolegomena*, p. 29, ou *Ulocbegus* et *Olocbegus*, E. Bernard, *loc. cit.*

(2) Beigel, *Bemerkungen über die Gnomik* (*Gnomonik*) *der Araber* (Mines de l'Orient, t. I, p. 427).

nous allons en dire quelques mots avant de commencer la revue des instruments nouveaux que nous aurons à faire connaître.

Au nombre de ces cadrans, nous distinguerons le bhafir (1) et l'hélice (2); le cadran cylindrique, propre à toutes les latitudes (3); le cadran conique (4); le *sakke al-jeradah*, ou la jambe de la sauterelle (5), que l'on peut comparer au *jambon* des Grecs. Quant à la balance fezarie ou khorarie (6), ses usages se trouvent fort longuement expliqués dans le manuscrit 1148, fol. 155 et suiv.; ils sont divisés en 50 sections, dont nous avons donné ailleurs l'indication (texte et traduction) (7).

Dans les instruments que nous venons de mentionner, il est bon de faire remarquer que toute heure a pour correspondante une autre heure, de telle sorte, par exemple, que la sixième heure répond à la septième, la cinquième à la huitième, etc.; mais il y a une distinction à faire à l'égard de ces heures, c'est que les correspondantes diffèrent

(1) Voy. notre édition d'Aboul-Hhassan, t. II, p. 423.

(2) Id., p. 430.

(3) Id., p. 438; Delambre, *Hist. de l'astr. au moyen âge*, p. 437.

(4) Aboul-Hhassan, t. II, p. 455.

(5) Id., p. 440 et suiv.

(6) Id., p. 458. M. Quatremère pense qu'il faut lire *kharari*.

(7) Voy. notre Mémoire déjà cité, p. 46 et suiv.

pour leurs commencements et leurs fins, le commencement de chacune des heures répondant à la fin de sa correspondante.

Quant aux cadrans que nous allons énumérer, l'extrémité de l'ombre du gnomon (1) vous montre l'heure qu'il est. On les suspend à des fils de manière qu'ils restent parallèles au plan pour lequel ils sont construits; et, les parallèles des signes et de leurs parties y étant tracés, si on les place relativement au soleil de manière que l'extrémité de l'ombre du gnomon tombe sur le parallèle du jour, le point sur lequel tombera cette extrémité de l'ombre indiquera quelle heure il est.

Ces cadrans sont plus commodes que ceux qui précèdent, parce que les quatre points cardinaux et l'azimut de la kiblah doivent y être marqués par des lignes droites. On reconnaît aussi très-facilement le temps de l'ashre et celui auquel le soleil est sur l'azimut de la kiblah.

Ces cadrans sont :

1° Le cadran horizontal (2);

(1) Mekyas ou gnomon. M. Caussin, traduction d'Ebn-Jounis, p. 70, appelle le *mekyas* un instrument à mesurer.

(2) Voy. Albatégni, ch. LVI; et notre édition d'Aboul-Hhassan, t. II, p. 612 et suiv.; Beigel, *Mines de l'Orient*, t. I, p. 422 à 427.

2° Le cadran oriental et occidental sur le plan du méridien ;

3° Les cadrans sur le plan du premier vertical, ou cadrans verticaux du midi et du nord ;

4° Le cadran vertical déclinant et le cadran incliné ;

5° Les cadrans dont le gnomon, au lieu d'être perpendiculaire au plan, est parallèle à l'horizon ;

6° Les cadrans parallèles à des horizons quelconques ;

7° Le cadran horizontal des heures égales, sans employer aucun azimut et sans autre parallèle que celui du bélier ;

8° Enfin, les cadrans cylindriques perpendiculaires à l'horizon, à un vertical, etc. ; les cadrans dans un hémisphère creux, horizontal ou vertical, et les cadrans sur des feuilles de paravent, comme ceux que lord Elgin a rapportés d'Athènes.

Tels sont les instruments de ce genre que le manuscrit 1147 nous fait connaître.

Il existe à la Bibliothèque royale, département des cartes et plans, un quart de cercle fort curieux, qui, après ce que nous avons dit, n'a pas besoin d'explications (1). Quant au cadran solaire dont l'empreinte, rapportée d'Égypte par le savant

(1) Voy. aussi notre édition d'Aboul-Hhassan, t. II, p. 481 et suiv.

M. Marcel, se trouve reproduite dans l'atlas de la Description de l'Égypte, il mérite une attention particulière. Gravé sur une dalle de pierre de vingt-sept pouces de long sur vingt et un pouces de large (1), ce cadran portait, comme le *basithah* ou cadran horizontal d'Aboul-Hhassan (2), les quatre points cardinaux : شمال, *nord;* جنوب, *sud ;* مشرق, *est;* مغرب, *ouest*, disposés de la même manière. Il a été construit pour la latitude de 30 degrés (c'est la latitude du Caire) en l'année 696 de l'hégire (1296 de l'ère chrétienne) (3). On lit en effet au-dessous du mot شمال l'instription

(1) La dalle avait été brisée, et M. Marcel en découvrit les morceaux dans un pan de mur du minaret attenant à la mosquée d'Ahmed-ben-Thouloun; il rassembla aussitôt ces précieux fragments, et s'empressa d'en tirer plusieurs empreintes par les procédés typographiques, comptant bien emporter plus tard ces fragments eux-mêmes; mais dès le lendemain ils avaient disparu.

(2) Aboul-Hhassan, t. II, p. 488, et pl. XV; voy. aussi Beigel, *Mines de l'Orient*, t. I, p. 422 et s.

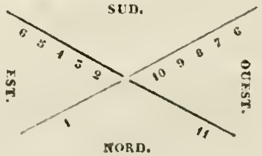
(3) En 1296, le sultan mamlouk Melik-al-Naser-Mohammed الملك الناصر محمد régnait en Égypte; mais, comme cette même année deux usurpateurs parurent sur le trône (Melik-Adel-Zein-eddin-Ketbogha) الملك العدل زين الدين كتبغا et Melik-Mansour-Hosam-eddin-Lagin الملك المنصور حسام الدين لاجين), on ne sait auquel de ces princes on doit attribuer le don fait à la mosquée d'Ahmed-ben-Thouloun de ce cadran solaire. « Peut-être, ajoute M. Marcel, « provenait-il de la piété d'un particulier, et non de la munificence du souverain. »

suivante (1) : رسم لعمل هذه الساعات بالجامع المعروف باحمد ابن طولون تغمده الله برحمته فى سنت ٦٩٦
Ainsi ce cadran était bien réellement destiné à la mosquée d'Ahmed-ben-Thouloun (2). On y remarque d'abord deux faisceaux bien distincts, formés chacun de six segments de cercle ou plutôt de six courbes paraboliques, se groupant trois par trois autour d'une ligne droite commune aux deux faisceaux, qui s'entrecroisent; et c'est aux points d'intersection de ces diverses lignes que sont placés les noms des signes. Les courbes paraboliques sont ensuite coupées transversalement par six lignes droites destinées à marquer les heures. On lit, en remontant du nord au sud, le long de la ligne qui termine à gauche le faisceau occidental, مدار الجدى, *parallèle du Capricorne* ; الدلو, *le Verseau;* الحوت, *les Poissons* ; الحمل, *le Bélier ;* الثور, *le Taureau ;* الجوزا, *les Gémeaux ;* et

(1) Cette inscription, ainsi que toutes celles qui se trouvent sur ce cadran, sont en caractères karmatiques de la forme la plus belle et la plus élégante ; les points diacritiques y sont fidèlement indiqués, circonstance qui ne se rencontre dans aucune autre des inscriptions koufiques et karmatiques recueillies en Égypte par M. Marcel.

(2) M. Marcel avait rédigé, sur cette mosquée, un important Mémoire, qui devait paraître dans la *Description de l'Égypte,* et dont les premières épreuves lui avaient même été livrées; mais la publication n'en eut pas lieu par suite de la brusque interruption de ce grand ouvrage.

مدار السرطان, *parallèle de l'Écrevisse;* puis, dans un sens renversé, le long de la ligne qui termine à droite le faisceau oriental, مدار الجدى, *parallèle du Capricorne ;* القوس, *le Sagittaire ;* العقرب, *le Scorpion;* الميزان, *la Balance;* السنبلة, *la Vierge;* الاسد, *le Lion ;* مدار السرطان, *parallèle de l'Écrevisse.* — Les indications des heures sont marquées sur la courbe inférieure des deux faisceaux, du côté du nord; c'est, pour le faisceau *occidental*, en allant de droite à gauche, سادسة, *la sixième ;* سابعة, *la septième ;* ثامنة, *la huitième ;* تاسعة, *la neuvième ;* عاشرة, *la dixième ;* حادية عشر, *la onzième ;* puis, pour le faisceau *oriental*, en allant de gauche à droite, سادسة, *la sixième ;* خامسة, *la cinquième;* رابعة, *la quatrième ;* ثالثة, *la troisième ;* ثانية, *la seconde;* اولة, *la première.*



C'est entre la neuvième et la dixième heure que se trouve placée la ligne de l'*asr* فرسخ العسر (temps de la *sieste*, entre trois et quatre heures de l'après-midi). On sait, en effet, que la première heure des Arabes correspond pour nous à sept heures du matin, leur sixième heure à midi, et leur douzième heure à six heures du soir.

Pour avoir l'explication de ce cadran, il faut supposer que deux styles étaient placés parallèlement un peu au-dessus des lignes marquant la sixième heure, aux deux brisures qui existent dans la planche de chaque côté du cadran. Celui de gauche servait du matin à midi. Après avoir marqué la première heure du jour chez les Arabes, l'ombre, par son raccourcissement, indiquait les autres heures, à mesure que le soleil montait sur l'horizon, et après la sixième heure ou midi, sortait du cadran lui-même; mais alors le second style, à droite, entrait en fonctions, et l'ombre marquait successivement les dernières heures de la journée, jusqu'à la onzième ou cinq heures du soir; puis elle devenait trop allongée pour que la douzième heure (six heures du soir) pût être indiquée sur l'instrument. (Il en était de même pour six heures du matin.)

Quant aux courbes, sur lesquelles sont écrits les noms des douze signes du zodiaque, et qui sont coupées transversalement par les lignes horaires, elles donnaient l'extrémité de l'ombre aux diverses heures de la journée pour chacun des signes ou des mois correspondants; car, du solstice d'hiver au solstice d'été, l'ombre du style diminue progressivement de longueur à mesure que la hauteur du soleil augmente au-dessus de l'horizon, et elle croît en sens contraire du solstice d'été au solstice d'hiver.

Dans l'angle supérieur (sud-ouest) du cadran solaire se trouve une dernière inscription ainsi conçue : طول المصرين نه, que M. Marcel explique par longitude des deux *Mesr*, c'est-à-dire de *Mesr* l'ancien ou du vieux Caire, et de *Mesr* El-Kahirah ou du Caire proprement dit, 55°. La mosquée d'Ebn-Touloun était située entre ces deux villes et sur le même méridien ; mais la longitude du Caire n'est pas de 55°, si nous en croyons Nassir-eddin-Thousi et Olong-Beg ; le premier la fait de 65°, le second de 63° 20′ ; elle est dans Aboul-Hhassan de 64° ; mais un passage d'Aboulféda permet de supposer qu'on donnait ordinairement au vieux Caire la longitude de 55° (1). A l'égard de l'expression de مصرين pour signifier l'ancienne et la nouvelle capitale de l'Égypte, nous devons dire

(1) Voici les longitudes que la Table d'Aboulféda donne pour le vieux Caire (الفسطاط), d'après diverses observations : نج, 53° ; — نده, 54° 5′ ; نج ن, 53° 50′ ; — ند م, 54° 40′ ; et d'après Ebn-Jounis, نه, 55°. Voyez aussi Beigel, *Versuch über eine bis jetzt noch nich erklarte Stelle in Abulfeda's Beischreibung von Ægypten unter dem Artikel Fostat* (*Mines de l'Orient*, t. I, p. 409).

que M. Quatremère ne l'a pas rencontrée, même une seule fois, au milieu de ses immenses lectures; mais M. Marcel ne pense pas qu'elle doive paraître plus étrange que celle de القصرين ou celle de النيلين, employée par Aboulféda pour désigner *les deux branches du Nil* (1).

Parmi les divers manuscrits que nous avons consultés, nous indiquerons avant de poursuivre notre examen : 1° le manuscrit arabe n° 1103; c'est un commentaire sur un ouvrage composé par Abou-abd-alrahman-abdallah de Mardine, et intitulé : *Perles répandues sur l'usage du quart de cercle;* ce commentaire est du savant Chihab-eddin-Ahmed-ben-Rahhiah-Thanboghah-al-Magdi-al-Schafeï; il est divisé en soixante chapitres, et paraît avoir été composé à la prière d'Abou-al-Yemen-Fetahh-eddin, conseiller du divan au Caire; 2° le manuscrit arabe n° 1157, qui contient plusieurs petits traités de l'astrolabe, et particulièrement une notice de Mouvayad-al-Oredhi, de Damas, que M. Jourdain a fait en partie connaître; 3° les manuscrits arabes n^os^ 1111 et 1138, qui comprennent l'uranographie d'Abderrahman-Soufi et l'Almageste d'Aboul-Wéfa; 4° le manuscrit persan n° 173, où se trouve un traité d'astronomie in-

(1) Maintenant encore on appelle افتراق النيلين le lieu où se fait la séparation des deux branches du Nil.

titulé *la colonne Ilkhanienne*, par Ali-Schah-ben-Mohammed-ben-Cassem, surnommé Olaï-al-Munedjem, de Boukhara.

De ces différents manuscrits, celui de Chihab-eddin est le seul qui soit bien écrit et dont le texte soit correct; le manuscrit n° 1148 d'Aboul-Hhassan est très-fautif, et nous avons eu besoin de revoir avec la plus grande attention les figurés que nous avons reproduites, au nombre de quatre-vingts environ (1). L'ordre que nous avons suivi est fort simple; nous traitons successivement *du quart de cercle* et *du demi-cercle des Arabes*, *de leurs instruments sphériques*, *de leurs astrolabes ou planisphères*, et enfin *de leurs instruments d'observation*, comme ils les appellent eux-mêmes, et parmi lesquels sont compris les instruments de l'Almageste.

Et d'abord nous nous sommes attaché à donner une description détaillée et une figure très-exacte de l'instrument qui servait à déterminer l'arc de révolution de la sphère sur un horizon quelconque, et qu'Aboul-Hhassan fait connaître sous le titre d'*instrument à sinus*. Ce quart de cercle permet de trouver sans calcul le temps vrai de jour

(1) Voy. notre Mémoire déjà cité, et le tome I des *Mémoires des Savants étrangers*, publié par l'Académie des inscriptions et belles-lettres, suivi de 36 pl. et 125 fig.

et de nuit, d'après une simple observation de la hauteur du soleil ou d'une étoile dont l'ascension droite et la déclinaison sont connues; la construction et l'usage de l'instrument résultent visiblement de ces deux analogies :

1° Sinus verse arc semi-diurne, est l'hypoténuse d'un triangle qui a pour un de ses côtés sinus haut.-méridienne de l'astre; car on a

$$\text{Sin. vers. arc semi-diurne} = \frac{\text{sin. haut. mérid.}}{\text{cos. lat.}};$$

2° Sin. vers. distance au mérid.

$$= \frac{\text{sin. haut. mérid.} - \text{sin. haut. observée}}{\text{cos. lat. du lieu}};$$

lorsqu'on a l'arc de révolution, on en déduit l'heure vraie, en réduisant les degrés en temps.

Mais ce n'est pas seulement avec ce cadran que les Arabes déterminaient astronomiquement les heures de jour et de nuit, et qu'ils parvenaient à s'assurer de l'époque précise des phénomènes; c'est encore avec six autres instruments dont nous parlerons plus loin, et qui sont : 1° le quart de cercle appelé *cadran destour;* 2° la sphère dont les Arabes paraissent avoir fait un fréquent usage; 3° les quatre astrolabes nommés : le septentrional, le chamilah, le shafiah d'Arzachel et le linéaire, aussi nommé *baguette de Thousi.*

La construction du quart de cercle et de ses deux pinnules est trop facile pour que nous

nous y arrêtions ; mais il importe de faire ressortir le soin particulier que les Arabes donnaient à leurs différents tracés. Sur l'une des faces de leur quart de cercle ils indiquaient : 1° l'arc de hauteur; 2° l'ombre ; 3° l'inclinaison ou obliquité; 4° les heures de temps; 5° le carré des deux ombres, qui peut suppléer le tracé de l'ombre ; 6° le sinus fadhal; 7° l'ashre; 8° les heures propres à une latitude déterminée, les lignes du commencement et de la fin de l'ashre, celles de la hauteur de l'azimut de la kiblah et de la hauteur qui n'a pas d'azimut, et enfin celles des heures égales. Nous n'avons pas besoin de rappeler ici que les anciens n'employaient que les heures de temps, et que les Arabes ont les premiers tracé les heures égales (1); de nombreuses figures dressées pour la latitude septentrionale de 30 degrés (c'est la latitude du Caire) facilitent l'intelligence de nos descriptions ; et si nous sommes entré dans quelques détails à ce sujet, c'est afin d'éviter, autant que possible, des répétitions qui, plus loin, auraient paru nécessaires.

(1) Une heure égale est la vingt-quatrième partie du temps compris entre un lever du soleil et le lever suivant; elle est de 15°. Pour les heures de temps, leur durée varie d'après l'augmentation ou la diminution de la durée du jour ou de la nuit.

La seconde face du quart de cercle, avec les tracés qu'elle présente, est appelée *quart du destour;* après quelques opérations préliminaires faites au moyen de la table des sinus, l'on décrit l'arc de l'obliquité de l'écliptique, et l'on procède ensuite au tracé des étoiles fixes et de l'ashre.

Dans cette partie du ms. (1), on trouve plusieurs exemples de l'*hisab'-al-djoumali* opposé à l'*hisab'-al-hindi;* cette expression technique sert à indiquer la substitution des lettres de l'alphabet aux chiffres indiens.

Nous avons parlé du quart du destour, *quadrans canonis;* le destour est lui-même un instrument composé d'un grand cercle dans lequel on mène deux diamètres qui se coupent à angles droits; l'un de ces diamètres représente la ligne méridienne, et l'autre la ligne d'est et ouest. Nous n'avons pas seulement consulté pour cet instrument le man. n° 1148, mais nous avons analysé le man. arabe n° 1103, qui contient trois cent

(1) Ms. arabe, n° 1148, fol. 19 : و تعلم مع تقاطع حرفها مع مدار الكوكب علامة و هذه العلامة هى علامة الكوكب .... و تكتب عندها آ بالجمل حساب الجمل est opposé à حساب الهند ; Silvestre de Sacy en a fait la remarque dans sa *Grammaire*, 2e édit., t. I, p. 89. L'illustre orientaliste ajoute que cette dénomination est quelquefois employée comme synonyme de أَبْجَد.

deux pages in-fol. sur le destour. Nous avons fait connaître (p. 317) les auteurs de cet ouvrage, qui ne renferme pas moins de soixante chapitres, outre la préface et la conclusion. Les usages du destour sont fort nombreux (1); nous nous contenterons de dire ici que le ms. comprend la construction des heures et des lignes de l'augment de l'arc de révolution sur des plans parallèles, inclinés ou perpendiculaires à l'horizon. Un passage assez intéressant conduit à la détermination des deux *hhissah*, ou quantités de l'aurore et du crépuscule; après avoir rappelé les opinions des anciens observateurs, le texte porte : « Il faut toujours tenir compte, dans chaque latitude, de la « pureté de l'atmosphère, de la force des vapeurs « ou de leur faiblesse, de l'épaisseur de l'air ou « de sa ténuité, de la présence ou de l'absence « de la lune, de la bonté de la vue de celui qui « observe, etc. ; or ceux qui ont établi le vrai dans « cette science ont pris dix-sept degrés pour le « crépuscule, et dix-neuf pour l'aurore. »

Dans l'énumération que nous avons donnée des usages du destour (2), se trouve en première ligne la détermination de l'azimut de la kiblah ; on sait que c'était une des opérations les plus importan-

(1) Voy. notre Mém. déjà cité, p. 88 à 97. — (2) Id., id.

tes pour les Musulmans, et la plupart du temps ils la pratiquaient au moyen du cercle indien. Comme il est souvent question de ce cercle dans les manuscrits arabes, nous avons cru devoir reproduire la description qui en est faite dans le man. persan n° 173 de la Bibliothèque royale, et nous y avons ajouté une figure exacte de l'instrument. L'auteur, Ali-Schah-Olaï-al-Munedjem, de Boukhara, s'en sert également pour tracer la ligne méridienne (1). Comme nous aimons à signaler tous les emprunts qui paraissent avoir été faits à l'Inde par les Arabes, nous avons traduit avec empressement le passage qui peut donner une idée exacte de la construction et de l'emploi de ce cercle.

L'auteur persan s'exprime ainsi : « Lorsqu'on veut « avoir l'azimut de la kiblah, il faut d'abord con« naître la ligne du *zaoual* ou ligne méridienne de « la ville proposée, puis sa longitude et sa latitude.

« Pour tracer la ligne méridienne, on prépare « un tertre plan (2) ou petite butte de terrain « nivelé de manière que si l'on verse de l'eau au « milieu, elle s'écoule également de toutes parts,

(1) الدايرة الهندية. Voy. plus haut, p. 297, et Proclus, *Hypotyposes*, p. 78.

(2) Man. persan n° 173, fol. 54 : راست.

« sans qu'il y ait plus d'inclinaison d'un côté que « de l'autre.

« On trace ensuite un cercle en cet endroit, et « l'on pose au centre du cercle un gnomon élevé « au-dessus du plan, de la quantité d'un cadran ou « d'un quart du cercle. Il faut apporter beaucoup « d'attention à ce que le gnomon soit bien verti- « cal, ce dont on fait l'épreuve comme il suit :

« On suspend un poids assez pesant (1) à l'ex- « trémité d'une règle (2), sur laquelle on fait une » marque en travers (3); puis on pose cette mar- « que sur la pointe du gnomon, et l'on regarde « d'abord d'un premier côté de combien le poids « s'éloigne du gnomon, et l'on refait la même « épreuve des trois autres côtés avec beaucoup « de soin, et l'on s'assure que le gnomon est bien « droit, comme on le ferait en élevant un *minareh* « ou phare; la tête du gnomon doit être plus « mince que le milieu. Ensuite on observe l'ins- « tant où l'ombre du gnomon entre dans la cir- « conférence du cercle, et l'instant où elle en « sort; et l'on divise l'arc intercepté par ces deux « points en deux parties, au moyen d'une ligne « menée de l'extrémité nord ou du centre; c'est

(1) Man. pers. n° 173, fol. 54 : مهرهٔ ثقیل.

(2) Ibid. جوب.

(3) Ibid. برعرض. C'est donc une règle sur la largeur de laquelle on trace une ligne.

« la ligne méridienne; on tire ensuite une ligne « droite entre le point d'entrée et le point de sor- « tie; c'est la ligne d'est et ouest; et l'on a les « quatre points cardinaux (1).

« Quant à l'azimut ou région de la kiblah, on « le détermine d'après la longitude et la latitude « de la Mecque; elles sont, d'après les observa- « tions des anciens de 77°10′ à l'est des îles For- « tunées, et de 21° 40′ au nord de l'équateur (2). « Il y a huit cas différents selon que la longitude « et la latitude du lieu où l'on est, sont égales ou « non à celles de la Mecque, et, dans cette der- « nière supposition, de même signe ou de signe « contraire. » Vient ensuite la méthode de calcul que voici, appliquée à la position de Hamadan, dont la longitude et la latitude sont plus grandes et de même signe que celles de la Mecque (3).

(1) Ou bien encore, lorsque le gnomon est dressé, on prend une hauteur orientale du soleil, et l'on fait au même instant une marque sur l'extrémité de l'ombre, et le même jour on prend une hauteur occidentale égale à la hauteur orientale, et l'on fait de même une marque à l'extrémité de l'ombre; on partage en deux l'arc compris entre les deux marques, comme nous l'avons dit, et l'on détermine ensuite les quatre points cardinaux.

(2) Aboul-Hhassan, t. I, p. 202 et 317.

(3) Man. pers. n° 173, fol. 55.

Longitude de Hamadan...	83°	Latitude...	35° 10′
de la Mecque...	77° 10′		21° 40′
Différence.......	5° 50′		13° 30′

« On prendra un cercle (1) qui représentera « l'horizon et la ligne méridienne, et qui sera di- « visé en quatre cadrans; l'arc compris entre le « midi et l'occident, savoir : l'arc DC sera par- « tagé en 90° ; la ligne du midi qui va de D en E, « savoir : du midi au centre du cercle qui repré- « sente la position du lieu, sera de même divisée « en 90 parties. La ligne du couchant qui va de C « en E, recevra les mêmes divisions. On regar- « dera ensuite quelle est la différence de longitude « entre la ville et la Mecque, et l'on marquera sur « EC le nombre des degrés de différence, ce sera « *la marque de longitude.* On prendra de même « la différence de latitude, et l'on marquera sur » ED le nombre des degrés de différence; ce sera « *la marque de latitude.* On tire de ces deux mar- « ques deux lignes droites que l'on prolonge jus- « qu'à la circonférence du cercle, et le point F où « elles se coupent est le lieu de la Mecque; en- « suite, du point E, centre du cercle et le lieu de « la ville, on mène une droite qui passe par le « point F, et le point où elle touche la circonférence « indique l'azimut de la kiblah, du côté du midi.

La figure, au lieu de 13° 30′, porte 14° 20′; c'est évidemment une faute. La table qui se trouve à la fin du manuscrit, fol. 132 et suiv., donne les véritables chiffres.

(1) C'est le cercle indien. Voy. fig. 13, Mém. déjà cité.

« Ainsi, soit BD la ligne méridienne, et AC l'é-
« quateur ou ligne d'est et ouest, le lieu de Hama-
« dan en E centre du cercle; l'arc DC divisé en 90°,
« et la ligne EC, partagée également en 90 parties;
« la différence de longitude de la Mecque et de
« Hamadan est de 5°50' ; nous marquons ce nombre
« en *encre rouge;* la différence de latitude de la
« Mecque et de Hamadan est de 13° 30' : nous la
« marquons de même en *encre rouge.*

« Nous menons de la marque de longitude au-
« dessus de la ligne méridienne une droite à la cir-
« conférence du cercle, et une autre de la marque
« de latitude qui est au-dessus de l'équateur. Le
« point d'intersection de ces deux lignes donne la
« distance de Hamadan à la Mecque ; et la droite
« menée du centre au point de rencontre des deux
« lignes, et prolongée jusqu'à la circonférence,
« marque l'azimut de la kiblah ; le degré sur lequel
« elle tombe, donne en même temps la quantité de
« cet azimut : c'est cette quantité qu'on appelle
« *inhiraf* ou déclinaison (1), à partir du midi de
« l'arc de l'horizon, et le surplus du cadran jus-
« qu'au point ouest, est le complément de cette
« déclinaison.

« L'azimut de la kiblah, ainsi déterminé pour la

(1) Man. persan n° 173, fol. 55 : انحراف.

« ville de Hamadan, est méridional, ce qui est « évident. »

Ali-schah, contemporain de Gelal-eddin, qui florissait au treizième siècle, n'est pas le seul auteur qui ait fait mention du cercle indien; on le trouve indiqué dans les chapitres XI et XII d'Ebn-Jounis, que J. J. Sédillot, mon père, nous a conservés (1), et l'on sait qu'Ebn-Jounis écrivait son grand ouvrage à la fin du dixième siècle de notre ère. Après avoir fait remarquer que l'ombre projetée par un gnomon perpendiculaire ne correspond pas à la hauteur du centre du soleil à l'instant de l'observation, il recommande l'emploi de tablettes de marbre blanc, et, en traitant de la détermination de la hauteur méridienne du soleil, il s'exprime ainsi : « Après avoir un certain « jour tracé la ligne méridienne avec le cercle in« dien, placez-y le lendemain un gnomon, et « prenez avec soin la hauteur du soleil au moment « où l'ombre du gnomon se projettera sur la mé« ridienne; ce que vous obtiendrez sera la hau« teur méridienne de ce jour; corrigez-la de la « parallaxe, si l'instrument dont vous vous servez

(1) Delambre, *Hist. de l'astron. au moyen âge*, p. 102. Toute cette partie de l'ouvrage de Delambre relative à Ebn-Jounis a été communiquée à ce savant par J. J. Sédillot.

« le comporte; ou autrement laissez-la telle qu'elle « est, etc. »

Aboul-Hhassan (1) et Oloug-Beg (2) se servent de ce même cercle pour tracer la ligne méridienne, mais sans rappeler son origine indienne. « Il y a, dit Oloug-Beg (3), plusieurs méthodes « pour trouver la ligne méridienne; mais la plus « facile est celle-ci : on prépare d'abord sur le « terrain une aire plane et horizontale telle que, « si l'on y répand de l'eau, cette eau s'étende éga- « lement de tous les côtés. On vérifie aussi le plan « de l'aire par le procédé suivant : on prend un « triangle équilatéral; on marque d'un trait le mi- « lieu de la base, et on attache au sommet un fil « à plomb; ensuite on porte le niveau sur l'aire « dans toutes les directions jusqu'à ce que le fil à « plomb reste constamment sur le trait.

« Après cela nous décrivons un cercle sur cette « aire, et nous élevons au centre un gnomon; « puis nous marquons le point d'entrée et le point « de sortie de l'ombre; ensuite nous divisons en « deux parties égales l'arc compris entre ces deux « points, et nous menons du centre au point d'in-

(1) Aboul-Hhassan, t. II, p. 417 et 418.

(2) Man. persan n° 164; c'est le manuscrit d'Oloug-Beg, dont nous publierons incessamment le texte et la traduction; voy. plus haut, p. 269 et suiv.

(3) Man. persan n° 164, fol. 21.

« tersection une ligne qui est la ligne méridienne.
« Menant ensuite une perpendiculaire à la méri-
« dienne, nous avons la ligne équinoxiale ou d'est
« et ouest.

« Le temps le plus propre à cette opération est
« celui où le soleil est près d'un des deux équi-
« noxes. »

Mouvayad-al-Oredhi (manuscrit arabe n° 1157) parle du cercle indien dans les termes suivants (1) : « Il est nécessaire, lorsqu'on place des instru-
« ments, de déterminer d'abord la ligne méri-
« dienne du lieu où l'on observe ; les moyens d'y
« parvenir sont nombreux et faciles ; mais la meil-
« leure méthode, à notre avis, est celle employée
« par les anciens et connue sous le nom de *cercle*
« *indien*. Il faut surtout la pratiquer lorsque le
« soleil est dans l'un des tropiques, l'opération
« étant alors beaucoup plus juste que dans tout
« autre temps. La voici : prenez un carré de mar-
« bre, de pierre ou de bois ; égalisez-en la super-
« ficie autant que possible, et placez-la parallèle-
« ment à l'horizon ; tracez-y plusieurs cercles

(1) Man. arabe n° 1157, fol. 41 et 85. Jourdain, *Mém. sur l'Observatoire de Meragah*, p. 17. On trouve également cet instrument الدايرة الهندية, mentionné dans un manuscrit apporté de Constantine à M. Arago, comme servant à indiquer les heures consacrées à la prière. — Voyez aussi plus bas, V^e partie.

« concentriques, afin qu'ayant manqué de marquer l'entrée de l'ombre sur un de ces cercles, « l'autre puisse le remplacer; posez au centre des « cercles un style (*mekyas*) de la longueur du « quart du diamètre du plus grand cercle tracé « sur le carré, si l'opération a lieu pendant l'hiver, « et du tiers, si elle a lieu pendant l'été. Ce style « sera de cuivre ou de bois; s'il est de cuivre, il « se tient par son propre poids; s'il est de bois, « vous le creuserez à sa base et vous y coulez du « plomb, pour qu'il ne vacille point; vous marquerez sur la circonférence des cercles les points « d'entrée et de sortie de l'ombre, ainsi que sa « largeur; la ligne que vous tirerez ensuite et que « vous ferez passer par le milieu de l'arc de cercle compris entre ces deux points, sera la ligne « méridienne. » — Mouvayad-al-Oredhi, en disant que c'est par le cercle indien qu'on réussit le mieux à déterminer la ligne méridienne, ne fait point assurément preuve d'une science bien profonde, et ce passage pourrait donner une idée médiocre des observations astronomiques des Arabes, si nous ne savions aujourd'hui qu'ils faisaient usage du gnomon à trou, ainsi qu'on le verra plus loin. Ce qu'il nous importait de constater, c'était l'emploi fréquent de ce cercle auquel on attribue une origine indienne; et cependant on a déjà pu reconnaître que la description qui en est donnée par les auteurs arabes et persans se rapporte en tous points à celle de Proclus. Pourquoi donc cette dénomination de *cercle indien*, appliquée à un instrument connu des Grecs du cinquième siècle? Est-il donc réellement un emprunt fait aux Indiens (1)? C'est ce dont il est permis de douter, et nous aurons bientôt l'occasion de traiter plus à fond cette question.

Après avoir parlé du destour, Aboul-Hhassan s'occupe de la face à sinus du cadran d'Arzachel; mais toute cette partie de son traité était fort difficile à traduire; la rédaction en est confuse; la plupart des lettres manquent sur la figure du manuscrit, et quelques-unes sont mises dans le texte l'une pour l'autre. Nous sommes néanmoins parvenu à rendre les explications claires et intelligibles. Le cadran d'Arzachel, en ce qui concerne le matériel, se rapproche du cadran destour et de l'un des cadrans du shafiah de cet astronome, dont nous aurons, plus loin, l'occasion de faire la description. Un *mugerrih* (indicateur ou curseur) est placé sur cet instrument; il sert, entre autres choses, à trouver les déclinaisons des étoiles,

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* (10 décembre 1838). Rapport de MM. Arago et Mathieu; et plus haut, p. 275 et 297.

leur degré de passage, leur azimut, et le sinus verse de leur arc diurne.

Aboul-Hhassan cite souvent Arzachel, qu'il présente comme un savant du premier ordre. Il le nomme Abou-Ishac-Ibrahim-ben-Yahia-al-Razcalah, ou al-Zarcalah, en transportant le point du *za*. D'Herbelot dit seulement que *zarcalah* est le nom d'un instrument qui a tiré son nom de l'inventeur, et qui sert à mesurer le mouvement de chaque planète et de la sphère qui lui est propre; il n'ajoute rien autre chose sur Arzachel, qui méritait bien un article spécial. Il avait établi, dit-on, par des déterminations justes et exactes, les lois du mouvement de la trépidation des fixes, et appliqué les mêmes idées à la variation de l'inclinaison de l'écliptique. Nous le citerons encore lorsqu'il sera question des astrolabes; mais nous devons d'abord mentionner le demi-cercle des Arabes, qui est décrit comme un instrument suppléant le cadran destour et d'un usage même plus étendu. Nous avons exposé avec tous les détails nécessaires (1), les différents tracés qu'on y représente. On se sert également du demi-cercle, comme de la balance khorarie (2), à l'égard des ascensions droites et obliques.

(1) Voy. notre Mémoire déjà cité, p. 104 et suiv.

(2) Le mot est écrit dans le manuscrit فزارى et قرارى ;

Les instruments sphériques des Arabes sont au nombre de trois : 1° la sphère ou globe céleste; 2° l'astrolabe sphérique; 3° le *Schamilah*. Nous avons expliqué avec beaucoup de soin tout ce qui s'y rattache (1), et nous avons fait suivre la construction de la sphère, de la description d'un globe céleste arabe du treizième siècle, dont nous devons l'acquisition aux soins éclairés de M. Jomard, et qui est digne d'une attention particulière. On sait qu'Assemani a publié une notice assez inexacte du globe arabe qu'on voit au musée Borgia, et qui a été fabriqué en 1225; il en existe deux autres, à Londres et à Dresde, de 1275 et de 1289, que MM. Dorn et Beigel se sont chargés de faire connaître (2). M. Jomard, dont on a justement apprécié les vues utiles sur une collection d'objets matériels qui se rapportent à la science, a déjà réuni des monuments fort curieux de l'astronomie et de la géographie du moyen âge; et le globe arabe dont ce savant a enrichi le département des cartes géographiques de la Bibliothèque

M. Quatremère préfère khorarie, qui offre un sens raisonnable, et l'opinion de ce savant maître a trop de poids pour que nous ne l'adoptions pas.

(1) Voy. notre Mémoire déjà cité, p. 110.

(2) M. Amédée Jaubert ne croit pas que le globe céleste dont il est question dans l'histoire du roi de Sicile Roger, soit autre chose qu'un grand cercle.

royale, offre des différences fort remarquables avec les globes que nous venons de mentionner; on y compte quarante-neuf constellations, dont plusieurs portent des dénominations inusitées. Quant aux noms des principales étoiles, ils sont en petit nombre et présentent aussi quelques divergences.

Nous avons fait de ce globe l'objet d'un travail spécial (1) qui complète les recherches de nos devanciers sur la sphère céleste des Arabes. Hyde avait donné quelques extraits de l'*uranographie* d'Abderrahman-Soufi, pour les constellations méridionales, et M. Caussin a publié les prolégomènes de cet auteur, d'après les manuscrits n^os^ 1110 et 1111 de la Bibliothèque royale; nous avons à notre tour puisé dans ces manuscrits quelques notions nouvelles sur les constellations septentrionales et zodiacales; et les textes que nous avons réunis (2) lèvent toute incertitude sur plusieurs points encore controversés. Nous nous contenterons de citer ici un passage qui ne paraîtra pas sans intérêt, sous le point de vue historique, à l'occasion de la cinquième étoile de la balance.

Abderrahman-Soufi s'exprime ainsi :

وقد وقع على الكرات فيما بين زبانى الميزان حتى قد غير

(1) Voy. notre Mém. déjà cité, p. 116 à 141.
(2) Id., id.

صورة الميزان عن جهتها ولم يكن بعد بطلميوس من يتامل
هذه الصورة ويعرف هذا الكوكب فيرسمه فى موضعه فلما
وقعت لهم الحيرة فى هذا الكوكب ولم يجدوه يقع فى الكرة
(الكرات) على ما حكاه بطلميوس ولم يتصور لهم صورة
الميزان صوروا صورة رجل واثبتوا الكوكب حيث وقعت من
صورته وجعلوا فى يده ميزانا صغيرا ليس فيه شى من الكواكب
واذا رسم عرض هذا الكوكب على الكرة فى الجنوب مقدار ما
وجدوه فى المجسطى فى الشمال وقع الكوكب خلف النير
(الذى) على الزبانة على ما ذكره بطلميوس

« La balance a été placée sur les sphères dans « l'intervalle des deux serres, alors qu'on ne se « servait plus déjà de cette dernière constellation, « et personne depuis Ptolémée n'a porté sur cette « figure un examen attentif, ni déterminé exacte- « ment la position de l'étoile dont il est question, « afin de la mettre à la place qui lui convient; et « comme il y avait de l'incertitude parmi les as- « tronomes sur cette étoile, qu'ils ne la trouvaient « point placée sur les sphères conformément aux « indications de Ptolémée, et que de plus on ne « leur avait pas dessiné la constellation de la ba- « lance, ils tracèrent eux-mêmes la figure d'un « homme, et disposèrent les étoiles partout où « elles se présentaient sur cette figure; puis ils lui « mirent à la main une petite balance sur laquelle « ne se trouvait aucune étoile; et lorsqu'ils eurent

« assigné la latitude de celle dont il s'agit ici, sur « la sphère, au midi, et de la même quantité que « Ptolémée la donne pour le nord, cette étoile se « trouva en arrière de la brillante qui est sur la « serre, comme l'a dit Ptolémée. »

L'astrolabe sphérique, dont la construction se rapproche de l'instrument dont nous venons de parler, se compose de deux sphères inscrites; on trace sur la circonscrite l'écliptique et l'équateur, les étoiles fixes, les almicantharats et les azimuts, les heures et les latitudes des lieux; puis on construit un *schebakah* شبكة, réseau ou enveloppe sur lequel on marque le pôle de l'écliptique et celui de l'équateur, et un *shafihah* صفيحة ou languette dont l'extrémité touche l'équateur, et qui est surmontée d'un gnomon, dans la direction d'un rayon de la sphère; quant au schamilah الشاملة, il se compose d'une demi-sphère creuse, d'un anneau à quatre faces qui coïncide avec le cercle de l'horizon, et d'un shafiah de cuivre dont la circonférence égale celle de ce cercle, et auquel on attache une alidade garnie de ses deux pinnules, pour prendre la hauteur. Le demi-cercle placé sur l'écliptique, depuis le commencement du bélier jusqu'au commencement de la balance, servait à déterminer l'arc diurne et nocturne, les coascendants des signes et l'obliquité qu'Aboul-Hhassan fixe, en cet endroit, à 23° 35′. Ce passage de l'auteur arabe est important en ce qu'il nous fait aussi connaître que les Arabes se servaient du tour الة الخرط; on avait prétendu jusqu'à présent qu'ils en ignoraient complétement l'usage (1).

Nous sommes arrivés aux astrolabes planisphères des Arabes; ces instruments, que l'on construisait aussi bien à Bagdad qu'au Caire et en Espagne, attestent leurs progrès dans la partie mécanique de la science, et montrent en même temps que dans leurs projections, ils avaient su faire une ingénieuse application des idées des Grecs, dont ils avaient même complété et perfectionné les théories.

Nous savons que, dès le neuvième siècle de notre ère, les astronomes d'Almamoun se servaient d'astrolabes faits avec un soin remarquable. Oronce Finée nous a donné la traduction d'un petit traité sur cet instrument de Mashallah (2), qui florissait vers l'année 815 de J. C.; et Hyde cite fréquemment (3) un traité analogue d'Alfragan, qui n'a

(1) Voy. notre Mémoire déjà cité, p. 144.

(2) Voy. Reisch, *Margarita philosophica ab Orontio Finæo locupletata*, et notre *Introduction aux Tables astronomiques d'Oloug-Beg*, t. I, p. 38 et 47.

(3) Hyde, *Tabula stellarum fixarum ex observ. Ulugh-Beighi*, etc., *passim*. Voy. aussi Golius, *Notæ in Alferganum*, p. 160.

jamais été traduit et dont il n'existe à Paris aucune copie. Le surnom d'*Astharlabi* الاسطرلابى que portent plusieurs astronomes arabes de la même époque, prouve que l'on s'occupait très-particulièrement de la construction des astrolabes. Ebn-Jounis cite avec éloge Ali-ben-Isa *al-Astharlabi* et Ahmed-ben-Ali de Wasith; mais il n'entre dans aucun détail sur les instruments qu'ils employaient pour leurs observations (1). M. Jomard a fait récemment l'acquisition d'un astrolabe construit en 912 de J.C. pour le fils du khalife Almoktafi-Billah, et appartenant à M. Barbier, conservateur de la Bibliothèque particulière du roi, par l'intermédiaire de M. le chevalier Amédée Jaubert. C'est le plus ancien instrument de cette espèce que nous possédions, et nous le décrirons plus loin.

Aboul-Hhassan commence par exposer la construction du *mesatirah* المساترة, dont il distingue quatre espèces : les deux premières sont tracées sur un plan parallèle à un horizon donné, les deux autres sur un plan parallèle au méridien ; cet instrument ne porte point la projection de l'écliptique ; mais on y marque les almicantharats, les azimuts,

(1) Ebn-Jounis, Extrait publié par M. Caussin dans le tome VII des *Notices et extraits des man.*, p. 38, 50, 82. Voy. aussi notre *Introduction aux Tables astronomiques d'Oloug-Beg*, t. I, p. 47.

l'équateur et ses parallèles, le pôle visible, les arcs de révolution de la sphère et les étoiles fixes.

L'astrolabe planisphère, proprement dit, a été le sujet d'un grand nombre de traités au moyen âge; mais les auteurs de ces traités n'ont parlé que de l'astrolabe septentrional, et leurs descriptions, souvent obscures, sont toujours surchargées de détails inutiles. Afin d'éviter toute confusion, nous avons préalablement exposé d'une manière très-succincte les différentes parties dont se compose cet instrument, et les termes dont on se servait pour les désigner; c'est d'abord la *face* وجه et le limbe حجرة - كفّة, la *mère* أمّ et le dos ظهر de l'astrolabe, puis les planches صفيحة construites pour chaque horizon, l'alancabuth ou araignée العنكبوت, l'alidade العضادة et toutes les autres pièces secondaires, l'*armilla suspensoria* الحلقة والعلاقة, l'*armilla reflexa* العروة et الحبس, l'*almehan* المحن, l'*alphelath* الفلس, l'*alchitot* القطط, et l'*alpherath* الفرس, etc. Il est facile, après ces notions premières, de comprendre les développements que nous avons donnés pour la projection des parallèles, des almicantharats المقنطرات, des azimuts السموت, et pour le tracé des heures de temps et des heures égales, de la ligne de l'ashre, de l'aurore, du crépuscule خط الفجر و الشفق, etc.

Arrivant à l'alancabuth, nous montrons par quelle méthode les astronomes arabes tracent le cercle équinoxial et les deux tropiques, les signes du zodiaque et les étoiles fixes.

Nous nous sommes attaché à donner une explication raisonnable d'un astrolabe coufique très-bien conservé, et dont les vingt-six pièces ont été dessinées et gravées dans le grand ouvrage de la Description de l'Égypte. Cet astrolabe, rapporté d'Égypte par l'un de nos orientalistes les plus distingués, M. Marcel, a malheureusement été perdu depuis, et il ne nous en reste que les planches ou figures, faites, du moins, avec autant de précision que possible, mais sans qu'on y ait joint un texte explicatif : nous avons rempli ailleurs cette lacune (1), et nous avons joint à notre travail l'indication de plusieurs instruments du même genre qui nous ont été confiés récemment. L'un a été construit vers l'année 905 de notre ère, et il se trouve aujourd'hui à la Bibliothèque royale. C'est celui dont M. Jomard a fait l'acquisition par l'entremise de M. le chevalier Amédée Jaubert, ainsi que nous l'avons déjà dit ; c'est un monument fort curieux qui ajoute à l'importance de la collection dont M. Jomard a enrichi son départe-

(1) Voy. notre Mémoire déjà cité, p. 166-172, et pl. 47 à 73.

ment (1). L'autre, qui porte la date de 615 de l'hégire (1218 de J. C.), a été communiqué par M. le baron Larrey à M. Arago, qui a bien voulu le confier à notre examen. Le premier de ces instruments a sept pouces un quart de longueur, et cinq un quart de largeur; il comprend, outre la Mère de l'astrolabe et les diverses pièces secondaires dont nous avons fait précédemment l'énumération, quatre shafihahs ou huit planches construites pour différentes latitudes.

Le dos de l'astrolabe est partagé, comme d'ordinaire, en quatre cadrans par deux lignes transversales qui se coupent à angles droits; deux de ces cadrans sont divisés en 90 degrés, de 5 en 5; seulement on lit sur l'un d'eux, entre le 20e et le 55e degré, les mots suivants : صنعه احمد بن خلف (construit par Ahmed ben Khalaf), et au-dessous de l'anneau de suspension : لجعفر بن المكتفى بالله (pour Djafar, fils de Moktafi-Billah) (2).

(1) Voy. l'extrait du rapport fait à la Société de géographie de Paris, à l'assemblée générale du 6 décembre 1839, par M. Sabin Berthelot, p. 13 et suiv.

(2) On lit dans Casiri, *Bibl. ar. hisp. Escur.*, t. I, p. 422 : « Giaphar imperatoris Almoktaphi Billah filius, vir summus et « multiplici scientiarum genere excultus ac plane eruditus, « philosophorum antiquioris et recentioris ævi historiam et « doctrinam quam optime calluit. Diem suum, teste Helal-ben-« al-Hassan, obiit horis matutinis feriæ 3, die 4 (scribe die 7) « mensis Saphari anno Egiræ 377 (Christi 987), natus anno

L'alancabuth porte, outre les douze signes du zodiaque, les noms des étoiles suivantes : 1. راس الحوا la Tête du Serpentaire; 2. النسر الطاير l'Aigle volant; 3. منكب l'Épaule du Cheval; 4. الرامح Arcturus; 5. الفكة la Couronne; 6. الواقع l'Aigle tombant; 7. الردف la Suivante du Cygne; 8. (راس) الغول la Tête de Méduse; 9. العيوق Capella; 10. الخضيب (الكف) la Main teinte; 11. قلب الاسد le Cœur du Lion; 12. الشامية (الشعرى) Procyon; 13. منكب الجبار l'Épaule d'Orion; 14. الدبران Aldébaran; 15. اليمانية (الشعرى) Sirius; 16. رجل الجبار le Pied d'Orion; 17. قلب العقرب le Cœur du Scorpion.

Quant aux shafihahs des régions, ils ne portent que les almicantharats, les heures et la ligne d'est et ouest; un seul, le troisième, contient les azimuts. On lit sur la 1^{re} planche : مكة عرض كا ساعات ه يح يح la Mecque, lat. 21°, 5^h 18′ 18″; sur la 2^e :

« ejusdem Egiræ 294. Ubi autem Bagdadum, eodem referente « scriptore, rex Adhadaldaulatus pervenit, magno Giapharis « videndi desiderio flagrans, ipsum acciri clam jussit. At ille « non sine metu regem convenit : apud quem in conclavi, de- « posita sindone, considere solitus. Ibi Adhadaldaulatus eum « honorifice semper excipere ac longos sermones cum ipso « solus conferre, varia de astrologia judiciaria rerumque futu- « rarum prædictionibus quæsita præponens : ad quæ ille non « sine magna regis admiratione et eventuum verisimilitudine « respondit. » Djafar écrivit un ouvrage sur les comètes.

عرض كد ساعات ه يح ل, lat. 24° 5h 18′ 30″; sur la 3e : عرض كطيه كز ساعات ه يد, lat. Kathyeh 27° 5h 14′; sur la 4e : عرض لا ساعات ه يد و, lat. 31° 5h 14′ 6″; sur la 5e : عرض لد, lat. 34°; sur la 6e : عرض لو, lat. 36°; sur la 7e : عرض لط ساعات ه يه, lat. 39° 5h 15′; sur la 8e : عرض لز حران ساعت ه يد لو, lat. 37° Harran 5h 14′ 36″.

On trouve de notables différences entre cet astrolabe et celui de M. Marcel, principalement sous le rapport des tracés, qui sont moins multipliés, et qui n'offent pas la même habileté d'exécution (1). On reconnaît aisément que de nombreux perfectionnements avaient été introduits dans la construction des instruments de ce genre à l'époque où le dernier de ces astrolabes avait été dressé. Celui de M. le baron Larrey, qui a une date certaine (1218), est très-remarquablement fabriqué ; il comprend, comme l'astrolabe de la Bibliothèque royale, quatre shafihahs ou huit planches construites pour des régions différentes; mais sa dimension est beaucoup plus petite; la Mère de l'astrolabe n'a que trois pouces et demi de longueur et trois de largeur. Les difficultés du tracé étaient plus gran-

(1) M. Jomard fait graver en ce moment les planches de cet astrolabe; elles paraîtront dans l'ouvrage que ce savant se propose de publier sur les acquisitions du département des cartes et plans auquel il a su donner une si heureuse extension.

des, et l'artiste les a parfaitement surmontées.

La Mère de l'astrolabe, outre les pièces accessoires qu'il est inutile de rappeler ici, présente une division fort exacte de l'*hedjr,* حجرة en 360 degrés, avec l'indication des nombres de 5 en 5 degrés; sur le dos sont les mêmes tracés que sur l'instrument de M. Marcel, avec cette différence que les quatre cadrans sont partagés en 90 degrés, avec l'indication des nombres de 5 en 5 degrés; et il en est de même pour toutes les autres divisions. Il y a, de plus, trois cercles concentriques divisés en 28 parties : le premier contient l'indication des nombres 1 à 28; le second, les nombres 1 à 7 disposés de la manière suivante : 1, 2, 3, 4, 6, 7, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 2, 3, 4, 5, 7, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 1, 3, 4, 5, 6; ce qui donne quatre séries de 7; les nombres manquants étant 1, 3, 5, 7, 2, 4, 6; enfin, le troisième cercle comprend le nombre 20 répété sept fois sous les nombres 1, 3, 5, 7, 2, 4, 6; au centre se trouve le carré des deux ombres avec la division de 3 en 3 jusqu'à 12, les mots منكوس et مبسوط, et de plus l'inscription suivante : صنعه ابو بكر بن يوسف بمدينة مراكش عمرها الله بسنة خيه «Construit par Aboubèkre, « fils de Iousef, dans la ville de Maroc, en l'an« née 615 (1). »

(1) Il est question d'un autre astrolabe du treizième siècle

L'alancabuth porte, avec les noms des douze signes, ceux des étoiles suivantes : 1. حوا le Serpentaire; 2. عنق حية le Col du Serpent; 3. الطاير l'Aigle volant; 4. فرس le Cheval; 5. منكب l'Épaule (du Cheval); 6. عيوق Capella; 7. ردف la Suivante (du Cygne); 8. واقع (l'Aigle) tombant; 9. فكة al-Fekka; 10. رامح Arcturus; 11. يد دب la Patte de l'Ourse; 12. ذنب الجدى la Queue du Capricorne; 13. طرف al-Tharf; 14. بطن قيطوس le Ventre de la Baleine; 15. كف جذما la Main coupée; 16. منكب جوزا l'Épaule d'Orion; 17. غميصا Procyon; 18. العبور Sirius; 19. قلب الاسد le Cœur du Lion; 20. جناح غراب l'Aile du Corbeau; 21. قلب العقرب le Cœur du Scorpion (1).

Les shafiahs comprennent le tracé des almicantharats, des azimuts et des heures; des lignes du zaoual, du dhore et de l'ashre, et de la ligne d'est et ouest; mais la ligne du crépuscule et de l'aurore n'est pas indiquée. On lit sur la Ire planche : لعرض مكة ولكل بلد عرضه كا م pour la latitude de la Mecque et de tout pays dont la latitude est de 21° 40'; sur la IIe : لعرض المدينة ولكل بلد عرضه كه pour la latitude de Médine, etc. 25°; sur la IIIe : لعرض سبتة ولكل بلد عرضه له ك Sebta (Ceuta), 25° 20';

dans l'ouvrage intitulé : *Antiquitatis muhammedanæ monumenta varia explicuit C. M. Frœhn,* particula II.

(1) Voy. notre Mémoire déjà cité et l'Index qui le suit.

sur la IVe : لعرض المرية ولكل بلد عرضه لو ل Alméria, 36° 30′; sur la Ve : لعرض اشبيلية ولكل بلد عرضه لز ل Séville, 37° 30′; sur la VIe : لعرض قرطبة ولكل بلد عرضه لح ل Cordoue, 38° 30′; sur la VIIe : لعرض طليطلة ولكل بلد عرضه م Tolède, 40°; et sur la VIIIe : لعرض سرقسطة ولكل بلد عرضه ما ل Saragosse, 41° 30′.

M. Reinaud a bien voulu nous communiquer une notice lue par M. B. Dorn, à l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, sur deux astrolabes portant des inscriptions orientales (1). L'un de ces instruments, qui a été trouvé dans la citadelle d'Alep, est parfaitement conservé, et paraît, suivant M. Dorn, remonter au douzième siècle; l'autre, qui appartient à la Bibliothèque publique impériale de Saint-Pétersbourg, est de bois, et une inscription en français fait connaître qu'il a été construit pour les bombardiers turcs postérieurement à l'année 1731.

« On sait, dit M. Dorn, avec quel zèle les Ara-
« bes ont cultivé l'astronomie à une époque où
« cette science était complétement négligée, excepté
« dans les pays soumis à leur domination ; nous
« avons un *assez grand nombre* des instruments
« dont ils se sont servis. On connaît plusieurs
« globes célestes arabes, un astrolabe arabe qui se

(1) Voy. le journal l'*Institut*, octobre 1839, n° 46, p. 149.

« trouve à Nuremberg; et il est présumable que « nous aurons, par la suite, occasion d'en retrou- « ver une plus grande quantité, lorsqu'on aura « dirigé sur ces antiquités l'attention des voyageurs « et des Européens qui résident en Orient. »

Le premier astrolabe dont il s'agit a été acheté par M. de Muchlinski au scheïkh Abdallah al-Tarabolusi, dans la ville d'Alep; il est en laiton, et on y retrouve toutes les pièces que nous avons décrites. Le limbe de la mère de l'astrolabe est divisé en 360 degrés, de 5 en 5, et la partie supérieure du cercle porte, en outre, une division de 10 en 10 jusqu'à 180 degrés, en chiffres européens gravés au-dessus des chiffres arabes.

Les disques comprennent trois cercles : celui du Capricorne, celui du Bélier et de la Balance (l'Équateur), celui de l'Écrevisse, et les almicantharats, au nombre de quinze; c'est donc un astrolabe *sex partium*, c'est-à-dire que chacun des cercles de hauteur répond à 6 degrés, qui sont indiqués en caractères arabes entre lesdits cercles. Un astrolable complet a 90 cercles, et chacun d'eux répond à 1 degré (*astrolabium solipartium*); un astrolabe *bipartium* a 45 cercles, dont chacun répond à 2 degrés; un *tripartium* 30; un *quinpartium* 18. Les autres tracés n'offrent rien de particulier.

Les disques ou tympans sont au nombre de sept ; ils portent de chaque côté les mêmes divisions, à l'exception de l'indication des longitudes (*lisez* latitudes) auxquelles ils sont destinés.

Un côté du 1[er] disque porte l'inscription suivante : Pour l'île de Sérendib (Ceylan), *qui n'a pas de latitude, puisqu'elle est dans la ligne équinoxiale,* son heure 12 ; l'autre côté porte : Pour latitude 66°, heure 24 (1).

Sur le 2[e] disque, on lit d'un côté : Pour la latitude 30°, heure 14, Missr (le Caire); de l'autre, latitude 45°, heure 15.

Le 3[e] porte d'un côté : latit. 41°, heure 15 3', Saragosse ; de l'autre : latit. 39°, heure 14 48', Denia.

Le 4[e] : latit. 36°, heure 14 30', Alméria.
latit. 33°, heure 14 13', Bagdad.

Le 5[e] : latit. de Malaga, 37°, heure 14 36'.
latit. 27° heure 13 44'.

Le 6[e] : latit. de la Mecque, heure 12 ?
latit. 24°, heure......

Le 7[e] : latit. 51°, heure 16 21'.
latit. 48°, heure 15 55'.

(1) C'est la durée du plus long jour de l'année sous ce parallèle. Voy. Cl Ptolemæi *Geographia à J. Moletio redacta*, p. 67 ; *Tabula parallelorum et climatum ac eorum incessus, secundum recentiorum geographorum observationem.*

Parmi les noms d'étoiles qui se trouvent sur l'Araignée, M. Dorn cite : le Cœur du Scorpion, le Lancier désarmé, l'Aile droite du Corbeau, l'Étoile du Dragon, le Messager (Sirius), le Pied d'Orion, le Ventre de la Baleine, la Queue de la Baleine, la Queue du Capricorne, le Cœur du Lion, l'Avant-bras, l'Ophthalmique (le Petit Chien), l'Épaule d'Orion, les deux Hyades, le Porte-lance, la Main colorée, l'Épaule du Cheval, la Poule, la Petite-Ourse, le Vautour tombant, etc.

Au-dessus des signes du zodiaque, on aperçoit les premières lettres des noms latins.

On trouve sur le dos de l'astrolabe les divisions que nous avons précédemment fait connaître; les mois sont marqués suivant la nomenclature européenne, et au-dessus sont les premières lettres des noms italiens de ces mois. — « Dans un plus « petit cercle, ajoute M. Dorn, on trouve douze « lettres arabes au-dessous des mois précédents ; « mais, comme plusieurs de ces signes sont répé- « tés, et qu'ils se réduisent à sept, il n'y a pas « de doute qu'ils ne désignent les jours de la se- « maine. Tous ces cercles sont traversés par deux « lignes qui se coupent à angle droit, le méridien « et la ligne équinoxiale, comme de l'autre côté « de l'instrument. Enfin, au milieu de l'astrolabe, « il y a un gnomon, *scala altimetra*. (C'est le carré

« des deux ombres horizontale et verticale). »

Les caractères arabes employés sur l'astrolabe, dit en terminant M. B. Dorn, sont ceux d'Afrique ou occidentaux; et nous devons croire que cet instrument a été construit en Sicile, vers le douzième siècle de notre ère. — Le scheïkh Abdallah d'Alep prétend qu'il a dû appartenir au célèbre Nassir-eddin-Thousi; mais cette assertion n'est pas suffisamment justifiée. Quant aux chiffres et aux lettres européennes qu'il porte, elles ont pu être ajoutées après coup. — Rien, au reste, ne prouve que cet astrolabe soit du douzième siècle; ce qu'il offre de plus remarquable, c'est l'indication des latitudes pour des pays dont les noms ne se trouvent pas, en général, sur les instruments de ce genre qui nous sont parvenus : Sérendib, Bagdad, etc.

Un nouvel astrolabe fort curieux que M. le duc d'Orléans avait rapporté d'Afrique, nous a été communiqué par ce prince peu de temps avant sa mort, et la description que nous lui en avions remise n'a pas encore été publiée.

Enfin, M. Middleton a donné, en 1841, dans le Journal de la Société asiatique du Bengale (1), un

(1) *Journal of the asiatic Society of Bengal*, n° CXVIII, 1841, p. 759-777. Description of a persian astrolabe submitted to the asiatic Society by major Pottinger, by J. Midd-

article intéressant à l'occasion d'un autre astrolabe de ce genre, qui avait appartenu au major Pottinger.

Parmi les autres espèces d'astrolabes qu'Aboul-Hhassan nous fait connaître, nous mentionnerons l'astrolabe méridional, puis l'astrolabe à la fois septentrional et méridional dont on compte plusieurs espèces; elles n'offrent aucun intérêt scientifique, et nous n'en avons reproduit les figures que comme objets de curiosité. Aboul-Hhassan les attribue pour la plupart au savant Albirouni. Viennent ensuite l'astrolabe *zaourakhi* الزورقى, les astrolabes dont les zones ne sont pas dépendantes de la projection, l'astrolabe *al-kamil* الكامل, ou le parfait ; l'astrolabe linéaire de Nassir-eddin-Thousi; le *schekasiah* الشكازية et le shafihah d'Arzachel. Nous n'avons pas cru devoir entrer dans de grands détails sur ces derniers instruments, dont la construction n'offre

leton. « The admirable works, dit l'auteur, p. 761, which the « french *savants* have conferred upon the world on the astro- « nomy of the ancients, leave but meagre gleanings for whoe- « ver may follow, especially in respect to arabian astronomy.... « The astrolabe was brought from Herat by major Pottinger; « it consists of a circular piece of brass, about eight inches « in diameter and three-fourths of an inch thick, being of one « side so followed out, as to contain several plates of brass « upon either side of which planispheres are described, ac- « cording to the latitudes of the principales places of Maho- « medan power or veneration. »

rien d'important à signaler. Il existe un shafihah d'Arzachel à la Bibliothèque royale; il a été dressé à Séville en l'an 615 de l'hégire (1218 de l'ère chrétienne), et provient de la collection de M. Schultz. On voit par cet instrument qu'Arzachel faisait tourner le centre de l'excentrique dans un petit cercle pour expliquer la différence qu'il trouvait entre l'excentricité du soleil et celle qu'indique Albatégni; un petit traité du shafihah, traduit en latin, existe d'ailleurs dans les manuscrits de la Bibliothèque, sous le n° 7195.

Celui de M. Schultz contient le nom de trente-deux étoiles; ce sont: 1. الطاير (النسر) l'Aigle volant; 2. الصرفة Al-sharfah; 3. قلب الاسد le Cœur du Lion; 4. الردف la Suivante; 5. سرة الفرس l'Ombilic du Cheval; 6. الرامح Arcturus; 7. منير (الفكة) la Brillante de la Couronne; 8. الواقع (النسر) l'Aigle tombant; 9. راس الغول la Tête de Méduse; 10. القايد Al-kaïd; 11. ظهر الدب le Dos de l'Ours; 12. الفرقد Al-ferkad(1); 13. الخضيب (الكف) la Main teinte; 14. العيوق Capella; 15. راس التوام la Tête des Gémeaux; 16. الغميصا Procyon; 17. منكب الجوزا l'Épaule d'Orion; 18. الدبران Aldébaran; 19. قلب العقرب le Cœur du Scorpion; 20. الاعزل le Délaissé (l'Épi); 21. فم الحوت Fomalhaut; 22. الشولة Al-schaulah;

(1) Voy. notre Mém. déjà cité, p. 118 et suiv.

23. ابط الرامى l'Aisselle du Sagittaire; 24. رجل قنطورس le Pied du Centaure; 25. ذنب قيطوس la Queue de la Baleine; 26. متن قيطوس le Dos de la Baleine; 27. سهيل Canope; 28. مجذاف السفينة la Rame du Navire; 29. منير السفينة la Brillante du Navire; 30. العبور Sirius; 31. رجل الجوزا le Pied d'Orion; 32. اخر النهر la Dernière du Fleuve (Acarnar) (1).

Nous terminerons cette partie de notre travail par la description d'une autre espèce de *shafihah*, construite en l'année 1337 de notre ère, et dont M. Jomard a enrichi tout récemment son intéressante collection. Le savant académicien se propose d'en donner le dessin exact dans l'ouvrage annoncé plus haut, p. 344; aussi nous bornerons-nous à quelques indications générales.

Sur l'une des faces de ce *shafihah*, on lit au-dessous de l'anneau de suspension :

الجامعة للاعمال والعروض
صنعها وابتدرها على بن ابرهيم المطعم

(Instrument) qui réunit les opérations et les latitudes; construit et éprouvé par Ali-ben-Ibrahim-Almuthim.

et sur la seconde face :

لشيخ على بن محمد الدربندى عفا الله عنه فى سنة ذلح

Pour le scheikh Ali-ben-Mohammed-Al-Derbendi, année 738 (1337 de J. C.)

(1) Plusieurs de ces noms d'étoiles offrent à la lecture quel-

D'un côté nous trouvons les noms des douze signes, les degrés de chaque cadran de 5 en 5 et répétés dans un sens renversé, la division du rayon en 60 parties, l'indication par des lignes droites des cercles de latitude, de longitude et des parallèles, etc., comme nous l'avons vu pour le *shafihah* d'Arzachel.

De l'autre, les douze signes du zodiaque placés au-dessous des 360 degrés, et les mêmes tracés que sur l'alancabuth, avec l'indication de cinquante-huit étoiles dont voici les noms :

1. العيوق Capella ; 2. (راس ال)غول la Tête de Méduse; 3. عناق les Chèvres; 4. سرة الفرس l'Ombilic du Cheval (Pégase); 5. منكب الفرس l'Épaule du Cheval ; 6. (الكف ال) خضيب la Main teinte ; 7. (النسر) الواقع l'Aigle tombant; 8. بطن الحوت le Ventre du Poisson ; 9. (الدجاجة) منقارها le Bec de la Poule; 10. ردف la Suivante; 11. القايد Al-kaïd; 12. فخذ العوا الايمن le Fémur droit de Bootès; 13. منير الفكة la Brillante de la Couronne; 14. الفكة Alfekkah; 15. شمالي الزبرة la Septentrionale d'Alzubra; 16. ركبة الدب le Genou de l'Ourse; 17. ظهره le Dos de l'Ourse; 18. دبران Aldébaran; 19. يد (الجوزا) la Main droite d'Orion; 20. يد (الجوزا) la Main gauche d'Orion; 21. (الكف) الجذما la Main

ques difficultés; voyez leur signification exacte dans notre index ; *loc. cit.*

coupée; 22. جناح (الفرس) l'Aile de Pégase; 23. متن le Paleron; 24. جحفلة la Lèvre de Pégase; 25. الطاير (النسر) l'Aigle volant; 26. الحوا le Serpentaire; 27. الرامح Arcturus; 28. جنوبي الطرف la Méridionale d'Al-tharf; 29. الغميصا Procyon; 30. مرزم Mirzam; 31. الهنعة Al-henah; 32. ذنب الجدى la Queue du Capricorne; 33. جنوبي ساق الدلو الايمن l'Australe de la Jambe droite du Verseau; 34. جسد قيطس (قيطوس) le Corps de la Baleine; 35. اصل ذنبه la Racine de sa Queue; 36. جسد الارنب le Corps du Lièvre; 37. منطقة (الجوزا) la Ceinture d'Orion; 38. رجل le Pied; 39. الرجل اليسرى le Pied gauche; 40. المرزم Al-mirzam; 41. اليمانية Sirius; 42. الفرد Al-ferd; 43. قاعدة الباطية la Base de la Coupe; 44. الاعزل l'Épi; 45. الاكليل la Couronne; 46. وسط ثلثة الجبهة celle du milieu des trois d'Al-djéba; 47. جناح الغراب الايمن l'Aile droite du Corbeau; 48. قلب العقرب le Cœur du Scorpion; 49. تالى الشولة la Suivante d'Al-schaulah; 50. منكب الرامي الايسر l'Épaule gauche du Sagittaire; 51. (منكب) الرامى الايمن l'Épaule droite du Sagittaire; 52. يد الرامى اليسرى la Main gauche du Sagittaire; 53. عرقوب le Tibia; 54. اوّل النعايم la Première d'Al-naaïm; 55. فم الحوت الجنوبي Fomalhaut; 56. اخر النهر Acarnar; 57. الفرش la Plaine (1); 58. ذراع قنطورس الايمن le Bras droit du

(1) الفرش est pris sans doute dans le sens de سهيل (Canope). M. de Hammer et M. Prinsep (*Journal asiatique de*

Centaure. — Plusieurs de ces noms d'étoiles ne nous étaient point connus, et l'on en trouvera l'explication plus exacte dans l'index que nous avons publié.

Il nous reste à parler des instruments astronomiques que les Arabes comprenaient sous le nom d'instruments d'observation; au premier rang se trouve le quart de cercle de Ptolémée appelé les *briques*, dont on avait fait un mural dans l'observatoire de Maragah; c'est aussi l'anneau qui sert à déterminer l'obliquité (1), l'instrument des armilles ou astrolabe d'Hipparque, les règles parallactiques, etc. Après ces instruments viennent ceux qui paraissent appartenir en propre aux Arabes; c'est d'abord le sextant, qu'on employait pour observer la déclinaison du soleil; il mar-

Calcutta, t. V, p. 791) n'ont pu déterminer la position de l'étoile *Sclibar* سلبار ou سلوار, qui n'est certainement ni *la Lyre* السلياق, ni aucune étoile du Loup السبع, puisque le Djihannuma nous apprend qu'on a tort de confondre *Selibar* avec *Canope;* ce serait plutôt la Brillante du Phénix ou la Rame du Navire, qui sont de seconde grandeur, ou la Dernière du Fleuve (Acarnar). Quant à l'étoile التير dont parle M. Prinsep (*loc. cit.*), c'est sans aucun doute النير qu'il faut lire (نير بدن قنطورس).

(1) Voyez, dans notre Mémoire déjà cité, p. 195 et suiv., ce que dit Aboul-Wéfa des instruments à double pinnule et des instruments à ombre ou gnomon, pour la détermination des hauteurs méridiennes.

quait les degrés, les minutes et les secondes de 6 en 6.

Voici la description que nous donne Aboul-Hhassan de ce sextant, qui paraît être d'Abou-Mohammed-al-Chogandi (1).

الفصل الثانى فى الالة المسماة بالسدس التحرى

بين هذه الالة وبين غيرها من الالات التى يرصد بها الميل تفاوت كثير وذلك ان ساير الالات التى يرصد بها الميل نهاية ما يدرك به الدرج والدقايق فقط وهذه يدرك بها الدرج والدقايق والثوانى وهذه صفة عملها نستخرج خط نصف النهار كما تقدم ويبنا على جنبيه حايطين متوازيين لخط نصف النهار وبعد ما بينهما سبعة اذرع ونعمل فيما بينهما من جهة الجنوب طاقا بحكمة الصنعة ويهيا فى اعلاه ثقبا مقدار قطره سدس ذراع وارتفاعها عن الارض عشرون ذراعا ونركب على قطرها حديدة مبنية ثم نحفر فى الارض على استقامة مسقط حجر مركز للثقبة عشرين ذراعا ونعمد الى الواح متينة ونعمل منها بينهما مربعا مجرفا صلبا ممتدا غير مايل طوله اربعون ذراعا ونركب فى احد طرفيه زرفينا ونعلق من الحديدة المعترضة على الثقب فيبقى

(1) Ed. Bernard, *philos. Transact.*, t. XIII, p. 724 : « Abu-« Mahmud-al-Chogandi (A. D. 992, Hegiræ 382), tempore fe-« croddaulæ, sextante cujus radius erat cubitorum XL limbus-« que in minuta secunda distinctus invenerat λόξωσιν minorem « quam unquam captaverat aliquis majorum suorum, nimirum « 32′ 21″. » — Voy. ce qu'il dit, p. 723, sur le quart de cercle d'Albirouni, *cui radius* XV *cubitorum*. — Ms. ar., 1148, f. 130.

السهم مقام نصف قطر الدايرة ثم يدار فى الحفرة المحفورة
حتى يحصل قوس قدرها سدس دايرة ونركب فيها الواح
ويملس ويسوى ويصحح ويلبس صفايح صالحة للقسمة ونقسم
هذه القوس بستين قسما وكل قسم من هذه الاقسام درجة
ونقسم الدرجات التى نظن انها نهاية الميل بستين قسما
فمعلوم ان كل قسم من هذه الاقسام دقيقة ونقسم كل دقيقة
بعشرة اقسام ليكون كل قسم من هذه الاقسام للعشرة محتوى
على ست ثوانى فاذا بلغت الشمس فلك نصف النهار
القت شعاعها من تلك الثقبة على حوالى خط نصف النهار
ولان امتداد شعاع الشمس من الشمس على هيئة مخروط
يكون ما القت من الشعاع على الارض اعظم مقدارا من مقدار
الثقبة فلذلك ينبغى ان تهيا الة اخرى لتحقيق ذلك وهذه
الالة هى دايرة مساوية لمقدار الشعاع الواقع على الارض
ويعمل فيها قطران متقاطعان على زوايا قايمة فاذا قربت
الشمس من خط نصف النهار اطبقت هذه الدايرة على
شعاعها الواقعة على الارض وحركت بحركة الشمس رويدا
رويدا حتى يقع مركزها على خط نصف النهار فيتحقق
بذلك موضع وسط الشعاع من فلك نصف النهار ويعرف
من ذلك ارتفاع الشمس فى نصف النهار فان من الموضع
الذى وافاه مركز هذه الدايرة الى مسقط حجر الثقبة هو تمام
الارتفاع والله اعلم

CHAPITRE SECOND : DE L'INSTRUMENT APPELÉ SEXTANT.

« Il y a une grande différence entre cet instru-

« ment et ceux dont on se sert pour observer la
« déclinaison du soleil, c'est qu'il donne les de-
« grés, minutes et secondes, tandis que les autres
« ne donnent que les degrés et minutes.

« Voici comment on le construit :

« On trace une ligne méridienne, et on élève
« deux murs parallèles à cette ligne, un de chaque
« côté, de manière qu'il y ait entre ces deux murs
« un intervalle de sept coudées. On élève sur cet
« intervalle, du côté du midi, une voûte de cons-
« truction solide, et on laisse, à la partie supé-
« rieure, une ouverture circulaire, dont le dia-
« mètre est de 1/6 de coudée (3 p. 2/3), et la
« hauteur au-dessus du sol de vingt coudées.

« On établit, sur le diamètre de cette ouver-
« ture, un barreau de fer; puis on creuse le sol,
« dans la direction du fil à plomb suspendu au
« centre, et de la ligne méridienne, jusqu'à une
« profondeur de vingt coudées.

« On prend ensuite de bonnes planches que
« l'on assemble à angles droits, de manière à for-
« mer un canal quadrangulaire, solide et bien
« dressé, de quarante coudées de longueur; on
« attache à l'une de ses extrémités deux gonds,
« et on les suspend au barreau de traverse fixé
« sur l'ouverture.

« De cette manière, il ne reste plus d'apparent

« que le sinus verse (la flèche), au lieu du demi-
« diamètre du cercle.

« Ensuite on fait tourner le tuyau de telle sorte « qu'il décrive un arc du sixième de la circonférence (60°); on établit cet arc en planche, on « le polit, on l'égalise, on l'unit, on le revêt d'une « bande lissée pour la division, puis on divise « l'arc en 60 parties de degrés, chacun des degrés « qui servent à marquer la déclinaison, en 60 « minutes, et chaque minute en 10 parties, c'est-« à-dire de 6 en 6 secondes.

« Quand le soleil est arrivé au méridien, les « rayons lumineux se projettent par l'ouverture « aux environs de la ligne méridienne; et, parce « que ces rayons se propagent en partant du so-« leil en forme de cône, leur projection sur le « terrain a plus d'étendue que celle de l'ouverture, « et cela rend nécessaire l'emploi d'un second « instrument, pour avoir exactement le centre de « l'image solaire.

« Ce second instrument est un cercle égal en « grandeur à la projection des rayons lumineux « sur le terrain, et muni de deux diamètres qui « se coupent à angles droits. Lors donc que le « soleil approche de la ligne méridienne, on pré-« sente le cercle au-devant des rayons lumineux « qui se projettent sur le terrain, et on le fait

« mouvoir peu à peu, en suivant le mouvement du « soleil, jusqu'à ce que le centre du cercle se trouve « sur la ligne méridienne ; l'on obtient ainsi exacte- « ment le lieu du centre de l'image du soleil au mé- « ridien, et l'on a la hauteur du soleil dans le mé- « ridien ; car la distance du centre de ce cercle au « point où tombe le fil à plomb dans le sextant est « égale au complément de la hauteur du soleil. »]

Cet instrument, comme on le voit, était placé verticalement dans le méridien ; il se composait d'un arc de 60 degrés, divisé de 6 en 6 secondes et de 40 coudées de rayon, et d'un tuyau mobile autour du centre. A midi, les rayons du soleil passaient par une ouverture pratiquée dans la voûte qui couvrait l'instrument, suivaient le tuyau, et formaient, sur la concavité du sextant, une image circulaire dont le centre donnait, sur l'arc gradué, le complément de la hauteur du soleil. Cet instrument ne diffère de notre mural qu'en ce qu'il était garni d'un simple tuyau au lieu d'une lunette ; il donne une idée suffisante de la précision que les Arabes cherchaient à obtenir dans l'observation des astres, et montre qu'ils portaient les divisions au delà des minutes (1).

(1) M. Caussin (Extr. d'Ebn-Jounis, p. 122) s'exprime ainsi : « L'armille d'Ali-ben-Amajour était divisée de 20′ en 20′, mais « ces divisions étaient assez grandes pour qu'on pût aisément

Nous avons mis une importance d'autant plus grande à bien faire connaître la construction de cet instrument, qu'il est souvent cité par les auteurs arabes, sans que personne, jusqu'à ce jour, en ait indiqué la composition, et qu'il prouve que les astronomes du dixième siècle connaissaient l'usage du gnomon à trou; fait très-important pour l'exactitude de leurs observations. C'est le premier exemple que nous ayons trouvé d'un gnomon de ce genre. Un passage non justifié de l'historien Khondémir, qui vivait à la fin du quinzième siècle, a fait supposer que les Arabes l'avaient adopté pour l'observatoire de Maragah;

« en déterminer le tiers, à plus forte raison la moitié (10′), et « vraisemblablement le quart (5′). La division n'était pas « poussée plus loin sur les instruments dont se servaient les « anciens astronomes (Flamsteed, *Proleg.*, p. 19). L'armille « avec laquelle observait Iabia-ben-Abou-Mansor, le plus cé« lèbre des astronomes du temps d'Almamoun, n'était divisée « que de 10 en 10′, et, pour une observation de l'équinoxe « d'automne de l'an 237 de l'hégire, on employa une grande « armille (ce sont les termes de l'auteur), qui marquait les mi« nutes. Il paraît qu'on ne cherchait pas, à cette époque, à « pousser la division au delà des minutes, même sur les ins« truments que faisaient faire les souverains. Vers l'an 515 de « l'hégire, on construisit au Caire un grand cercle de dix cou« dées (quinze pieds environ), un autre de sept coudées, et une « sphère armillaire de cinq coudées, etc. » Ce que nous venons de dire au sujet du *sextant* de Mohammed-al-Chogandi contredit l'assertion de Flamsteed et de M. Caussin. Voy. aussi notre Mém. déjà cité, p. 195.

mais rien n'avait prouvé jusqu'à présent que les astronomes du dixième au douzième siècle s'en fussent servis. Nous ne faisons que mentionner l'instrument des éclipses et l'instrument du lieu vrai (ou des éphémérides) des sept planètes, attendu que le manuscrit latin n° 7295 a traité le même sujet sous ce titre : *De motibus planetarum per instrumenta manualiter mota* ; nous ferons seulement observer qu'Aboul-Hhassan place l'apogée du soleil, de son temps (1230 après J. C.), au commencement du signe de l'Écrevisse.

Ce que nous avons rapporté suffit pour donner une idée des instruments astronomiques des Arabes ; si notre travail présente encore des lacunes, il ouvre du moins la voie à de nouvelles et intéressantes recherches.

QUATRIÈME PARTIE.

Des mathématiques chez les Arabes.

En cultivant l'astronomie, les Arabes devaient donner une attention toute particulière aux diverses branches des mathématiques; ils firent, en effet, dans cette direction d'immenses travaux, et l'on peut dire qu'à cet égard, ils ont été nos maîtres (1). Non-seulement la géométrie, l'arithméti-

(1) En 800, Charlemagne, par les conseils d'Alcuin, élève de Bède, avait essayé de ranimer le goût des mathématiques; mais l'ignorance du siècle prévalut, et on ne peut citer, comme une suite des efforts de Charlemagne, que quelques observations faites sous Louis le Débonnaire.

De 970 à 980, Gerbert, bénédictin, né en Auvergne, connu depuis sous le nom de Silvestre II, introduit parmi nous les connaissances mathématiques qu'il avait puisées en Espagne.

De 1100 à 1120, le moine Adhelard, Anglais, voyage en Espagne et en Égypte, et traduit à son retour, d'après l'arabe, les *Éléments* d'Euclide. Il est le premier qui ait fait connaître en Occident cet auteur, dont le nom à peine y avait pénétré.

Platon de Tivoli, religieux, traduit de l'arabe les *Sphériques* de Théodose (traduction imprimée en 1493, puis en 1548).

Rodolphe de Bruges, religieux, traduit le *Planisphère* de Ptolémée, d'après une version arabe commentée par Maslem.

De 1250 à 1300, Campanus de Novarre traduit de nouveau d'après l'arabe et commente les *Éléments* d'Euclide.

que et l'algèbre, mais l'optique et la mécanique firent, entre leurs mains, de remarquables progrès. Les *pneumatiques* et les *hydrauliques* de Ctésibius et de Héron d'Alexandrie avaient été traduites; il en était de même du livre *des machines de guerre* de Héron le jeune, et l'on sait que Golius apporta d'Orient une version du traité intitulé : *Barulcon*. Mais si les ouvrages spéciaux des Arabes sur cette partie de la science nous manquent aujourd'hui, si nous avons à regretter l'ouvrage que Hassan-ben-Haithem écrivit sur *la vision directe, réfléchie et rompue* et sur les *miroirs ardents*, du moins pouvons-nous citer l'optique d'A-Hazen, qui offre des réflexions judicieuses sur la réfraction, sur le lieu apparent de l'image dans les miroirs courbes, le foyer des miroirs caustiques, sur la gran-

Vitellion, Polonais, traduit l'*Optique* d'Al-Hazen (que l'on croit avoir été calquée sur celle de Ptolémée).

Gérard de Crémone (du douzième siècle, selon la *Biographie universelle*, et du quatorzième, selon Weidler et Delambre), traduit l'*Almageste* de Ptolémée, ce qui commence à faire connaître la véritable et solide astronomie. La première traduction, d'après le grec, de Georges de Trébizonde, ne fut faite qu'en 1450.

Le même traduit le *Commentaire* de Géber sur l'*Almageste*, et un petit traité d'Al-Hazen sur les crépuscules.

1252. Alphonse fait publier, à cette époque, les *Tables alphonsines*.

1400. Léonard de Pise fait connaître l'algèbre, qu'il avait apprise chez les Arabes.

deur apparente des objets et le grossissement du soleil et de la lune vus à l'horizon.

L'algèbre reçut aussi d'utiles applications chez les Arabes; nous nous occuperons dans notre cinquième partie de l'origine présumée de cette science. Il nous suffit de dire ici, que dès le commencement du neuvième siècle de notre ère, Mohammed-ben-Musa composait un traité d'algèbre que M. Rosen a traduit dans ces derniers temps en anglais, et dont il existait des versions latines, et que Thébit-ben-Corrah écrivait vers la même époque sur *la certitude des démonstrations du calcul algébrique.* « Ceci pouvait donner lieu « de penser, dit Montucla (1), que les Arabes eu« rent aussi l'heureuse idée d'appliquer l'algèbre à « la géométrie; mais il n'y a que l'inspection du « manuscrit dont il s'agit ici, qui pourrait nous « apprendre jusqu'où ils avaient porté cette in« vention. »

Cette conjecture s'est trouvée réalisée par la publication du fragment d'algèbre que nous avons extrait du manuscrit de la Bibliothèque royale (2), où les équations cubiques sont résolues géométriquement.

(1) Montuclà, *Hist. des mathématiques*, t. I, p. 383.

(2) Ms. arabe n° 1104, fol. 28. — Chasles, *Aperçu hist. des méthodes en géométrie*, p. 492; voy. plus haut, p. 123.

L'auteur de cet ouvrage ne se nomme point ; mais comme il le dédie à un grand juge, قاضى القضاة الامام السيد ابى طاهر, il ne serait pas tout à fait impossible, d'après cette circonstance, d'avoir la date approchée de sa composition.

L'auteur y définit l'algèbre الجبر والمقابلة un art savant qui traite des nombres absolus et des grandeurs d'une manière telle, que les quantités inconnues, étant jointes à une chose connue, peuvent être déterminées, la chose connue étant une quantité ou un rapport.

Il remarque ensuite que, dans leur art, les algébristes ont coutume de nommer *chose* شى (la *cosa* des Italiens) l'inconnue à déterminer; *produit* ou *carré* مال (*censo*), la *cosa* multipliée par elle-même; *cube* كعب (*cubo*), le produit du *censo* par la *cosa ;* le *carré-carré* مال مال (*il censo di censo*), le produit du *censo* par lui-même ; le *carré-cube* مال كعب (*il censo di cubo*), le produit du *censo* par le *cubo ;* le *cube-cube* كعب كعب (*il cubo di cubo*), le produit du *cubo* par lui-même, etc., ou en d'autres termes :

1re puissance — chose.
2e. . . . . — carré.
3e. . . . . — cube.
4e. . . . . — carré-carré.
5e. . . . . — carré-cube.
6e. . . . . — cube-cube.

Ceci, comme on le voit, est en tous points contraire à l'opinion de Wallis, qui prétend que les Arabes ont adopté, dans la dénomination des puissances مراتب, un système différent de celui de Diophante (1).

L'auteur prévient ensuite qu'on ne peut entendre son ouvrage رسالة, qu'autant qu'on connaît les *Éléments* d'Euclide et son traité des *Data* الكتاب اقليديس فى الاصول و كتابه فى المعطيات et les deux (premiers) livres des Coniques d'Apollonius ومقالتين من كتاب ابلونيوس فى المخروطات, parce que tout ce qu'il dira est fondé sur les principes énoncés dans ces trois ouvrages; et après avoir fait observer qu'il ne considère que quatre ordres de quantités : les nombres absolus عدد, les côtés ou racines جذر, les carrés et les cubes, et qu'on ne peut concevoir en dimensions de carré-carré, il dit qu'on ne trouve dans les livres des algébristes qui l'ont précédé, que la solution des équations المعادلات des trois premiers ordres, savoir en nombres absolus, en côtés et en carrés; mais que, quant à lui, il donnera des règles pour déduire l'inconnue dans chacun des quatre ordres, et qu'il se servira des propriétés du cercle بخواص الدايرة exposées dans les *Éléments* et les *Data*, et, à leur

(1) Voy. Montucla, *Hist. des mathématiques*, t. I, p. 382.

défaut, des propriétés des sections coniques بخواص القطوع المخروطية exposées dans les deux premiers livres d'Apollonius.

Il divise en deux espèces les équations entre les quantités des quatre ordres, les équations simples معادلات مفردات et les équations composées مقرنات, et passe à leur énumération.

Selon lui, les équations simples ou binaires sont au nombre de six (nous les donnerons avec nos signes pour simplifier) :

1re $x - n = o$
2e $x^2 - n = o$
3e $x^3 - n = o$
4e $x^2 - mx = o$
5e $x^3 - mx^2 = o$
6e $x^3 - mx = o$.

La quatrième et la cinquième se réduisant, comme il le fait observer, à la première; la sixième à la seconde; et la troisième ne pouvant être résolue en nombres que par l'*istikra* بالاستقرا من حيث العدد (1), et par la géométrie, qu'au moyen

(1) *Istikra* signifie le cas où l'on ne peut prouver la vérité d'une proposition générale qu'en parcourant tous les cas particuliers auxquels elle est applicable; l'auteur se sert de cette expression dans le sens de *déduction* ou *extraction.* — La définition du mot الاستقرا se trouve dans l'extrait que Silvestre de Sacy a donné du كتاب التعريفات ou *Livre des définitions*. Voy. *Notices et extraits des manuscrits*, t. X, p. 42.

des sections coniques ومن حيث الهندسية بالقطوع المخروطية.

Il continue : les équations composées sont de deux sortes, les *ternaires* ou les *quaternaires* (ou, si l'on veut, *trinomes* et *quadrinomes*) واما المقرنات فمنها ثلاثية ومنها رباعية.

Il y a douze espèces de *ternaires* :

$$1^{re}\ x^2 + mx - n = o\ (1)$$
$$2^e\ x^2 - mx + n = o$$
$$3^e\ x^2 - mx - n = o$$

Celles-ci sont traitées dans les livres d'algèbre, et expliquées par des constructions géométriques, mais non pas arithmétiquement. Les trois suivantes, qui sont regardées comme leurs homogènes, sont :

$$4^e\ x^3 + mx^2 - nx = o$$
$$5^e\ x^3 - mx^2 + nx = o$$
$$6^e\ x^3 - mx^2 - nx = o$$

Les six autres sont :

$$7^e\ x^3 + mx - n = o$$
$$8^e\ x^3 - mx + n = o$$
$$9^e\ x^3 - mx - n = o$$
$$10^e\ x^3 + mx^2 - n = o$$
$$11^e\ x^3 + mx^2 + n = o$$
$$12^e\ x^3 - mx^2 - n = o$$

La forme seule de ces six dernières équations est exposée dans les livres des algébristes; mais nous les démontrerons par des constructions géo-

(1) Carré et racine égalent nombre, etc.

métriques, ne le faisant pas arithmétiquement.

Les quaternaires, qui sont au nombre de sept, se divisent en deux classes : la première comprend les (quatre) cas où il y a trois ordres de quantités égaux à un seul (1), savoir :

$$
\begin{array}{ll}
1^{re} & x^3 + mx^2 + nx - a = o \ (2) \\
2^e & x^3 + mx^2 - nx + a = o \\
3^e & x^3 - mx^2 + nx + a = o \\
4^e & x^3 - mx^2 - nx - a = o
\end{array}
$$

La seconde classe comprend les (trois) cas où deux ordres sont égaux à deux autres :

$$
\begin{array}{ll}
5^e & x^3 + mx^2 - nx - a = o \ (3) \\
6^e & x^3 - mx^2 + nx - a = o \\
7^e & x^3 - mx^2 - nx + a = o
\end{array}
$$

Telles sont les sept quaternaires pour lesquelles nous n'avons pu trouver la chose شى, *la cosa*, que par des moyens géométriques.

L'auteur passe ensuite à la solution de chacune des vingt-cinq équations rapportées ci-dessus.

ÉQUATIONS BINAIRES. — 1re ÉQUATION.

$x - n = o$ racine égale nombre.

الصنف الاول من المفردات جذر يعدل عدد

(1) On lit dans le manuscrit : وهو الاول ما يكون فيه ثلث مرّات معادلة الواحدة. Il faut lire, comme nous le faisons, مراتب.

(2) Cube, carré et racine égalent nombre.

(3) Cube et carré égalent racine et nombre, etc.

Dans ce cas, la racine est nécessairement connue, et la règle est la même pour le nombre et pour l'étendue المساحات.

II^e ÉQUATION.

$x^2 - n = o$ carré égale nombre;

arithmétiquement من جهة العدد, par extraction بالاستقرا; géométriquement من جهة الهندسية, prenez une ligne AB supposée égale au nombre donné, et que AC soit l'unité, et perpendiculaire à AB, terminez le rectangle AD, il est évident معلوم que l'étendue de sa surface sera exprimée par le nombre donné; faites un carré E égal en surface au rectangle AD, comme l'a expliqué Euclide dans la 14^e proposition du second livre de son Traité des éléments, le carré E sera égal au nombre donné, et comme il est connu, son côté le sera aussi d'après la démonstration d'Euclide, ce qui est la chose demandée.

III^e ÉQUATION.

$x^3 - n = o$

arithmétiquement, par extraction; géométriquement, prenez un carré AD, etc. La fin de la solution est renvoyée à l'un des articles suivants, à cause de l'emploi des sections coniques.

IV^e, V^e ET VI^e ÉQUATIONS.

$x^2 - mx = o \quad x^3 - mx^2 = o \quad x^3 - mx = o$

arithmétiquement et géométriquement.

ÉQUATIONS TERNAIRES ET QUATERNAIRES.

Les six premières sont résolues arithmétiquement et géométriquement; après quoi, l'auteur fait observer que les solutions géométriques des six autres exigent l'emploi des sections coniques, comme la troisième des binaires, et qu'il en est de même des sept quaternaires. Mais, avant de passer à la solution de ces quatorze équations, il donne celle des trois questions suivantes :

1° Insérer deux moyennes proportionnelles entre deux lignes données نريد ان نجد خطين بين خطين ليتوالى الاربعة متناسبة.

2° Construire sur un rectangle donné un parallélipipède rectangle égal à un solide donné نريد ان نعمل على قاعدة م ح مجسمًا متوازى السطوح قائم الزوايا مساويا لمجسم ا ب د ى ه.

3° Construire un solide dont la base soit un carré, et la hauteur égale à une ligne donnée, et qui soit en même temps égal à un solide donné نريد ان نعمل مجسما قاعدته مربع و ارتفاعه مثل ه ط المفروض يكون مساويًا لمجسم ا ح ى.

Il reprend alors la troisième des binaires, à laquelle il applique la solution des deux moyennes proportionnelles par deux paraboles, et passe aux treize autres équations, lesquelles, ainsi que la précédente, sont du troisième degré, et qu'il ne se propose de résoudre que géométriquement.

La première, qui est la septième des ternaires, est de la forme

$$x^3 + mx - n = 0.$$

L'auteur la résout par une construction où il emploie le cercle et la parabole.

C'est à la fin de cette solution que la copie se trouve interrompue, n'ayant pas été achevée par le copiste, qui a même omis les figures des trois dernières constructions.

Quoi qu'il en soit, ce petit traité montre d'une manière incontestable que les Arabes ont connu les équations cubiques, et l'art d'exprimer graphiquement les formules, art si beau et si précieux que Keppler regrettait de ne pas savoir (1).

On a prétendu que nous avions attribué aux Arabes la résolution *algébrique* des équations du troisième degré, et notre réponse ne s'est point fait attendre (2); nous n'avons rien eu à retirer de ce que nous avions avancé, et le savant géomètre, M. Chasles, dans son appréciation de notre travail, n'y a point vu les assertions qu'on nous prêtait : « Montucla, dit-il, pensait que les Arabes « pouvaient bien avoir traité des équations du

(1) Voy. plus haut, p. 124.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 23 avril et 13 mai 1838.

« troisième degré; il se fondait sur le titre *Al-
« gebra cubica seu de problematum solidorum reso-
« lutione* d'un manuscrit de la bibliothèque de
« Leyde, attribué à Omar-ben-Ibrahim (le même,
« peut-être, qu'Omar-Alkheiami); le fragment
« trouvé par M. Sédillot confirme encore à cet
« égard la conjecture de Montucla, et en fait l'un
« des points les plus importants et l'un des mo-
« numents les plus précieux de l'histoire scienti-
« fique des Arabes. »

On voit que les documents originaux que nous possédons sur cette branche des mathématiques se réduisent à bien peu de chose, si l'on considère combien les savants de l'école de Bagdad nous ont laissé de *traités d'algèbre* (1). Il en est de même de l'arithmétique, qu'ils nous ont transmise avec nos chiffres modernes, et dont ils ont développé les éléments dans un nombre infini d'ouvrages spéciaux que personne n'a pris la peine de traduire. M. Chasles, qui a répandu dans ces derniers temps une si vive lumière sur l'origine de notre système de numération (2), a plusieurs fois exprimé le regret de n'avoir pu trouver une version authentique d'un seul *traité d'arithmétique arabe*.

(1) Voy. notre *Introduction aux tables d'Oloug-Beg*, p. 54, 56, 62, etc.

(2) Voy. plus loin notre V^e^ partie.

En géométrie, nous sommes un peu plus au courant des travaux de nos devanciers. Dès le règne d'Almamoun, Euclide, Théodose, Apollonius, Hypsiclès et Menelaus avaient été traduits; le traité d'Archimède *de sphærâ et cylindro*, et probablement ses autres ouvrages, étaient commentés, et les productions multipliées des géomètres arabes prouvent que, pendant plusieurs siècles, ils s'occupèrent des questions les plus ardues de la science; l'intérêt qu'ils attachaient aux discussions scientifiques, se révèle surtout dans *leur correspondance mathématique,* dont nous avons recueilli des fragments. L'auteur de la solution de ce problème : *trouver sur un miroir sphérique le point de réflexion, le lieu de l'objet et celui de l'œil étant donnés*, était évidemment un esprit d'un ordre supérieur.

On est bien obligé de reconnaître que les Arabes ne se sont pas bornés à traduire les traités des Grecs; et si nous leur devons de la reconnaissance pour nous avoir conservé plusieurs livres d'Apollonius, d'Archimède, de Théodose, etc., la forme qu'ils ont donnée à la trigonométrie sphérique ne leur fait pas moins d'honneur. Ils substituèrent aux méthodes anciennes des résolutions plus simples, en proposant trois ou quatre théorèmes qui sont le fondement de notre trigonométrie moderne. Ils employèrent, au neuvième siècle, les sinus des arcs au lieu des cordes des arcs doubles, et, comme nous l'avons déjà rappelé, ils simplifièrent, un peu plus tard, par l'introduction des tangentes, l'expression des rapports circulaires, d'abord si longue et si embarrassée (1).

Le petit traité de géométrie spéculative de Hassan-ben-Haithem (2), que nous avons fait connaître, donne une idée assez juste des considérations métaphysiques que les géomètres arabes ont répandues dans leurs écrits. On nous a reproché d'y avoir vu les principes d'une géométrie qu'on a nommée dans ces derniers temps *géométrie de position*; mais nous n'avons fait qu'émettre une idée partagée par nos plus habiles mathématiciens, et nous devons dire que, sur ce point encore, M. Chasles, analysant notre travail, n'en a fait l'objet d'aucune critique (3).

Hassan-ben-Haithem florissait vers l'an 400 de l'hégire (1009 après J. C.), et mourut au Caire en 430 (1038 après J. C.).

(1) Delambre, *Hist. de l'astronomie au moyen âge*, p. 151 et 152 : *Analyse des travaux de mon père*; Chasles, *Aperçu des méthodes*, etc., p. 494, et 495, et plus haut, p. 27.

(2) Ms. ar. n° 1104, fol. 11 ; — *Des connues géométriques*, par Abou-Ali-al-Hassan-ben-al-Hassan-ben-al-Haithem.

(3) *Journal asiatique*, 1834; M. Chasles, *loc. cit.*, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 23 avril et 13 mai 1838.

Il a composé aussi un recueil d'observations astronomiques, un commentaire de l'Almageste, et un autre sur les définitions qui sont en tête des Éléments d'Euclide (1).

La copie du traité *des connues*, qui se trouve dans le manuscrit 1104 de la Bibliothèque royale, est de l'an 539, le 9 de dzoulhiggeh (3 juin 1144).

Hassan-ben-Haithem était un astronome distingué, et l'attention qu'il accorde à des questions élémentaires de géométrie nous fait voir l'importance qu'il attachait aux principes de la science; ce qui caractérise l'esprit des érudits de son temps, et montre aussi qu'ils cultivaient les sciences pour elles-mêmes, et qu'ils cherchaient à découvrir tous les points de vue sous lesquels elles peuvent être considérées.

Les préliminaires du traité d'Hassan-ben-Haithem permettent d'apprécier assez exactement la philosophie mathématique des Arabes; quant à

(1) Le catalogue de la Bibliothèque bodleyenne porte, art. 908 : « Codex Bombycinus anno hegir. 987, Christ. 1579, « exaratus, ubi reperiuntur, 1° Ibn-al-Haithami geometræ ce« leberrimi, in definitiones quæ elementis Euclidis præmit« tuntur, commentarius, 71 fol. constans; mortuus autor « Cairi anno hegir. 430, Christ. 1038. » — On trouve dans l'ouvrage d'Abou-Ossaïbah la liste de quatre-vingt-huit de ses ouvrages; voyez le Mémoire que nous avons inséré dans le t. XIII des *Notices et extraits des manuscrits*, publiés par l'Académie des inscriptions et belles-lettres, p. 128.

l'ouvrage même, il est divisé en deux livres; l'auteur fait remarquer que « le premier comprend « des choses tout à fait neuves et dont le genre « même n'a pas été connu des anciens géomè- « tres (1), et que le second contient une suite de « propositions anologues à celles qui ont été trai- « tées dans le livre des *Data*, mais qui ne se trou- « vent pas dans cet ouvrage d'Euclide. » Au reste, si Hassan-ben-Haithem marche sur les traces d'Euclide, il ne se montre pas inférieur à son modèle. Il commence ainsi : *Prolégomènes : définition des* CONNUES, العلومات *leurs divisions et subdivisions.*

(1) Pappus d'Alexandrie a indiqué, dans le VII^{e} livre de ses *Collections mathématiques*, tout ce que ses devanciers avaient écrit *de locis;* en supposant que Hassan-ben-Haithem ait emprunté aux Grecs l'idée première de son travail, on doit toutefois reconnaître que par ses applications il est devenu auteur original. Voici ce que dit Pappus de ceux qui l'avaient précédé : « Librorum qui ad resolutum locum pertinent ordo « talis est : EUCLIDIS datorum liber unus. APOLLONII λόγου « ἀποτομῆς, hoc est de proportionis sectione libri duo; χορίου « ἀποτομῆς, hoc est de spatii sectione duo; ἐπαφῶν, hoc est « tactionumduo. EUCLIDIS porismatum tres. APOLLONII νεύσεων, « hoc est inclinationum duo. Ejusdem τόπων ἐπιπέδων, hoc est « planorum locorum duo; conicorum octo. ARISTÆI τόπων « ςερεῶν, hoc est locorum solidorum quinque. EUCLIDIS τόπων « πρὸς ἐπιφάνιαν, hoc est locorum ad superficiem duo. ERA- « TOSTHENIS de medietatibus duo. Itaque omnes libri sunt nu- « mero triginta et unus. » — Voy. Papp., *Collect. mathem. à Commandino in lat. conv.* In-fol. Bononiæ, 1660.

La connaissance (1) العلم, *scientia*, se compose d'*opinions immuables*, الظن لا يتغير, et l'on entend par *opinion*, ظن, un *jugement*, اعتقاد, porté sur une chose quelconque, mais un jugement immuable, tel que le jugement exprimé par cette proposition : le tout est plus grand que sa partie.

Or, il ne peut y avoir de jugement, sans qu'il y ait une personne qui juge et une chose jugée; et il ne peut y avoir de jugement immuable qu'autant que la chose jugée est elle-même immuable.

La connaissance est donc le jugement d'une chose immuable; le connu est cette chose immuable en tant qu'elle est jugée; et le connaissant, celui qui juge une chose immuable, معنى لا يصح فيه التغير.

Quant au jugement porté sur une chose muable ou sujette au changement, il ne peut être

(1) Le mot de science ou de connaissance renferme nécessairement deux choses : l'une est la vérité, et l'autre l'évidence. En effet, ce qui n'est pas la vérité ne peut être *connu*. Qu'un homme nous dise tant qu'il voudra qu'il connaît très-bien une chose; si ce qu'il dit se trouve faux par la suite, il sera forcé d'avouer qu'il n'avait pas une *connaissance*, mais une opinion. Pareillement si une vérité n'est pas évidente, la connaissance de l'homme qui la soutient, ne sera pas plus sûre que celle de ceux qui soutiennent le contraire, car si la vérité suffisait pour constituer la connaissance ou la science, toute vérité serait connue, ce qui n'est pas. Hobbes, *De la nature humaine,* ch. VI.

regardé comme connaissance, parce que la chose muable n'existe pas constamment sous la même forme; tel est le jugement que nous exprimons par cette proposition, *Zéid est debout ;* car il se peut que Zéid ne soit pas debout à l'instant du jugement, mais qu'il y soit dans tout autre temps.

Néanmoins ce qui dépend du temps, comme l'objet de ce jugement, *Zéid est debout*, ou *a été debout*, peut donner lieu à un jugement vrai; et si l'on est assuré qu'il est vrai, il pourra être nommé *connaissance*, quoique par extension et parce qu'il ressemble à la connaissance, en ce que c'est un jugement vrai, car, dans le sens propre et rigoureux du mot *connaissance*, la connaissance ne doit varier dans aucun temps فامّا العلم على تحقيق فهو الذى لا يصح فيه التغيّر فى وقت من الاوقات.

Observons encore que la connaissance étant un jugement, et un jugement ne pouvant avoir lieu sans une personne qui juge, il ne peut y avoir de connaissance sans qu'il y ait une personne qui connaisse (*aliquis noscens*).

Le jugement porté sur une chose immuable est de deux espèces, selon que celui qui juge cette chose immuable sait ou ne sait pas qu'elle est telle; car autre est le jugement d'une chose immuable, autre le jugement de son immuabilité.

De là, celui qui juge une chose immuable et qui sait que son jugement porte sur une chose telle, est savant non-seulement en cette chose, mais par la connaissance de son immuabilité il sait encore qu'il la connaît de science certaine, et c'est ce qui constitue le *vrai connaissant* (*vere noscens*).

Au contraire, celui qui juge une chose immuable sans savoir qu'elle est telle, peut bien être regardé comme savant en cette chose; mais comme il ne sait pas s'il la connaît de science certaine, parcequ'il ignore si elle est muable ou immuable, et qu'il juge sans l'évidence et non d'une manière absolue, mais par voie d'admission ou de confiance dans la bonté d'une opinion, ou seulement par convenance, il ne peut être appelé *connaissant* que relativement à la chose et non relativement à son immuabilité, ce qui, réuni, constitue la vraie connaissance.

La connaissance est aussi de deux espèces, connaissance de fait et connaissance virtuelle العلم بالفعل و العلم بالقوّة.

La connaissance de fait est celle qui résulte du jugement de quelqu'un qui juge, et la connaissance virtuelle est celle qui aurait lieu si le jugement était porté.

Et puisque la connaissance est un jugement, et qu'un jugement ne peut avoir lieu sans une personne qui juge et sans une chose jugée qui est le connu (*notum*), et qu'en outre la connaissance est de deux espèces, connaissance de fait et connaissance virtuelle, le connu sera aussi de deux espèces : *connu de fait* et *connu virtuellement* معلوما بالفعل و معلوما بالقوة.

Le connu de fait (*realiter notum*) est celui qui est connu à celui qui peut juger, et le connu virtuellement (*virtualiter notum*) est celui qui peut lui devenir connu.

Nous avons dit que le connu doit être une chose immuable ; ainsi les choses immuables peuvent être considérées sous deux rapports, selon qu'elles sont ou peuvent être l'objet du jugement de celui qui juge.

D'après tout ce qui précède, le connu sera nécessairement une chose immuable, que cette chose soit ou ne soit pas encore jugée par celui qui juge.

Les connus se subdivisent encore en tant qu'ils ont ou n'ont pas pour objet la quantité, الكمية ; nous ne nous occuperons ici que de ceux qui sont relatifs à la quantité.

Or il y a deux espèces de quantité : la *quantité discrète* ou *disjointe* et la *quantité continue* الكمية المنفصلة و الكمية المتصلة.

La quantité discrète est de deux sortes; telles sont pour la première *les lettres qui composent les mots*, et pour la seconde, *les nombres;* الحروف الالفظ والعدد.

La quantité continue est de cinq sortes : savoir *la ligne*, *la surface*, *le solide*, *le poids* et *le temps* ou *la durée*, etc. الخط و السطح و الجسيم و الثقل و الزمان.

Suivent des considérations très-étendues sur les divisions, subdivisions et propriétés de ces sortes de quantités.

L'auteur termine ces prolégomènes par la définition des *rapports*, نسبة ; il explique ce que l'on entend par *lignes connues de grandeur et de position* خط معلومة الوضع والقدر, et passe aux propositions géométriques qui forment le corps de l'ouvrage, divisé, comme nous l'avons dit, en deux livres.

Énoncés des propositions. — LIVRE PREMIER. — *Prop.* 1re. Lorsque d'un point connu de position on tire une droite de grandeur connue, l'extrémité de cette droite est sur la circonférence d'un cercle connu de position (1) اذا خرج من نقطة معلومة الوضع خط مستقيم معلوم فان نهايته على محيط دايرة معلومة الوضع (Fig. 23.)

Prop. 2. Lorsque du centre, من مركز, d'un cer-

(1) Les planches jointes à ce volume rectifieront suffisamment ce qu'il y a d'incomplet dans cette proposition et dans quelques autres.

cle connu de grandeur et de position, on mène une ligne droite à la circonférence et qu'ensuite on l'incline sous un angle connu, ثم انعطف على, زاوية معلومة et que le rapport de la première ligne à la seconde est connu, وكانت نسبة الخط الاوّل الى الثانى معلومة l'extrémité de la seconde ligne est sur une circonférence de cercle connue. (Fig. 24.)

Prop. 3. Lorsque d'un point connu de position dans un cercle connu de grandeur et de position, le point connu étant autre que le centre du cercle, on mène une ligne droite à la circonférence et qu'on prolonge cette droite directement, si le rapport de la première ligne à la seconde est connu, l'extrémité de cette seconde ligne sera sur une circonférence de cercle connue de position. (Fig. 25 et 26.)

Prop. 4. Lorsque d'un point connu de position, dans un cercle connu de grandeur et de position, le point étant autre que le centre, on mène une droite à la circonférence, et qu'ensuite on incline cette droite sous un angle connu, si le rapport de la première ligne à la seconde est connu, l'extrémité de cette seconde ligne sera sur une circonférence de cercle connue de position. (Fig. 27 et 28.)

Prop. 5. Lorsque d'un point connu de position on mène à une droite connue de position une autre ligne droite, et qu'ensuite on l'incline sous un angle connu, si le rapport de la première ligne à la seconde est connu, l'extrémité de cette seconde ligne sera une ligne connue de position. (Fig. 29.)

Prop. 6. Lorsque de deux points connus de position on mène deux lignes droites qui se coupent en un point où elles forment un angle connu, والتقيا على نقطة واحاطا عند تلك النقطة بزاوية معلومة ce point sera sur une circonférence de cercle connue de grandeur et de position. (Fig. 30.)

Prop. 7. Lorsque de deux points connus de position on mène deux lignes droites qui se coupent en un point où elles forment un angle connu, et qu'ensuite on prolonge directement une des deux lignes, si le rapport de cette ligne à son prolongement est connu, son extrémité sera sur une circonférence de cercle connue de position. (Fig. 31.)

Prop. 8. Lorsque de deux points connus de position on mène deux lignes droites qui se rencontrent en un point et qui sont égales entre elles, le point est une ligne droite connue de position. (fig. 32.)

Prop. 9. Lorsque de deux points connus de position on mène deux lignes droites qui se rencontrent en un point, et que le rapport de ces deux lignes, savoir, celui de la plus grande à la plus petite, est connu, le point de rencontre est sur une circonférence de cercle connue de position. (Fig. 33.)

Prop. 10. Lorsque de deux points connus de position on mène deux lignes droites qui se rencontrent en un point, si l'on joint ce point aux deux autres, et ceux-ci entre eux, par des lignes droites, et que le triangle qui en résulte soit connu de grandeur, le point de rencontre sera sur une quatrième ligne droite connue de position. (Fig. 34.)

Prop. 11. Si entre deux cercles égaux on mène une droite parallèle à la ligne qui joint les deux centres, et que les deux extrémités de la première ligne soient semblablement placées à l'égard des deux cercles, cette ligne sera égale à celle qui joint les deux centres. (Fig. 35.)

Prop. 12. Lorsque entre deux cercles égaux, connus de grandeur et de position, on mène une ligne droite parallèle à la ligne qui joint les deux centres, et qu'on prolonge directement la droite par l'une de ses extrémités, si le rapport de cette droite à son prolongement est connu, l'extrémité de ce prolongement sera sur une circonférence de cercle connue de grandeur et de position. (Fig. 36.)

Prop. 13. Lorsque d'un point connu de position on mène à une ligne droite connue de grandeur et de position, une ligne droite coupant la première et prolongée directement ثم خرج على استقامة, si le rapport de cette ligne à son prolongement est égal au rapport des deux parties de la ligne connue de grandeur et de position, l'extrémité du prolongement est sur une ligne droite connue de position. (Fig. 37.)

Prop. 14. Lorsque d'un point connu on mène à une ligne droite connue de grandeur et de position une autre droite qui la coupe, et qu'on prolonge cette droite directement, si le produit de cette droite par son prolongement est égal au produit des deux parties de la ligne فصار ضرب القسم الاول فى الثانى مثل ضرب قسمى الخط احد هما فى الاخر connue de grandeur et de position, l'extrémité du prolongement de la seconde ligne droite se trouve sur une circonférence de cercle connue de position. (Fig. 38.)

Prop. 15. Lorsque de deux points connus on mène à un cercle connu de grandeur et de position deux lignes qui se coupent dans l'intérieur du cercle, et que l'on prolonge ensuite jusqu'à la circonférence, si le produit des deux parties de l'une des deux lignes est égal au produit des deux parties de la seconde ligne, et que l'on joigne par une ligne droite les deux premiers points de rencontre des deux lignes avec le cercle, cette droite sera parallèle à celle qui joint les deux points donnés. (Fig. 39.)

Prop. 16. Lorsque de deux points connus on mène à un cercle connu deux lignes droites qui se coupent dans l'intérieur du cercle; si, prolongées jusqu'à la circonférence, elles sont divisées par le point de rencontre en même rapport, les deux premiers points de rencontre des deux lignes avec le cercle sont sur une circonférence de cercle qui passe par les deux points connus. (Fig. 40.)

Prop. 17. Lorsque de deux points connus de position on mène à un cercle connu de grandeur et de position deux droites qui se coupent sur la circonférence du cercle, et que l'on prolonge jusqu'à ce qu'elles rencontrent de nouveau la circonférence, si ces deux lignes sont divisées en même rapport à leur point de rencontre, le rapport du produit de l'une d'elles par sa partie comprise dans le cercle, au produit de la seconde aussi par sa partie comprise dans le cercle, est un rapport connu (Fig. 41.)

Prop. 18. Lorsque deux cercles connus de grandeur et de position sont tangents, et que l'un est dans l'intérieur de l'autre, si l'on mène une droite qui coupe les deux cercles d'une manière quelconque, et que l'on joigne par une ligne droite l'un des points d'intersection du petit cercle avec le point de tangence, le rapport du produit des deux parties de la ligne qui coupe les deux cercles au carré de la droite qui joint le point de tangence au point d'intersection du petit cercle, est un rapport connu. (Fig. 42.)

Prop. 19. Lorsque deux cercles connus sont tangents et que l'un est dans l'intérieur de l'autre متماسين من داخل, si l'on mène au petit cercle une tangente dont l'extrémité (autre que le point de tangence) soit terminée à la circonférence du grand cercle, et qu'on joigne par une ligne droite cette extrémité au point de tangence des deux cercles, le rapport de cette dernière ligne à la tangente est un rapport connu. (Fig. 43.)

Prop. 20. Les mêmes cercles étant donnés, si l'on prolonge la tangente des deux côtés du point de tangence jusqu'à la grande circonférence, la ligne menée du point de tangence des deux cercles au point de tangence du petit cercle et de la tangente coupera en deux parties égales l'arc de la grande circonférence sous-tendu par la tangente au petit cercle. (Fig. 44.)

Prop. 21. Lorsque deux cercles connus sont tangents et que l'un des deux est dans l'intérieur de l'autre, si l'on mène du point de tangence un diamètre commun aux deux cercles, et que par le point où ce diamètre coupe le petit on mène une droite qui coupe le petit cercle en un second point, cette droite sera divisée, en ce point, en deux parties telles que le rapport du produit de ces deux parties plus un carré, et du carré de la partie comprise dans le petit cercle, est un rapport connu. (Fig. 45.)

Prop. 22. Lorsque dans un cercle connu de grandeur et de position, on mène un diamètre connu de position et que sur ce diamètre on prend deux points également éloignés du centre; si de ces deux points on mène deux lignes qui se rencontrent en un point de la circonférence du cercle, les carrés de ces deux lignes seront connus, et ensemble égaux aux carrés des deux parties du diamètre (à partir d'un des deux points donnés). (Fig. 46.)

Prop. 23. Lorsque de deux points connus on mène deux lignes qui se rencontrent en un point où elles forment un angle aigu, et que la somme de leurs carrés est connue, le point de rencontre est sur la circonférence d'un cercle connu de grandeur et de position. (Fig. 47.)

Prop. 24. Lorsque dans un cercle connu de grandeur et de position on mène une corde, وتر quelconque, et qu'on la divise en deux parties, si le produit de ces deux parties est connu, le point de division نقطة القسمة est sur une circonférence de cercle connue de grandeur et de position. (Fig. 48.)

Livre second. — *Prop.* 1. Lorsque d'un point connu on mène à un cercle connu de grandeur et de position une droite qui coupe le cercle; si le point donné est hors du cercle et si le rapport de la partie extérieure de la ligne à la partie qui est dans le cercle est un rapport connu, la ligne sera connue de position. (Fig. 49.)

Prop. 2. Lorsque d'un point connu on mène à un cercle connu de position une ligne droite qui sépare du cercle un segment connu, cette droite sera connue de position. (Fig. 50.)

Prop. 3. Lorsque d'un point connu on mène à une ligne droite connue de grandeur et de position une autre ligne droite dont le rapport à une des parties de la première est connu, la seconde droite est connue de position. (Fig. 51.)

Prop. 4. Lorsque d'un point connu on mène à deux lignes parallèles connues de grandeur et de position une ligne droite qui sépare des deux autres lignes deux parties quelconques, si le rapport de ces deux parties est connu, la ligne menée sera connue de position. (Fig. 52.)

Prop. 5. Lorsque d'un point connu on mène à une ligne droite connue de grandeur et de position une autre ligne droite; si la somme de cette ligne et de l'une des deux parties de la première est connue, la ligne menée sera connue de position. (Fig. 53.)

Prop. 6. Lorsque de deux points connus de position on mène à une droite connue de position deux lignes qui, se rencontrant sur cette droite, forment un angle connu, ces deux lignes sont connues de grandeur et de position. (Fig. 54.)

Prop. 7. Lorsque de deux points connus on mène à une droite connue de position deux droites qui s'y rencontrent, si le rapport de ces deux droites entre elles est connu, ces deux droites sont connues de position. (Fig. 55.)

Prop. 8. Lorsque deux lignes droites parallèles sont connues de position, et que, prenant sur l'une d'elles deux points, on mène par ces deux points deux lignes droites qui se rencontrent sur la seconde parallèle, si le produit des deux lignes menées l'une par l'autre est connu, ces deux lignes sont connues de grandeur et de position. (Fig. 56.)

Prop. 9. Lorsqu'on a deux lignes droites parallèles connues de position, et qu'on prend sur l'une d'elles deux points quelconques, par lesquels on mène deux lignes qui coupent la seconde parallèle et se rencontrent ensuite; si le triangle formé (par ces deux lignes et la partie interceptée de la première parallèle) est connu de grandeur, la partie interceptée de la seconde sera aussi connue de grandeur. (Fig. 57.)

Prop. 10. Lorsque des deux extrémités d'une ligne droite connue de grandeur et de position on mène deux droites sous des angles connus et qui se rencontrent, على زاويتين معلومتين والتقيا على نقطة ج, ces deux droites sont connues de grandeur et de position. (Fig. 58.)

Prop. 11. Lorsqu'on prolonge l'un des côtés d'un triangle dont les côtés sont connus de grandeur et de position, et qu'on prend sur le prolongement un point connu par lequel on mène une droite qui coupe le triangle et sépare de ses deux côtés vers la base deux parties quelconques, si le rapport de ces deux parties est connu, la ligne menée sera connue de position. (Fig. 59.)

Prop. 12. Ayant un cercle connu de grandeur et de position et une droite connue de position, lorsqu'on mène une tangente au cercle, qui se termine à la ligne connue de position, si cette tangente est connue de grandeur, elle le sera aussi de position. (Fig. 60.)

Prop. 13. Ayant un cercle connu de grandeur et de position et une ligne droite connue de position, lorsqu'on mène du cercle à la ligne une droite qui fait avec celle-ci un angle connu, si la droite menée est connue de grandeur, elle sera aussi connue de position. (Fig. 61.)

Prop. 14. Étant donné entre deux lignes parallèles, متوازين, connues de position, un point par lequel on mène une droite qui coupe les deux parallèles, si le produit des deux parties de cette droite (à partir du point donné) est connu, la droite sera connue de position. (Fig. 62.)

Prop. 15. Lorsqu'on a un triangle dont les côtés et les angles sont connus, et qu'on mène une ligne du sommet à (un point quelconque de) la base, si le rapport du carré de la ligne au rectangle formé sur les deux segments de la base est un rapport connu, la ligne menée sera connue de position. (Fig. 63.)

Prop. 16. Lorsque deux lignes droites qui se rencontrent sont connues de position, et que, prenant un point entre ces deux lignes, on mène par ce point une droite qui coupe les deux lignes connues de position, si le rapport des deux parties de la droite est un rapport connu, cette droite sera connue de grandeur et de position. (Fig. 64.)

Prop. 17. Lorsque deux lignes droites qui se rencontrent sont connues de position, et que, prenant un point entre ces deux lignes, on mène par ce point une droite qui coupe les deux lignes connues de position, si le produit des deux parties de la droite est connu, cette droite sera connue de grandeur et de position. (Fig. 65.)

Prop. 18. Lorsque dans un cercle connu de grandeur et de position on mène une corde qui sépare du cercle un segment connu, et qu'ensuite on prend sur l'un des deux arcs un point autre que le médial, et que de ce point on mène une droite à l'autre segment (jusqu'à la circonférence), puis que des deux extrémités de la corde on tire à ce point deux lignes droites, si le rapport de la somme de ces deux ligues à la première est un rapport connu, cette première ligne sera connue de grandeur et de position. (Fig. 66.)

Prop. 19. Lorsqu'un des angles d'un triangle est connu, et que du sommet de cet angle on mène une droite qui le divise en deux parties connues, si le rapport des deux segments de la base est égal au rapport de l'un des côtés de l'angle à la ligne, le rapport de cette ligne à l'autre côté sera connu. (Fig. 67.)

Prop. 20. Lorsque les trois angles d'un triangle sont connus, si de l'un des angles on mène une droite qui divise la base قاعدة فـقسم (ou côté opposé, en deux parties qui soient) dans un rapport connu, la droite sera connue de position. (Fig. 68.)

Prop. 21. Lorsque sur la circonférence d'un cercle connu de grandeur et de position on prend deux points par lesquels on mène deux droites qui se rencontrent en un autre point de cette circonférence et qu'on joint aussi par une droite les deux points donnés, si le triangle formé est connu de grandeur, les deux lignes menées des deux points seront chacune connues de grandeur et de position. (Fig. 69.)

Prop. 22. Lorsque sur la circonférence d'un cercle connu de grandeur et de position on prend deux points par lesquels on mène deux droites qui se rencontrent en un autre point de cette circonférence, si le produit des deux droites est connu, chacune de ces droites sera connue de grandeur et de position. (Fig. 70.)

Prop. 23. Lorsqu'on a un cercle connu de grandeur et de position, et une droite connue de position, et qu'on mène une autre droite qui coupe le cercle et aboutit à la ligne connue de position, si la droite menée est coupée par la circonférence en un rapport connu (celui de la partie comprise dans le cercle à la partie comprise entre la circonférence et la ligne), et que l'angle formé par cette droite et la ligne soit connu, la droite sera connue de grandeur et de position. (Fig. 71.)

Prop. 24 *et* 25. Lorsqu'on a deux cercles connus de grandeur et de position, et qu'on mène une droite tangente aux deux cercles, cette droite est connue de grandeur et de position.

Premier cas ou prop. 24. Si les deux points de tangence sont d'un même côté de la ligne qui joint les centres. (Fig. 72.)

Deuxième cas ou prop. 25. Si les deux points de tangence ne sont pas d'un même côté de la ligne qui joint les centres. (Fig. 73.)

Telles sont, dit en terminant Hassan-ben-Haithem, les choses que nous avions à dire; elles sont d'une utilité majeure pour la résolution des questions géométriques, et n'ont été dites par aucun des anciens géomètres, et, comme ce que nous en donnons suffit à notre dessein, nous finirons ici cet opuscule.

La proposition suivante se trouve placée à la suite de l'ouvrage :

« Étant donné un quadrilatère incliné, recon-
« naître si on peut y circonscrire un cercle ou non.» (Fig. 74.)

Marquez les angles par les lettres ABCD, prolongez CD directement vers G, vous aurez l'angle GCA; prenez sur CG la quantité CH et sur CA la quantité CT, puis sur BD prenez BK = CH, et sur BA, BI = CT; mesurez la distance de H à T, et si cette distance est égale à celle de I à K, on pourra inscrire le quadrilatère dans un cercle;

mais si elle est plus petite ou plus grande, on ne le pourra pas.

En effet, dans tout quadrilatère incliné, si deux angles opposés sont égaux à deux droits (comme ACD et ABD valent deux angles droits), les deux angles DCA et ACG valent aussi deux droits; or, l'angle ACD étant adjacent, il reste ACG égal à ABD. Ajoutez : un cercle qui passera par trois des angles passera aussi par le quatrième.

En faisant suivre l'analyse que nous venons de donner du *Traité des connues géométriques*, de celle de quelques fragments compris dans le manuscrit arabe n° 1104, et intéressants à différents titres, nous montrerons que souvent les mathématiciens arabes ont émis les idées les plus ingénieuses. Trois sont du géomètre Al-Sindjiari (1), Ahmed-ben-Mohammed-ben-Abd-al-Gélil, que Montucla cite (2) sous le nom d'*Assingiari* ou *Al-Sindgiar*, comme l'auteur d'un *Traité sur les sections coniques* (3), et

(1) D'Herbelot parle sans doute de cet auteur, lorsqu'il rapporte que *Sandjiari* est le surnom d'Abou-Said-Ahmed-ben-Abd-al-Gélil-*Mohammed*, auteur du livre intitulé : *Ahkam alaschar men ketab alnogioum*, et d'un autre qui porte le titre d'*Ekhtiarat*; ce sont, dit-il, deux manuscrits astrologiques. *Biblioth. orient.*, p. 757.

(2) Montucla, *Hist. des mathématiques*, t. I, p. 374.

(3) La bibliothèque de Leyde possède le traité de Ahmed-ben-Gélil sur les *sections coniques*; il est intitulé : رسالة

d'un manuscrit intitulé : *Responsa mathematica.*

Dans l'un de ces trois opuscules, *Règles géométriques* تحصيل القوانين الهندسية, Al-Sindjiari renvoie à deux ouvrages de sa composition, le premier intitulé : *Notes* ou *corollaires géométriques* تعليقات هندسية (1), le second, *Des propriétés de l'ellipse* كتاب في خواص القطع الناقص ; les deux derniers sont : un *Traité des lignes menées d'un ou de plusieurs points donnés à des cercles donnés ;* 2° *une Réponse à des questions qui lui sont proposées sur le livre des Lemmes d'Archimède* (2).

لاحمد بن خليل السجزى فى رسم المقاطع المخروطية, Ahmed-ben-Ghalil-Sugiureus, *De conicarum sectionum descriptione*, n° 1098 du catalogue de 1716.

(1) Le sens du mot تعليقات ou تعاليق est expliqué dans les notes sur Abd-Allatif ; il signifie proprement *des notes mises par écrit à la hâte ;* voyez Silvestre de Sacy, *Relation de l'Égypte*, p. 485. D'Herbelot dit (*Bibl. orient.*, p. 848) qu'il y a plusieurs *Tâlikat*, qui sont comme des suites et dépendances des matières déjà traitées par d'autres auteurs. Al-Sindjiari renvoie souvent à ses تعليقات هندسية pour les démonstrations, et nous avions cru devoir traduire ces deux mots par : *Corollaires géométriques.*

(2) On ne peut guère douter aujourd'hui que le livre des *Lemmes* ne soit d'Archimède ; MM. Greaves et Foster le firent connaître les premiers en 1659, sous le titre de *Lemmata Archimedis*, en le traduisant de l'arabe ; et Alphonse Borelli le publia de nouveau en 1661, également d'après l'arabe et avec les notes de deux de ses commentateurs, l'un nommé Al-Mochtasso-Aboul-Hassan, et l'autre Abou-Sahal-al-Cuhi. Voy. Montucla, t. I, p. 237. L'article suivant de la *Bibliothèque*

Vient ensuite un *Chapitre de l'Epitome de l'imam Muzhaffer-al-Isferledi*, sur les éléments d'Euclide, puis un Fragment qu'on peut supposer d'Averroës (Aboul-Walid-Mohammed) sur la trigonométrie sphérique, assez important, en ce qu'il peut donner l'époque de l'introduction des propositions qui y sont présentées. Averroës vivait en l'an 1180 de J. C. (576 de l'hégire).

Réponse de Al-Sindjiari aux demandes qui lui ont été faites sur la solution de propositions tirées du livre des Lemmes d'Archimède رسالة احمد بن محمد بن الجليل فى الجواب عن المسايل التى سيل فى حل الاشكال الماخوذة من كتاب الماخوذات لارشميديس.

Cet opuscule commence ainsi : « J'ai reçu votre lettre qui contient des questions sur des propositions dont vous me demandez la solution ; j'aurais beaucoup de plaisir à vous les expliquer, mais j'ai

orientale de D'Herbelot confirme cette dernière indication : « *Ketab maakhoudhat fi ossoul al-hendassah li Arschemides :* « titre d'un livre de géométrie d'Archimède, traduit du grec « en arabe par Thabeth-ben-Corrah, avec un commentaire « d'Abou-Hassan-Ali-ben-Ahmed-al-Nessoui, avec 15 figures « qui ont été dressées par Nassir-eddin-al-Thousi. Il y a aussi « un discours sur le même ouvrage, de Sohaïl-al-Caouni, in- « titulé : *Teziin ketab Arschemides fil-maakhoudhat.* » D'Herbelot, p. 977.

Thébit-ben-Corrah vivait au troisième siècle de l'hégire (221–288 de l'hégire, 835–900 ap. J. C.), et Nassir-eddin-Thousi au septième (597–672 de l'hégire, 1200-1273 après J. C.).

reconnu qu'elles sont tirées du livre d'Archimède intitulé : *Des Lemmes*, et que leurs démonstrations sont dans ce livre telles que les a données son auteur. Je puis cependant vous être à ce sujet de quelque utilité ; car je me suis spécialement occupé de plusieurs propositions qu'Archimède n'a pas traitées complétement ; mais, pour toutes celles qu'il a développées, je vous renvoie à son livre, n'ayant rien de mieux à dire, etc. »

Voici l'énoncé des propositions : *Prop.* 1re. Étant donnés deux arcs de cercle tangents et deux lignes parallèles menées des deux centres à l'une des extrémités de chaque arc, les deux lignes menées du point de tangence à ces extrémités auront la même direction. (Fig. 75.)

Prop. 2. Étant donné un cercle ABD, si on mène le diamètre AB, la tangente BC, la ligne ADC, et la tangente DE, je dis que $EB = EC$. (Fig. 76.)

Prop. 3. Etant donné l'arc S′SG, sur la corde S′G, je prends S′KS, que je divise en deux parties égales en K ; je mène S′K, KS, SG ; je prends $KA = KS'$, et je dis, comme l'auteur, $AG = SG$. (Fig. 77.)

Prop. 4. Si dans un demi-cercle on construit deux demi-cercles tangents, on a la figure nommée *salianous* سالينوس, laquelle est égale au cercle qui a pour diamètre قطر la perpendiculaire menée du point de tangence (des deux demi-cercles inscrits) à la circonférence extérieure. (Fig. 78.)

Prop. 5. Étant donné un demi-cercle GS′, je marque sur le diamètre un point quelconque K, et je trace sur le diamètre les deux demi-cercles GK, KS′; cela étant, si l'on mène KK′ perpendiculaire au diamètre, et que l'on construise de chaque côté de cette ligne un cercle correspondant, les deux cercles ainsi décrits seront égaux. (Fig. 79.)

Prop. 6. Soit un demi-cercle GS′, et soit marqué sur son diamètre un point K, tel que $KS' = \frac{5KG}{2}$ وكان زك مرة و نصف مثل كص; sur les deux lignes GK et KS′, décrivez deux demi-cercles, et dans l'espace compris entre les trois circonférences, faites un cercle tangent à toutes trois, et menez le diamètre K′A parallèle à GS′ : on demande le rapport de K′A à GS′. (Fig. 80.)

Prop. 7. Si dans un cercle donné on inscrit un carré et dans ce carré un autre cercle, le premier sera double du second. (Fig. 81.)

Prop. 8. Sur la trisection de l'angle. (Fig. 82.)

Prop. 9. Étant données deux cordes qui se coupent à angle droit dans un cercle, les sommes des arcs opposés sont égales. (Fig. 83.)

Prop. 10. Étant donné un cercle GAK′, je mène les tangentes S'G, S'K et la sécante S'K, je mène K'A parallèle à S'K, je joins AG et je mène SH perpendiculaire sur AK', et je dis que AH=HK'. (Fig. 84.)

Prop. 11. Lorsque deux cordes se coupent en un cercle dans un point autre que le centre, la somme des carrés des quatre segments est égale au carré du diamètre. (Fig. 85.)

Prop. 12. Étant donné un demi-cercle, sur son diamètre GK je mène du point S' deux tangentes au cercle S'K', S'A; je joins K'K et AG qui se coupent au point B, et je mène S'BS, laquelle est perpendiculaire à KG. (Fig. 86 et 87.)

Prop. 13. Si dans un cercle on mène le diamètre AB et la corde EG, et qu'on abaisse sur la corde les deux perpendiculaires AH et BT, les deux lignes EH et TG seront égales. (Fig. 88.)

Prop. 14. Étant donné un cercle ABC, menez les deux diamètres AC, BD qui se coupent à angle droit, décrivez autour du centre E le demi-cercle GHT; sur BG le demi-cercle BKG, et sur DT le demi-cercle DLT. Je dis que le cercle décrit sur CH (comme diamètre) sera égal à la surface ABKGHTLDA, qu'on nomme *salinoune* السلينون. (Fig. 89.)

Prop. 15. Cette proposition est la dernière du Traité; Al-Sindjiari nous apprend qu'il l'a résolue sur la demande de quelques géomètres du Khorasan بعض مهندسی خراسان.

Étant donné un cercle DKS′, je mène KG côté du pentagone inscrit وتر الخمس et KV côté du décagone inscrit وتر العشر ; je prolonge KV et S′G jusqu'à ce qu'ils se rencontrent en A, et je mène VS′ et SH perpendiculaire sur AS′; je dis que AH est égale au rayon نصف القطر. (Fig. 90.)

Quelques règles géométriques par Al-Sindjiari.
تحصيل القوانين الهندسية المحدودة لاحمد بن محمد بن
عبد الجليل السخرى (السنجرى)

Ce petit traité comprend onze propositions. *Prop.* 1re. Étant donnée une ligne AB et décrits sur cette ligne un demi-cercle et deux arcs opposés (à deux angles dont l'un soit obtus et l'autre aigu), savoir ACB, ADB et AEB; les deux arcs étant tels que les deux angles opposés soient ensemble égaux à deux droits;

Prolongez le diamètre des deux côtés, de manière que AG = BH, et prenez aussi AT = BK; puis menez par les points GATKBH, à la demi-circonférence ACB, les lignes GC, AC, TC, KC, BC, HC; prolongez HC vers E et menez AE, AD; je dis que la somme des deux carrés مجموع مربعی de AC et de BC sera égale au carré de AB, et que la somme des deux carrés de TC et KC sera égale à la somme de deux lignes quelconques menées des deux points T et K à la demi-circonférence ACB, et que la somme des deux carrés de GC et HC sera égale à la somme des carrés de deux autres lignes quelconques menées des points G et H à la demi-circonférence ACB; que la somme des carrés de AD et DB sera égale au carré de AB, moins le produit de BD par DE; et que la somme des carrés de AE et BE sera égale au carré de AB, plus le produit de BE par DE. *Démonstration :* Quant à l'égalité du carré de AB aux deux carrés de AC et BC, cela provient de ce que l'angle ACB est droit; quant à l'égalité des carrés des deux lignes TC et CK et de GC et CH aux carrés de deux autres lignes menées des points T et K, et G et H à la demi-circonférence, nous l'avons démontrée dans nos *Notes* ou *corollaires géométriques* فى كتابنا فى تعليقات هندسية (1); nous y avons aussi démontré que le carré de AB surpasse les deux carrés de AD, DB du produit de BD par DE, et que ce même carré de AB est moindre que la somme des carrés de AE et BE du produit de BE par ED. (Fig. 91.)

(1) Voy. ci-dessus, p. 401, note 1re — On reconnaît par là, et par les autres démonstrations que l'auteur renvoie à plusieurs de ses ouvrages, que ce traité est vraiment, comme celui qui précède, une lettre adressée à quelques personnes qui lui demandaient la solution de ces diverses questions.

Prop. 2. Proportions remarquables qui résultent de la construction suivante :

Du point F, comme centre, décrivez les trois cercles ATB, EOG, CND, et le diamètre du plus grand cercle, AB; je dis que si les lignes menées de A et B à la circonférence du cercle ATB coupent la circonférence EOG, et si les lignes menées de D et C coupent la circonférence CND, comme par exemple si l'on mène BT, BH et DK, DL, on aura $BO \times OT = BS \times SH$ et $DL \times LN = DK \times KM$. (F. 92.)

بع فى عط يعدل بس فى سح و دل فى لن يعدل دك فى كم.

Prop. 3. Étant donnés sur la circonférence d'un cercle deux points A et B, joignez ces deux points par une droite; par le point A menez AC tangente au cercle et AD, de manière que l'angle BAD égale l'angle BAC; toute ligne menée de B sur AD sera coupée par l'arc AB, et le produit de la ligne entière par sa partie intérieure donnera toujours le même résultat et sera égal au carré de AB. (Fig. 93.)

Prop. 4. Le point A étant 1° hors du cercle, 2° dans le cercle :

1° Les deux sécantes seront réciproquement proportionnelles à leur partie extérieure;

2° Les deux cordes se couperont en parties réciproquement proportionnelles. (Fig. 94 et 95.)

Prop. 5. Si deux cercles sont tangents en un point A et que par ce point on mène deux lignes dans les deux cercles, les parties de chaque ligne comprises dans ces deux cercles seront directement proportionnelles. (Fig. 96 et 97.)

Prop. 6. Si par un point donné hors d'un cercle on mène deux tangentes à ce cercle et qu'on joigne les deux points de tangence par une droite, toute ligne AD menée du point A donnera la proportion AD : AG : : DE : EG. (Fig. 98.)

Prop. 7. Si l'on divise le grand axe de l'ellipse قطر الطول القطع الناقص en trois parties telles que le produit de deux de ces parties contiguës par la troisième placée à l'extrémité du diamètre soit égal au carré du petit axe مربع نصف قطرة الاصغر, la somme des deux lignes menées de chaque point de division à un point quelconque de l'ellipse sera égale au grand axe. (Fig. 99.)

Prop. 8. Soit ACB une ellipse et un cercle dont le grand axe est AB et le petit axe CD; si l'on prend AB : CD : : CD : BE, qu'on mène BE perpendiculaire à AB et qu'on joigne AE, toute perpendiculaire comme HT menée d'un point de la circonférence de l'ellipse ou du cercle sur le diamètre et prolongée jusqu'à la ligne AE en G, donnera TG × TB, et on aura TH : CL : : TG × TB : LM × LB. Ceci se fonde sur les propriétés élémentaires de l'ellipse, et l'auteur ajoute qu'il en a donné la démonstration dans la 72e proposition de son traité des propriétés de l'ellipse وقد بيّنا ذلك في الشكل الثاني والسبعين من كتابنا في خواص القطع الناقص (Fig. 100 et 101.)

Prop. 9. Trouver la circonférence d'un cercle lorsqu'on a deux droites menées de deux points donnés à un point quelconque de cette circonférence, et que le rapport de ces deux droites est connu (Fig. 102.)

Prop. 10. Étant donnés le cercle ACBD et les deux points A et B sur sa circonférence ; si l'on divise l'arc ADB en deux parties au point D, qu'on joigne AB et qu'on mène AC, BC, DC, le rapport de AC à BC sera égal au rapport de AE à BE. Cette proposition est incomplétement traitée dans Euclide. (Fig. 103.)

Prop. 11. Étant menées à un cercle donné deux tangentes parallèles et deux autres lignes des points de tangence à la circonférence du cercle, prolongées jusqu'à ce qu'elles rencontrent les deux tangentes, le diamètre sera moyen proportionnel entre les deux parties interceptées des tangentes; et si par un point quelconque d'une des tangentes on mène une autre tangente au cercle prolongée jusqu'à la seconde tangente parallèle, le rayon sera moyen proportionnel entre les deux parties interceptées des tangentes parallèles et le diamètre.

L'auteur fait observer qu'il a démontré ces propositions dans ses تعليقات هندسية (1).

Opuscule d'Al-Sindjiari sur les lignes menées dans des cercles donnés par des points donnés.

رسالة لاحمد بن محمد بن عبد الجليل فى اخراج خطوط فى الدواير الموضوعة من النقط المعطاة.

Ce petit traité contient treize questions.

Prop. 1. Étant donné un cercle dont le centre est connu et dans ce cercle un point, mener par ce point une droite terminée par les deux extrémités à la circonférence, et divisée au point donné en deux parties qui soient entre elles comme deux lignes données. (Fig. 105.)

Prop. 2. Par un point donné dans un cercle, faire passer une corde divisée en ce point, de manière que la somme des carrés de ses deux parties soit égale à une surface rectangulaire donnée. (Fig. 106.)

Prop. 3. Par un point donné dans un cercle, mener une corde égale à une ligne donnée plus petite que le diamètre. (Fig. 107.)

Prop. 4. Par un point donné dans un cercle,

(1) Voy. ci-dessus, p. 401, note 1re.

faire passer une droite telle que le rapport du carré de l'une de ses parties au carré de l'autre partie soit égal au rapport de deux lignes données. (Fig. 108.)

Prop. 5. Par un point donné hors d'un cercle, mener une droite divisée par la circonférence, de manière que le rapport de la partie extérieure à la partie intérieure soit égal à celui de deux lignes données. (Fig. 109.)

Prop. 6. Par un point donné hors d'un cercle, mener à ce cercle une droite telle que le carré de la ligne entière et le carré de la partie extérieure égalent une surface donnée. (Fig. 110.)

Prop. 7. Par un point donné hors d'un cercle, mener à ce cercle une droite qui soit divisée par la circonférence en deux parties telles que l'une de ces parties soit égale à une ligne donnée. (Fig. 111.)

Prop. 8. Par un point donné hors d'un cercle, mener une droite divisée par la circonférence en deux parties telles que leur produit ضرب soit égal à une surface donnée. (Fig. 112.)

Prop. 9. Par les deux extrémités du diamètre d'un cercle donné, mener deux cordes qui se coupent respectivement selon deux rapports donnés (Fig. 113.)

Prop. 10. Étant donnés deux points sur la circonférence d'un cercle et deux rapports, mener par les deux points donnés deux lignes qui se rencontrent et soient coupées par la circonférence de ce cercle, suivant les deux rapports donnés.

Soit le cercle ABC, les deux points A et C sur la circonférence, les deux rapports DH : HZ et H'T' : T'K', etc. (Fig. 114 et 115.)

Prop. 11. Mener de deux points donnés A et B sur la circonférence d'un cercle deux lignes qui se rencontrent en un point, et dont le rapport soit égal à un rapport donné; puis diviser la droite qui joint ces deux points en deux parties qui soient entre elles dans le même rapport. (Fig. 116.)

Prop. 12. Mener de deux points donnés sur la circonférence d'un cercle deux lignes qui se rencontrent en un point de cette circonférence, et qui soient telles que leur produit soit égal à une surface donnée. (Fig. 117.)

Prop. 13. Mener par deux points donnés sur la circonférence d'un cercle deux lignes qui se rencontrent en un point de cette circonférence, et qui soient telles que la somme de leurs carrés soit égale à une surface donnée (1). (Fig. 118 et 119.)

(1) Le manuscrit porte que ces opuscules d'Ali-Sindjiari ont été achevés au mois de Schawal de l'année 539 de l'hégire (1144 de J. C.). C'est sans doute la date de la copie.

Quatorzième livre de l'Epitome de l'iman Muzhaffer-al-Isferledi sur les Éléments d'Euclide. المقالة الرابعة عشر من اختصار الامام المظفر الاصفرلدى لاصول اقليديس

Ce *Mekalat* comprend onze propositions et répond au 14ᵉ livre des Éléments d'Euclide, qui n'en contient que sept. *Prop.* 1. Étant donné un cercle ABC, dont le centre est en D, ADG le diamètre, GB la corde du 10ᵉ, BC la corde du 5ᵉ; je dis que la perpendiculaire DE est la moitié de la somme de DG+GB. (Fig. 120.)

Prop. 2. Les mêmes choses étant données, et de plus AB la corde d'un angle intérieur du pentagone مخمس; je dis que la somme des carrés de AB et BC égale cinq fois le carré de DG (du rayon). (Fig. 121.)

Prop. 3. Soit AB le diamètre d'une sphère قطر كرة; la base du dodécaèdre inscrit قاعدة ذى اثنى عشر قاعدة le pentagone CDEGH; et la base de l'icosaèdre inscrit قاعدة ذى العشرين قاعدة, le triangle TKL; si l'on inscrit ces deux bases en deux cercles dont l'un ait pour demi-diamètre IC et l'autre pour demi-diamètre OL, je dis que les deux cercles sont égaux. (Fig. 122, 123.)

Prop. 4. Le pentagone ABCDE, l'une des bases (*faces*) du dodécaèdre étant inscrit en un cercle dont le centre مركز est en G, et GT étant perpendiculaire sur CD; je dis que GT, multiplié par 30 fois CD زطى حد ثلثين مرة, est égal à la surface du dodécaèdre. (Fig. 124.)

Prop. 5. Le triangle ABC, l'une des faces de l'icosaèdre, étant inscrit à un cercle dont le centre est en D, et DE étant perpendiculaire sur BC; je dis que DE multiplié par 30 fois BC est égal à la surface de l'icosaèdre. (Fig. 125.)

Prop. 6. Le rapport de la surface du dodécaèdre à celle de l'icosaèdre est égal au rapport du côté cube ضلع المكعب, au côté de l'icosaèdre, lorsqu'ils sont tous inscrits à la même sphère اذا كانت كلها في كرة واحدة. (Fig. 126.)

Prop. 7. Le pentagone régulier ABCDE étant inscrit à un cercle dont le centre est en L et dont le diamètre est ATG, je mène EB corde d'un angle intérieur du pentagone et EL (rayon). Soit de plus LH moitié de AL et TK égale à deux fois KB. Je dis que AH, qui est égale aux 3/4 du diamètre, multipliée par EK qui est égale aux 5/6 de EB, corde de l'angle du pentagone, est égale à la surface du pentagone. (Fig. 127.)

Prop. 8. Le pentagone ABCDE et le triangle ATG étant inscrits à un même cercle dont le diamètre est ALK, et étant les deux faces des deux solides inscrits à la même sphère; je dis que le rapport du pentagone ABCDE, pris douze fois, au triangle ATG pris vingt fois, est égal au rapport de la ligne BE? qui est le côté du cube, à la ligne TG, qui est le côté de l'icosaèdre. (Fig. 128.)

Prop. 9. AB étant divisée en C en moyenne et extrême raison, G et T comprenant virtuellement يقوى على AB, AC? je dis que le rapport de G à T est comme le rapport du côté du cube au côté de l'icosaèdre inscrit à la même sphère. (Fig. 129.)

Prop. 10. Le rapport du dodécaèdre à l'icosaèdre est comme le rapport de la surface du dodécaèdre à celle de l'icosaèdre, lorsqu'ils sont inscrits à une même sphère.

Prop. 11. AB étant divisé en C en moyenne et extrême raison, et KL en F, et la plus grande des deux parties étant AC et KF; soit CE qui comprend virtuellement AE, AC; CH qui comprend BH, BC; FN qui comprend KN, KF; et FS qui comprend LS, LF, je dis que CE : CH : : FN : FS. (Fig. 130—131.)

Opuscule relatif à la trigonométrie sphérique attribué à Aboul-Walid. Nous sommes porté à croire que cet Aboul-Walid الشيخ ابو الوليد est le même qu'Averroës, qui se nommait Aboul-Walid Mohammed-Ben-Roschd, et qui a composé un commentaire sur l'Almageste.

L'auteur commence ainsi : Ces propositions sont celles que j'ai ajoutées aux sphériques الى الاكر pour l'intelligence parfaite de l'Almageste; elles ont pour objet des triangles formés par des arcs dont chacun est plus petit que le demi-cercle, et qui appartiennent à de grands cercles qui se coupent sur la surface de la sphère, en quoi nous différons de Ptolémée, qui a considéré ces triangles comme s'ils étaient formés par des lignes droites, ainsi qu'il lui a plu de le faire.

Énoncé des propositions :

Prop. 1re. Lorsque des cercles se coupent sur la sphère et qu'il en résulte trois arcs, chacun plus petit qu'un demi-grand cercle, si deux de ces arcs sont égaux, les deux angles adjacents à la base (le troisième côté) sont égaux. (Fig. 132.)

Prop. 2. Étant donnés deux triangles sphériques formés par des arcs de grand cercle, من قسى من دواير عظام dont chacun est plus petit que le demi-grand cercle, si deux côtés de l'un de ces triangles sont égaux aux deux correspondants de l'autre, chacun à chacun, et que l'angle compris entre les côtés égaux soit le même dans chaque triangle, les bases sont égales et les triangles égaux; de plus, les deux autres angles sont aussi égaux, chacun à chacun, dans les deux triangles. (Fig. 133.)

Prop. 3. Étant donné un triangle مثلث dont deux côtés sont égaux, les deux angles adjacents à la base فوق القاعدة seront égaux; et si l'on prolonge les deux côtés égaux au-dessous de la base, les angles formés au-dessous seront aussi égaux. (Fig. 134.)

Prop. 4. Lorsqu'un triangle a deux angles égaux, les côtés opposés à ces angles sont égaux entre eux. (Fig. 135.)

Prop. 5. Lorsque des extrémités d'un arc plus petit qu'un demi-grand cercle, on a mené deux arcs, chacun plus petit qu'un demi-grand cercle et qui se rencontrent en un point; je dis qu'on ne peut des mêmes points de départ mener du même côté deux arcs égaux aux deux premiers, chacun à chacun. (Fig. 136.)

Prop. 6. Lorsque deux triangles sphériques ont les trois côtés égaux chacun à chacun, les angles opposés aux côtés égaux sont égaux entre eux. (Fig. 137.)

Prop. 7. Étant donné un arc plus petit que le demi-grand cercle, et sur cet arc un point quelconque, mener par ce point un arc perpendiculaire à l'arc donné. (Fig. 138.)

Prop. 8. Tout arc élevé sur un autre arc كل قوس يقوم على forme ou deux angles droits ou deux angles égaux à deux droits. (Fig. 139.)

Prop. 9. Lorsque deux arcs se coupent, les angles opposés au sommet sont égaux. (Fig. 140.)

Nous pourrions faire suivre cette partie de notre travail d'une nomenclature des géomètres arabes dont les manuscrits n'ont point encore été l'objet d'une étude sérieuse, mais, comme le dit fort bien Montucla (1) : « L'histoire des sciences chez « un peuple consiste moins à accumuler des noms « d'écrivains et des titres d'ouvrages qu'à déve- « lopper les progrès qu'elles y ont faits; » nous nous contenterons donc de remarquer que le peu que nous connaissons des mathématiciens arabes doit nous donner de leurs travaux une opinion très-favorable; si l'on ne s'est pas encore occupé des traités qu'ils ont composés sur l'arithmétique, on ne peut douter que nous ne leur devions notre système de numération décimale. L'examen d'un assez grand nombre de manuscrits nous a montré que la forme des chiffres usités en Orient s'était altérée en Afrique et en Espagne, pour devenir insensiblement identique à celle de nos chiffres modernes, et l'explication de ces modifications successives pourrait être l'objet d'un curieux mémoire.

(1) Montucla, *Hist. des Sciences mathématiques*, tome I^{er}, p. 375. — Voy. aussi nos *Prolégomènes* d'Oloug-Beg, introd., p. LXXIII et *passim*.

On a vu qu'en géométrie, les Arabes avaient porté leur attention sur des questions de l'ordre le plus élevé, et qu'ils avaient fait faire à la science de notables progrès; la substitution des sinus aux cordes, l'introduction des tangentes dans les calculs trigonométriques, l'application de l'algèbre à la géométrie, la recherche de la solution des équations cubiques, des idées justes sur la catoptrique, etc., prouvent que les savants de l'école de Bagdad se livraient aux spéculations les plus abstraites, et si l'on songe qu'ils ont cultivé les diverses branches de mathématiques avec une égale persévérance, on reconnaîtra que, bien loin de mériter la qualification d'*embelecadores falsarios y chimeristas*, ils ont été véritablement doués du génie d'invention, et que, sous ce rapport, l'opinion des historiens de la science doit être réformée.

FIN DU TOME PREMIER.