

BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET ASTRONOMIQUES

Comptes rendus et analyses

Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques 2^e série,
tome 2, n° 1 (1878), p. 437-452

http://www.numdam.org/item?id=BSMA_1878_2_2_1_437_0

© Gauthier-Villars, 1878, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

COMPTES RENDUS ET ANALYSES.

GUNTHER (S.). — STUDIEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN UND PHYSIKALISCHEN GEOGRAPHIE. II Heft.

Les Arabes (p. 57-93, 2 fig.).

Le deuxième fascicule renferme l'étude spéciale de la doctrine de la sphéricité et du mouvement de la Terre au moyen âge, chez les Arabes et les Hébreux.

La culture scientifique des peuples arabes s'est ressentie nettement de l'influence indienne et de l'influence grecque. Le point de départ des travaux des Arabes a été, en effet, la traduction des écrits de Ptolémée et d'Euclide. Al Birouni nous rapporte que la théorie de Ptolémée devint ainsi familière aux savants astronomes qui illustrèrent la cour du calife de Bagdad Al Mamoun (772 ap. J.-C.).

Un des successeurs de ce calife, le célèbre Abdallah al Mamoun, essaya de donner à ces théories une base plus scientifique, en les mettant mieux d'accord avec celles des anciens Grecs, et il produisit de la sorte, pour l'ensemble des connaissances, un procédé de liaison des plus fructueux.

Au temps même du règne d'Al Mamoun, il faut placer une entreprise scientifique de premier ordre, la mesure d'un arc de méridien. Il nous paraît difficile d'admettre que les Arabes aient voulu procéder d'après la méthode des Grecs. Les noms des géodésiens grecs Ératosthène et Posidonius pouvaient n'être pas bien connus à l'époque des premiers débuts de l'étude de l'Almageste. Le projet d'une mesure directe de la Terre peut donc avoir pris naissance spontanément, ou avoir été inspiré par une tradition indienne.

Le célèbre astronome Mohammed ben Katir al Fergani, que l'on a aussi appelé Alfraganus, paraît avoir vécu à cette époque (812). Cependant les historiens de l'Astronomie ne sont pas d'accord sur sa biographie. On lui doit la mesure d'un arc de méridien terrestre dans les plaines de la Mésopotamie. Regiomontanus l'a mentionnée dans ses Ouvrages.

Arrêtons-nous un moment sur les représentants de la science exacte.

Nous voyons que déjà l'Arabe Alfraganus avait assuré une base plus logique à la notion de la sphéricité. Birnbaum a reconnu que cet astronome ne se contentait pas d'arguments spécieux, mais qu'il lui fallait des données mathématiques : l'égalité parfaite du temps écoulé entre l'apparition des étoiles à l'horizon, leur passage au méridien et leur disparition à l'horizon, leurs mouvements suivant des cercles parallèles, etc. Au Chapitre III, il examine pourquoi la Terre, avec toutes ses régions continentales et marines, est semblable à une sphère. A des preuves positives il en ajoute une indirecte : « Si la Terre était un plan développé, rien de ce que nous disons n'arriverait, et le cours des astres serait identique sur toutes les parties de la Terre. Si un observateur se déplaçait entre le nord et le midi, il ne verrait se coucher aucune des étoiles qui sont toujours visibles, ni se lever aucune de celles qui sont toujours cachées. »

Il est curieux de chercher des preuves positives de la théorie de la sphère chez les Arabes, d'autant plus qu'un passage de Peschel pourrait éveiller quelques doutes. « Seul », dit-il, « Ibn el Ouardi rapporte que la Terre a été supposée tantôt en forme de table, tantôt hémisphérique, ou bien sphérique ou creuse, ou avec un axe de mouvement. » Voyons ce que nous avons à remarquer, réservant pour la suite les hypothèses non compatibles avec la Science.

Nous trouvons une discussion profonde et véritablement scientifique de la sphéricité dans les récits d'Aboul Hha'san Ali, de Maroc, dont Sédillot a fait connaître d'une manière si concluante l'Astronomie pratique. L'Astronomie, dit-il, prouve que les montagnes et vallées n'ont pas d'influence marquée sur la sphéricité de la Terre; que sur la figure de la Terre on peut représenter des hommes debout aux extrémités d'un même diamètre; que deux perpendiculaires à la surface ne peuvent être, à vrai dire, parallèles; qu'enfin des distances mesurées sur la Terre même ressemblent absolument à des arcs de la sphère céleste. La définition qu'il donne de l'horizon est caractéristique et digne de remarque : « En quelque point de la Terre qu'un homme soit placé, il voit la moitié du ciel, à une quantité insensible près, et l'autre moitié lui est cachée, à une quantité près aussi insensible. »

Cette notion, qui reposait sur une base scientifique, paraît avoir

servi à d'autres écrivains arabes, et en particulier à Abou Bekr er-Rasi (ou Rhazès), qui a composé un Livre où il est dit nettement que la Terre a une forme sphérique. On retrouve cette notion chez Ibn al Kofti, Ibn Ali Oseibia, Kosta ben Luca et Thabit ben Korra, qui tous affirment l'existence des antipodes. Cependant les Arabes ont généralement admis qu'une partie ou une zone de la Terre était inhabitable. Alfraganus, par exemple, l'appelle la *quatrième zone* et indique les variations du jour et de la nuit en cette région.

Les méthodes de détermination des positions géographiques contribuèrent à donner une notion beaucoup plus nette de la sphéricité. Peschel a fort bien exposé les progrès dont nous sommes redevables à Arzachel, Aboul Hha'san et Al Birouni, et Vasco de Gama apprit d'un navigateur arabe l'emploi du meilleur instrument connu à cette époque pour la détermination des latitudes. Les exigences de la vie civile et religieuse développèrent chez les Arabes l'étude de la mesure du temps, de la gnomonique et de l'orientation de la Kaaba, vers laquelle ils devaient tourner leurs regards. Sédillot nous a laissé une savante et minutieuse étude de tous les progrès accomplis dans cette voie.

Une troisième conséquence de la forme de la Terre a été l'invention d'une méthode de projection, permettant de représenter la surface terrestre sur un plan d'après des règles mathématiques ; mais cette méthode de projection n'offre pas grand mérite par elle-même. Les Arabes ont mieux réussi dans la construction des sphères terrestres, comme le montre le Traité de Kosta ben Luca, et dans la représentation géométrique du ciel sur un globe, comme l'a exposé Messala ; mais, en Géographie, ils semblent avoir négligé les notions assez précises que les Grecs avaient adoptées.

Nous voyons se former, au x^e siècle, une secte arabe philosophique et franc-maçonnique, dont les théories méritent quelque attention au point de vue de la sphéricité de la Terre. Dicterici en a fait un examen détaillé dans deux intéressantes monographies. Les partisans de cette philosophie comparent l'univers, ou le Macrocosme, à un géant humain, à un organisme doué d'individualité. La Terre est de forme sphérique ; elle est entourée de l'atmosphère, comme le jaune de l'œuf est entouré de blanc : comparaison qui a été faite également par les Occidentaux. Neuf sphères emboîtées l'une dans l'autre environnent le monde, comme le ferait la pelure d'un oignon.

Cette comparaison, tirée de Ptolémée, est devenue familière à tout l'Orient. La septième sphère est le ciel, dans l'acception du Koran.

Quant à la grandeur de la Terre, elle est basée sur l'évaluation du diamètre à $2167 \frac{11}{22}$ parasanges, valeur qui n'est pas exactement d'accord avec la mesure du degré par Al Mamoun, en prenant le nombre π donné par Archimède.

Il est intéressant de constater, dès cette époque, la notion d'une conséquence de la sphéricité qui, plus tard, devait passer pour mystérieuse auprès des navigateurs portugais: Bien qu'il ne fût point mathématicien, puisqu'il regardait la Terre comme quadrangulaire, Aboulfeda démontra que, si deux voyageurs partent d'une même localité et suivent des directions opposées, ils constateront, au moment de leur retour au point de départ, une différence de deux jours pleins entre les nombres de jours qu'ils auront passés en route. Les compagnons de Magellan vérifièrent le fait pour la première fois en 1522, mais sans réussir à l'expliquer.

Un Persan de nation, Zakarija ben Mohammed ben Mâhmod, connu plus généralement sous le nom d'El Kazouini, a rédigé, au XIII^e siècle, une description détaillée du monde connu de son temps. Son Ouvrage, dont il existe une bonne traduction allemande, renferme de précieux matériaux pour l'histoire de la Géographie astronomique. L'auteur se déclare nettement partisan de la sphéricité, mais il en donne une définition beaucoup moins correcte que celle des mathématiciens, et, par suite, son système est défectueux. Sa projection consiste en une série de cordes parallèles qui divisent le cercle en zones, dans lesquelles il suppose que se trouvent les contrées qui répondent à peu près à une même latitude; mais, à l'échelle de sa carte, l'équateur se trouverait sur la ligne qui joint les points SE et SO.

L'indication des opinions diverses des anciens sur la forme et la situation de la Terre donne à l'auteur le sujet de détails intéressants. « Les uns », dit-il, « ont supposé que la Terre était plane; d'autres, qu'elle avait la forme d'un bouclier, ou d'une grande coupe, ou d'une demi-sphère. » His'âm ben el Hakem admet l'existence d'un socle qui soutient la Terre et l'empêche de tomber: réminiscence de l'ancienne mythologie des Hindous. On y trouve encore l'hypothèse d'une attraction magnétique, qui s'exerce de tous les points de la sphère universelle et agit avec la même intensité sur

la Terre. Kazouini dit aussi que la Terre est située au centre du ciel, et par ce centre il faut, en réalité, entendre la région inférieure; elle est de forme ronde et couverte d'inégalités produites par les montagnes qui s'élèvent à sa surface et par les vallées qui forment des sillons; mais elle ne perd pas pour cela sa forme sphérique si l'on tient compte de toute sa masse.

Dans le Chapitre suivant, qui traite de la grandeur du globe terrestre, Kazouini ne parle que des mesures de Ptolémée et garde le silence au sujet des travaux de ses contemporains.

Les écrits d'un astronome arabe, contemporain de Kazouini, mais un peu plus ancien que lui, renferment des énoncés beaucoup plus précis : nous voulons parler de l'Ouvrage de Schems Eddin Abdallah Mohammed ed Demitschki (ou de Damas). Comme l'orientaliste danois Mehren vient d'en publier une excellente traduction française, il sera intéressant de signaler en particulier le passage où il est question de la Terre : « En général, elle est ronde, avec des inégalités causées par des montagnes qui s'élèvent à sa surface et des bas-fonds qui la creusent, ce qui n'altère pas sa rotundité fondamentale. Elle est située au milieu de la sphère céleste, mais ne peut en aucune manière y être prise en considération, la moindre étoile fixe la surpassant de beaucoup en grandeur. » Parmi les comparaisons que l'auteur emploie pour mieux faire saisir ses démonstrations, il a recours à une hypothèse imaginée plus tard par Maupertuis : « Si l'on perçait la Terre en passant par le centre en ligne droite jusqu'au point opposé, on rencontrerait de l'autre côté des pieds humains; ainsi les habitants de la Chine et ceux de l'Espagne, qui occupent les points extérieurs du diamètre de la Terre, sont antipodes, et le lever du Soleil et de la Lune d'un côté correspond au coucher de l'autre, comme la nuit des uns au jour des autres, et réciproquement. » Si l'image est exacte, la désignation des deux contrées est mal choisie.

La théorie du mouvement de la Terre a compté chez les Arabes de nombreux partisans, bien qu'elle ait rencontré de grandes difficultés pour s'établir à cette époque. Nous avons déjà vu, par Ibn el Ouardi, que plusieurs savants admettaient un axe de mouvement pour la Terre. Le témoignage de Kazouini n'est pas moins probant. « Parmi les anciens, dit-il, se trouvent plusieurs disciples de Pythagore qui affirmèrent que la Terre se meut et tourne circu-

lairement, et que toutes les orbites circulaires, que nous voyons décrire aux étoiles, ne sont autres que le cours apparent de la Terre et n'appartiennent pas en réalité aux étoiles. »

Les philosophes arabes franc-maçons, dont nous avons déjà parlé, ont qualifié de chimérique l'hypothèse du mouvement des planètes de l'ouest vers l'est. Mais ce passage a encore besoin d'être éclairci. Dans le livre de Demitschki, on en trouve un aussi douteux, que Mehren traduit ainsi : « Le Soleil se meut autour de son propre centre, qui n'est pas le centre de la Terre. »

Au reste, nous trouvons encore, dans un ouvrage de M. Sprenger, la preuve intéressante que les Arabes avaient une idée de la doctrine helléno-indienne de la rotation de la Terre. « M. Sédillot », dit-il, « a publié, je crois, divers articles qui démontrent que les Arabes étaient au courant du système d'Astronomie de Copernic; mais voici un extrait du *Hikmat al' Ayn*, de Katibi (paru vers 1272), qui ne sera pas lu sans intérêt :

« Quelques philosophes », dit Katibi, « s'imaginent que la Terre se meut vers l'est, et que le lever des corps célestes à l'orient et leur coucher à l'occident doivent être attribués à ce mouvement, et non au mouvement de la sphère céleste, infiniment plus éloignée, et à laquelle ils supposent l'immobilité. Cette idée est une erreur. Je ne puis cependant avancer, comme argument à opposer, que, si tel était le cas, un oiseau dirigeant son vol dans le sens du mouvement de la Terre serait capable de la suivre exactement, parce que le mouvement de la Terre pourrait être beaucoup plus rapide que celui de l'oiseau pour que ce dernier se retrouvât à son point de départ après un jour et une nuit. Un pareil argument n'est pas concluant, parce qu'on pourrait faire valoir que l'atmosphère qui environne la Terre partage son mouvement, de même que l'éther participe au mouvement de la sphère céleste. Mais je n'accepte pas cette théorie, parce que tous les mouvements terrestres s'effectuent suivant une ligne droite, et que, par suite, nous ne pouvons admettre que la Terre doive se mouvoir dans un cercle. Telle est la théorie d'Aristote : il n'y a que les corps célestes qui soient animés du plus parfait mouvement, du mouvement circulaire. »

L'Ouvrage de Katibi, dont nous avons extrait ce passage remarquable, semble devoir résumer des doctrines philosophiques enseignées chez les Arabes de cette époque.

Il nous reste à examiner maintenant l'évolution de la théorie du second mouvement de la Terre chez les Arabes au moyen âge.

La Science arabe jeta le plus vif éclat dès le début, mais elle avait tout emprunté aux Grecs et aux Hindous. Plus tard, lorsqu'elle eut trouvé une base pour s'établir, elle commença à se modifier. L'exemple le plus intéressant de ce fait nous est donné par la théorie de la trépidation, système qualifié de malheureux par Delambre, qui paraît n'en avoir pas assez apprécié le mérite, et qu'il a jugé trop superficiellement. Ce n'est pas la seule assertion que M. Günther ait relevée dans les écrits de Delambre. Il lui a reproché de n'avoir pas accordé assez d'attention à certains astronomes du moyen âge; mais, en revanche, M. Günther n'a pas négligé de lui rendre justice quand il en a rencontré l'occasion.

Au milieu de ces Arabes qui, animés d'un inconscient pressentiment de la vérité, commençaient à battre en brèche le système de Ptolémée encore en vigueur, nous devons placer au premier rang un Espagnol, nommé Bitrogi ou Alpetragius, né au Maroc, d'après certains auteurs, et qui fut contemporain et disciple d'un philosophe également célèbre, Abou Bekr Ibn Tofeil. Alpetragius mérite une mention toute spéciale dans notre étude, mais nous ne pouvons citer de longs extraits de ses écrits. Voici au moins une courte Notice de Munk qui nous renseigne sur son compte : « Dès le commencement du XIII^e siècle, les astronomes arabes d'Espagne reconnurent ce qu'il y avait d'in vraisemblable dans cette hypothèse par laquelle Ptolémée cherche à expliquer certaines anomalies dans le mouvement de diverses planètes. Ibn Badja s'éleva le premier contre l'hypothèse des épicycles, et Ibn Tofeil rejeta à la fois les excentriques et les épicycles.... Un peu plus tard, Abou Is'hak al Bitrodji, ou Alpetragius, essaya de substituer d'autres hypothèses à celle de Ptolémée. » Ce passage est extrait du fameux *Traité de Théologie et de Philosophie* de Moïse ben Maimon, le *Guide des Égarés*, traduit par Munk.

Les idées d'Alpetragius ont exercé une sérieuse influence sur les savants de son époque. Plusieurs écrivains, entre autres le biographe Baldi, le juif Calo Calonymos, Delambre, Mädler, ont essayé de préciser la portée de ses découvertes.

Le mouvement d'opposition aux théories de Ptolémée ne fut pas universellement suivi. Zarkali se montra zélé partisan de la théorie

de la trépidation des étoiles fixes, tandis qu'Averroès ne fit connaître que des améliorations générales. Mais les tendances à une réforme sont beaucoup plus accentuées dans les écrits de Geber, Maure d'Andalousie, dont le nom arabe est Abou Mohammed Djâber Ibn Aflah. Le plus important Ouvrage d'Astronomie de Geber a été traduit de bonne heure, et il en a été fait de nombreux Commentaires.

Le principal reproche qu'il adresse au système de Ptolémée, c'est d'être obscur et prolix; mais il ne songe pas à enlever à la Terre son immobilité au centre de l'univers. Il discute le mouvement de deux planètes, Mercure et Vénus, et n'admet pas que Ptolémée les ait fait mouvoir entre le Soleil et la Terre. Il est certain que Ptolémée avait commis une erreur en contestant la possibilité d'assigner une parallaxe à ces deux planètes, et, tandis que Geber en détermine une, Ptolémée est dans le vrai; mais ses conclusions vont beaucoup plus loin, et nous devons reconnaître, par exception, l'opinion de Delambre. « Geber », dit-il, « est donc inattentif et injuste. Sa critique porte entièrement à faux, et le système qu'il embrasse pour les deux planètes est aussi faux que celui de Ptolémée; il a raison seulement quand il soutient, contre l'assertion de Ptolémée, que Vénus peut se trouver sous le rayon visuel mené de la Terre au Soleil. »

Ainsi, bien que Geber ait tenté de réformer ou de détruire le système des Grecs, son projet doit être ramené à des proportions fort modestes.

Parmi les adversaires des théories de Ptolémée, nous devons signaler Ibn Tofeil et surtout un astronome qui paraît avoir joué un rôle très-important, Abou Bekr Ibn al Saïek, contemporain plus âgé que Maimonides, et que l'on peut, suivant toute probabilité, identifier avec Ibn Badja. Maimonides nous a laissé un Commentaire complet des écrits de cet astronome. A côté d'une objection faite par Ibn Badja à la théorie du mouvement de Mercure et de Vénus, on trouve une argumentation contre l'hypothèse des cercles épicycles et excentriques, auxquels il reproche de conduire à une foule d'absurdités. Poursuivant son étude, Maimonides affirme qu'il a appris, par oui-dire, qu'Ibn Badja avait conçu un système particulier, dans lequel n'entraient plus d'épicycles, mais rien que des excentriques. Mais nous n'avons pas assez d'indications sur ce

sujet. Maimonides revient encore à Ibn Badja. « Tu sais », dit-il, « qu'Abou Bekr Ibn al Saïek, dans son Discours sur la Physique, exprime ce doute : Si Aristote a connu l'excentricité du Soleil, et si, la passant sous silence, il ne s'est préoccupé que de ce qui résulte de l'inclinaison, — l'effet de l'excentricité n'étant point distinct de celui de l'inclinaison, — ou bien s'il ne l'a point connue. » A cette question, Maimonides répond qu'Aristote n'a pas eu la notion de l'excentricité. Mais ce passage pourrait très-bien signifier aussi que le savant auteur Ibn Badja avait rejeté les épicycles de la théorie des planètes et cherché à en expliquer toutes les apparences au moyen d'un double mouvement de la Terre.

Le nom d'un roi chrétien, Alphonse X (1223-1284), marque la fin de l'époque du mouvement de réforme espagnol et musulman. Ce roi encouragea puissamment les sciences mathématiques. Il fut lui-même un des savants astronomes de son époque. Il présida aux travaux d'un congrès scientifique dont il fut le promoteur, et auquel on doit les célèbres Tables Alphonsines. Deux Arabes, Abenragel et Alkabitius, se trouvaient au nombre des membres de ce congrès.

L'analyse que Madler a faite de l'édition des OEuvres d'Alphonse, publiée par les soins de Rico y Sinobas, facilite l'étude de cette volumineuse compilation. « Parmi les figures qu'elle renferme, la plus digne de remarque se trouve à la page 282. Tandis que toutes les autres donnent des cercles concentriques ou excentriques, celle-là, en particulier, nous montre l'orbite de Mercure sous la forme d'une ellipse dont le petit axe est à peu près les $\frac{11}{11}$ du grand. Toutefois, le Soleil ne se trouve pas figuré au foyer, mais bien au centre de la courbe. L'éditeur Rico y Sinobas note, à ce propos, qu'il faut chercher la cause de cette courbure elliptique dans la déformation hygroskopique que nous observons dans le parchemin des caisses de tambour; mais il est facile de reconnaître l'insuffisance d'une pareille explication. La supposition qu'il en déduit, que Kepler ait pu avoir connaissance de cette figure et avoir été conduit ainsi à ses ellipses, n'est pas moins insoutenable. Kepler ne donne, avec une pleine franchise, autre chose que le résultat, la voie qu'il a suivie pour y arriver, et même la fausse route qu'il avait ouverte au début. Son ellipse est tout autre que celle d'Alphonse, empruntée à Azarquiel, et ce n'était pas à l'orbite de Mercure, mais bien à celle de Mars, qu'il avait appliqué directement ses

recherches, fondées sur les observations de Tycho. Toutefois, cette représentation de l'orbite de Mercure restera toujours comme une preuve curieuse de ce fait, que l'on avait reconnu de bonne heure l'impossibilité de suffire à tous les cas à l'aide des excentriques. »

Azarquiel, dont parle ici Mädler, est inconnu : peut-être serait-ce en réalité Arzachel, qui vivait deux siècles avant Alphonse.

Il est naturel que des efforts isolés, tentés dans le but de dépasser Ptolémée, ne pouvaient produire un effet durable. En résumé, les Tables espagnoles ne se distinguent pas essentiellement des Tables Alexandrines. Alphonse lui-même ne trouva dans les résultats obtenus aucun encouragement répondant aux énormes fatigues et dépenses auxquelles ils avaient donné lieu. Il était persuadé que toute la Science de son temps ne pouvait établir un accord passable entre la théorie et l'observation, mais son titre de roi ne peut l'excuser d'avoir exprimé en ces termes la contrariété que cet insuccès lui fit éprouver : « J'aurais », disait-il, « beaucoup mieux établi que Dieu le système des mouvements célestes. »

Le rôle des Arabes comme précurseurs de Copernic paraît s'être arrêté au temps d'Alphonse de Castille. La fougue religieuse cessa de les exciter, et, depuis, leur esprit est retombé dans une sorte d'engourdissement. Il n'y a donc plus rien à attendre de leur part, et il nous faudra revenir désormais aux peuples de l'Occident.

Les Hébreux (p. 94-127, 6 fig.).

L'histoire de la Géographie chez les Hébreux forme le troisième Chapitre de ces intéressantes recherches. Nous allons encore y puiser des renseignements curieux.

Le premier que l'on ait à signaler est donné par le *Baraïtha*, sorte d'encyclopédie scientifique et religieuse qui plus tard fut incorporée au Talmud. Zunz, qui en a fait une analyse comme pour la plupart des Livres hébreux relatifs à la Géographie, nous montre que, dès le 11^e siècle de notre ère, les Juifs avaient la notion de la sphéricité de notre planète.

Le second témoignage dans l'ordre chronologique se rencontre dans le *Baraïtha* d'un certain rabbin Samuel, que l'on a confondu souvent avec le *Baraïtha* d'Éliéser. Cet Ouvrage a dû être écrit entre les années 776 et 860. Il renferme un exposé très-clair de la

situation des planètes et de l'origine de la durée de l'année. Plusieurs écrivains, entre autres Donolo et Abraham ben Chiija, y ont puisé des indications.

L'Almageste fut considéré par les Juifs et par les Arabes comme Livre fondamental. C'est à lui que toute l'Astronomie orientale emprunta cette comparaison singulière de l'emboîtement des sphères à celui des pelures d'oignon.

Depuis la dispersion des Juifs, Abraham ben Chiija est le premier qui ait conçu un plan systématique d'Astronomie. On n'est pas d'accord sur sa nationalité, espagnole ou française, ni sur l'époque de sa vie, le XI^e ou le XII^e siècle. Son Ouvrage intitulé *Zurat ha-arez* (Forme de la Terre) est une Géographie astronomique et une Astronomie en dix Chapitres. Il en existe deux traductions latines, publiées à Bâle en 1546, et dues à Seb. Münster et à Osw. Schreckenfuchs.

Le premier Chapitre renferme l'étude de la forme du ciel et de la Terre, de leurs distances mutuelles, et de la figure du mouvement et de ses particularités. Il débute par la notion de la sphéricité du ciel, qui résulte de l'invariabilité des dimensions apparentes des corps célestes. Si pourtant le Soleil et la Lune semblent plus gros à l'horizon que près du zénith, il faut en chercher la cause dans le fait que la densité variable de l'air détermine une réfraction variable. De là vient, dit-il, qu'une pierre paraît agrandie si on la plonge dans l'eau. Il reproduit l'argumentation classique de la sphéricité générale de notre planète : « On a, comme pour le ciel, attribué à la Terre et à sa qualité une forme sphérique semblable à celle d'un globe. Les montagnes et vallées qui sont à sa surface ne doivent pas nous préoccuper, parce qu'elles n'ont aucune comparaison ni proportion avec la totalité de sa masse. » Il expose, avec plus de détails que ne l'avait fait Alfraganus, les conséquences de la sphéricité de la Terre relatives à l'observation des phases d'une éclipse de Lune. L'auteur examine également ce qui résulterait de l'hypothèse d'une forme plane ou concave.

Le Chapitre VI renferme une description et une classification des climats, ainsi qu'une Carte de l'hémisphère boréal, sur laquelle on retrouve les bizarreries des cartographes arabes; mais la forme générale de l'Afrique est assez fidèlement représentée.

La dernière Partie de l'Ouvrage contient un exposé des mesures

de la grandeur réelle du globe terrestre. A ce sujet, M. Günther emprunte à Wackerbarth une intéressante discussion de ces mesures. Il revient ensuite avec plus d'attention sur la doctrine de la sphéricité chez les Juifs au moyen âge.

Maimonides a considéré la sphéricité comme une qualité qui se comprend par elle-même. « L'univers entier », dit-il, « est sphérique et renferme le globe terrestre, autour duquel se trouvent disposées, en ordre ascendant, des enveloppes sphériques de la matière de l'eau, de l'air, du feu et de l'éther, qui constitue en dernier lieu les corps célestes. »

Le Juif carate Jehouda Hadossi publia une théorie analogue dans un Ouvrage paru à Jérusalem en 1149. Il est intéressant d'y observer que l'auteur attribue au firmament une influence magnétique qui retient la Terre au centre de l'univers.

On doit aux Israélites de sérieuses données sur la Géographie et sur la pratique même des observations. Steinschneider signale comme ayant perfectionné et inventé soit des théories, soit des instruments, Ibn Esra et une dizaine d'autres.

Le Juif Esthori ben Mose ha-Parci, contemporain de l'Arabe Aboulfeda, a laissé une description très-minutieuse de la Palestine, qui a été analysée par Zunz.

Un Juif de Tolède, Isaak ben Joussef ben Israël, a publié en 1310 un Traité des éléments de l'univers, dans lequel on trouve une excellente étude de la parallaxe de la Lune.

Le Juif Asarja ben Mose dei Rossi, de Mantoue, compte au nombre des polymathes du xvi^e siècle. Son Ouvrage le plus important, *Menor Enaijm* (ou le Flambeau), paru en 1573, renferme comme donnée principale un parallèle entre les théories du Talmud et des profanes. Il base ses recherches sur la huitième question du Thamid : Quelle est la plus grande distance, celle entre l'est et l'ouest ou bien celle entre le ciel et la Terre? Il trouve que la première est deux fois plus grande que la seconde. Il rappelle que, dans le livre du Sohar, ainsi que dans le Talmud de Jérusalem et le Midrasch, la Terre est regardée comme sphérique. Misraschi, auteur d'un remarquable Traité d'Arithmétique, a discuté l'assertion d'Asarja dei Rossi relative aux distances dont il vient d'être question.

Un passage du Thamid a donné lieu de croire que les antipodes

se trouvaient nettement indiqués, mais les anciens rabbins n'ont rien su de la sphéricité de la Terre, parce qu'ils n'ont observé que des contradictions dans les témoignages des écrivains profanes. Aristote combat énergiquement la théorie de la forme large et plate; Plutarque expose les théories erronées d'Anaximène, de Leucippe et de Démocrite.

Le rabbin Éliéser comparait la Terre à un portique dont le nord n'était pas couvert. Les rabbins Salomon, Nisim, Josua ben Schoeib admirèrent comme Éliéser la forme aplatie de notre planète, et cette doctrine rencontra des partisans jusqu'au xiv^e siècle.

Asarja arrive à parler de l'enfer, c'est-à-dire de ce qui se trouve sous nos pieds, et il propose l'idée reprise dans la suite par Dante et Maupertuis. Il ajoute que l'entrée de l'enfer serait juste aux antipodes de Jérusalem.

Asarja se rallie nettement à la théorie de la sphéricité. Tous les doutes au sujet de la forme ronde de la Terre doivent s'évanouir, dit-il, depuis que les premiers circumnavigateurs espagnols sont revenus de leur expédition, qui les avait conduits jusqu'à nos antipodes.

Nous laisserons ici pour le moment le savant historien, sur les écrits duquel nous sommes loin d'avoir épuisé ce qu'il y avait à dire d'intéressant pour l'histoire de la Géographie, quitte à y revenir ultérieurement.

Nous arrivons à l'histoire des précurseurs de Copernic, et nous constatons que dès le moyen âge la théorie du mouvement de la Terre était représentée chez les Juifs. Dans le cours du xiii^e siècle parut un Ouvrage dû au rabbin espagnol Schemtob ben Joussef ibn Phalkera. Ce savant a connu, puis rejeté, comme l'Arabe Katibi, la doctrine du mouvement de la Terre, qu'il a regardée comme exemple d'idée faussse.

L'affirmation effective de la rotation est un incontestable titre de gloire pour une secte de la religion juive, la secte des Cabalistes, dont l'œuvre principale est le livre du Sohar, vaste compilation littéraire et astrologique due à plusieurs écrivains. Ce Livre renferme entre autres un passage d'un certain rabbin Hamnuna l'Ancien, qui offre un très-grand intérêt. Zunz en a reproduit le texte hébreu accompagné de la traduction allemande. Le professeur Wackerbarth, d'Upsal, a donné aussi une version qui paraît pré-

férable, parce qu'elle embrasse une plus grande partie du texte original. Hamnuna l'Ancien affirme clairement que la Terre est sphérique de toutes parts et que des hommes s'y trouvent en situation d'antipodes. Les uns voient le Soleil en même temps que d'autres sont plongés dans la nuit. Il existe aussi une localité où le jour est très-long et la nuit très-courte.

La partie linguistique de l'Ouvrage renferme des hypothèses erronées. Mais nous avons vu que, chez les Arabes eux-mêmes, la doctrine de la rotation de la Terre a été connue comme théorie pythagoricienne sans rencontrer de sympathies. Katibi nous offre un exemple de cette inconséquence. En ce qui se rapporte à la théorie du mouvement des planètes, les Juifs se montrèrent généralement partisans des théories de Ptolémée durant le moyen âge. Plus tard, ils essayèrent de règles empiriques qui avaient le mérite de se plier aux exigences du dogme. Le rabbin Gamaliel remarqua fort bien que le mouvement de la Lune était tantôt plus lent, tantôt plus rapide. Hurwitz, qui rapporte ce fait, y voit une preuve que les observateurs avaient évalué la durée du mois lunaire avec une très-grande précision.

En général, les Juifs adoptèrent la théorie des Intelligences qui devaient présider aux mouvements célestes, mais ils lui donnèrent une forme plus pure. La bibliothèque du Vatican renferme un écrit du Juif alexandrin Joussef ben Isaak, où l'auteur attribue le mouvement à une force et à des Intelligences séparées. D'après cela, suivant Munk, il n'y en aurait en tout que neuf, dont la dernière, comme dans la théorie d'Ibn Sinà ou Avicenne, est l'intellect actif.

Asarja dei Rossi et Maimonides ont fait revivre la théorie pythagoricienne de la musique des sphères. C'est une des opinions anciennes répandues chez les philosophes et la généralité des hommes, dit Maimonides, que le mouvement des sphères célestes fait un grand bruit fort effrayant.

Un examen plus détaillé de ce passage donnerait encore la preuve que l'hypothèse de la musique des sphères a été en réalité perfectionnée, en ce sens que les rabbins supposèrent que le son devenait plus élevé à mesure que la sphère elle-même était plus éloignée et que son mouvement était plus rapide.

Les astronomes hébreux adoptèrent volontiers la théorie de l'Almageste avec ses excentriques et ses épicycles, et ils la suivirent

pour la construction de leurs Tables numériques. Maimonides seul n'a pas cru devoir accepter de confiance les hypothèses à l'aide desquelles on expliquait les mouvements célestes depuis Hipparque et Apollonius.

Au XXIV^e Chapitre de la deuxième Partie de son *Guide*, Maimonides adresse à l'Arabe espagnol Ibn Badja le reproche d'avoir rejeté les cercles de Ptolémée sans en avoir tiré profit au point de vue philosophique, attendu que la rotation autour du centre immatériel d'un cercle excentrique est une chose incompréhensible. Il exprime cette objection avec emphase : « Et ceci », dit-il, « est une observation qui m'appartient. » Puis, exposant avec détails l'enchaînement des cercles de Ptolémée, il indique les positions respectives des centres des cercles décrits par les planètes supérieures. « Vois, par conséquent », dit-il, « combien toutes ces choses s'éloignent de la spéculation physique. » Il développe ensuite le rôle des sphères homocentriques et conclut à l'impossibilité de se ranger, au point de vue philosophique, à un système aussi compliqué. « Regarde, par conséquent », dit-il, « combien tout cela est obscur ; si ce qu'Aristote dit dans la Science physique est la vérité, il n'y a ni épicycle ni excentrique, et tout tourne autour du centre de la Terre. » Il aperçoit la difficulté qui en résulterait pour l'explication des éclipses, par exemple, mais il ne parvient pas à la résoudre.

Maimonides se trouva ainsi conduit à imaginer un double système, participant à la fois à celui des sphères homocentriques d'Eudoxe et à celui des dix Intelligences d'Aristote.

Ces tentatives n'eurent aucun succès parmi les astronomes, et Maimonides lui-même, qui attaque ici les hypothèses de Ptolémée au point de vue philosophique, n'hésite pas, dans son *Traité de la fixation des Néoméniés*, à les admettre dans toute leur étendue et à les prendre pour bases de ses calculs astronomiques.

Abraham ben Chijja, dont nous avons parlé déjà, rappelle que Ptolémée et ses disciples attribuent aux étoiles fixes un mouvement de circulation sur le firmament, tandis que pour l'École indienne les étoiles sont fixes. La discussion à laquelle il se livre à propos de leurs latitudes par le zodiaque prouve qu'il admettait l'invariabilité de distance des étoiles à l'écliptique. Nous étions primitivement fondés à rapporter cette opinion à la doctrine indienne de la trépidation, qui affecte seulement les latitudes astro-

nomiques, et il demeure acquis maintenant qu'il faut voir, dans les paroles d'Abraham ben Chijja, un dernier écho affaibli de cette doctrine du mouvement de la Terre dont le géomètre hindou Aryabhata avait conçu le plan.

De toutes ces recherches, nous pouvons conclure que l'opinion des Juifs du moyen âge sur la rotation de la Terre n'a rien emprunté à des étrangers. C'est à ce titre qu'elle méritait d'être appuyée de preuves certaines et de faire l'objet d'une étude spéciale.

H. B.