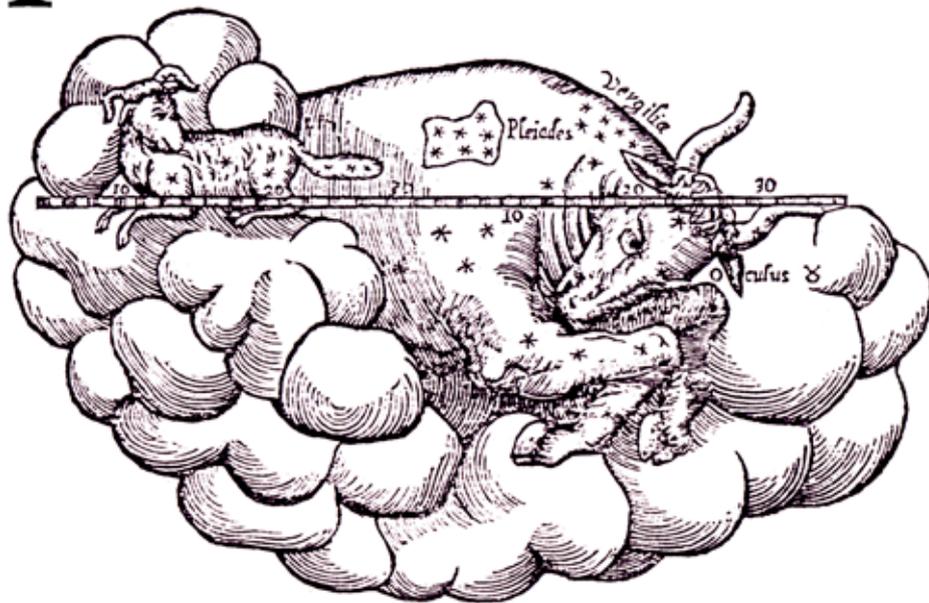


CAMILLE FLAMMARION

La précession



des équinoxes





LA VOCATION DE L'ARBRE D'OR

est de partager ses admirations avec les lecteurs, son admiration pour les grands textes nourrissants du passé et celle aussi pour l'œuvre de contemporains majeurs qui seront probablement davantage appréciés demain qu'aujourd'hui.

Trop d'ouvrages essentiels à la culture de l'âme ou de l'identité de chacun sont aujourd'hui indisponibles dans un marché du livre transformé en industrie lourde. Et quand par chance ils sont disponibles, c'est financièrement que trop souvent ils deviennent inaccessibles.

La belle littérature, les outils de développement personnel, d'identité et de progrès, on les trouvera donc au catalogue de l'Arbre d'Or à des prix résolument bas pour la qualité offerte.

LES DROITS DES AUTEURS

Cet e-book est sous la protection de la loi fédérale suisse sur le droit d'auteur et les droits voisins (art. 2, al. 2 tit. a, LDA). Il est également protégé par les traités internationaux sur la propriété industrielle.

Comme un livre papier, le présent fichier et son image de couverture sont sous copyright, vous ne devez en aucune façon les modifier, les utiliser ou les diffuser sans l'accord des ayant-droits. Obtenir ce fichier autrement que suite à un téléchargement après paiement sur le site est un délit. Transmettre ce fichier encodé sur un autre ordinateur que celui avec lequel il a été payé et téléchargé peut occasionner des dommages informatiques susceptibles d'engager votre responsabilité civile.

Ne diffusez pas votre copie mais, au contraire, quand un titre vous a plu, encouragez-en l'achat. Vous contribuerez à ce que les auteurs vous réservent à l'avenir le meilleur de leur production, parce qu'ils auront confiance en vous.

Camille Flammarion

La précession des équinoxes

suivi de

La précession des équinoxes
d'Hipparque aux *Tables Alphonsines*
par Pierre Duhem



© Arbre d'Or, Genève, juillet 2007

<http://www.arbredor.com>

Tous droits réservés pour tous pays

CAMILLE FLAMMARION

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES

La précession des équinoxes fait varier de concert, chaque année, la position de toutes les étoiles sur la sphère céleste. Ce mouvement n'appartient pas au ciel, mais à la Terre. On sait qu'il est dû à l'action attractive du Soleil et de la Lune sur le renflement équatorial de notre planète, et que cette action fait décrire à l'axe du globe terrestre un petit cercle décrit en 25.765 ans autour du pôle de l'écliptique. Dans cette révolution, le prolongement idéal de l'axe du globe, c'est-à-dire le pôle de l'équateur, marche sur la sphère céleste en décrivant un cercle de 47 degrés, et rencontre successivement des étoiles plus ou moins brillantes, qui prennent tour à tour le nom d'étoiles polaires. Il y a 3.200 ans, c'est l'étoile κ du Dragon qui était la plus proche du pôle ; il y a 4.725 ans, c'était l'étoile α de la même constellation. Il y a 14.000 ans environ, c'était la brillante Véga, qui reviendra de nouveau polaire dans 12.000 ans environ. Nous avons cherché les traces qu'elle a laissées dans l'histoire. Ce sont là, en effet, les seules dates sûres que les historiens puissent revendiquer pour les anciennes civilisations.

Mais il est un point d'Astronomie pratique dont on a souvent l'occasion de s'entretenir, et dont on n'a pas les éléments sous la main : c'est la distance actuelle qui sépare réellement l'étoile polaire du pôle vrai. Une carte de cette région du ciel étant intéressante à plusieurs titres, nous nous sommes occupés, M. Barnout, astronome amateur, et moi, de la construire par l'observation, et nous pensons que sa publication peut être utile.

Si tous les points du ciel sont dignes de fixer l'attention des hommes, le pôle du monde, sans être plus remarquable que les autres, se trouve cependant dans des conditions si particulières, que l'on ne peut s'empêcher de le considérer séparément. En effet, tandis que tous indistinctement sont doués d'un mouvement qui leur fait parcourir le tour de la sphère en vingt-quatre heures, lui seul reste immobile. Il est invisible, comme chacun sait : mais on peut marquer exactement sa position, et une étoile assez brillante et très visible à l'oeil nu, la Polaire, ou α de la Petite Ourse, passe généralement pour marquer l'emplacement qu'il occupe. La queue de la Petite Ourse s'enroule autour du pôle et fait tourner l'animal autour de ce point comme pivot.

Néanmoins, quelque intéressant qu'il soit, le pôle, sans être dédaigné par les astronomes n'est pas très fréquenté par eux ; cela se conçoit : il n'y a pas de planètes nouvelles à chasser dans ces parages. Tout au plus, à de rares intervalles, quelque pauvre petite comète, égarée et fugitive, vient-elle dédommager des per-

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES

tes du temps passé dans ces régions, cependant, malgré cet état d'immobilité et de mort, le pôle céleste offre aux yeux de l'astronome philosophe un caractère précisément opposé à la triste réputation qu'on est d'abord porté à lui faire, car il est en quelque sorte doué d'une vie propre et d'un mouvement personnel, mouvement si vaste en lui-même que les modifications les plus radicales en dépendent.

En effet, contrairement aux autres points du ciel, qui, dans leur mouvement commun et apparent, passent sans laisser de trace, celui-ci, en vertu de la précession des équinoxes, accuse et marque son passage en décrivant sur la sphère céleste, dans l'espace de 25.765 ans¹, un cercle de 47 degrés qui n'embrasse, par conséquent, pas moins d'un quart de chacun des deux hémisphères (ce qui a lieu pour notre pôle boréal se rapportant exactement au pôle austral).

C'est même une étude fort intéressante et particulièrement curieuse que de suivre pas à pas ce mouvement : aussi, aucune carte n'indiquant les étapes de ce voyage du pôle, avons-nous dressé celle-ci, dans laquelle les étoiles les plus petites ont trouvé leur place.

Malgré son étendue apparente sur le papier, cette carte n'est pas bien grande, puisqu'elle ne contient environ que 1 degré autour du pôle, soit 2 degrés environ de diamètre. Il est vrai que ces degrés appartiennent à une sphère qui a près de 9 mètres (8 m 93) de diamètre, c'est-à-dire environ 28 mètres (28 m 08) de circonférence ; mais cette carte de degrés, cet espace si restreint, est d'une grande étendue relativement au mouvement du pôle, et pourra servir à nos neveux pendant plusieurs générations, puisque cet espace représente et le chemin que le pôle a déjà parcouru depuis l'année 1700, et celui qu'il parcourra encore jusqu'en 2100 environ, c'est-à-dire en quatre siècles.

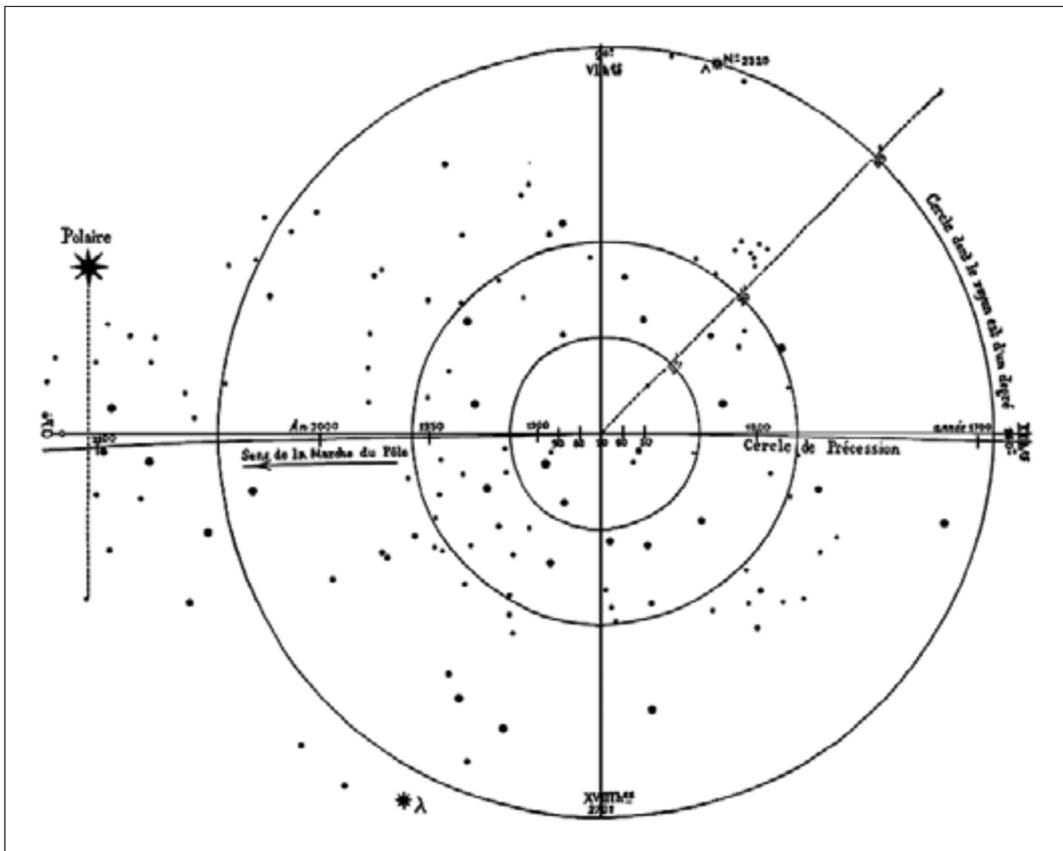
Au surplus, pour se faire une idée exacte des dimensions de 1 degré sur le ciel, il suffit de se rappeler que les disques du Soleil et de la Lune, qui sont en moyenne de même dimension apparente, ont chacun environ $\frac{1}{2}$ degré de diamètre et ce $\frac{1}{2}$ degré est représenté sur notre carte par le premier cercle intérieur, décrit à $15'$ du pôle, et contient la marche du pôle pendant quatre-vingt-dix années.

On comprend ainsi comment le pôle, malgré son mouvement très réel, peut paraître stationnaire même à plusieurs générations.

La carte a été dressée en 1870, et les méridiens s'y rencontrent pour cette année-là.

¹ On a coutume de dire 25.870 ans, parce qu'on prend en nombre rond 50" pour le mouvement annuel de précession ; en considérant le nombre plus précis 50", 3", on a la période 25.765 ans.

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES



Cette carte montre notamment que l'étoile polaire, α de la Petite Ourse, est encore fort éloignée du pôle: la distance actuelle² est de $1^{\circ} 23'$. C'est seulement vers l'an 2105 qu'elle en sera la plus rapprochée possible. A partir de cette époque, le pôle, continuant sa marche, ira sans

cesse en s'éloignant de cette étoile, passera successivement dans le voisinage de plusieurs autres qui, lorsqu'elles seront assez brillantes, recevront chacune tour à tour la dénomination de Polaire par les générations futures, jusqu'à ce que, dans douze mille ans environ, il atteigne Véga, l'éclatante étoile de la Lyre, qui, pendant mille ans au moins, marquera dans le ciel, sinon la vraie place, du moins le voisinage du pôle, comme elle l'a déjà marqué il y a quatorze mille ans.

Du reste, chaque époque s'arrange des dispositions du ciel qu'elle est appelée à contempler, et si une étoile ne suffit pas pour marquer à peu près la direction du pôle, on peut en grouper plusieurs. C'est ainsi que, il y a environ trois mille six cents ans, l'emplacement du pôle, qui était situé entre les trois étoiles β de la

² Camille Flammarion a publié cette carte en 1875.

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES

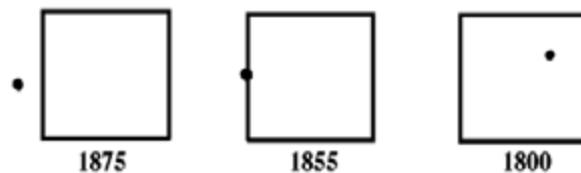
Petite Ourse, α et κ du Dragon, se trouvait à peu près au centre de ce triangle et comme gardé en quelque sorte par les trois étoiles qui le délimitaient.

Tout ceci démontre que le ciel entier change sans cesse d'aspect, et que les constellations aujourd'hui constamment visibles sur l'horizon finissent, dans la suite des siècles, par passer successivement au-dessous.

A cet égard, les géographes paraissent avoir sur les astronomes un avantage immense, en ce sens que, lorsqu'ils ont tracé la configuration exacte des mers et des continents, il semble que leurs cartes, à moins de cataclysme et de bouleversement, soient invariables et puissent servir indéfiniment. Mais cette stabilité n'est qu'apparente, car les rivages de l'Océan, le cours des fleuves, la hauteur des montagnes comme la profondeur des vallées changent sans cesse sous l'action constante des agents météorologiques, des eaux, des phénomènes géologiques et des mouvements de la Terre même. Dans le ciel, la transformation est plus lente, et celle du pôle changeant sans cesse le point de départ de tous les méridiens, il en résulte que les cartes célestes, pour être mathématiquement exactes devraient être refaites pour ainsi dire tous les jours.

Il suffit de jeter les yeux sur la nôtre pour saisir, du premier coup d'oeil, cet inconvénient; aussi est-on obligé, dans ces sortes de cartes, d'indiquer l'époque à laquelle les positions des étoiles sont réduites. Sur ces cartes, quelques années sont sensibles, un quart de siècle est très apparent, un demi-siècle les défigure complètement.

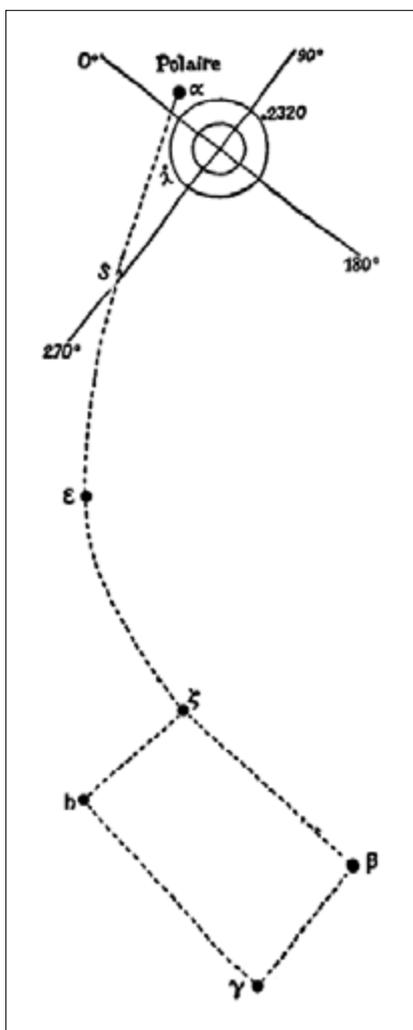
Ainsi, pour le rappeler en passant, telle étoile qui, dans un Atlas céleste de l'année 1800, était située à droite vers le haut de l'un des carrés représentant la division en degrés, se trouve, en 1855, placée sur le bord de gauche au milieu de ce même carré, et passe aujourd'hui bien en dehors et encore plus bas.



Les personnes munies d'une lunette astronomique peuvent constater dans le ciel l'emplacement du pôle du monde. Malheureusement, le hasard, qui souvent est si favorable, fait précisément aujourd'hui que ce pôle ne coïncide avec aucune étoile.

On voit, d'après notre carte, que le pôle actuel est situé à peu près à égale

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES



distance entre deux étoiles de 7^e grandeur λ , et 2320 Petite Ourse, qui, avec la Polaire, sont les seules de toutes celles que nous avons figurées qui se voient distinctement dans un chercheur. Les autres sont de 9^e, 10^e et 11^e grandeur.

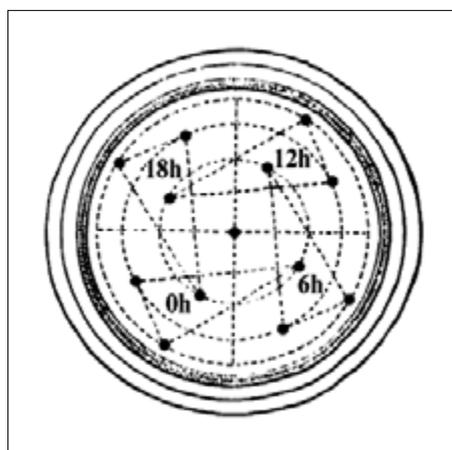
Mais, pour trouver ces étoiles elles-mêmes, il est bon de connaître leurs positions dans la constellation à laquelle elles appartiennent. C'est pour cela que nous avons annexé la seconde carte ci-dessus, représentant l'ensemble de la Petite Ourse.

Cette première opération faite, les environs les plus immédiats du pôle se reconnaissent très facilement, dans le télescope, à la configuration en forme d'éventail d'un groupe symétrique et bien caractérisé d'étoiles comparativement très brillantes.

Par parenthèse, si ces étoiles étaient visibles l'oeil nu, comme les étoiles de la Grande Ourse, d'Orion ou du Scorpion, avec lesquelles elles ont un peu d'analogie, elles constitueraient sans contredit dans le ciel une des plus belles constellations. Ici cette constellation lilliputienne est télescopique.

Ainsi, dans un télescope dont le champ serait d'environ un demi-degré, c'est-à-dire de la grandeur du disque solaire ou lunaire, on verrait se maintenir constamment dans la même position relative les quatre étoiles circonscrites aujourd'hui par le premier cercle central de notre figure, et dont les trois principales (situées au-dessous de la ligne) forment un triangle.

Elles y accompliraient un mouvement de rotation entière, dont les phases principales de six en six heures sont indiquées dans la figure suivante; si l'on considère le point central, on voit qu'il tourne sur lui-



LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES

même, et avec lui on sera certain d'être en possession du pôle. C'est par cette méthode, du reste, que nous l'avons reconnu nous-même.

En un mot, s'il était permis de s'exprimer ainsi, ce petit triangle est la dernière constellation qui tourne autour du pôle.

Les astres traversant généralement avec une grande rapidité le champ des lunettes, rien n'est plus saisissant que le spectacle de cette sorte d'immobilité persistante et absolue. Dans cette situation, une lunette parallèle à l'axe du monde se confond avec lui et semble servir en quelque sorte de pivot à tout le firmament. Au point de vue pratique, c'est un excellent moyen d'orienter une lunette disposée parallactiquement. A cet égard, le pôle étant le point de départ même de tous les méridiens vaut infiniment mieux que les meilleurs repères du monde.

Ces minutieux détails ne sont généralement pas indiqués, et les personnes qui, pour une cause ou pour l'autre, ont besoin du pôle, sont toujours obligées de le chercher.

Est-il besoin d'ajouter que ce n'est pas sans passer quelques nuits la belle étoile et se morfondre par les temps d'hiver que l'on parvient à faire même un aussi petit travail? La plus grande partie du temps des observateurs est employée à attendre sans cesse que les nuages veuillent bien tirer leur impénétrable et désespérant rideau. Lorsqu'il se sert d'un télescope, l'observateur peut rester, debout, puisqu'il n'a qu'à examiner l'image de l'étoile dans le réflecteur fixé à la partie latérale du tube, réflecteur toujours horizontal; mais lorsqu'il dresse sa lunette vers le pôle, trop haut encore sur l'horizon de Paris, il est condamné à rester dans la posture la plus incommode, jambes tordues, dos creusé, tête constamment levée, sans compter les effets plus ou moins désagréables du froid de la nuit, etc.

Quant à la Polaire, dont nous n'avons à parler ici qu'incidemment on sait, que c'est une étoile double, son satellite est de 9^e grandeur, bleuâtre, et en est distant d'environ 18 secondes.

Ce satellite, qui tourne autour de l'étoile dans une période de temps que l'on ne peut encore déterminer, mais qui, d'après son faible mouvement angulaire, doit embrasser bien des siècles (il n'a marché que de 9 degrés depuis 1781), est représenté par un point dans les rayons inférieurs de notre étoile polaire.

PIERRE DUHEM

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES
D'HIPPARQUE AUX
TABLES ALPHONSINES

LES TRAVAUX D'HIPPARQUE

La lutte entre l'Astronomie des sphères homocentriques et l'Astronomie des excentriques et des épicycles, après avoir divisé les géomètres grecs, après avoir provoqué, en des sens divers, les tentatives des savants de l'islam, continuera de mettre aux prises astronomes et physiciens durant le moyen âge et la Renaissance; elle ne prendra fin qu'au jour où le triomphe du système de Copernic plongera dans l'oubli les deux systèmes entre lesquels la faveur des hommes s'était, jusque-là, partagée.

Tandis que se poursuit cette grande bataille, d'autres combats de moindre ampleur se livrent sur d'autres champs du domaine astronomique. Parmi ces combats, il n'en est aucun qui mérite l'attention au même degré que celui dont nous allons retracer les principales péripéties.

L'objet de ce combat est la conquête des lois qui président à ce phénomène lent et compliqué dont le nom moderne est *précession des équinoxes*.

La précession des équinoxes fut-elle connue, avant Hipparque, des astrologues de l'Orient? Pour découvrir ce phénomène, Hipparque fit-il usage d'observations chaldéennes? Questions difficiles à résoudre, qui ont grandement excité la sagacité des érudits³, sans obtenir de leurs efforts une solution certaine.

L'histoire précise, et autorisée par des textes, de la précession des équinoxes, débute avec les travaux d'Hipparque; encore les écrits où Hipparque avait présenté les résultats de ses recherches sont-ils aujourd'hui perdus et n'en connaissons-nous que ce qu'en rapporte Claude Ptolémée.

Au dire de Ptolémée⁴, Hipparque traitait de la précession des équinoxes en

³ Voir, à ce sujet: L. Am. Sédillot, *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux*, Paris, 1845. — Th. Henri Martin. *Mémoire sur cette question: La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque?* (*Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres*, t. VIII, Première partie, 1869). — L. Am. Sédillot. *Sur quelques points de l'histoire de l'Astronomie ancienne et, en particulier, sur la précession des équinoxes*; lettre au prince Boncompagni (*Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche*, t. V, p. 306, 1872).

⁴ *Composition mathématique* de Claude Ptolémée, traduite par M. l'abbé Halma livre VII, chapitre II; tome second, p. 10 et p. 13, Paris, 1816.

deux de ses ouvrages. L'un de ces ouvrages avait pour titre: *Du transport des points solsticiaux et équinoxiaux*. L'autre traitait: *De la longueur de l'année*. Celui-ci semble, de sept années environ, antérieur à celui-là⁵.

Hipparque admet que le plan de l'équateur demeure invariablement lié à la terre qui, elle-même, demeure immobile au centre du Monde. Par le centre du Monde, passe le plan de l'Écliptique; ce plan tourne autour d'un axe normal au plan de l'équateur, l'axe du Monde; sa rotation, parfaitement uniforme, et dirigée d'Orient en Occident, est complète en vingt-quatre heures sidérales; c'est le mouvement diurne.

Cette rotation diurne entraîne, en même temps, un système de coordonnées invariablement lié à l'Écliptique. L'Écliptique sert d'origine aux *latitudes* boréales ou australes qui, les unes et les autres, sont comptées de 0° à 90°. L'origine des longitudes est le demi-plan normal à l'Écliptique et passant par le point équinoxial de printemps; les longitudes sont comptées de 0° à 360°, d'Occident en Orient, dans le sens de la marche du Soleil ou, comme le disaient les Anciens, *suivant l'ordre des signes*.

Puisque ce système de coordonnées tourne uniformément autour de l'axe du Monde, d'Orient en Occident, en vingt-quatre heures sidérales, un point qu'anime uniquement le mouvement diurne gardera une longitude et une latitude également invariables pendant tout le cours du temps; au contraire, s'il est animé d'un mouvement autre que le mouvement diurne, le temps amènera des changements dans sa longitude, ou bien dans sa latitude, ou bien enfin dans ses deux coordonnées; de bonne heure, les astronomes avaient reconnu que ce système de coordonnées était commodément adapté à l'étude du mouvement des astres errants.

La détermination de la longitude et de la latitude d'une même étoile à deux époques différentes permettra donc de savoir si cette étoile est uniquement animée du mouvement diurne ou si quelque autre mouvement se compose, en elle, avec celui-là.

C'est précisément ainsi qu'Hipparque, en la 50^e année de la troisième période de Calippe (129 avant J.-C.), découvrit le mouvement très lent qu'il faut combiner avec le mouvement diurne pour obtenir le déplacement véritable des étoiles fixes par rapport à la terre.

« En effet⁶, quand Hipparque, dans son traité *Du transport des points solsti-*

⁵ Paul Tannery, *Recherches sur l'Histoire de l'Astronomie ancienne*, ch. VIII, 8 (*Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 4^e série, t. I, pp. 148-149).

⁶ Claude Ptolémée, *loc. cit.*; éd. Halma, t. II, pp. 10-11.

ciaux et équinoxiaux, citant quelques-unes des éclipses de Lune, tant de celles qui ont été bien observées de son temps, que de celles qui l'avaient été avant lui par Timocharis, marque 6 degrés pour la distance où, de son temps, l'Épi était du point équinoxial d'automne, vers les points précédents, et 8 degrés environ pour sa distance du même point, au temps de Timocharis, voici comme il raisonne : « Si, par exemple, au temps de Timocharis, l'Épi précédait le point équinoxial d'abord de 8 degrés, en suivant la longitude des constellations du Zodiaque, et que maintenant, il le précède de 6 degrés seulement, etc. » Il conclut de la comparaison de presque toutes les étoiles qu'il a examinées, qu'elles avaient un semblable mouvement, suivant l'ordre des signes. »

Hipparque, donc, observa que l'Épi de la Vierge, dont la longitude était 172° à l'époque de Timocharis, avait, de son temps, une longitude de 174°. Il n'observa, d'ailleurs, aucune variation dans la latitude de la même étoile⁷. Il en conclut qu'entre l'observation de Timocharis et la sienne, *l'Épi de la Vierge* avait éprouvé, indépendamment de ses multiples révolutions diurnes autour de l'axe du Monde, une rotation de 2° environ, d'Occident en Orient, autour de l'axe de l'Écliptique. Les mêmes remarques peuvent être faites au sujet des autres étoiles, en sorte qu'en son traité *De la longueur de l'année*, le grand Astronome bithynien put formuler, bien qu'avec quelque hésitation⁸, la loi suivante : Les étoiles fixes ont un mouvement d'ensemble qui se compose de deux rotations, la rotation diurne d'abord, puis une rotation uniforme, d'Occident en Orient, autour d'un axe normal au plan de l'Écliptique.

Par cette rotation, la distance entre le point équinoxial de printemps et une étoile située sur le Zodiaque varie comme si le point équinoxial s'avavançait sur le Zodiaque dans le sens du mouvement diurne ; d'où le nom de mouvement de *précession des équinoxes* donné au mouvement découvert par Hipparque.

La découverte d'Hipparque entraînait une bien importante conséquence touchant le sens qu'il convient d'attribuer à ces mots : Durée d'une année.

Au moment où le Soleil franchit le point équinoxial de printemps, marquons l'étoile qui coïncide avec ce point. Lorsque le Soleil, ayant parcouru l'Écliptique, repassera au même point équinoxial, il n'y retrouvera plus la même étoile ; grâce au mouvement découvert par Hipparque, elle aura avancé d'une petite quantité vers l'Orient ; le Soleil ne l'atteindra que quelque temps après qu'il aura franchi le point vernal ; *l'année sidérale*, période au bout de laquelle le Soleil revient à la

⁷ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre VII, ch. III ; éd. Halma, t. II, p. 15.

⁸ Claude Ptolémée, *loc. cit.*

même étoile, est un peu plus longue que l'*année tropique*, intervalle de temps qui sépare deux passages successifs du Soleil au même point équinoxial.

Quelle est la durée à laquelle il convient réellement d'attribuer le nom d'année? Est-ce l'année tropique ou l'année sidérale? En tout cas, quelle est exactement la longueur de chacune de ces deux années? Telles sont les questions nouvelles que la découverte d'Hipparque posait aux astronomes. Ces questions venaient préciser, mais en le compliquant, le grave problème de la détermination de l'exacte durée de l'année. La fixation du calendrier et l'étude de la précession des équinoxes seront désormais, pour les efforts des astronomes, deux objets invariablement liés l'un à l'autre.

Cette conséquence de sa découverte, Hipparque l'avait aperçue tout d'abord. « La première recherche à faire dans la théorie du Soleil, dit Ptolémée⁹, c'est celle de la longueur de l'année; nous apprenons par les travaux des Anciens leurs différentes opinions et leurs doutes à cet égard, et surtout par ceux d'Hipparque qui, plein d'amour pour la vérité, n'a épargné ni recherches ni travaux pour la trouver. Ce qui le surprend le plus, c'est qu'en comparant les retours du Soleil aux points solsticiaux et équinoxiaux, l'année ne lui paraît pas être tout à fait de 365 jours 1/4, et qu'en comparant les retours aux mêmes étoiles fixes, il la trouve plus longue; d'où il conjecture que la sphère des étoiles fixes a, elle-même, une certaine marche lente qui lui fait parcourir la suite des points du Ciel et qui, comme celle des planètes, est en sens contraire du premier mouvement par lequel tout le Ciel est entraîné... »

Après avoir signalé la différence qui existe entre l'année sidérale et l'année tropique, Hipparque a choisi cette dernière comme celle qu'il convenait de prendre désormais pour année normale. C'est celle, en effet, qu'il faut choisir comme fondement si l'on veut établir un calendrier qui maintienne fixe la date du commencement de chaque saison. Que cette convention fut posée par lui dans son traité *De la longueur de l'année*, nous en avons pour témoin formel un passage de son écrit *Sur les mois et les jours intercalaires*; ce passage nous est textuellement rapporté par Ptolémée¹⁰; le voici :

« Dans le livre que j'ai composé sur la durée de l'année, je montre que l'année solaire, qui est le temps que le Soleil emploie à revenir d'un solstice au même solstice ou d'un équinoxe au même équinoxe, contient trois cent soixante-cinq jours et un quart, moins le trois centième à peu près de la durée d'un jour et une nuit. »

⁹ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre III, ch. II; trad. de l'abbé Halma, t. I, p. 150.

¹⁰ Claude Ptolémée, *loc. cit.*; éd. Halma, t. I, p. 164.

Choisir l'année tropique comme année normale, en déterminer la durée, cela ne suffisait pas à Hipparque; il lui fallait encore connaître la différence entre l'année sidérale et l'année tropique ou, en d'autres termes, déterminer la valeur annuelle de la précession: c'est ce qu'il avait fait dans son traité *De la longueur de l'année*, comme nous l'apprend une citation de ce traité faite par Ptolémée¹¹: «Car si, par cette cause, les points tropiques et les équinoxes ont marché, vers l'Occident, d'une quantité qui n'est pas au-dessous de la centième partie d'un degré par an, il faut qu'en 300 ans ils se soient avancés dans ce sens d'une quantité égale à 3 degrés.»

La précession des points équinoxiaux n'est pas inférieure à un degré par siècle, telle est l'affirmation d'Hipparque en son traité *De la longueur de l'année*; en effet, l'Astronomie moderne évalue à $1^{\circ} 23'30''$ par siècle la marche des points équinoxiaux.

Le traité *Du transport des points solsticiaux et équinoxiaux* était, sans doute, postérieur au traité *De la longueur de l'année*; la comparaison entre les observations de Timocharis et les observations d'Hipparque qui sont rapportées dans ce traité *Du transport* eût permis d'évaluer la grandeur de la précession des équinoxes avec une approximation supérieure à celle que donne l'autre traité; selon Paul Tannery¹², elle eût conduit à ce résultat, qui eût été bien proche de l'exactitude rigoureuse: $1^{\circ} 23'30''$ par siècle.

¹¹ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre VII. ch. II; trad. de l'abbé Halma, t. II, p. 13.

¹² Paul Tannery. *Recherches sur l'histoire de l'Astronomie ancienne*, ch. XV, 2 (*Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 4^e série, t. I. p 265, 1893).

II

LES TRAVAUX DE PTOLÉMÉE

Ce n'est pas cette valeur de la précession, si voisine de la valeur véritable, que Ptolémée adopta ; à l'aide des observations de Ménélas, d'Agrippa et des siennes propres, il crut pouvoir attribuer à cette précession la valeur qu'Hipparque, en son traité *De la longueur de l'année*, avait indiquée comme un minimum. « Nous avons jugé, dit-il¹³, que les étoiles s'avancent vers l'Orient d'un degré à peu près en cent ans », en sorte qu'en 36.000 ans, le système entier des étoiles fixes effectue une rotation complète, d'Occident en Orient, autour des pôles de l'Écliptique. Cette durée se fût trouvée réduite à 26.000 ans si Ptolémée avait adopté les évaluations, si voisines de l'évaluation moderne, que contenait le traité *Du transport des points solsticiaux et équinoxiaux*.

Ce mouvement, Ptolémée n'hésite pas à l'attribuer à une sphère dans laquelle toutes les étoiles fixes se trouvent invariablement serties. « De semblables observations¹⁴ faites sur ces étoiles et sur les autres les plus remarquables par leur éclat, leurs comparaisons entre elles, et les distances reconnues constantes entre celles que nous avons examinées et tout le reste des fixes, nous font regarder comme certain le mouvement de la sphère des fixes vers l'Orient des points tropiques et équinoxiaux, autant que cet espace de temps peut nous en assurer ; et que ce mouvement se fait autour des pôles du cercle oblique moyen du Zodiaque, et non pas autour de ceux de l'équateur ; c'est-à-dire qu'ils ne se font pas autour de ceux du premier mobile. »

Ce premier mobile qu'anime le mouvement diurne, Ptolémée l'assimile-t-il à une sphère creuse, dénuée d'astre, ainsi qu'on le fera constamment après lui ? Outre les sept orbes des astres errants et l'orbe des étoiles fixes, comptera-t-il un neuvième orbe ? Il ne semble pas qu'il ait, dans l'*Almageste*, explicitement formulé cette hypothèse. Il paraît¹⁵ réduire le premier mobile à une simple ligne, à un grand cercle tracé sur l'ultime surface de l'orbe des étoiles fixes et passant par les pôles du Monde et par les pôles de l'Écliptique.

¹³ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre VII, ch. II ; trad. de l'abbé Halma, t. II, p. 13.

¹⁴ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre VIII, ch. IV ; traduction de l'abbé Halma, t. II, p. 28.

¹⁵ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre I, ch. VII ; éd. Halma, t. I, p. 24.

Au contraire, dans ses *Hypothèses des planètes*, Ptolémée admet formellement¹⁶ l'existence de cette neuvième sphère, de cette « sphère motrice de la sphère des étoiles fixes ».

Le mouvement du premier mobile se transmet à tous les orbés qu'embrasse ce grand cercle ou cette sphère, en sorte que le mouvement réel de chacun de ces orbés se compose du mouvement diurne et d'un mouvement propre.

En est-il de même du mouvement qui vient d'être attribué à la sphère des étoiles fixes? Ce mouvement se transmet-il ou non aux orbés que la huitième sphère enferme en son sein? Pour parler plus précisément, l'excentrique qui règle la marche de chacun des astres errants est-il invariablement lié au premier mobile et dénué de tout mouvement autre que le mouvement diurne? Suit-il, au contraire, la sphère étoilée qu'animent à la fois le mouvement diurne et le mouvement découvert par Hipparque?

Les prédécesseurs de Ptolémée avaient, semble-t-il, choisi ce dernier parti. Du moins, Pline l'Ancien considérait-il¹⁷, pour chaque astre errant, la ligne des absides, qui passe par l'apogée, le périégée et le centre du Monde, et enseignait-il que cette ligne garde une direction fixe par rapport aux étoiles. Il est vrai que Pline ne faisait presque aucune allusion au phénomène de la précession des équinoxes; malgré son admiration pour Hipparque, il semble qu'il ait méconnu ce phénomène ou qu'il l'ait regardé comme douteux.

Adraste d'Aphrodisias partageait la même opinion en ce qui concerne le Soleil; c'est, du moins, ce qu'il nous est possible de conclure des passages où Théon de Smyrne nous rapporte son enseignement.

Théon déclare¹⁸ que « le Soleil paraît se mouvoir le plus lentement et qu'il semble le plus petit lorsqu'il se trouve à 5°30' du principe des Gémeaux, et qu'il atteint sa vitesse et son diamètre apparent les plus grands lorsqu'il occupe une position analogue dans le Sagittaire ».

L'Astronome platonicien reprend la même affirmation en un autre lieu¹⁹:

« Le Soleil offrira toujours aux mêmes endroits respectifs les plus grandes, les plus petites et les moyennes distances à la Terre; les plus grandes, comme il a été

¹⁶ Claudii Ptolemaei *Opera quæ extant omnia*. Volumen II. *Opera astronomica minora*. Edidit J. L. Heiberg. Lipsiae, MDCCCXVII.

¹⁷ C. Plinii Secundi *De Mundi historia*, lib. II, cap. XVI.

¹⁸ Theonis Smyrnaei Platonici *Liber de Astronomia* Textuno primus edidit, latine vertit, ... dissertatione illustravit Th. H. Martin, Parisiis, 1849, cap. XXVI, p. 241. — Théon de Smyrne, philosophe platonicien, *Exposition des connaissances mathématiques utiles pour la lecture de Platon*, traduite par J. Dupuis, Paris, 1892; *Astronomie*, ch. XXVI bis, p. 267.

¹⁹ Theonis Smyrnaei *Astronomia*, trad. Th. H. Martin, cap. XXX, p. 269. Théon de Smyrne, *Astronomie*, trad. J. Dupuis. ch. XXX, p. 285.

dit, au cinquième degré et demi des Gémeaux, les plus petites au même degré du Sagittaire, et les moyennes au même degré de la Vierge et des Poissons. »

L'avis d'Adraste, que Théon nous rapporte, est, au contraire, entièrement différent de celui de Plin en ce qui concerne les cinq planètes; Adraste admet²⁰ que, pour chacune d'elles, la ligne des absides tourne avec une vitesse notable autour du centre du Monde: « Quant aux autres planètes, c'est en tous lieux du Zodiaque qu'elles peuvent être à la plus grande, à la plus petite et à la moyenne distance de la Terre, et qu'elles peuvent avoir la vitesse minimum, maximum ou moyenne. » C'était là, sans doute, une allusion à l'explication du mouvement planétaire par un excentrique mobile.

Tel est l'enseignement que Théon de Smyrne avait reçu d'Adraste d'Aphrodisias. Il l'entremêle d'une doctrine toute différente touchant les absides du Soleil, doctrine qu'il tenait sans doute d'un autre maître, peut-être de Posidonius²¹.

« Quand on considère attentivement, dit-il²², le temps du retour en longitude pendant lequel le Soleil parcourt le Zodiaque, en allant d'un point au même point, d'un solstice au même solstice, ou d'un équinoxe au même équinoxe, c'est à très peu près le temps signalé plus haut (365 jours 1/4), de sorte qu'au bout de quatre ans, le retour à un point de même longitude se fait à la même heure.

» Quant au temps de l'anomalie, après lequel le Soleil revient au point le plus éloigné de la Terre, où il paraît le plus petit et le plus lent dans son mouvement vers les signes suivants, ou bien après lequel il revient au point le plus voisin de la Terre, où il paraît avec le plus grand diamètre et la plus grande vitesse, il est à peu près de 365 jours 1/2, de sorte qu'au bout de deux ans, le Soleil revient à la même distance à la même heure. »

Les astronomes ont donné le nom d'*année anomalistique* à l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux passages successifs du Soleil soit à l'apogée, soit au périhélie. Il est bien vrai que l'année anomalistique surpasse l'année tropique, car l'apogée et le périhélie se déplacent par rapport aux points équinoxiaux; ils décrivent l'Écliptique d'un mouvement de rotation uniforme dirigé de l'Occident vers l'Orient.

Mais l'excès de l'année anomalistique sur l'année tropique est seulement de 24 min 59 sec 6; Théon attribuait à cet excès une valeur de six heures, soit une valeur 14 fois trop forte. Si l'on eût admis son évaluation, l'apogée eût parcouru

²⁰ Théon de Smyrne, *Ibid.*, Cf. Th. H. Martin, *De Theonis Smyrnaei Astronomia dissertatio*, pars II, § 16, pp. 114-115.

²¹ Th. H. Martin, *Dissertatio...*, pars II, § 14, p. 109.

²² Théon de Smyrne, *Astronomie*, ch. XXVII; éd. Th. H. Martin, pp. 261-263; éd. J. Dupuis, pp. 279-281.

tout le Zodiaque, d'un solstice au même solstice, en 1.461 ans; il emploie en réalité, à faire cette révolution, une durée de 20.984 ans.

Géminus, dans l'ouvrage que nous possédons de lui²³, ne nous parle point des planètes ni, partant, de leurs apogées; le Soleil, selon lui, parcourt un cercle excentrique au Monde dont l'apogée se trouve en la constellation des Gémeaux; mais il ne nous dit point s'il croit cet apogée immobile ou s'il lui attribue quelque mouvement.

Ainsi, les astronomes qui ont précédé Ptolémée semblent avoir professé des opinions fort discordantes touchant le mouvement de l'apogée et du périégée du Soleil et des cinq planètes.

Pour les cinq planètes, Ptolémée soutenait la même opinion que Plin; il admettait que le périégée et l'apogée de chaque planète éprouve, par rapport aux points équinoxiaux, un déplacement sensiblement égal à celui qu'éprouvent les constellations zodiacales, de telle sorte que ce périégée et cet apogée gardent des positions invariables par rapport aux étoiles fixes.

« Les apogées des excentriques, disait-il²⁴, font, selon l'ordre des signes, un petit mouvement qui est uniforme autour du centre du Zodiaque; par les phénomènes actuels, on s'aperçoit que cette progression est, pour chaque planète, presque de la même quantité que celle dont progresse la sphère des étoiles fixes, c'est-à-dire d'un degré en cent ans. »

D'après ces observations [relatives à Mercure], disait-il encore²⁵, et des comparaisons pareilles qui ont été faites pour les autres astres, nous avons trouvé que les diamètres qui passent par les apogées et les périégées des cinq planètes ont une certaine progression suivant l'ordre des signes, autour du centre du Zodiaque, et que cette progression se fait dans le même temps que celle de la sphère des étoiles fixes; car celle-ci, suivant ce que nous avons démontré, est d'environ 1° en cent ans, et ici le temps écoulé depuis les antiques observations, où l'apogée de Mercure était dans les 6°, jusqu'à nos observations, où il s'est trouvé avancé de 4° à très peu près, puisqu'il est maintenant dans les 10°, embrasse l'espace de 400 ans. »

Pour le Soleil, Ptolémée adopte une tout autre opinion. Après avoir rappelé comment Hipparque avait placé l'apogée solaire 24° 30' avant le solstice d'été,

²³ *Table chronologique des règnes, ... Apparition des fixes*, de Claude Ptolémée, Théon, etc., et *Introduction de Géminus aux phénomènes célestes*, traduites par M. l'abbé Halma; Paris, 1919. Géminus, *Introduction aux phénomènes célestes*, ch. I. pp. II-12.

²⁴ Claude Ptolémée, *Syntaxe mathématique*, livre IX, ch. V; trad. de l'abbé Halma, t. II, p. 158.

²⁵ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre IX, ch. VII; trad. de l'abbé Halma, t. II, pp. 171-172.

il ajoute²⁶ : « Nous trouvons à présent encore que ces temps et ces rapports sont toujours les mêmes à très peu près ; ce qui nous prouve que le cercle excentrique du Soleil garde toujours la même position relativement aux solstices et aux équinoxes. »

Cette opinion de Ptolémée est gravement erronée ; non seulement, l'apogée solaire se meut, par rapport aux points équinoxiaux, dans le même sens que les étoiles fixes, c'est-à-dire d'Occident en Orient, mais il se meut plus rapidement que les étoiles fixes ; il décrit annuellement, sur l'Écliptique, un arc de 61" 8, tandis qu'une étoile zodiacale décrit seulement un arc de 30" ; la différence de ces deux nombres, soit 11" 8, représente le mouvement propre annuel de l'apogée. Il faut environ 26.000 ans à une étoile zodiacale pour parcourir entièrement l'Écliptique ; le même parcours est accompli par l'apogée solaire en un peu moins de 21.000 ans (exactement 20.984 ans).

²⁶ Claude Ptolémée, *Op. laud.*, livre III, ch. IV ; trad. de l'abbé Halma, t. I, p. 184.

III

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES CHEZ LES GRECS ET LES LATINS APRÈS PTOLÉMÉE. L'HYPOTHÈSE DE L'ACCÈS ET DU RECÈS. LA NEUVIÈME SPHÈRE.

L'hypothèse selon laquelle le mouvement de la sphère des fixes ne se réduit pas à l'uniforme rotation diurne autour des pôles du Monde, selon laquelle cette sphère éprouve, en outre, une rotation lente autour des pôles de l'Écliptique, cette hypothèse, disons-nous, parut sans doute, à la plupart des Anciens, une supposition fort insolite; elle fut rarement adoptée, plus rarement encore combattue; presque tous les auteurs qui eurent occasion de traiter de l'Astronomie la passèrent, tout d'abord, sous silence.

Entre l'époque d'Hipparque et celle de Ptolémée, on ne trouve presque aucun écrivain qui y ait fait allusion. Pline l'Ancien, grand admirateur d'Hipparque, mais admirateur fort peu compétent, est le seul qui consacre quelques lignes²⁷ au mouvement lent de la sphère étoilée: encore, par ces quelques lignes, ce phénomène n'est-il signalé que sous une forme presque méconnaissable: «Jamais, écrit Pline, on n'aura donné à Hipparque assez de louanges, car personne n'a mieux prouvé que l'homme est parent des astres et que notre âme est une partie du Ciel. Hipparque a découvert une nouvelle étoile, différente des autres, et qui avait été engendrée de son temps; le mouvement de cette étoile, à partir du jour où elle brilla, l'a conduit à se demander si un tel événement ne se produisait pas plus souvent et si les étoiles que nous croyons fixes ne se meuvent pas, elles aussi.» Il n'y avait point là de quoi révéler, aux contemporains de Pline, la grande découverte d'Hipparque.

De cette découverte, Cléomède ne dit rien, ce qui laisse supposer un pareil silence de la part de Posidonius, dont Cléomède s'inspirait. Nous ne trouvons rien sur la précession des équinoxes dans ce que nous possédons des écrits de Géménius. Théon de Smyrne est également muet au sujet de ce phénomène; et comme Théon de Smyrne nous rapporte les enseignements d'Adraste d'Aphrodisias et

²⁷ C. Plinii Secundi *Historia naturalis*, lib. II, cap. XXVI.

de Dercyllide, on peut croire que ces philosophes ne s'étaient point souciés de la découverte d'Hipparque.

A notre connaissance donc, Ptolémée est le premier astronome, après Hipparque, qui se soit occupé du déplacement lent des étoiles fixes. L'étude détaillée qu'il en fit dans la *Syntaxe mathématique* attira vivement, sans doute, l'attention de ses contemporains et, particulièrement, de ceux qui s'adonnaient à l'Astrologie.

Tant que ce phénomène était demeuré inconnu, on avait déterminé le mouvement d'une planète en composant le mouvement de cette planète par rapport aux étoiles avec le mouvement diurne; en particulier, ce que les astrologues avaient constamment fait intervenir dans leurs jugements, c'est la position qu'à un instant donné, chaque planète occupe par rapport aux constellations nommées signes du Zodiaque.

Ptolémée, en montrant, après Hipparque, que les étoiles non-errantes possédaient un autre mouvement que le mouvement diurne, bouleversait tous ces principes universellement acceptés. Si l'on voulait rapporter la position d'une planète à des repères qui fussent fixes (abstraction faite du mouvement diurne), ce n'est plus aux signes concrets du Zodiaque, formés d'étoiles visibles, qu'il la fallait comparer, mais à des signes abstraits, dont aucune étoile ne marque la place dans le Ciel, que le mouvement diurne entraîne seul, tandis qu'un autre mouvement déplace les signes concrets par rapport aux signes abstraits.

La lenteur de ce dernier mouvement, l'ignorance de la loi exacte qui le règle, partant l'impossibilité de déterminer l'exacte position d'une planète par rapport aux signes abstraits lorsque sa situation par rapport aux signes concrets a été observée, donnaient matière à critiquer les calculs et les prédictions des astrologues. Que les adversaires de l'Astrologie judiciaire aient, fort peu de temps après Ptolémée, fait valoir cette critique, nous en trouvons le témoignage dans les écrits d'Origène (vers 180-253).

Dans un fragment de la troisième partie de ses *Commentaires à la Genèse*, fragment qui nous a été conservé par Eusèbe²⁸, Origène discute les principes par lesquels les astrologues prétendaient justifier l'établissement des thèmes généthliques; à ce propos, il écrit les lignes suivantes:

« On a énoncé un théorème démontrant que le cercle du Zodiaque est mû d'un mouvement semblable à celui des planètes, dirigé d'Occident en Orient et décrivant un degré par siècle; au bout d'un temps très long, ce mouvement

²⁸ Origenis e tomo III commentariorum in Genesim fragmentam, ad cap. I, vers. 14; II. Origenis Opera omnia accurante J. p. Migne, t. II, (Patrologie graecae tomus XII).

fait prendre, à chacun des signes du Zodiaque, la place du signe suivant. Autre est ce qui advient du signe intelligible, autre ce qui advient du signe qui a, pour ainsi dire, une configuration ; mais du signe intelligible, il n'est rien qui puisse être exactement connu. Toutefois, que ceci soit accordé : On connaît le signe intelligible ou bien il est possible, à partir du signe sensible, de déterminer le signe vrai... »

En dépit d'un membre de phrase obscur, le sens général de ce passage est fort clair ; pour Origène, le signe qu'anime le seul mouvement diurne ne correspond à rien de concret ; c'est une figure purement abstraite que l'esprit conçoit et détermine en appliquant la loi de précession au signe concret.

De son temps, cependant, certains astronomes ou physiciens attachaient vraisemblablement ces signes abstraits à un corps concret ; hors la sphère des étoiles fixes, mue à la fois du mouvement diurne et du mouvement de précession, ils imaginaient qu'il existât une neuvième sphère sans étoile, à laquelle les signes abstraits fussent invariablement liés.

Origène, en effet, nous rapporte leur croyance à l'existence d'une sphère suprême dépourvue d'astres, sans nous dire, toutefois, s'ils déduisaient du phénomène de précession leurs raisons de croire à cette existence.

« Ils entendent proprement donner le nom de Monde, écrit-il²⁹, à cette sphère suréminente qu'ils appellent ἀπλανής (*aplane*)³⁰... Toutefois, au-dessus de cette sphère qu'ils nomment ἀπλανής, ils prétendent qu'il en existe une autre ; de même que, pour nous, le ciel contient toutes les choses sublunaires, de même prétendent-ils que cette sphère, d'une immense étendue et d'une inexprimable contenance, enserme, à l'intérieur d'un orbe plus magnifique, les espaces occupés par toutes les autres sphères ; dans cette sphère, donc, toutes choses se trouvent contenues, comme notre terre est entourée par le Ciel. »

Cette sphère suprême, nous n'en pouvons guère douter, c'est la sphère dénuée d'astre que les *Hypothèses des astres errants* plaçaient au-dessus de la sphère des étoiles fixes, afin de communiquer le mouvement diurne à cette dernière. Avec ce mouvement diurne, reçu de la sphère suprême, l'orbe des étoiles fixes composait son mouvement propre, rotation très lente, d'Occident en Orient, autour des pôles de l'Écliptique.

Le passage que nous venons d'emprunter à Origène semble indiquer que cette supposition, introduite par les *Hypothèses*, avait trouvé un rapide crédit dans les

²⁹ Origenis *De principiis libri quatuor*, lib. II, cap. III. — Origenis *Opera omnia* accurante J. p. Migne, tomus I (*Patrologie graecae* tomus XI), coll. 195-196.

³⁰ La sphère des étoiles inerrantes.

écoles d'Alexandrie. Nous la verrons se répandre parmi les philosophes hellènes ; nous relèverons de nombreuses et formelles allusions à cette neuvième sphère sans astre, qui enveloppe la sphère des étoiles fixes et qui fait tourner le Ciel entier, d'Orient en Occident, de la rotation qui définit le jour sidéral.

En revanche, nous ne trouverons aucun souvenir des orbes, mûs du même mouvement, qui devaient, au gré de Ptolémée, communiquer la rotation diurne aux sphères des divers astres errants. Cette supposition n'a pas rencontré même faveur que la première ; elle a été plus profondément oubliée encore par la Science hellène que les autres mécanismes dont les *Hypothèses des astres errants* avaient donné la description.

Les suppositions d'Hipparque et de Ptolémée sur le mouvement lent des étoiles fixes n'étaient, d'ailleurs, pas les seules que l'on connût à Alexandrie ; on y discutait aussi une hypothèse toute différente.

Pour Hipparque et pour Ptolémée, le mouvement de la sphère des étoiles fixes consistait en une rotation complète, poursuivie, toujours dans le même sens, autour d'un axe perpendiculaire à l'Écliptique. D'autres astronomes voulaient que ce mouvement se réduisît à une oscillation ; qu'il progressât alternativement d'Occident en Orient, puis d'Orient en Occident ; enfin que l'amplitude de ce mouvement n'embrassât qu'un petit nombre de degrés.

L'existence d'une telle théorie nous est signalée par Théon d'Alexandrie, père de la mathématicienne Hypathia, qui commenta, dans la seconde moitié du IV^e siècle, les écrits de Ptolémée.

Ce qu'il nous en rapporte se trouve dans les commentaires³¹ aux prolégomènes mis par Ptolémée en tête de ses *Tables manuelles*. Voici comment Théon s'exprime au chapitre qu'il intitule : *De la conversion*.

« Les anciens astrologues prétendent, sur quelques conjectures, que les points tropiques s'avancent vers l'Orient de huit degrés pendant une certaine durée, et qu'ils reviennent ensuite au lieu où ils se trouvaient. Cette supposition ne paraît pas véritable à Ptolémée ; lors même qu'on n'admet pas cette hypothèse, les calculs moyens faits par les tables s'accordent avec les observations faites par les instruments ; aussi n'admettons-nous pas non plus cette correction. Toutefois, nous allons exposer la méthode que ces astrologues suivent en leur calcul.

» Ils comptent 128 années avant le règne d'Auguste ; ils regardent l'instant ainsi obtenu comme l'instant où cette marche de huit degrés vers les signes sui-

³¹ *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur les Tables manuelles* de Ptolémée, traduites par M. l'abbé Halma. Première partie contenant les prolégomènes de Ptolémée, les commentaires de Théon, et les tables préliminaires... Paris, 1822. Commentaire aux prolégomènes : *De la conversion*, p. 5.

vants [vers l'Orient] a atteint sa plus grande valeur, et où a commencé le retour en arrière. A ces 128 années, ils ajoutent les 313 années écoulées depuis le règne d'Auguste jusqu'au règne de Dioclétien, et les années parcourues depuis Dioclétien; ils prennent le lieu qui correspond à cette somme d'années, en admettant qu'en 80 ans, le lieu se déplace d'un degré; ils retranchent de 8 degrés le nombre de degrés obtenu par cette division [du nombre d'années par 80]; le reste marque le degré jusqu'où les points tropiques sont alors avancés; ils ajoutent ce reste aux degrés que les calculs susdits donnent pour le lieu du Soleil, de la Lune ou des cinq planètes.»

La lecture de ce passage de Théon nous fournit bon nombre de renseignements précis sur l'hypothèse de ce mouvement oscillatoire que les Latins ont nommé *motus accessus et recessus*, et qu'avec Delambre, nous nommerons *mouvement d'accès et de recès*.

Nous voyons que selon l'hypothèse proposée, le mouvement de recès, c'est-à-dire la marche des points tropiques vers l'Orient des étoiles fixes, a pris fin, pour faire place au mouvement d'accès, 128 ans avant le règne d'Auguste, c'est-à-dire 155 ans avant J.-C.; que le mouvement, tant d'accès que de recès, est regardé comme un mouvement uniforme parcourant un degré en 80 ans; enfin que l'amplitude totale de l'oscillation est de huit degrés.

Un seul point demeure obscur: Qui sont ces anciens astrologues dont parle Théon d'Alexandrie? Les paroles de cet auteur nous marquent qu'il les regarde comme antérieurs à Ptolémée; sont-ils, dans sa pensée, antérieurs ou postérieurs à Hipparque? Th. H. Martin n'hésite pas à affirmer³² que la seconde des deux alternatives est la vraie; plus prudents, nous demeurerons dans le doute.

L'hypothèse émise par ces astrologues était, en tous cas, de nature à rebuter les esprits ayant une juste idée des lois du mouvement; les Hellènes, formés par la philosophie platonicienne ou péripatéticienne, avaient assez le sens de la continuité pour ne pas admettre qu'un mouvement alternatif pût être formé par la succession régulière de deux mouvements uniformes de sens contraire. Sous la forme que lui avaient donnée les anciens astrologues, la théorie de l'accès et du recès devait paraître insensée à tous les bons astronomes; mais les idées sensées ne sont pas les seules qui influent sur la marche de la Science.

Cette hypothèse, en tout cas, fut, comme nous l'avons vu, rejetée par Théon d'Alexandrie. D'ailleurs, en son commentaire au VII^e livre de *l'Almageste*, Théon admet pleinement la théorie de Ptolémée; il attribue aux étoiles fixes une rota-

³² Th. Henri Martin. *Mémoire sur cette question: La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque?* ch. II, § 3.

tion uniforme, d'Occident en Orient, qui s'accomplit en 36.000 ans autour de l'axe de l'écliptique.

Nombre de physiciens et d'astronomes suivaient, comme Théon, le sentiment d'Hipparque et de Ptolémée.

Thémistius (317-385) avait composé des commentaires au *De Coelo* d'Aristote; ces commentaires, nous l'avons dit, ont eu une assez singulière fortune; ils furent traduits du Grec en Syriaque, du Syriaque en Arabe, de l'Arabe en Hébreu; à la Renaissance, un juif de Spolète, Moïse Alatino, les mit en Latin; jusqu'à ces dernières années, cette dernière version latine nous était seule parvenue³³; depuis peu, la version hébraïque qui avait été faite, en 1284, par Zerahjah ben Isak ben Schaltiel ha-Sefardi, a été retrouvée, en deux textes manuscrits; M. Samuel Landauer l'a publiée en l'accompagnant d'une nouvelle version latine³⁴.

Dans cet écrit, Thémistius, après avoir parlé du mouvement diurne des étoiles fixes, mentionne³⁵ la découverte d'Hipparque et de Ptolémée, mais en homme qui ne s'y intéresse guère: «Toutefois, dit-il, quelques-uns de ceux qui ont ensuite fait profession de mathématiciens, tels qu'Hipparque et Ptolémée, ayant étudié avec soin les conjonctions des étoiles, fixes [avec les points équinoxiaux], ont affirmé qu'elles se mouvaient de mouvement direct, parcourant un degré dans une durée de cent ans. Mais il convient que nous laissions ce discours...»

Parmi les écrivains latins, nous en trouvons un seul qui ait fait, au phénomène dont nous parlons, une brève et vague allusion; cet écrivain est Macrobe, qui vivait en 422 à la cour de Théodose le Jeune. Dans son *Commentaire au Songe de Scipion*, Macrobe s'exprime en ces termes³⁶:

«Il convient d'ajouter que toutes les étoiles autres que le Soleil, la Lune et les cinq planètes, sont fixées au Ciel, et n'ont d'autre mouvement que celui dont elles se meuvent avec le Ciel. D'autres astronomes, dont l'opinion est plus récente, ont assuré qu'outre le mouvement qui les entraîne par suite de la rotation du

³³ Themistii peripatetici lucidissimi *Paraphrasis in libros quatuor Aristotelis De Coelo* nunc primum in lucem edita. Moyse Alatino Hebraeo Spoletino Medico, ac Philosopho interprete. Ad Aloysium Estensem card. amplissimum, Venetiis, apud Simonem Galignanum de Karera. MDLXXIII.

³⁴ Themistii *In libros Aristotelis de Caelo paraphrasis hebraice et latine*. Edidit Samuel Landauer, Berolini, MCMII.

³⁵ Themistii, *Op. laud.*, lib. II; éd. Alatino, fol. 31, verso; version de S. Landauer, p. 115.

³⁶ Ambrosii Theodosii Macrobiani *Commentariorum in Somnium Scipionis liber primus*, cap. VII. — Th. H. Martin met à tort Macrobe au nombre des écrivains qui ont gardé le silence au sujet de la précession des équinoxes (Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question: La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque?* ch. IV, § 3). — Cf. Macrobe, *Commentaire sur le songe de Scipion*, précédé de *Le songe de Scipion*, par Cicéron, traduit sous la direction de M. Nisard arbredor.com, 2007. NDE.

Ciel, elles se déplacent d'un mouvement propre; mais comme le globe extrême est immense, une seule révolution de leur course consomme un nombre de siècles qui dépasse toute croyance; l'homme n'a donc aucune perception de leur mouvement; la vie humaine, en effet, est trop courte pour lui permettre de saisir même un faible trajet d'une si lente rotation.»

Ce passage est intéressant à divers égards, particulièrement à celui-ci: Le mouvement découvert par Hipparque est attribué, comme dans la *Syntaxe* de Ptolémée, à l'orbe qui porte les étoiles fixes, tandis que le mouvement diurne est attribué au Ciel; nous trouvons ici une nouvelle allusion à ce neuvième orbe, privé de tout astre, introduit par les Hypothèses, qu'admettaient déjà certains savants contemporains d'Origène, et dont la considération reviendra fréquemment dans les écrits des astronomes.

Origène, Théon d'Alexandrie, Thémistius, Macrobe ont admis l'enseignement de Ptolémée au sujet de la précession des points équinoxiaux.

Il s'en faut bien que cette confiance en la théorie de Ptolémée ait été partagée par tous les astronomes grecs; certains d'entre eux ont résolument nié le mouvement qu'Hipparque et l'auteur de l'*Almageste* avaient attribué aux étoiles fixes; de ce nombre est Proclus le Diadoque.

En deux de ses écrits, le *Commentaire au Timée de Platon*, et le Tableau des hypothèses astronomiques ou *Hypotypose*, ce philosophe néo-platonicien a très vivement attaqué la supposition que les étoiles fixes eussent un mouvement distinct du mouvement diurne. Dans le remarquable mémoire que nous avons cité à plusieurs reprises, Th. H. Martin a réuni³⁷ les divers textes où sont formulées ces attaques.

L'*Hypotypose* est un exposé résumé, mais très fidèle, de l'Astronomie d'Hipparque et de Ptolémée; Proclus ne contredit à l'opinion de ces deux grands astronomes qu'au sujet de la précession des équinoxes; s'il s'écarte de leur avis à ce sujet, c'est par respect pour l'antique science des Égyptiens et des Chaldéens qui, selon lui eussent assurément découvert ce phénomène s'il était réel.

Voici d'abord en quels termes³⁸ le Diadoque pose le problème du mouvement lent des étoiles fixes: «L'observation des étoiles nommées fixes, et qui le sont

³⁷ Th. Henri Martin. *Mémoire sur cette question: La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque?* ch. II, 2.

³⁸ *Hypothèses et époques des planètes*, de C. Ptolémée, et *Hypotyposes* de Proclus Diadochus, traduites pour la première fois du grec en français par M. l'abbé Halma, Paris, 1820. *Hypotyposes* de Proclus Diadochus, philosophe Platonicien, ou *Représentation des hypothèses astronomiques*, pp. 69-70. — Procli Diadochi Hypotyposis astronomicarum positionum. Edidit Carolus Manitius. Lipsiae, MCMIX, p. 14.

réellement, ne laissa pas que de leur causer des embarras,» dit-il en parlant des astronomes grecs; « car ces étoiles, d'après les observations, paraissaient se trouver à des distances tantôt plus grandes et tantôt plus petites des pôles du Monde, et semblaient occuper tantôt une position, tantôt une autre, comme si ces étoiles avaient des mouvements semblables à ceux des astres que tout le monde regarde comme errants, et que ces mouvements se fissent autour d'un pôle autre que celui du Monde ».

Nous le voyons³⁹ ensuite présenter l'opinion des astronomes qui distinguent l'année sidérale de l'année tropique parce qu'ils attribuent aux constellations un mouvement continu vers l'Orient, à raison d'un degré par siècle; mais il ne se range pas parmi ceux qui tiennent de tels discours.

Plus loin encore⁴⁰, il définit, d'après Ptolémée, la précession continue des équinoxes, et il en présente les preuves, telles qu'on les trouve dans l'*Almageste*; mais il fait ses réserves: L'admirable Ptolémée, dit-il, croit avoir démontré que la sphère des étoiles fixes se meut d'un degré en cent ans et, ce qui est le plus incroyable, que ce mouvement s'exécute autour des pôles du Zodiaque

Le Philosophe platonicien semble croire, d'ailleurs, que l'hypothèse de Ptolémée est simplement posée en vue de la théorie des cinq planètes: « Ptolémée pense, répète-t-il⁴¹, qu'il faut admettre ce mouvement des étoiles fixes, d'un degré en cent ans vers l'Orient, pour sauver les apparences en ce qui concerne les cinq planètes. »

D'ailleurs, il rejette résolument cette hypothèse: « La neuvième difficulté, dit-il⁴², c'est le mouvement de la sphère des étoiles fixes, dont nous avons déjà dit que nous ne l'admettions pas. Il est vrai que si cette supposition n'est pas admise, on se trouve évidemment dans l'embarras pour les hypothèses relatives aux cinq planètes; on y emploie, en effet, le mouvement de la sphère des étoiles fixes vers l'Orient. Cependant, les phénomènes mêmes prouvent qu'il ne faut pas admettre ce mouvement. Comment, en effet, les deux Ourses, comprises depuis tant d'années dans le cercle de perpétuelle apparition, y seraient-elles encore s'il était vrai qu'elles avançassent d'un degré en cent ans autour des pôles du cercle moyen du Zodiaque, pôles qui ne sont pas ceux du Monde? Après avoir parcouru déjà un si grand nombre de degrés, elles ne devraient plus passer au-dessus de l'horizon, mais disparaître au-dessous dans quelques-unes de leurs parties. C'est donc

³⁹ Proclus, *Op. laud.*, éd. Halma, pp. 87-88; éd. Manitius, pp. 66-67.

⁴⁰ Proclus, *Op. laud.*, éd. Halma, pp. 113-115; éd. Manitius, pp. 136-141. Cf. éd. Manitius, pp. 38-39.

⁴¹ Proclus, *Op. laud.*, éd. Halma, p. 115; éd. Manitius, pp. 140-141.

⁴² Proclus, *Op. laud.*, éd. Halma, p. 150; éd. Manitius, pp. 234-235.

là une preuve de fait contre ce mouvement. Joignez-y l'accord de tous les sages, qui n'attribuent à la sphère des fixes qu'un mouvement autour des pôles du Monde, et vers l'Occident. »

Proclus s'exprime encore⁴³ d'une manière toute semblable dans son *Commentaire au Timée*: « Quant à ceux qui veulent que ces étoiles se meuvent aussi d'un degré en centans, autour des pôles du Zodiaque, vers l'Orient, comme l'ont voulu Ptolémée, et Hipparque avant lui, à cause de la confiance qu'ils ont donnée à certaines observations, que ceux-là sachent d'abord que les Égyptiens, qui avaient observé le ciel bien avant eux, et les Chaldéens, dont les observations remontent bien plus haut encore, et qui, avant d'avoir observé, avaient été instruits par les dieux, ont pensé comme Platon sur le mouvement unique des étoiles fixes. »

Dans le *Commentaire au Timée* comme en son *Hypotypose*, Proclus persiste à croire que Ptolémée n'a recours au mouvement de précession des points équinoxiaux que pour expliquer le déplacement, par rapport à ces points, des absides des cinq planètes; il proclame⁴⁴ que la théorie des planètes n'exige nullement l'intervention de cette hypothèse. D'ailleurs, s'accorderait-elle avec les observations, que cela ne suffirait point à nous assurer qu'elle est conforme à la vérité: « Ne savons-nous pas que, par de fausses hypothèses, on peut arriver à une conclusion vraie, et que la concordance de cette conclusion avec les phénomènes n'est pas une preuve suffisante de la vérité de ces hypothèses? »

Cette condamnation, Proclus ne la réserve pas aux suppositions qu'Hipparque et Ptolémée ont imaginées touchant le mouvement des étoiles fixes; il l'étend sans doute au mouvement oscillatoire qu'attribuaient, à ces mêmes astres, les anciens astrologues dont Théon nous a rapporté l'avis; car Proclus mentionne cet avis assez explicitement pour nous montrer qu'il le connaissait, mais assez brièvement pour nous laisser supposer qu'il n'en tenait aucun compte: « A d'autres astronomes, dit-il⁴⁵, il semble que les points tropicaux ne se meuvent pas selon un cercle entier, mais que chacun d'eux se déplace de quelques degrés, puis parcourt de nouveau ces mêmes degrés en sens inverse. »

L'exemple de Proclus nous a montré que certains des philosophes grecs les plus éminents et les plus versés en Astronomie refusaient de recevoir la théorie

⁴³ Procli Diadochi *In Platonis Timaeum Commentaria*. Edidit Ernestus Diehl; Leipzig, MCMVI.

⁴⁴ Procli Diadochi *In Platonis Timaeum Commentaria*. Edidit Ernestus Diehl; Leipzig, MCMVI.

⁴⁵ *Hypotypose* de Proclus Diadochus, éd. Halma, p. 88; éd. Manitius, pp. 68-69.

d'Hipparque et de Ptolémée sur le mouvement des étoiles fixes. D'autres, au contraire, recevaient volontiers cette opinion.

C'est ainsi que Jean Philopon fait allusion à l'existence du neuvième orbe par lequel les successeurs de Ptolémée expliquaient le mouvement propre des étoiles fixes, et qu'il y fait allusion comme à une connaissance communément reçue : « Platon, dit-il⁴⁶, n'a pas connu le neuvième orbe qui ne porte ni astre ni étoile, et qui a été découvert par Ptolémée. »

Ailleurs, dans son commentaire au premier chapitre de la *Genèse*, Philopon fait remonter jusqu'à Hipparque la découverte du neuvième ciel privé d'astre, dont il prétend, en outre, retrouver la mention dans le récit de Moïse : « Hipparque et Ptolémée, dit-il⁴⁷, sont, plus hautement que tous leurs prédécesseurs, estimés en Astronomie... Ils sont aussi les premiers des Grecs qui aient connu la sphère sans astre, extérieure à toutes les autres sphères ».

« Je ne parle pas, dit encore Jean le Grammairien⁴⁸, de la sphère qui, selon Ptolémée, se meut d'un degré en cent ans, en sorte qu'en trois mille ans, elle parcourt la douzième partie du zodiaque. »

On admettait donc couramment à Alexandrie, au temps de Jean Philopon, l'existence de ce neuvième ciel dont Origène avait déjà connaissance ; à la même époque, en dépit des critiques déjà anciennes de Proclus, ou l'admettait également à Athènes ; Simplicius va nous le dire.

« Évidemment, a dit Th. H. Martin⁴⁹, Simplicius ne croit pas à la précession des équinoxes ». Le savant érudit portait ce jugement après avoir parcouru les commentaires au Περὶ Οὐρανοῦ⁵⁰ sans y trouver d'allusion au mouvement des étoiles fixes. Il eût, assurément, réformé ce jugement s'il avait mieux lu ces commentaires ; il l'eût également réformé si son attention eût été attirée sur certain passage du *Commentaire à la Physique*.

Ce passage se trouve⁵¹ au quatrième livre de ce commentaire, alors que le

⁴⁶ Ioannes Grammaticus Philoponus Alexandrinus *In Procli Diadochi duodeviginti argumenta de Mundi aeternitate...* Joanne Mahotio Argentanae interprete. Lugduni. 1557. In fine: Lugduni excudebat Nicolaus Edoardus. Campanus, quinto idus ianuaris. 1557. — In Procli Diadochi argumentum decimum-tertium ; p. 244. Ioannes Philoponus *De aeternitate Mundi contra Proclum*. Edidit Hugo Rabe. Lipsiae. MDCCCXCIX. XIII, 18. p. 537.

⁴⁷ Joannis Philoponi *De opificio mundi libri VII* Recensuit Gualterus Reichardt. Lipsiae, 1897. Lib. III, cap. III, pp. 113-114.

⁴⁸ Joannis Philoponi *Op. laud.*, lib. III, cap. V ; éd. cit., p. 117.

⁴⁹ Th. Henri Martin. *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque ?* ch. II. § 2.

⁵⁰ *Peri Ouranou*, titre original du *De Caelo* (en fr. : *Du ciel*). NDE.

⁵¹ Simplicii *Commentarii in octo Aristotelis physicae auscultationis libros cum ipso Aristotelis textu* ; Venetiis, in aedibus Aldi et Andreae Asulani soceri Mensae (*sic*) Octobri MDXXVI ; p. 148,

Philosophe athénien, après avoir discuté les diverses théories du lieu proposées par Aristote et par ses successeurs, en vient à exposer la doctrine de son maître Damascius, doctrine qu'il a faite sienne.

Désireux d'éclairer cette doctrine par une comparaison, Simplicius nous dit que « les Astronomes imaginent une sphère sans astre ; qu'ils supposent, en cette sphère, un Zodiaque idéal ; qu'ils marquent les positions, uniquement conçues par l'esprit, des divers astres ; qu'ils ne le font pas afin que le ciel soit, par cette sphère, mû de son mouvement circulaire, mais bien afin de pouvoir soumettre à des calculs les mesures des mouvements qui sont, par l'intermédiaire de cette sphère, rapportés à des termes bien déterminés ». A plusieurs reprises, en ce passage, Simplicius parle des positions successives occupées par la constellation du Bélier. « Et comment, dit-il, reconnaitrions-nous que le Bélier change de lieu, si nous le ne comparions à certains centres ? »

Il nous est impossible de ne pas reconnaître, en ce passage, une allusion fort nette au phénomène de la précession des équinoxes ; il y a plus ; il semble bien que Simplicius vise ici une théorie dont nous avons déjà trouvé trace dans les écrits d'Origène et de Macrobe : Le mouvement de précession est attribué à l'orbe qui porte les étoiles fixes. Au-dessus de cet orbe, se trouve un neuvième ciel, dénué de tout astre, qu'anime le seul mouvement diurne et qui communique ce mouvement aux orbes inférieurs.

De cette théorie, Simplicius retient la supposition de cet orbe suprême qui ne porte aucune étoile ; mais il se refuse à y voir un ciel concret, chargé de communiquer le mouvement diurne aux huit sphères qu'il contient ; il le regarde uniquement comme une sphère abstraite ; en cette sphère, la pensée conçoit les repères auxquels elle rapporte le mouvement lent des étoiles et les mouvements propres des astres errants ; sa pensée semble, par là, très voisine de celle d'Origène.

Dans ces mêmes *Commentaires à la Physique d'Aristote*, composés par Simplicius, nous trouvons, un peu plus loin, une nouvelle allusion à la précession des équinoxes et à l'orbe dépourvu d'étoiles que ce phénomène conduit à imaginer : « Les astronomes, dit Simplicius, savent qu'il existe un autre orbe privé d'astres et véritablement inerrant ; cet orbe, il est nécessaire de le placer au-dessus de l'orbe qu'on nomme communément inerrant ; ils pensent, en effet, que ce dernier orbe, qui porte un grand nombre d'étoiles, avance de l'Occident vers l'Orient, et

recto. Simplicii philosophi perspicacissimi *Clarissima commentaria in octo libros Arist. De Physico Auditu*. Venetiis, apud Hieronymum Scottum, MDLXVI. Lib IV, cap. V. pp. 229-230. Simplicii *In Aristotelis physicorum libros quattuor priores commentaria*. Edidit Hermannus Diels. Berolini, 1882. Lib. IV, corollarium de loco, p. 633.

gagne un degré en cent ans; ils ont donc besoin d'admettre le premier orbe, qu'il leur faut accorder à cause de la révolution d'Orient en Occident.»

Le Commentaire du *De Caelo* nous offre un autre passage où Simplicius parle de la précession des équinoxes, et l'intérêt de ce passage est très grand.

Simplicius nous apprend qu'il avait assisté à des observations faites par Ammonius, fils d'Hermias, dans le but de vérifier la théorie d'Hipparque et de Ptolémée; ces observations s'étaient, en effet, trouvées conformes à la théorie.

Le Commentateur d'Aristote établit un rapprochement entre le mouvement de précession des points équinoxiaux et un autre mouvement qui, au point de vue de la Géométrie, lui est tout à fait analogue, le déplacement des nœuds de l'orbite lunaire. Les points équinoxiaux, intersections de l'équateur et de l'écliptique, se déplacent comme si le plan de l'équateur tournait autour d'un axe normal au plan de l'écliptique; les nœuds, intersections de l'orbite lunaire et de l'écliptique, se meuvent comme si le plan de l'orbite lunaire tournait autour d'un axe normal au plan de l'écliptique.

Ces deux phénomènes, Simplicius montre qu'ils doivent, selon le système d'Aristote, s'expliquer d'une manière analogue; chacun d'eux exige l'introduction d'une sphère solide mue d'une rotation uniforme.

Citons en entier ce remarquable passage de Simplicius. Le Commentateur vient d'exposer comment, selon les théories d'Aristote, le mouvement d'un astre et l'effet du mouvement d'une sphère substantiellement existante qui contient cet astre; il continue en ces termes:

«L'existence d'un corps céleste est également mise en évidence par ce que démontre l'Astronomie touchant le mouvement des nœuds écliptiques de la Lune et du Soleil. Ces deux astres, en effet, se meuvent sur des cercles [dont les plans sont] inclinés l'un sur l'autre; les nœuds écliptiques sont les intersections de ces deux cercles, situées aux extrémités du diamètre commun. Si les deux astres viennent en même temps au même nœud, il y a éclipse de Soleil; s'ils se trouvent, au contraire, en des nœuds diamétralement opposés, il y a éclipse de Lune. Or, on constate que ces nœuds se déplacent d'un mouvement uniforme, en sorte que les éclipses ne se produisent pas toujours au même endroit; d'ailleurs, on constate également que le Soleil se meut toujours suivant un même cercle qui occupe le milieu du Zodiaque; en sorte que la Lune, en même temps qu'elle se meut obliquement à ce cercle du Soleil, se meut aussi de ce mouvement propre par lequel, à des époques différentes, elle vient rencontrer le cercle du Soleil en un point différent; elle ne se meut donc nullement suivant un cercle, mais décrit une spirale; or cela ne saurait avoir lieu, car tout corps formé de la cinquième essence doit être mû d'un mouvement circulaire et uniforme; la Lune décrit donc un cercle

oblique, et ce cercle se meut de telle sorte que les nœuds se déplacent ; mais un cercle n'existe pas par lui-même, et il ne saurait se mouvoir ; il ne peut exister qu'en une sphère, et il est mû avec cette sphère ; il existe donc certainement un ciel de la Lune et un ciel du Soleil ; et si ceux-là existent, il en existe de même qui contiennent les autres astres.

» On pourrait également appuyer cette proposition d'autres preuves plus convaincantes, pourvu qu'on se rangeât à l'opinion de ceux qui prétendent que la sphère nommée ἀπλανής⁵² est véritablement ἀπλανής et qu'on n'admit pas l'observation faite à son sujet par Hipparque et par Ptolémée, observation selon laquelle elle se mouvrait d'un degré par siècle, et cela en sens contraire du mouvement diurne. Dans ce cas, en effet, cette sphère se meut d'un mouvement unique, et ce mouvement est uniforme ; les astres qu'elle contient se meuvent chacun de deux mouvements, savoir leur rotation propre⁵³ et celle de l'Univers ; les astres errants, enfin, sont mûs de trois mouvements, leur mouvement propre, le mouvement d'entraînement des sphères qui les enveloppent et le mouvement de l'Univers.

» Toutefois, alors que nous nous trouvions à Alexandrie, Ammonius, notre précepteur, observa Arcturus à l'aide de l'astrolabe solide ; il trouva que cette étoile s'était déplacée en avant de la position qu'elle occupait selon Ptolémée, et cela d'autant que l'exigeait un mouvement d'un degré par siècle en sens contraire, [c'est-à-dire d'Occident en Orient]. Par conséquent, il serait plus vrai de dire ceci : Une sphère sans astre enveloppe toutes les autres ; cette sphère dont, semble-t-il, on n'avait encore aucune connaissance au temps d'Aristote, est mue l'un seul mouvement uniforme d'Orient [en Occident] ; elle entraîne toutes les autres sphères en ce même mouvement. La sphère que, parmi nous, on nomme ἀπλανής ; est mue de deux mouvements, le mouvement d'Orient [en Occident], qui est celui de l'Univers, et un mouvement propre d'Occident [en Orient]. Les astres qui sont contenus en cette sphère ont ces deux mêmes mouvements et leur rotation propre. Il en est de même des sphères qui viennent ensuite et des astres qu'elles contiennent ; les sphères sont toutes mues de ces deux mêmes mouvements, les astres de ces trois mêmes mouvements. »

Dans ce texte d'une si parfaite clarté, Simplicius ne regarde plus le neuvième ciel comme une pure abstraction, ainsi que le faisait Origène, ainsi qu'il l'avait lui-même admis en un passage de son commentaire à la *Physique*. Selon une

⁵² ἀπλανής (*aplane*) = inerrante ; la sphère des étoiles fixes, mue uniquement du mouvement diurne.

⁵³ Simplicius semble admettre ici, avec Platon, mais contrairement à Aristote, que les étoiles sont animées d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes.

opinion que les *Hypothèses des planètes* avaient proposée, qui avait déjà cours au temps d'Origène et que Macrobe a adoptée, Simplicius entoure la huitième sphère, constellée par les étoiles fixes, d'une neuvième sphère sans astre; cette dernière, mue de mouvement diurne, communique ce mouvement à tout l'Univers; la sphère des étoiles fixes y joint le mouvement de précession qu'elle transmet à toutes les sphères inférieures.

L'hypothèse du neuvième ciel sera, au moyen âge, presque universellement adoptée par les astronomes musulmans ou chrétiens.

IV

LES PREMIÈRES RECHERCHES DES ARABES
SUR LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES.
MASCIALLAH, AL FERGANI.
LES FRÈRES DE LA PURETÉ. LE NEUVIÈME ORBE.
LE MOUVEMENT DE L'APOGÉE SOLAIRE.

Les premiers astronomes qui aient écrit en Arabe touchant la précession des équinoxes, et dont les écrits nous soient parvenus, sont des contemporains des célèbres khalifes Al Mansour, qui régna de 754 à 775, et Al Mamoun, qui occupa le trône de Bagdad de 813 à 833. Ce sont le juif Masciallah et l'arabe Al Fergani.

Parmi les nombreux écrits de Masciallah, il en est un que le moyen âge chrétien a bien connu; c'est un petit traité de Cosmographie qui a pour titre: *De elementis et orbibus caelestibus*⁵⁴.

Dans ce traité, Masciallah admet que le ciel se compose de dix orbes superposés⁵⁵; ce sont, d'abord, les sept orbes des astres errants; puis un orbe privé d'astre que l'auteur nomme *l'orbe des signes*; ensuite, l'orbe des étoiles fixes; enfin, un nouveau ciel sans astre, le *grand orbe*.

Tous les cieux qui portent des astres se meuvent d'Occident en Orient par rapport au grand orbe; le ciel des étoiles fixes décrit, en cent ans, un degré du grand orbe⁵⁶.

Le grand orbe se meut d'Orient en Occident; son mouvement est le mouvement diurne; c'est le neuvième ciel de Macrobe et de Simplicius.

⁵⁴ *De elementis et orbibus caelestibus liber antiquus ac eruditus* Messahalae laudatissimi inter Arabes astrologi. Cui adjectum est scriptum cujusdam Hebraei de Eris seu intervallis regnorum, et de diversis gentium annis ac mensibus. Item iisdem de rebus: scriptum cujusdam Saraceni, continens praeterea praecepta ad usum tabularum astronomicarum utilissima. Quae omnia ad veteris archetypi lectionem diligenter collata, celebri famae Illustrissimi Principis ac Domini D. Augusti Ducis Saxoniae etc., et publicorum studiorum utilitati, dicavit Ioachimus Hellerus apud inclytam Germaniae Noribergam Mathematicum Professor. Noribergae excudeban Ioannes Montanus et Ulricus Neuberus. Anno Domini MDXLIX.

⁵⁵ Messahalae *De elementis et orbibus caelestibus liber*, Capp. XVIII et XX.

⁵⁶ Messahalae *De elementis et orbibus caelestibus liber*, Capp. XIX et XXIV.

Il est difficile de comprendre ce que Masciallah entend par l'orbe des signes. Ce ciel privé d'étoiles qui sépare l'orbe de Saturne de l'orbe des étoiles fixes, se meut, dit-il ⁵⁷, d'Orient en Occident, comme le grand orbe; lorsqu'on dit, ajoute-t-il, qu'une planète est en tel ou tel signe, c'est à l'orbe des signes que cette indication se rapporte, et non pas au neuvième orbe, au ciel des étoiles fixes; enfin, il nous apprend que les « auteurs qui représentent les images des astres selon l'Astronomie *Altasamec* » ne voulaient supposer que neuf cieux et réduisaient l'*orbe des signes* à n'être qu'un grand cercle de l'orbe suprême; il attribue à Ptolémée l'opinion contraire, qu'il fait sienne.

Dans cet exposé, il est possible de discerner certaines confusions, dont l'origine se trouve en quelques obscurités du langage de Ptolémée. Au VII^e chapitre du premier livre de l'*Almageste*, celui-ci établit qu'il y a, dans le ciel, deux premiers mouvements différents; l'un est le mouvement diurne; l'Astronome alexandrin l'attribue à une sphère qu'il ne distingue pas, en cet endroit ⁵⁸, de la sphère des étoiles fixes; « par le second mouvement, les sphères des astres accomplissent, en sens contraire du mouvement susdit, certaines révolutions, autour de pôles qui ne sont point les mêmes que ceux de la première rotation, mais qui sont autres... Ce deuxième mouvement, qui se subdivise en plusieurs autres, est enveloppé par le premier, tandis qu'il enveloppe les sphères de tous les astres errants; il est, comme nous l'avons dit, entraîné par le mouvement que nous avons précédemment décrit, et il entraîne en sens contraire, autour des pôles de l'Écliptique », les corps qui lui sont soumis.

Il est clair que ce que Ptolémée entend par ce second mouvement, ce n'est pas une rotation attribuée à un ciel particulier, mais l'ensemble des diverses rotations qui s'effectuent, d'Occident en Orient, parallèlement au Zodiaque. Il est clair aussi que l'Écliptique à laquelle, en l'*Almageste*, sont rapportés les mouvements des étoiles fixes ou errantes, est bien un grand cercle d'une sphère qu'anime le seul mouvement diurne. « Les auteurs qui représentent les images des astres selon l'Astronomie *Altasamec* » ont donc exactement compris l'intention de l'Astronome alexandrin, que Masciallah a travestie d'assez étrange manière.

Cette allusion aux « *auctores qui faciunt imagines secundum Astronomiarn Altasamec* », auteurs dont Masciallah fait des prédécesseurs de Ptolémée, n'est pas sans intérêt. Nous retrouverons, en d'autres ouvrages arabes, la mention de ces mêmes auteurs, et nous verrons qu'il les faut sans doute identifier avec ces « an-

⁵⁷ Messahalae *De elementis et orbibus coelestibus liber*, Capp. XVIII et XX.

⁵⁸ Claude Ptolémée, *Composition mathématique*, livre I, ch. VII; éd. Halma, t. I, p. 22 et pp. 24-25.

ciens astrologues» auxquels Théon d'Alexandrie attribuait l'hypothèse de l'accès et du recès.

Al Fergani, dans l'abrégé de l'*Almageste* qu'il a composé et dont la vogue a été si grande au moyen âge, adopte en ses grandes lignes la théorie de la précession proposée par Ptolémée, mais il la modifie en un point essentiel. Il regarde le mouvement que l'Astronome alexandrin avait attribué aux étoiles fixes comme un mouvement qui entraîne les orbites de tous les astres, fixes ou errants; l'*aux*⁵⁹ et l'opposé de l'*aux* des diverses planètes et du Soleil tournent donc d'Occident en Orient, d'un degré par siècle, autour des pôles de l'Écliptique.

Voici comment Al Fergani s'exprime à cet égard⁶⁰:

«Après avoir exposé quelle est la forme des sphères des astres et la composition des orbites de ces mêmes astres, venons à la description des mouvements qu'on trouve en chacune de leurs sphères; commençons par rapporter quel est le mouvement de la sphère des étoiles fixes, car ce même mouvement est inséparable des mouvements des divers astres errants.

» Disons donc que la sphère des étoiles fixes se meut d'Occident en Orient, et qu'elle entraîne avec elle les sept sphères des astres errants; son mouvement se fait autour des pôles du Zodiaque, et il est d'un degré en cent ans, selon l'évaluation de Ptolémée. Par suite de ce mouvement, les apogées et les noeuds des excentriques des planètes tournent, en un siècle, selon l'ordre de signes, de cette même quantité, de telle sorte qu'ils accomplissent leur révolution et parcourent la totalité du Zodiaque en 36.000 ans. »

«... Le Soleil a deux mouvements d'Occident en Orient. L'un est son mouvement propre en son orbite excentrique... L'autre est le mouvement par lequel sa sphère tourne autour des pôles du Zodiaque; ce mouvement est égal à celui de la sphère des étoiles fixes; il est d'un degré en cent ans. »

Al Fergani, comme l'*Almageste*, suppose seulement l'existence de huit sphères célestes: «Au sujet de la figure des orbites et de leur ordre, dit-il⁶¹, suivons les opinions en lesquelles les Anciens ont tous été d'accord. Disons que le nombre des

⁵⁹ L'*aux* est l'apogée de l'excentrique et que l'opposé de l'*aux* en est le périhélie; nous verrons bientôt l'origine du mot *aux*.

⁶⁰ Nous citons Al Fergani d'après la traduction abrégée d'Isidorus Hispanensis, que nous avons consultée dans le texte suivant: *Incipit liber de aggregationibus stellarum et principiis celestium motuum quem* AMETUS FILIUS AMETI QUI DICTUS EST ALFRAGANUS *compilavit, 30 continens capitula* (Bibliothèque nationale, fonds latin ms. n° 7.28) — Cap. XIII: De narratione motuum Solis, et Lune, et stellarum fixarum in orbibus suis in duabus partibus Orientis et Occidentis, qui nominantur motus longitudinis.

⁶¹ Al Fergani, *Op. laud.*, cap. XII: De narratione formae orbium stellarum et de compositione eorum, et de ordinibus longitudinum eorum a terra.

sphères qui environnent tous les mouvements des planètes et des étoiles est huit. Parmi ces sphères, sept sont attribuées aux sept astres errants ; la huitième, qui est plus élevée et qui est l'orbe des signes, est attribuée aux étoiles fixes. »

Notre auteur n'imagine donc pas, comme nombre de Grecs l'avaient fait, un neuvième orbe sans astre, placé au-dessus de la sphère des étoiles fixes, et chargé de communiquer à toutes les sphères inférieures le mouvement diurne dont il est lui-même animé. Il regarde simplement le mouvement diurne comme étant « celui qui meut le tout ⁶² », sans qu'aucune sphère particulière lui soit attribuée.

Cependant, cette hypothèse du neuvième orbe spécialement destiné au mouvement diurne pénétra de bonne heure dans la Science arabe. C'est elle, sans doute, qui inspire confusément Masciallah ; c'est elle qui se trouve clairement et formellement énoncée en divers traités de la vaste encyclopédie composée, au X^e siècle de notre ère, par les Frères de la Pureté et de la Sincérité.

Rappelons, d'abord, que les Frères de la Pureté, selon leur propre témoignage ⁶³, empruntent leurs connaissances astronomiques non seulement à l'*Almageste*, mais encore au petit traité d'Al Fergani. Cela fait, voyons ce que nos philosophes ont professé touchant le nombre des sphères célestes et le mouvement de l'orbe des étoiles fixes.

« Il y a, disent-ils en leur second traité ⁶⁴, neuf sphères dont sept sont les cieux qui figurent dans le Coran. La première sphère et celle qui se rencontre tout d'abord [à partir de la Terre] est la sphère de la Lune... La huitième sphère céleste est celle des étoiles fixes ; elle entoure les sept cieux reconnus [par le Coran] ; elle est le marchepied [de Dieu], qui embrasse les sept cieux et la terre. La neuvième sphère est la sphère enveloppante ; elle est le trône seigneurial, porté comme Dieu le dit : Huit anges soutiennent le trône de ton Seigneur. »

Plus loin, les Frères de la Pureté décrivent les mouvements de ces sphères ⁶⁵, en suivant l'hypothèse qui regarde tous ces mouvements comme dirigés dans le même sens, de l'Orient vers l'Occident :

« La sphère enveloppante, qui est immédiatement mise en marche par la puissance motrice initiale, par l'Âme universelle, accomplit une révolution en 24

⁶² Al Fergani, *Op. laud.*, cap. V, De duobus primis motibus caeli, quorum unus est motus totius, alter vero stellarum, quem videntur habere in orbe signorum.

⁶³ Friedrich Dieterici, *Die Lehre von der Weltseele bei den Arabern in X. Jahrhundert*, Leipzig, 1872, p. 118 (Traduction allemande du trente-sixième traité de l'Encyclopédie composée par les Frères de la Pureté).

⁶⁴ Friedrich Dieterici, *Die Philosophie der Araber*, im IX und X. Jahrhundert, Leipzig, 1876 ; p. 26.

⁶⁵ Friedrich Dieterici, *Op. laud.*, pp. 35, 36 et 38.

heures égales. Comme la sphère des étoiles fixes se trouvent à l'intérieur de la précédente, dont elle touche la face interne, la sphère enveloppante l'entraîne avec elle dans le sens même où elle tourne; mais le mouvement de la huitième sphère demeure, en vitesse, inférieure d'une petite quantité au mouvement de la sphère motrice, et la différence selon laquelle les parties de chacune de ces deux sphères cessent de se correspondre atteint un degré en cent ans...

» La sphère enveloppante tourne autour de la terre exactement en 24 heures; la sphère des étoiles fixes accomplit sa révolution en un temps un peu plus long...

» Si, parmi les étoiles fixes, on en prend une qui se trouve dans le méridien d'un certain lieu de la terre, elle se trouve, au jour suivant, d'un dixième de seconde en arrière de ce méridien; elle accomplit, sur le Zodiaque, une révolution en 36.000 ans.»

Ainsi, l'existence d'un neuvième ciel dénué de tout astre est admise par les Frères de la Pureté aussi nettement qu'elle l'était par les Alexandrins, d'Origène à Jean Philopon. De plus, à la révolution des étoiles fixes, nos philosophes attribuent la durée même que lui attribuaient Ptolémée et Al Fergani.

Ils écrivent en outre⁶⁶, dans leur trente-cinquième traité:

« En 3.000 ans, les étoiles fixes, les apogées et les nœuds des astres errants changent de signe et parcourent tous les degrés d'un signe. En 9.000 ans, ils se déplacent d'un quadrant. En 36.000 ans, ils accomplissent leur révolution en parcourant tous les signes.» C'est encore l'enseignement d'Al Fergani que nous reconnaissons ici.

Le traité d'Al Fergani renferme une remarque qui devait attirer l'attention sur un fait astronomique d'une haute importance, savoir la lente diminution qu'éprouve l'inclinaison de l'écliptique. Voici cette remarque⁶⁷:

« L'arc du grand cercle passant par les pôles, qui se trouve compris entre chacun des points tropiques (solstices) et l'équateur, est l'inclinaison du Zodiaque sur l'équateur. Selon ce qu'a trouvé Ptolémée, cette inclinaison vaut 23° 51', le cercle comprenant 360°. Mais selon l'observation que Jean, fils d'Al Mansour⁶⁸, fit au temps du khalife Al Mamoun, elle est de 23° 35'⁶⁹; un grand nombre de sages s'accordent à admettre cette évaluation.»

⁶⁶ Friedrich Dieterici, *Die Lehre von der Weltseele bei den Arabern in X. Jahrhundert*, Leipzig, 1872, p. 68.

⁶⁷ Al Fergani, *Op. laud.*, Cap. V.

⁶⁸ C'est-à-dire Iâhia (Abou Ali) ben Abou Mansour.

⁶⁹ Le nombre de minutes est laissé en blanc dans le manuscrit que nous avons consulté: il est marqué dans bon nombre d'autres manuscrits (Cf. Delambre, *Histoire de l'Astronomie du moyen*

Il semble, en ce passage, qu'Al Fergani regarde simplement la seconde détermination de l'obliquité de l'Écliptique comme plus exacte que la première; rien n'indique qu'à ses yeux, cette obliquité soit un élément variable avec le temps. Eudème, dans un passage de son *Astronomie* que résume Théon de Smyrne⁷⁰, nous apprend que, de son temps, l'obliquité de l'Écliptique était, par les astronomes, évaluée à 24°. Cette observation, rapprochée de celles qui furent faites au temps de Ptolémée et au temps d'Al Mamoun, eût donné plus de force à la supposition que cette obliquité diminue lentement. Al Fergani, sans doute, ne connaissait pas la détermination rapportée par Eudème et n'a pu en tirer une telle conclusion. Mais cette conclusion s'imposera bientôt aux astronomes.

La détermination de l'obliquité de l'écliptique, faite au temps d'Al Mamoun, demeurera, pendant bien longtemps, une des données fondamentales que les astronomes invoqueront toutes les fois qu'ils voudront discuter la variation de cette obliquité. Il est donc intéressant de rapporter ici quelques détails historiques sur cette opération astronomique célèbre. Ces détails nous sont fournis par la *Table Hakémite*⁷¹, important ouvrage astronomique composé, vers l'an 398 de l'Hégire (1007 après J. C.) 8, par Abou'l Hassan Ali ben Abd arrahman ben Ahmed ben Iounis ben Abd al aala ben Mousa ben Maïsara ben Hafes ben Hiyan, astronome du khalife Hakem.

Ibn Iounis (c'est la forme usuelle de ce nom interminable), afin d'expliquer et d'excuser les corrections qu'il fait subir à diverses déterminations astronomiques obtenues par ses prédécesseurs, s'attache à mettre en évidence les désaccords et les divergences que présentent entre elles certaines de ces déterminations; c'est à ce propos qu'il écrit les lignes suivantes⁷²:

« Quoique les astronomes du khalife Al Mamoun fussent plusieurs, cela n'a pas empêché que les observations qu'ils firent ensemble à Bagdad ne différassent de celles qu'ils firent à Damas, et que les savants de leur temps et ceux qui ont paru peu après n'aient critiqué leurs observations. Ils ont déterminé à Bagdad,

âge; Paris, 1819; p. 63 et p. 65). Mais le nombre 23° 35' semble dû à une erreur de copiste. Les autres auteurs qui nous ont renseignés sur cette observation de Iâhia ben Ahou Mansour ont tous donné le nombre 23° 33' (Cf.: Al Battani, *Opus astronomicam*, éd. Nallino, pars I, pp. 157-159).

⁷⁰ Théon de Smyrne, *Astronomie*, ch. XXVII; éd. Th. H. Martin, pp. 324-325; éd. J. Dupuis, pp. 320-328.

⁷¹ *Le livre de la grande table Hakémite*, observée par le Sheikh, l'imam, le docte, le savant Abou'l Hassan Ali, ebn Abderrahman, ebn Ahmed, ebn Iounis, ebn Abdalaala, ebn Mousa, ebn Maïsara, ben Hafes, ben Hiyan; par le C^{en} Caussin (Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque nationale, tome VII, an XII, pp. 16 240).

⁷² Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakémite* (Notices et extraits, t. VII, pp. 54-56).

l'an 211 de l'Hégire, 198 d'Izdjerd (829-830 après J. C.), l'obliquité de l'Écliptique. Plusieurs savants étaient présents à cette observation : Iahia ben Abou Mansour, Alabbas ben Saïd Aljanhéri, Send ben Ali et autres. Ils ont trouvé $23^{\circ} 33'$; la plus grande équation du Soleil, $1^{\circ} 59'$; son apogée, dans $22^{\circ} 39'$ des Gémeaux ; son mouvement durant l'année persane $359^{\circ} 45' 44'' 14''' 24^{iv}$. Et par les observations faites à Damas, l'an 217 de l'Hégire, 201 d'Izdjerd (832-833 après J.-C.), auxquelles présidaient Send ben Ali, Khaled ben Abdalmalik Almerouroudi, ils ont trouvé la plus grande déclinaison du Soleil $23^{\circ} 33' 52''$; sa plus grande équation $1^{\circ} 59' 51''$; son apogée dans $22^{\circ} 1' 37''$ des Gémeaux ; son mouvement dans l'année persane $359^{\circ} 45' 46'' 33''' 50^{iv} 43^v$. »

« Les astronomes d'Al Mamoun ont observé ensemble, poursuit Ibn Iounis⁷³ ; mais ont-ils fait ensemble le quart de cercle et l'ont-ils divisé ensemble ? Est-ce que l'instrument avec lequel plusieurs personnes observent n'est pas fait par une seule ? Ne voit-on pas, dans l'ouvrage qui renferme l'histoire des observations faites à Damas, qu'Al ben Isa Alastharlabi, si célèbre pour la construction des instruments, fut chargé seul de la division du quart de cercle avec lequel se firent les observations ? Send ben Ali raconte qu'il a vu l'armille avec laquelle observait Iahia ben Abou Mansour ; qu'elle fut vendue, après sa mort, dans le marché des papetiers, à Bagdad, et qu'elle était divisée de dix en dix minutes. Il remarque ensuite que les observations faites avec cet instrument ne peuvent être très justes, ni même avoir un degré d'exactitude suffisant. »

C'est pourquoi, sans doute, Al Fergani, tout en rappelant que les astronomes d'Al Mamoun avaient attribué à l'Écliptique une obliquité fort inférieure à celle que lui donnait Ptolémée, n'en conclut pas que cette obliquité diminue de siècle en siècle.

Al Fergani se sépare nettement de Ptolémée en un point de grande importance ; au lieu d'admettre, avec l'Astronome alexandrin, que l'apogée du Soleil participe uniquement du mouvement diurne, il admet que ce point est entraîné avec les étoiles fixes, en sorte que son mouvement se compose du mouvement diurne et du mouvement de précession. Cette réaction à l'encontre de l'une des doctrines de l'*Almageste* fut suivie par tous les astronomes arabes qui vinrent après Al Fergani.

La *Table Hakémitte* nous renseigne encore au sujet des observations qui ont pu justifier cette réaction : « Dans ce même chapitre VIII, dit Caussin⁷⁴, Ibn Iounis rapporte deux observations faites par les Perses, postérieurement à Ptolémée, qui

⁷³ Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakémitte* (Notices et extraits, t. VII, p. 66).

⁷⁴ Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakémitte* (Notices et extraits, t. VII, p. 234).

ont servi à reconnaître le mouvement de l'apogée du Soleil que Ptolémée croyait immobile. Par la première de ces observations, qui remonte à l'an 470 environ, ère vulgaire, l'apogée du Soleil fut trouvé dans 17° 55' des Gémeaux; et par la seconde, 160 ans environ après, 630 ère vulgaire, dans 20° des Gémeaux. »

Mais assurément, la supposition que l'apogée du Soleil se déplace et que son mouvement suit exactement le mouvement attribué par Ptolémée aux étoiles fixes, est antérieure à la dernière de ces observations, et peut-être aussi à la première. Les astronomes indiens, en effet, l'admettaient avant l'an 500 de notre ère; nous allons en avoir l'assurance par la lecture de Massoudi, qui écrivait en 943, et d'Albyrouny qui écrivait en 1031.

Massoudi, avec les Indiens dont il nous rapporte les opinions⁷⁵, fait remonter l'origine de l'Astronomie à Brahma, qu'il nomme Brahman et qu'il représente comme le premier roi de l'Inde. « Sous son règne, dit-il, la sagesse prit le dessus, et les savants occupèrent le premier rang. On représenta dans les temples les sphères célestes, les douze signes du Zodiaque et les autres constellations... Ce fut alors que les savants réunis composèrent le *Sindhind*, titre de livre dont la signification est *le Temps des temps*. »

Le *Sindhind* ou « Siddhânta dont il s'agit ici, dit Reinaud⁷⁶, est le *Souÿrya-Siddhânta* ».

« Albyrouny⁷⁷ ne s'explique pas sur l'époque de la rédaction du *Souÿrya-Siddhânta*, le traité fondamental de l'Astronomie indienne; il se contente de dire que Lat en fut le rédacteur. Pour les Indiens, ils attribuent la composition de cet ouvrage à un personnage appelé Maya, ou plutôt à un disciple de Maya; et en effet, Maya est cité par Varha-Mihira comme un des pères de la Science. Vahâra-Mihira ayant vécu à la fin du V^e siècle⁷⁸, la composition du *Souÿrya-Siddhânta* est nécessairement antérieure. Probablement Lata est le nom du disciple de Maya qui mit par écrit les idées de son maître. »

Que disait le *Souÿrya-Siddhânta* touchant le mouvement de l'apogée solaire? Massoudi va nous le répéter⁷⁹ :

« Brahman est le premier qui porta son attention sur le *oudj* du Soleil, et qui

⁷⁵ Reinaud, Mémoire géographique, historique et scientifique sur l'Inde, antérieurement au milieu du XI^e siècle de l'ère chrétienne, d'après les écrivains arabes, persans et chinois, p. 324 (*Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, t. XVIII, Deuxième partie, 1849; pp. I-399).

⁷⁶ Reinaud, *loc. cit.*, p. 324.

⁷⁷ Reinaud, *loc. cit.*, pp. 332-333.

⁷⁸ Varâha-Mihira florissait en l'an 504 de notre ère (Reinaud, *loc. cit.*, p. 337).

⁷⁹ Reinaud, *loc. cit.*, pp. 324-325.

dit que le *oudj* du Soleil restait trois mille ans dans chaque signe du zodiaque, ce qui portait sa révolution à trente-six mille années. Le *oudj*, dans l'opinion des Brahmanes, est à présent, l'an 33 de l'Hégire (943 de J.-C.) dans le signe des Gémeaux. Quand il aura passé dans les signes situés au midi de l'équateur, la partie habitée de la terre se déplacera ; ce qui est habité sera couvert par les eaux, et ce qui est maintenant sous l'eau deviendra habitable. Le Nord deviendra le Midi, et le Midi, le Nord. »

A cette citation, Reinaud joint les renseignements suivants :

« Le *oudj* dont parle Massoudi est le terme sanscrit *outchtcha*, signifiant hauteur ; il répond à ce que les Grecs nommaient apogée... »

« Le mot *oudj* passa dans les traductions latines faites sur l'Arabe au moyen âge ; on écrivait *aux* au nominatif et *augis* au génitif. » Le mot *aux* était mis au féminin.

Avant l'an 500, donc, les auteurs du *Soûrya-Siddhânta* admettaient que l'apogée du Soleil, participant au mouvement des étoiles fixes, décrivait l'Écliptique, d'Occident en Orient, en 36.000 ans. Comment étaient-ils parvenus à cette conviction ? Ce ne peut être à cause des observations que rapporte Causin. Peut-être usaient-ils d'observations plus anciennes. Mais il est plus probable qu'ils avaient simplement étendu à l'apogée du Soleil la loi que Ptolémée avait acceptée pour les apogées des cinq planètes.

Que l'enseignement du *Soûrya-Siddhânta* ait grandement contribué à communiquer cette conviction à Al Fergani, on l'admettra sans peine si l'on prouve que l'Astronome arabe a eu connaissance de ce livre indien. Or, cette dernière proposition est rendue probable par ce fait que les traités de Masciallah et d'Al Fergani paraissent être les premiers où l'apogée d'un astre soit désigné par le mot *oudj* (*aux*) dont Reinaud nous a appris l'origine sanscrite.

Il existe, d'ailleurs, d'autres preuves⁸⁰ des emprunts faits par Al Fergani à l'Astronomie indienne, et Reinaud a pu écrire : « Les Arabes s'initièrent aux doctrines indiennes avant d'être familiarisés avec l'*Almageste* de Ptolémée. »

A l'exemple d'Al Fergani, tous les astronomes arabes vont admettre que les absides et les nœuds du Soleil et de toutes les planètes suivent exactement le mouvement des étoiles fixes. IL nous faudra arriver à Al Zarkali pour voir signaler le mouvement propre de l'apogée solaire par rapport aux constellations.

⁸⁰ Reinaud, *loc. cit.*, p. 368.

LA GRANDE ANNÉE
ET LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES

Dans ce que Massoudi nous a rapporté du *Souÿra-Siddhânta*, un point doit maintenant retenir notre attention.

D'après ce livre, le passage de l'apogée solaire de l'hémisphère boréal dans l'hémisphère austral doit entraîner, à la surface de notre globe, une permutation entre les continents et les océans : les terres, fermes aujourd'hui, seront alors submergées, et le fond des mers sera asséché.

L'idée d'une alternance périodique entre les lieux que la mer occupe et ceux où la terre émerge est une idée fort ancienne et qu'on retrouve chez beaucoup de peuples ; le déluge dont la Genèse fait mention et le cataclysme, de moins en moins discuté aujourd'hui, qui submergea l'Atlantide, sont, sans doute, à l'origine de cette croyance.

Les témoignages de Massoudi et d'Albyrouny nous ont montré que cette croyance était fort ancienne chez les Brahmanes de l'Inde. Le témoignage de Bérose nous a appris, à son tour, que les Chaldéens la professaient, et nous a dit quelle forme exacte ils lui donnaient ; Bérose, en effet, « attribue⁸¹ ces révolutions aux astres, et d'une manière si précise qu'il fixe l'époque de la conflagration et du déluge. Le globe, dit-il, prendra feu quand tous les astres, qui ont maintenant des cours si divers, se réuniront dans le Cancer, et se placeront de telle sorte les uns sous les autres qu'une ligne droite pourrait traverser tous leurs centres. Le déluge aura lieu quand tous ces astres seront rassemblés de même sous le Capricorne. La première de ces constellations régit le solstice d'été et la seconde le solstice d'hiver. »

Selon les Chaldéens, donc, comme selon les Indiens, la distribution des terres fermes et des mers à la surface de notre globe varie suivant une loi périodique ; mais les Chaldéens marquent formellement quelle durée sert de période soit au déluge, soit à l'embrasement ; c'est le temps qui s'écoule entre deux conjonctions consécutives de tous les astres errants avec un même point solsticial.

⁸¹ Cité par Sénèque, *Questions naturelles*, livre III, ch. XXIX.

La plupart des écoles philosophiques grecques et latines avaient adopté de très bonne heure, pour ne plus s'en départir, une opinion toute semblable à celle que professaient les Chaldéens, au dire de Bérosee ; pour la plupart de ces écoles, la vie du Monde était une vie qui se reproduisait indéfiniment d'une manière périodique ; la durée d'une période cosmique était mesurée par le temps que mettent les astres errants à reprendre tous, par rapport au ciel des étoiles fixes, des positions identiques à leurs positions initiales.

Comment cette théorie disparut-elle pour faire place à celle que nous avons rencontrée chez les Indiens instruits de l'Astronomie grecque ? Comment en vint-on à égaler entre elles la période qui régit les transformations du monde sublunaire et la période du mouvement d'Occident en Orient qu'Hipparque et Ptolémée avaient attribué à la sphère des étoiles fixes ? Nous ne pouvons le dire avec précision ; mais il semble probable que ce changement apporté à la doctrine de la périodicité du Monde fut l'œuvre propre des Indiens.

Massoudi nous apprend⁸², en effet, que « la plupart des indigènes se représentent les diverses révolutions auxquelles le Monde est sujet sous l'image de cercles. Ces révolutions, comme les êtres animés, ont un commencement, un milieu et une fin ».

Lorsque les Indiens connurent la très lente révolution qui entraîne les étoiles fixes et les apogées des astres errants, ils durent être naturellement conduits à lui confier le soin de régir l'alternance des continents et des mers à la surface de la terre.

Cette opinion indienne se répandit ensuite chez les Arabes ; nous allons voir avec quelle faveur elle était reçue, au X^e siècle, par les Frères de la Pureté.

Au trente-cinquième traité de leur vaste encyclopédie, les Frères de la Pureté énumèrent les périodes selon lesquelles se reproduisent les diverses apparences astronomiques ; ils écrivent à ce propos⁸³ :

« Les périodes millénaires se subdivisent en quatre sortes, qui sont les périodes de 7.000 ans, de 12.000 ans, de 51.000 ans et de 36.000 ans⁸⁴.

» Il y a des révolutions et des conjonctions qui s'accomplissent une seule fois en un temps très long, et d'autres, en un temps très court. Une très longue période est celle de la révolution des étoiles fixes sur le Zodiaque, car cette révolution

⁸² Reinaud, Mémoire géographique, historique et scientifique sur l'Inde, *loc. cit.*, p. 328.

⁸³ Friedrich Dieterici, *Die Lehre von der Weltseele bei den Arabern in X. Jahrhundert*, Leipzig, 1872, p. 53.

⁸⁴ Dans tout ce passage, la traduction de Fr. Dieterici porte constamment 360.000 ans au lieu de 36.000 ans ; cette erreur est corrigée par la lecture de nombre d'autres passages du même ouvrage.

s'accomplit une seule fois en 36.000 ans; une période très courte est celle par laquelle, en 24 heures, la sphère enveloppante accomplit une révolution autour des éléments.

» Les autres périodes des conjonctions prennent place entre ces deux-là.

» La conjonction des étoiles au bout de 36.000 ans consiste en ceci que tous les astres errants, après avoir été réunis ensemble au premier degré du signe du Bélier, y reviennent tous ensemble au bout de ce laps de temps. Les tables du Sind et Hind, c'est-à-dire des Indiens, nomment ce laps de temps une année de la disposition du Monde.»

Le passage que nous venons de citer nous fournit des renseignements précieux, et de plus d'une sorte.

Il nous apprend, en premier lieu, que les Frères de la Pureté lisaient ce *Sindhind* dont Massoudi nous a parlé, ce *Souÿrya-Siddhânta* où les anciennes doctrines des Indiens sur la vie périodique de l'Univers s'étaient précisées à l'aide de connaissances astronomiques fournies par l'*Almageste* de Ptolémée.

Il nous montre, en second lieu, quel dogme nos philosophes avaient tiré de cette lecture. Ils en avaient conclu l'identité de deux périodes astronomiques célèbres, qu'ils faisaient toutes deux égales à 36.000 ans. L'une de ces périodes est la Grande Année telle que les Chaldéens la concevaient au rapport de Bérose, le temps qui sépare deux conjonctions successives de tous les astres errants au point équinoxial du printemps. L'autre de ces périodes est la durée attribuée par Ptolémée à la révolution de l'orbe des étoiles fixes qu'Hipparque avait découverte. Identifiées entre elles, ces deux périodes constituent l'Année de l'Univers. Pourquoi ce nom? Les Frères de la Pureté vont nous le dire.

Ils admettent, bien entendu, le principe sur lequel repose toute l'Astrologie; ce principe, ils le formulent, dans leur trente-cinquième traité, aussi nettement qu'Aristote en ses *Météores*:

« Tout ce qui existe dans le monde de la génération et de la corruption, disent-ils⁸⁵, suit le mouvement circulaire du Ciel; tout cela provient du mouvement des astres, de leurs cours au travers des signes, enfin de l'union et de la conjonction d'un astre avec un autre...

» Tout ce qui, dans ce monde, se produit vite, ne dure que peu de temps, disparaît rapidement pour renaître de nouveau, tout cela dépend d'un mouvement du ciel universel qui est rapide, de peu de durée et qui revient vite à son commencement. Au contraire, tout ce qui se produit lentement, dure longtemps

⁸⁵ Friedrich Dieterici, *Op. laud.*, p. 55.

et périclit lentement, tout cela dépend d'un mouvement qui revient tardivement à son point de départ.»

C'est de ce principe que découlent les conséquences suivantes⁸⁶:

«Un mouvement qui est lent, de longue durée qui revient à son principe après un long temps, c'est le mouvement des étoiles fixes sur la sphère des signes, mouvement qui s'accomplit une fois en 36.000 ans. A ce mouvement, prennent part les apogées et les périégées des étoiles errantes.

» Par suite du mouvement qui s'accomplit durant ce laps de temps, la civilisation se trouve, en ce monde de la génération et de la corruption, transportée d'un quartier à l'autre de la terre; les continents remplacent les mers et les mers viennent occuper le lieu des terres fermes; les montagnes se changent en mers et les mers en montagnes.»

«Tous les 3.000 ans⁸⁷, les étoiles fixes, les apogées et les nœuds des planètes passent d'un signe à l'autre, après avoir parcouru tous les degrés de ce signe. Tous les 9.000 ans, ils passent d'un quadrant au suivant. En 36.000 ans, ils accomplissent une révolution qui leur fait parcourir tous les signes. Par l'effet de cette cause intermédiaire, les zéniths des étoiles et l'incidence de leurs rayons aux divers points de la terre se trouvent modifiés, ainsi que l'atmosphère des diverses contrées. Le jour et la nuit, l'été et l'hiver éprouvent la conséquence de ces changements, conséquence qui consiste en une plus parfaite égalité et proportion, ou bien en un excès ou un défaut, en un surcroît de chaleur ou de froid, ou, enfin, en quelque modification analogue. Ce dernier effet dépend de causes premières et de causes secondes, car influe sur les rapports des divers quartiers de la terre, il produit un changement de climat des diverses contrées, une modification des propriétés de chacune d'elles. Comment tout cela se comporte, ceux-là le savent qui lisent l'*Almageste*⁸⁸ et s'occupent des conjonctions.

» C'est par ces causes premières et intermédiaires que la domination du monde passe d'un peuple à un autre peuple, que la culture, comme la désolation, est transportée d'un quartier à l'autre de la terre. Tout cela arrive en vertu du pouvoir déterminant des conjonctions qui se produisent en des temps et des circonstances réglés.

» Ce qu'on a rapporté dans ce traité est une fort petite part de tout [ce qui concerne ce sujet]. Les conjonctions, circonstances et périodes se produisent

⁸⁶ Friedrich Dieterici, *Op. laud.*, pp. 66-67.

⁸⁷ Friedrich Dieterici, *Op. laud.*, pp. 68-69.

⁸⁸ Les Frères de la Pureté lisaient certainement fort peu l'*Almageste*; sinon, ils eussent su que cet ouvrage ne traitait aucunement d'Astrologie.

tous les 1.000 ans, tous les 12.000 ans, tous les 36.000 ans ou, enfin, au bout d'un jour du Monde de 50.000 ans.»

Ce dernier passage n'est pas exempt de confusion ; évidemment, les Frères de la Pureté y résumant d'une manière assez désordonnée le souvenir de lectures variées ; de certaines de ces lectures, la trace est intéressante à relever ; c'est ainsi que l'allusion au « jour du Monde », par laquelle il s'achève, est une nouvelle marque de l'influence que l'Astrologie indienne a exercée sur nos philosophes musulmans.

Ceux-ci, d'ailleurs, sont excusables s'ils parlent sommairement et confusément des changements que le mouvement lent des étoiles fixes détermine en ce bas monde ; ces changements, ils les avaient décrits dans un de leurs premiers traités, et ils ont soin de le rappeler en celui-ci⁸⁹.

Voici, en effet, ce que les Frères de la Pureté avaient dit dans leur cinquième traité⁹⁰ :

« La terre, considérée dans sa totalité, se partage en deux hémisphères, l'hémisphère boréal et l'hémisphère austral ; la surface de chacun des deux hémisphères se divise, à son tour, en deux moitiés ; on obtient ainsi quatre quartiers de la terre. En chaque quartier, on distingue quatre sortes de lieux ; premièrement, les steppes, les landes et les déserts ; deuxièmement, les mers, les étangs et les marais ; troisièmement, les montagnes, les collines, les éminences et les dépressions ; quatrièmement, enfin, les pacages, les bourgs, les villes et les terres cultivées.

» Au cours des temps et des siècles, les divers lieux changent de nature et s'intervertissent ; aux lieux qu'occupaient les montagnes, se trouvent des steppes, des étangs et des fleuves ; la place des mers devient celle de montagnes, de collines, de mines de sel gemme, de marais ou de plaines sablonneuses ; les terres cultivées deviennent des déserts, et les déserts deviennent terres cultivées.

» Il nous faut maintenant manifester le comment de ces particularités...

» Tous les 3.000 ans, les étoiles fixes se déplacent [d'un signe sur le Zodiaque] ; autant en font, sur le Zodiaque et dans ses divers degrés et minutes, les périodes et les apogées des astres errants ; en 9.000 ans, ils passent d'un quadrant à l'autre du cercle céleste, et en 36.000 ans, ils accomplissent leur révolution à travers tous les signes du Zodiaque.

» A cause de ce mouvement, les longitudes des étoiles sont changées ; il en résulte une modification dans l'incidence de leurs rayons aux divers points de la terre et, partant, dans l'atmosphère des diverses contrées ; la succession du jour

⁸⁹ Friedrich Dieterici, *Op. laud.*, p. 55 et p. 63.

⁹⁰ Friedrich Dieterici, *Die Philosophie der Araber*, Leipzig, 1876 ; pp. 99-100.

et de la nuit, de l'été et de l'hiver en éprouvent aussi un certain changement ; ce changement consiste en une plus complète égalité et dans un tempérament plus parfait, ou bien dans une plus grande différence en plus ou en moins, ou bien dans un plus grand excès de chaleur ou de froid, ou bien enfin dans un plus exact rapport entre eux.

» C'est là la raison et la cause pour laquelle les états des divers quartiers de la terre sont modifiés, pour laquelle les couches de l'air sont changées au-dessus des divers lieux et contrées, pour laquelle les propriétés de ces couches d'air passent d'un état à un autre état.

» La vérité de nos suppositions, ceux-là la peuvent reconnaître qui s'adonnent à la science de l'*Almageste* et à la Physique.

» C'est pour ces raisons et ces causes que les terres cultivées deviennent des déserts, que les déserts deviennent terres cultivées, que les steppes deviennent mers, que les mers deviennent steppes ou montagnes.

» La vérité de nos suppositions et l'exactitude de nos réflexions, ceux-là peuvent les reconnaître qui s'adonnent à l'étude de la Physique et de la Théologie, ceux qui recherchent les principes des choses sublunaires soumises à la génération et à la corruption, en même temps qu'ils pénètrent le comment des modifications que ces choses éprouvent. »

Ainsi, les Frères de la Pureté et de la Sincérité voient, dans le mouvement lent des étoiles fixes et des apogées des astres errants, une cause qui doit faire alterner, sur la terre, les continents et les mers, les contrées habitées et les régions inhabitables. A cette théorie, ils attachent le plus grand prix ; ils se plaisent à y faire mainte allusion.

Les physiciens arabes ne partageaient pas tous leur confiance en cette doctrine ; au prochain article, nous la verrons rejetée, après minutieuse discussion, par ce traité *De elementis* que le moyen âge attribuait à Aristote, mais qui est, de la manière la plus certaine, l'écrit d'un arabe soumis à l'influence de la Science indienne.

Le traité *De elementis*, comme autrefois Aristote, repousse la théorie selon laquelle les continents et les océans se transforment les uns dans les autres par un continuel échange dont une révolution céleste marque la période. Mais au XII^e siècle, nous trouvons un astronome arabe qui, comme les Frères de la Pureté, admet la réalité de ces vicissitudes et les place sous la dépendance du lent mouvement propre de la sphère des étoiles fixes ; cet astronome est Al Bitrogi. Nous avons entendu, en effet, au chapitre précédent, Al Bitrogi invoquer ces

vicissitudes⁹¹ comme une preuve du mouvement propre de la huitième sphère : « La diversité des situations de cet orbe est encore prouvée par ce qu'on observe en ce monde inférieur au sujet des grands changements et des permutations de certaines choses particulières ; telles sont les permutations qui se produisent entre les terres habitables et les terres non habitables, entre les régions tempérées et les régions non tempérées ; il arrive parfois que l'air se purifie en certains lieux qui deviennent alors habitables, tandis qu'en d'autres lieux, l'air se corrompt, et ces lieux deviennent inhabitables ; de même, les eaux de la mer changent de place ; elles s'accumulent en certaines régions, tandis qu'en d'autres régions, on voit apparaître des contrées qui, jusqu'alors, avaient été couvertes par les eaux. Les choses de ce genre qui se montrent à nous, et d'autres analogues, nous témoignent que ces opérations sont produites par le changement de situation de l'orbe des étoiles ; assurément, elles ne proviennent pas du mouvement de quelque orbite planétaire, car elles seraient alors périodiques comme ce mouvement et se renouvelleraient lorsqu'il se renouvelle ; elles ont donc leur cause en l'orbe des étoiles fixes. »

Plus loin, Al Bitrogi disait⁹² : « Il est possible que de ce mouvement proviennent les grands changements qu'on observe en ce monde inférieur, et ceux qui rendent inhabitables les régions qui étaient habitables, et inversement. »

La doctrine indienne que Massoudi nous a fait connaître est donc pleinement adoptée par Al Bitrogi.

Moïse Maïmonide suit une opinion voisine de celle d'Al Bitrogi.

Après avoir, à l'imitation de Djéber ben Aflah, placé Vénus et Mercure au-dessus du Soleil, il subdivise le ciel en quatre sphères principales qui sont la sphère de la Lune, la sphère du Soleil, la sphère des planètes, enfin la sphère des étoiles fixes ; puis il écrit⁹³ :

« Bien que de l'ensemble de ces quatre *sphères figurées*, il émane des forces qui se répandent dans tous les êtres qui naissent et dont elles sont les causes, chaque sphère, cependant, peut avoir sous sa dépendance l'un des quatre éléments, de manière que telle sphère soit le principe de force de tel élément en particulier, auquel, par son propre mouvement, elle donne le mouvement de la génération.

» Ainsi donc, la sphère de la Lune serait ce qui meut l'eau ; la sphère du Soleil, ce qui meut le feu ; la sphère des autres astres errants, ce qui meut l'air (et leurs mouvements multiples, leurs inégalités, leurs rétrogradations, leurs marches di-

⁹¹ Alpetragii Arabi *Planetarum theorica*, fol. 7, verso, et 8, recto.

⁹² Alpetragii Arabi *Planetarum theorica*, fol. 14, v^o.

⁹³ Moïse Ben Maïmoun dit Maïmonide, *Le guide des égarés*, trad. par S. Munk ; deuxième partie, ch. X ; t. II, pp. 86-88.

rectes et leurs stations produisent les nombreuses configurations de l'air, sa variation et sa prompte contraction ou dilatation); enfin, la sphère des étoiles fixes ce qui meut la terre; et c'est peut-être à cause de cela que cette dernière se meut difficilement pour recevoir l'impression et le mélange, parce que les étoiles fixes ont le mouvement lent...

» De cette manière, donc, il se peut que l'ordre soit celui-ci: Quatre sphères, quatre éléments mus par elle et quatre forces, émanées d'elles, agissant dans toute la nature. »

Les astrologues arabes avaient, semble-t-il, eux aussi, et bien avant Al Bitrogi et Maïmonide, admis que les changements lents qui se produisent à la surface du globe terrestre sont sous la dépendance du mouvement propre des étoiles fixes; nous en trouvons le témoignage dans les écrits d'Albumasar.

Abou Masar Gâfar ben Muhammed ben Omar al Balbî, que la Scolastique latine a appelé Albumasar, florissait dès la première moitié du IX^e siècle, puisqu'il mourut, plus que centenaire dit-on, en 886.

Dans son traité *Des grandes conjonctions*, qui eut une vogue extrême au moyen âge et que Roger Bacon, en particulier, citait volontiers, Albumasar admettait clairement⁹⁴ que le mouvement propre des étoiles fixes est une rotation, semblable à celles des planètes, achevée en 36.000 ans.

Parmi les autres écrits d'Albumasar, il en est un dont nous possédons une traduction abrégée faite, au milieu du XII^e siècle de notre ère, par Hermann le Second. Cette traduction est intitulée: *Introductorium in Astronomiam Albumasaris*.

Dans cet ouvrage, nous lisons⁹⁵:

« Tout ce qui naît et meurt en ce monde résulte du mouvement des signes et des étoiles [errantes] qui en est comme la cause efficiente...

» Les étoiles fixes président aux propriétés perpétuelles et stables ou aux propriétés lentement variables des choses singulières. En effet, les orbés célestes, avec tous les astres, entourent ce monde d'une circulation perpétuelle. Parmi ces

⁹⁴ *Albumasar de magnis coniunctionibus: annorum revolutionibus: ac eorum profectionibus: octo continens tractatus*. Colophon: Opus albumezaris de magnis coniunctionibus explicit feliciter. Impressum Unetijs Mandato et expensis Melchiorem (sic) Sessa (sic). Per Jacobum pentium de Leucho. Anno domini 1515. Pridie kal. Junij. Tract. I, differentia I, cap. III; fol. sig. Aiiii, recto.

⁹⁵ *Introductorium in astronomiam Albumasaris Abalachi octo continens libros partiales*. Colophon: Opus introductorij in astronomiam Albumasaris abalachi explicit feliciter. Uenetijs: mandato et expensis Meichionis (sic) Sessa (sic): Per Jacobum pentium Leucensem. Anno domini 1506. Die 5 Septembris. Regnante inclyto domino Leonardo Lauredano Uenetiarum Principe. Lib. III, cap. I: De stellis fixis et planetis.

astres, les étoiles fixes tournent d'un mouvement lent qui est presque le même pour toutes; elles demeurent à la même distance du globe de la terre.»

On voit que la pensée d'Albumasar est conforme à celle que les Frères de la Pureté et Al Bitrogi expliqueront d'une manière plus détaillée.

Les diverses opinions que nous venons de rapporter se souderont entre elles, au XIII^e siècle, dans l'esprit des Chrétiens d'Occident; elles y constitueront un corps de doctrine qui sera communément regardé comme l'enseignement de la Science antique. Ce corps de doctrine se résume en quelques propositions qui sont les suivantes :

- 1° La durée de la Grande Année est de 36.000 ans.
- 2° En cette durée, s'accomplit la révolution propre de la sphère des étoiles fixes.
- 3° A la fin de la Grande Année, tous les astres errants reprennent, dans le Ciel, la position qu'ils avaient au commencement.
- 4° L'état du monde sujet à la génération et à la corruption est périodique; la durée de sa période est égale à la Grande Année.

Cette doctrine sera l'une des hérésies que l'Église aura alors à combattre.

VI

INTRODUCTION DE LA THÉORIE DE L'ACCÈS ET DU RECÈS CHEZ LES ASTRONOMES INDIENS ET ARABES. LE *LIBER DE ELEMENTIS*. AL BATTANI.

Le temps d'Al Mamoun, auquel se rapporte la détermination de l'obliquité de l'Écliptique qu'Al Fergani et Ibn Ionnis nous ont fait connaître, paraît être aussi celui où la théorie de l'accès et du recès a sollicité l'attention des astronomes arabes.

« Parmi ⁹⁶ les astronomes musulmans qui, au temps d'Al Mamoun, puisèrent dans les livres indiens, l'auteur du *Tarykh-al-Hokama* cite Habasch, fils d'Abd-Hallah. Habasch composa trois tables astronomiques, qu'il intitula canon, du mot grec *kanon* qui signifie règle...

» Suivant l'auteur du *Tarykh-al-Hokama*, bien que Habasch fût alors un partisan des idées indiennes plus zélé qu'il ne le fut plus tard, il ne laissa pas, en certains points, de s'éloigner des exposés de Mohammed al Fazary et de Mohammed al Kharizmi. Ce fut ainsi que, voulant fixer avec plus de précision la place des étoiles en longitude, il emprunta à Théon d'Alexandrie l'idée du mouvement des signes du Zodiaque en avant et en arrière. »

Influence indienne et influence grecque, telle est la double tendance qui, à partir de l'époque d'Al Mamoun, sollicite les astronomes arabes; nous avons vu l'influence indienne se marquer dans les exposés que Masciallah et Al Fergani nous ont donné de l'Astronomie de Ptolémée; dans les recherches de Habasch sur le mouvement des étoiles fixes, nous voyons ces deux influences conduire à l'adoption du système de l'accès et du recès, sous la forme même où Théon de Smyrne nous l'a fait connaître.

La lecture des livres indiens devait, en effet, conduire les astronomes arabes à recevoir ce mouvement alternatif plutôt que la révolution, de sens invariable, qu'avaient adoptée Hipparque et Ptolémée.

Les astronomes indiens paraissent avoir connu, tout d'abord, le mouvement

⁹⁶ Reinaud, *Mémoire géographique, historique et scientifique sur l'Inde, antérieurement au milieu du XI^e siècle de l'ère chrétienne, d'après les écrivains arabes, persans et chinois*, p. 319.

de précession de sens invariable que leur avaient révélé les écrits des Grecs⁹⁷, ceux d'Hipparque ou ceux de Ptolémée; mais, bientôt, ils abandonnèrent cette doctrine pour attribuer à la sphère des étoiles fixes un mouvement oscillatoire.

Dans sa toute première rédaction, le *Soûrya-Siddhânta* ne tenait peut-être aucun compte du phénomène de la précession des équinoxes⁹⁸. En tout cas, une rédaction ancienne ne connaissait qu'une précession de marche uniforme, dont la mention se trouve conservée en deux passages du traité⁹⁹; elle y est évaluée grossièrement et en nombres ronds à un degré en 60 ans.

La théorie de la marche oscillatoire de la sphère céleste a été introduite, après coup, en deux distiques du *Soûrya-Siddhânta*, lors de la rédaction définitive de l'ouvrage¹⁰⁰; cette rédaction qui est certainement antérieure à l'an 500, date vraisemblablement du IV^e siècle de notre ère.

Tout en adoptant la théorie des astrologues grecs postérieurs à Hipparque, le *Soûrya-Siddhânta* apporte diverses modifications aux constantes du mouvement oscillatoire.

Pour les astrologues grecs, le centre du mouvement oscillatoire était l'étoile μ des Poissons; le traité indien suppose¹⁰¹ que le mouvement s'effectue de part et d'autre de l'étoile ζ de la même constellation.

Les astrologues grecs s'étaient bornés à attribuer à la sphère céleste une oscillation de 8° de part et d'autre de la position moyenne; une oscillation d'aussi faible amplitude ne pouvait expliquer¹⁰² l'énorme déplacement que les points équinoxiaux avaient subi depuis l'époque reculée où les Indiens avaient commencé de dresser des calendriers; ce déplacement approchait de 25°. Le *Soûrya-Siddhânta* donna¹⁰³ à la sphère des étoiles fixes une oscillation de 27° de part et d'autre de la position moyenne, en sorte que l'amplitude totale de l'oscillation fût de 54°.

Pendant un kalpa de 4.320.000.000 d'années, le *Soûrya-Siddhânta* compte¹⁰⁴

⁹⁷ Toutes les connaissances des Indiens sur la précession des équinoxes leur viennent de la Science hellénique (Th. Henri Martin. *Mémoire sur cette question: La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque?* ch. VI, 1 à 4 pp. 150-178) — Les renseignements qu'on va lire, touchant la théorie de la précession des équinoxes chez les Indiens, sont empruntés à ce même mémoire, ch. VI, 5, pp. 579-588.

⁹⁸ *The Soûrya-Siddhânta* translated by Burgess with notes of Whitney; New-Hawen, Connecticut, 1860. — Opinion soutenue par M. Whitney, pp. 100-105.

⁹⁹ *Soûrya-Siddhânta*, III, 9 et XII, 89. — Cf. Th. H. Martin, *loc. cit.*, pp. 180-181.

¹⁰⁰ *Soûrya-Siddhânta*, III, 10-12.

¹⁰¹ *Soûrya-Siddhânta*, note de M. Whitney, p. 211.

¹⁰² Th. H. Martin, *loc. cit.*, pp. 181-182.

¹⁰³ *Soûrya-Siddhânta*, III, 9-12; notes de M. Whitney, pp. 100-105.

¹⁰⁴ *Soûrya-Siddhânta*, III, 9-12; Th. H. Martin, *loc. cit.*; p. 185, particulièrement la note 1 au

600.000 oscillations doubles. Il admet, d'ailleurs, comme l'avaient fait les astrologues grecs, qu'en ce mouvement oscillatoire de la sphère des étoiles fixes, la vitesse angulaire garde cependant une valeur absolue invariable. D'après ce que nous venons de dire, cette vitesse est de 54" par an ou d'un degré et demi par siècle.

Au VI^e siècle, Varâha-Mihira semble avoir adopté le système de l'accès et du recès tel que le propose le *Soûrya-Siddhânta*; ce même système, et sous cette même forme, a été accepté, à la fin du XI^e siècle, par Çatânanda¹⁰⁵.

D'autres astronomes, tout en admettant également l'hypothèse du mouvement alternatif des étoiles fixes, définissaient autrement que le *Soûrya-Siddhânta* les constantes de ce mouvement. Aryabhata, dans l'*Aryâchtaçala*, et l'auteur du *Pârâçari-Sanhitâ* font osciller¹⁰⁶ la huitième sphère de 24° de part et d'autre de sa position moyenne, ce qui donne à l'oscillation totale une amplitude de 48°; ils admettent l'un et l'autre que chacune des deux rotations de sens contraire se fait avec une vitesse angulaire constante; mais ils diffèrent au sujet de la valeur de cette vitesse: Aryabhata compte 578.159 oscillations doubles (de 96°) par *kalpa* de 4.354.560.000 années sidérales, ce qui donne une marche de 45" 52" par an; selon le *Pârâçari-Sanhitâ*, durant un *kalpa*, qui est sans doute évalué, comme en la plupart des traités indiens, à 4.320.000.000 années, il se produit 581.709 oscillations doubles, ce qui correspond à un déplacement de 46" 22" par an.

Tandis qu'à partir du IV^e siècle de notre ère, une foule d'astronomes indiens adoptent l'hypothèse de l'accès et du recès, quelques-uns demeurent fidèles à l'hypothèse, introduite par Hipparque, préconisée par Ptolémée, d'une précession invariablement dirigée d'Occident en Orient; mais ceux-ci sont bien rares.

Parmi eux, on cite¹⁰⁷ Vichnou-Tchandra, qui est antérieur à Brahma-Goupta, et qui vivait probablement au VI^e siècle de notre ère. Après lui, nous ne trouvons guère que Moundjala qui vivait, au X^e siècle, et Bhâscara, qui vivait au XII^e siècle.

Moundjala et Bhâscara comptent¹⁰⁸ 199.669 révolutions complètes des points équinoxiaux par *kalpa* de 4.320.000.000 années, ce qui donne une précession de 59" 54" par an. Dans son traité *Carana-Goutoûahala*, Bhâscara porte la rotation de la huitième sphère à 1' par an.

Mais Moundjala et Bhâscara n'appartiennent plus à l'époque où la Science in-

bas de la page.

¹⁰⁵ Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 185.

¹⁰⁶ Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 184.

¹⁰⁷ Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 180.

¹⁰⁸ Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 185.

dienne, transplantation de l'Astronomie hellénique, exerçait son influence sur la Science arabe; au temps de Bhâscara, l'Astronomie de l'Islam a déjà commencé de répandre ses enseignements chez les brahmanes.

Durant la période où la Science naissante de l'Islam puise largement aux sources indiennes, les astronomes indiens sont presque unanimes à prôner le système de l'accès et du recès emprunté aux astrologues alexandrins; seulement, ils varient beaucoup dans les évaluations nouvelles qu'ils ont proposées pour les constantes de ce mouvement. Les Arabes devaient donc être tentés, comme l'est Habasch, de reprendre purement et simplement le système décrit par Théon d'Alexandrie.

Les influences indiennes allaient, dans les contrées soumises à l'islam, rencontrer des adversaires. C'est sans doute à l'un de ses adversaires qu'il faut attribuer un écrit, d'origine assurément arabe, que le moyen âge chrétien a pris pour une œuvre d'Aristote, et que les versions latines intitulent *De elementis* ou : *De proprietatibus elementorum*¹⁰⁹.

L'auteur du *De elementis* nous dit¹¹⁰ que « parmi les auteurs de traités, certains croient que la mer a changé de place à la surface de la sphère terrestre, en sorte qu'il n'est pas de lieu, sur la terre ferme, qui n'ait été autrefois au fond de la mer ». Comme le traité des *Météores* d'Aristote dont, visiblement, il s'inspire en maint endroit, l'auteur du *De elementis* rejette cette supposition, et, pour la convaincre d'erreur, voici quelle est son argumentation.

S'il y avait échange périodique entre les océans et les continents, cette alternative régulière suivrait le cours de l'un des phénomènes périodiques que les astres nous présentent. Or ces phénomènes, même les plus lents, entraîneraient un déplacement si rapide des rivages, que l'histoire nous apporterait des témoignages de ce déplacement.

Cela est évident de la révolution de la Lune qui parcourt le Zodiaque en vingt-huit jours, des révolutions de Mercure ou de Vénus qui ne durent, selon notre auteur, que dix mois; de la révolution du Soleil qui entraînerait dans la disposition des terres et des mers une permutation annuelle; mais cela ne l'est pas moins des conjonctions planétaires dont les plus rares se reproduisent cependant au bout de quelques siècles.

¹⁰⁹ Nous citons cet apocryphe d'après l'édition des Œuvres d'Aristote qui porte ce colophon : *Imprssum (sic) est praesens opus Venetiis per Gregorium de Gregoriis expensis Benedicti Fontanae, Anno salutifere incarnationis Domini nostri MCCCCXCVI Die vero XIII Julii. En cette édition, le Liber de proprietatibus elementorum se trouve du fol. 464, verso, au fol. 469, verso.*

¹¹⁰ *Liber de proprietatibus elementorum*, éd. cit. fol. 466 (marqué par erreur 366), v^o.

Le *Liber de proprietatibus elementorum* termine son énumération par le plus lent de tous les phénomènes célestes¹¹¹.

« Ou bien ce phénomène se produirait par suite du changement de l'orbe des étoiles fixes ; mais cet orbe se déplace d'un degré tous les cent ans ; la permutation considérée serait alors consommée en 36.000 ans ; c'est là la dernière ressource des auteurs qui admettent le retour périodique de la mer ; et c'est, en effet, l'avis qu'ils proposent.

» Or nous avons trouvé par raisonnement géométrique et par une opération de mesure que la circonférence de la terre était de 34.000 milles ; telle est la révolution que la terre ferme [et la mer] accompliraient en 36.000 ans. On trouverait donc, dans les villes qui sont voisines de la mer, que la mer s'approcherait d'elles [avec cette vitesse]. Ainsi en serait-il pour la ville d'Arin¹¹², pour la ville de Medeenel, pour la ville de Serendid¹¹³ et pour les îles de l'Or ; ces villes-là sont sur la mer de l'Inde. Il en serait de même des cités qui sont sur la mer Alepila et de la ville d'Agemon qui est sur la mer de Lamén¹¹⁴ ; il en serait de même de l'Égypte et d'Alexandrie qui sont entre la mer Rouge et la mer d'Assem¹¹⁵ ; il en serait de même des villes de Rome, de Byzance et de beaucoup d'autres villes dont l'histoire remonte loin dans le passé.

» Or nous ne voyons pas que la mer ait jamais été plus proche ou plus éloignée de ces villes qu'elle ne l'est aujourd'hui ; rien de ce qui nous est parvenu de nos ancêtres dans les histoires des royaumes, rien de ce que nous avons des traités des savants qui ont écrit sur la mer et les pluies, ne nous montre que la mer ait été autrefois plus rapprochée ou plus éloignée de ces villes qu'elle n'est aujourd'hui. Ce que nous avons dit en ce traité entraîne donc la destruction manifeste et complète de la théorie qui supposait le changement de lieu de la mer à la surface de la terre ; l'erreur de ceux qui croyaient à ce changement est en évidence. »

L'auteur du *De proprietatibus elementorum* attribue à la précession des équinoxes la durée que lui a attribuée Ptolémée, et non pas la période beaucoup plus

¹¹¹ *Liber de proprietatibus elementorum*, éd. cit., fol. 467 (marqué par erreur 367), recto et verso.

¹¹² Arin est le nom donné par les Arabes à l'antique ville indienne d'Oudjayanî ou Odjein, dans le Malva. Albyrouny dit : « Les astronomes ont fait correspondre la ville d'Odjein avec le lieu qui, dans le tableau des villes inséré aux tables astronomiques, a reçu le nom d'Arin, et qui est supposé sur le bord de la mer. Mais entre Odjein et la mer, il y a près de cent yodjanas. » (Reinaud, *Mémoire sur l'Inde*, p. 379). Au sujet d'Arin, v. ce *Mémoire*, pp. 397-399.

¹¹³ Serendyb, altération de Sinhala-dorûdpa (île du Lion), est le nom donné par les voyageurs arabes à l'île de Ceylan (Reinaud, *loc. cit.*, p. 201 et p. 227).

¹¹⁴ Lamén est le nom de l'Arabie ; la mer de Lamén est la mer Rouge.

¹¹⁵ La mer d'Assem est le nom arabe de la Méditerranée.

courte qu'Al Battani proposera de lui donner. De l'hypothèse d'Al Battani, il ne dit pas un mot. Il est permis de supposer, d'après cela, qu'il écrivait avant cet auteur, c'est-à-dire, au plus tard, au début du X^e siècle.

Or, avant d'exposer la loi du mouvement des étoiles fixes qu'il adopte après Ptolémée, le Pseudo-Aristote écrivait ceci : « Ou bien le phénomène en question est une conséquence de celui qu'enseignent les auteurs *Atalasimet* : L'orbe des signes a un mouvement d'accès de sept degrés suivi d'un recès de huit degrés ; par ce mouvement, il parcourt un degré tous les 80 ans. Le phénomène en question se reproduit donc tous les six cent quarante-trente-trois ans. Ici je doute et cite cette opinion à titre d'exemple. »

Ce texte porte des marques non douteuses d'altération ; la plus frappante est fournie par les mots dénués de sens.

Albert le Grand, qui a commenté le *De proprietatibus elementorum*, les réduit à ceux-ci¹¹⁶ : « *In 640 annis.* » Le mouvement se faisant à raison d'un degré en 80 ans, cette durée est celle que requiert un mouvement de 8°, et non l'oscillation complète, qui était cependant le phénomène visé par le livre du Pseudo-Aristote.

Albert attribue l'hypothèse qu'il examine « aux auteurs d'*Altasimec*, c'est-à-dire *Des images des signes* ». Partant, ces auteurs du livre *Atalasimet* ou *Altasimec* ne peuvent être que ces *auctores primi facientes imagines secundum Astronomiam Altasimec* dont nous a parlé Masciallah. Comme ce dernier les place avant Ptolémée, nous sommes amenés à supposer que ce sont les *παλαιοὶ ἀποτελεσματικοί* (*palaioi apostelesmatikoi*) : les anciens astrologues cités par Théon d'Alexandrie.

Dès lors, il semble naturel d'user du texte de Théon pour corriger le texte, visiblement fautif, du *De proprietatibus elementorum* ; d'admettre qu'en celui-ci, le mouvement d'accès et le mouvement de recès devraient être tous deux de 8° ; de supposer enfin qu'une faute de copiste a pu seule réduire à 7° l'amplitude du mouvement d'accès.

Ce n'est pas ainsi qu'Albert le Grand a compris l'hypothèse exposée par le *De proprietatibus elementorum* ; « Les auteurs d'*Altasimec*, dit-il, ... prétendent que la tête du Bélier s'écarte de l'équateur, tantôt vers le midi et tantôt vers le nord, sur un cercle dont les anciens ont évalué le diamètre à 15° ; de ces 15°, 7° correspondent au mouvement d'accès vers le nord, c'est-à-dire vers nous, tandis que 8° correspondent au mouvement de recès qui s'éloigne de nous vers le midi ; selon ces auteurs, le centre du petit cercle sur lequel se meut la tête du Bélier n'est pas

¹¹⁶ B. Alberti Magni *Liber de causis proprietarum elementorum*, lib. I, tract, II, cap. III.

sur l'équateur, mais il se trouve à un demi-degré au sud de l'équateur ; ... le mouvement de ce cercle est d'un degré en 80 ans ; ... le phénomène qui en résulte devrait s'accomplir en 640 ans. »

Doit-on croire qu'Albert le Grand possédait le texte qu'il nomme *Altasimec* et qu'il en a extrait cet exposé, où l'on peut, d'ailleurs, relever plus d'une contradiction ? N'est-il pas plus vraisemblable que cet exposé n'est qu'une interprétation des obscurités du *De propriatibus elementorum*, interprétation malencontreusement guidée par une théorie bien distincte de celle qu'avait visée le Pseudo-Aristote, par la théorie de Thâbit ben Kourrab, à laquelle Albert fait, d'ailleurs, allusion en ce passage ?

Il nous semble qu'un mélange tout semblable d'opinions inspirées par les doctrines attribuées à Thâbit vient fausser un autre exposé de l'ancienne théorie de l'accès et du recès. Cet exposé se trouve dans un livre¹¹⁷ composé, pendant la première moitié du XII^e siècle, par un juif espagnol, Rabbi Abraham bar Hiyya. « Les sages de l'Inde, dit Abraham bar Hiyya, tous les habitants des pays latins, et les plus anciens parmi les savants chaldéens n'ont pas eu, au sujet des étoiles fixes, d'autre opinion que celle-ci : Les étoiles ne parcourent pas tout le ciel ; elles parcourent seulement huit degrés du Zodiaque, tantôt en avant et tantôt en arrière, d'abord vers l'Orient, puis vers l'Occident. Selon eux, la cause de ce mouvement est la suivante : Le pôle de l'Écliptique tourne de l'Orient vers l'Occident suivant un petit cercle ayant pour diamètre 8° du Zodiaque. Ce pôle parcourt le cercle en question en 1.600 ans. Certains savants ont cru que le mouvement circulaire du pôle obligeait les étoiles fixes à parcourir tout le Ciel, parce que ce secret ne leur avait pas été manifesté et qu'ils ignoraient le mouvement du pôle de l'Écliptique, grâce auquel les étoiles fixes se meuvent d'Occident en Orient pendant 800 ans, pour rétrograder ensuite vers leur première position, c'est-à-dire vers l'Occident, et reprendre leur situation primitive au bout de 1.600 ans. »

Il est clair qu'Abraham bar Hiyya ne nous rapporte là l'exacte opinion d'aucun astronome ; ce qu'il nous présente n'est qu'un mélange confus où l'on peut démêler les réminiscences de trois théories distinctes : L'opinion des anciens astrologues, qui imprime aux étoiles un accès de 8° suivi d'un recès du même nombre de degrés ; l'opinion de Ptolémée qui attribuait au mouvement de précession une vitesse de 1° en cent ans ; enfin l'opinion, beaucoup plus récente, que nous

¹¹⁷ *Sphaera mundi auctore RABBI ABRAHAMO HISPANO FILIO R. HAIJAE*. OSW. SCHRECKEFUCHSIUS *vertit in linguam Latinam*. SEB. MUNSTERUS *illustravit annotationibus* ; Basileae, 1546 ; Cap. X, pp. 192-200 du texte hébreu. La traduction latine de ce passage manque. Nous l'empruntons à une note de M. Nallino in AL BATTANI *Opus astronomicum*, Mediolani, 1903 ; pars I, p. 302.

verrons attribuer à Thâbit, où se rencontre un tel petit cercle de diamètre un peu supérieur à 8° .

Si cette interprétation des dires d'Albert le Grand et d'Abraham bar Hiyya est exacte, les Arabes qui ont vécu au temps d'Al Mamoun ou peu après ce khalife, n'auraient connu qu'une seule théorie de l'accès et du recès, celle qu'avait mentionnée Théon d'Alexandrie. C'est en effet, nous l'allons voir, la seule à laquelle Al Battani fasse allusion.

Le grand ouvrage astronomique d'Al Battani renferme un chapitre, le cinquante-deuxième¹¹⁸, qui importe extrêmement à l'histoire de l'hypothèse de la trépidation.

Ce chapitre a pour objet, nous dit le titre, de faire connaître « ce que prétendent les astronomes, à savoir que la sphère céleste a un mouvement tantôt direct et tantôt rétrograde, et de montrer que cet avis est manifestement erroné ».

Al Battani s'y exprime en ces termes: « Ptolémée nous conte, dans son livre, que des astrologues ont attribué à la sphère céleste un mouvement lent, qui parcourt 1° en quatre-vingts ans; qu'ils ont prétendu que ce mouvement se poursuivait dans le sens direct jusqu'à 8° , et qu'il rétrogradait ensuite. Ils voulaient signifier par là que ce mouvement parcourait 8° de l'Écliptique, de l'Occident vers l'Orient, comme le fait le mouvement des étoiles errantes¹¹⁹; puis, qu'il décrivait de nouveau 8° en un sens contraire du précédent, c'est-à-dire de l'Orient vers l'Occident. S'il en est ainsi, celui de ces deux mouvements qui va de l'Occident vers l'Orient doit procéder du mouvement des étoiles fixes; mais cela ne peut se faire, à moins que [l'orbe des étoiles fixes] ne soit poussé par un autre corps ou que les étoiles fixes ne se meuvent elles-mêmes en cet orbe, car un même corps ne peut être simultanément doué de deux mouvements en sens opposés.

Ces astrologues prétendaient donc que le mouvement progressif avait pris fin 128 années égyptiennes avant le règne d'Auguste, c'est-à-dire en l'an 166 de l'ère d'Alexandre de Macédoine; à partir de cette année-là, il fallait, tous les 80 ans, retrancher un degré jusqu'à ce qu'on ait atteint la limite de 8° ; le reste devait être ajouté au mouvement direct des étoiles; 8° se trouvant de nouveau parcourus de la sorte, ce qui surpassait 8° devait être ajouté à la longitude jusqu'à ce qu'on ait épuisé 8° ; puis on devait revenir à la précédente opération. »

On reconnaît sans peine, en ce passage, non pas ce qui se lit au livre de Pto-

¹¹⁸ Al Battani sive Albatanii *Opus astronomicum*, latine versum, adnotationibus instructum Carolo Alphonso Nallino; pars prima; Mediolani Insubrum, 1903; pp. 126-128.

¹¹⁹ Le texte porte: « Comme le fait le mouvement des étoiles fixes. — *Ut est motus stellarum fixarum.* » Il nous semble qu'il y a là une erreur, et que cette erreur doit être corrigée comme nous l'avons fait, si l'on veut donner un sens net au raisonnement qui suit.

lémée, comme Al Battani le dit par une erreur évidente, mais ce que Théon d'Alexandrie nous a conté dans son *Commentaire aux tables manuelles*.

Al Battani remarque fort justement qu'une semblable hypothèse pouvait peut-être se défendre alors que les observations astronomiques n'embrassaient qu'un petit nombre de siècles; mais qu'à l'époque où il écrivait, on ne pouvait plus soutenir que le déplacement apparent des points équinoxiaux changeât de sens tous les 840 ans. «Tous ces déplacements, dit-il, croissent depuis le temps de Nabonassar. Cette remarque réduit à néant tout ce que ces astrologues ont dit du nombre de degrés qui mesure l'amplitude de ce mouvement, et de son sens alternativement direct et rétrograde.»

Tout en rejetant l'hypothèse de l'accès et du recès, il s'en faut bien qu'Al Battani regarde comme entièrement fondée, et exempte de difficulté, la théorie de la précession que Ptolémée a formulée.

«Cet accroissement, dit-il, s'accélère ou se retarde sans que nous lui voyions suivre aucune loi. En effet, en 300 ans environ, Ptolémée ajoute un seul jour à la détermination d'Hipparque; et nous, 750 ans plus tard environ, nous ajoutons à peu près quatre jours et demi à la détermination de Ptolémée, en sus du jour qu'il avait ajouté à celle d'Hipparque.

» Cela peut provenir des erreurs qui se sont glissées par l'intermédiaire d'instruments mal divisés ou que le temps avait faussés; alors, ces erreurs altèrent aussi, après un laps de temps prolongé, nos propres observations; car ce que nous avons mesuré dans nos observations, nous l'avons rapporté à ces anciennes déterminations.

» Cela peut provenir, au contraire, de quelque mouvement de la sphère céleste, mouvement dont, pas plus que nos prédécesseurs, nous ne savons ni quel il est, ni s'il est; dans ce cas, pour découvrir la vérité, il faut faire des observations d'une manière continue, et corriger les anciennes déterminations au moyen de celles qui auront été obtenues ultérieurement, de même que ceux qui sont venus avant nous ont corrigé les observations de leurs prédécesseurs.

» Voici, du moins, l'opinion que nous pouvons adopter à juste titre, d'après les observations déjà faites: Ptolémée, d'après ce qu'on avait fait avant lui et d'après ses propres observations, avait déclaré que ce mouvement atteignait 1° en cent ans. Mais entre les observations de ses prédécesseurs et les siennes, le temps écoulé, qui était de 200 ans, était trop court pour qu'il fût possible de connaître exactement la variation produite par ce mouvement. Au contraire, entre l'époque de Ptolémée et nos observations, il s'est écoulé un long espace de temps; aussi avons-nous trouvé que ce mouvement était plus rapide et qu'il parcourait 1° en 66 années solaires.»

Ptolémée avait cru le mouvement de précession trop lent ; Al Battani lui attribue une trop grande rapidité. La grandeur qu'il suppose à ce mouvement avait, d'ailleurs, été proposée avant lui par d'autres astronomes arabes.

As Soufi¹²⁰, qui mourut en l'an 986 de notre ère, nous apprend que les astronomes d'Al Mamoun pensaient déjà que le mouvement de précession atteignait 1° en 66 ans. Habaseb et les fils de Mousa ben Shakir ont également adopté cette évaluation¹²¹. Dans cette évaluation, il nous faut voir, sans doute, une nouvelle marque de l'influence exercée par l'Astronomie indienne sur l'Astronomie musulmane.

¹²⁰ Description des étoiles fixes composée au milieu du dixième siècle de notre ère par Abd-Al-Rahman As Sufi ; traduction littérale avec des notes par H. C. F. C. Schjellerup, Saint-Petersbourg, 1874 p. 33 et p. 42.

¹²¹ Al Battani *Opus astronomicum*, éd. Nallino, t. I, p. 292 (note de M. Nallino).

VII
DE LA THÉORIE PAR LAQUELLE PTOLÉMÉE
EXPLIQUE LES MOUVEMENTS DE L'ÉPICYCLE
PAR RAPPORT À L'EXCENTRIQUE

Les astronomes arabes, comme les astronomes hellènes, éprouvaient une répugnance bien légitime à donner au ciel des étoiles fixes le mouvement imaginé par les *anciens astrologues*; ce mouvement uniforme d'accès, suivi d'un mouvement de recès également uniforme, heurtait le sentiment de la continuité qui avait inspiré toutes les autres hypothèses astronomiques.

Cette répugnance devait naturellement prendre fin lorsqu'un géomètre donnerait à ce mouvement oscillatoire une forme d'où tout changement brusque de vitesse se trouverait exclu; de ce jour daterait la faveur qui devait s'attacher, pendant plusieurs siècles, au mouvement de trépidation.

Cette réforme de la théorie de l'accès et du recès va être, si nous en croyons une tradition que nous discuterons plus loin, l'œuvre de Thâbit ben Kourrah. Mais, pour accomplir cette œuvre, Thâbit n'aura pas à faire grand effort d'imagination; il lui suffira de transporter, de toutes pièces, aux oscillations de l'Écliptique, une supposition que Ptolémée avait inventée pour rendre compte du balancement des épicycles des planètes. En cette circonstance, comme en tant d'autres, la Science islamique ne fera que copier la Science hellène.

La théorie qui va nous retenir est exposée au XIII^e et dernier livre de la *Syntaxe mathématique* de Ptolémée; elle occupe les deux premiers chapitres de ce livre; pour les deux planètes inférieures, Vénus et Mercure, elle revêt une forme un peu plus compliquée que pour les trois planètes supérieures; exposons donc, tout d'abord, les hypothèses qui concernent Mars, Jupiter et Saturne.

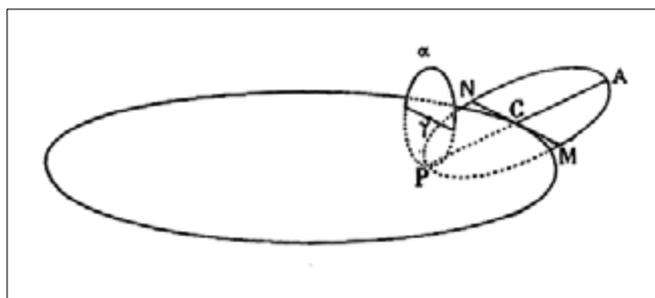
De même que le plan de l'excentrique de l'une quelconque des trois planètes supérieures est incliné d'un petit nombre de degrés sur le plan de l'Écliptique, de même le plan de l'épicycle s'incline sur le plan de l'excentrique d'un nombre de degrés encore plus petit.

L'inclinaison de l'épicycle sur l'excentrique n'est pas fixe, mais constamment

variable¹²²; la variation de cette inclinaison est périodique et sa période est égale à la durée de révolution du centre de l'épicycle sur l'excentrique.

Au moment où le centre de l'épicycle passe au nœud ascendant, le plan de l'épicycle se trouve confondu avec le plan de l'excentrique; il s'incline ensuite sur ce dernier plan, et cette inclinaison croit jusqu'à une certaine limite supérieure qu'elle atteint au moment où le centre de l'épicycle est apogée; l'inclinaison diminue alors, pour devenir nulle au moment où le centre de l'épicycle franchit le nœud descendant; elle croit de nouveau, mais en sens contraire, jusqu'à une valeur absolue maximum, égale à celle qu'elle avait déjà atteinte; elle parvient à ce maximum, de sens contraire au premier, au moment où le centre de l'épicycle est périgée; à partir de ce moment, le plan de l'épicycle se rapproche du plan de l'excentrique.

Ce mouvement d'oscillation choquerait les idées astronomiques et mécaniques de Ptolémée s'il ne le faisait dépendre de quelque mouvement circulaire: et voici comment il y parvient.



Le mouvement d'oscillation selon Ptolémée

Prenons l'épicycle alors que son centre C se trouve en l'apogée de l'excentrique; c'est à ce moment que l'inclinaison du plan de l'épicycle sur le plan de l'excentrique a sa plus grande valeur; l'intersection de ces deux plans trace, dans l'épicycle, un diamètre MN qui est tangent à l'excentrique; la ligne de plus grande pente trace alors, dans l'épicycle, un diamètre AP que l'on marquera afin de le reconnaître dans toutes les positions que l'épicycle viendra occuper, et auquel Ptolémée donne le nom de *diamètre apogée*; l'*extrémité apogée* A de ce diamètre

¹²² *Syntaxe mathématique* de Claude Ptolémée, livre XIII, ch. III; trad. Halma, t. II, pp. 371-375. — Paul Tannery (*Recherches sur l'Histoire de l'Astronomie ancienne*, ch. XIV, 5, pp. 247-248) résume cette théorie sous la forme que Ptolémée lui a ultérieurement donnée dans ses *Hypothèses*, et non pas sous la forme dont il l'avait revêtue dans l'*Almageste*.

est celle qui se trouve, en la position que nous avons figurée, le plus loin du centre de l'excentrique; l'autre extrémité P est *l'extrémité périgée*.

Ptolémée imagine que l'extrémité périgée soit fixée à la circonférence d'un petit cercle α dont le centre γ se trouve dans le plan de l'excentrique, et dont le plan est normal à ce même plan de l'excentrique; il est clair par raison de symétrie que, dans la position que nous avons figurée, l'intersection du plan du cercle avec le plan de l'excentrique doit être parallèle à la ligne MN.

Ce petit cercle accompagne le centre de l'épicycle dans son mouvement sur l'excentrique; en d'autres termes, son centre γ décrit un cercle de même centre que l'excentrique, de telle sorte que les deux points C et γ se trouvent constamment sur un même rayon issu de ce centre; l'intersection du plan du cercle α avec le plan de l'excentrique est toujours normale à ce même rayon.

En même temps, l'extrémité périgée P de l'épicycle décrit ce cercle α . Le diamètre MN demeure constamment dans le plan de l'excentrique: il est donc parallèle au plan de l'Écliptique lorsque le centre de l'épicycle est apogée ou périgée, ou lorsque ce centre passe par un nœud: entre ces quatre positions, il présente, sur l'Écliptique, des inclinaisons variables, mais toujours fort petites.

Le mouvement de l'extrémité périgée P sur le petit cercle α n'est pas un mouvement uniforme; il varie suivant la même loi que le mouvement du centre C de l'épicycle sur l'excentrique, loi qui dépend de la position du centre de l'équant.

Telle est la combinaison cinématique par laquelle Ptolémée rend compte des oscillations que le plan de l'épicycle éprouve de part et d'autre du plan de l'excentrique, du moins pour les trois planètes supérieures.

Vénus et Mercure l'obligent à recourir à des hypothèses plus compliquées. Pour chacune de ces deux planètes, le grand astronome d'Alexandrie décompose en deux autres mouvements l'oscillation que le plan de l'épicycle éprouve de part et d'autre du plan de l'excentrique.

Le premier mouvement est, comme celui que nous venons de décrire, commandé par une circulation de l'extrémité périgée sur un petit cercle normal au plan de l'excentrique. Il ne diffère du mouvement propre aux trois planètes supérieures qu'en un seul point; l'inclinaison de l'épicycle sur l'excentrique est nulle au moment où le centre de l'excentrique est apogée ou périgée.

Le second mouvement dépend d'une circulation toute semblable du point M sur un petit cercle; mais le plan de ce nouveau petit cercle est normal à la fois au plan de l'excentrique et au plan du petit cercle précédent. Durant cette circulation, le diamètre apogée de l'épicycle balaye constamment le plan de l'excentrique. Enfin, l'inclinaison est nulle au moment où le centre de l'épicycle passe par un nœud.

Ptolémée redoutait, sans doute, que la complication de ces hypothèses ne rebutât les philosophes de la Nature; d'avance, il s'efforçait de lutter contre leur aversion: « Qu'on n'objecte pas à ces hypothèses, disait-il, qu'elles sont trop difficiles à saisir, à cause de la complication des moyens que nous employons... Il faut, autant qu'on peut, adapter les hypothèses les plus simples aux mouvements célestes; mais si cela ne réussit pas, il faut choisir celles qui sont acceptables. En effet, si chacun des mouvements apparents se trouve sauvé à titre de conséquence des hypothèses, à qui donc, encore, semblerait-il étonnant, que, de ces mouvements compliqués, puissent résulter les mouvements des corps célestes?... Tant que nous les considérons dans ces représentations construites par nous, nous trouvons pénibles la composition et la succession des divers mouvements; les agencer de telle manière que chacun d'eux puisse s'effectuer librement nous paraît une tâche difficile. Mais si nous examinons ce qui se passe dans le ciel, nous ne sommes plus du tout entravés par un semblable mélange de mouvements. »

En dépit de ces réflexions, la théorie que nous venons de rapporter parut certainement trop compliquée à Ptolémée lui-même, car il en imagina une autre, beaucoup plus simple.

Selon cette nouvelle hypothèse¹²³, chacune des planètes possède une *sphère épicycle*.

Cette sphère, dont le centre se trouve sur l'excentrique, est coupée par le plan de l'excentrique suivant un petit cercle, que Ptolémée nomme *roulette* (κύκλικος). Tandis que le centre de la sphère épicycle décrit l'excentrique, la roulette tourne sur elle-même en sens contraire, suivant la même loi, en entraînant avec elle la sphère épicycle. Pour parler un langage plus moderne, tandis que le centre de la sphère épicycle tourne, d'Occident en Orient, d'un certain angle autour du centre de l'excentrique, la sphère épicycle tourne d'Orient en Occident, du même angle, autour d'un axe mené, par son centre, normalement au plan de l'excentrique.

Le cercle épicycle est un grand cercle de la sphère épicycle, qui coupe la roulette sous un certain angle et lui demeure invariablement lié. Par l'effet des deux rotations égales et de sens contraires qui viennent d'être mentionnées, le plan du cercle épicycle garde, dans l'espace, une direction invariable. Sur ce cercle, toujours parallèle à lui-même, la planète se meut suivant une loi facile à déterminer.

Les *Hypothèses* de Ptolémée furent, sans doute, beaucoup moins lues que

¹²³ *Hypothèses et époques des planètes*, de C. Ptolémée, et *Hypotyposes* de Proclus Diadochus, traduites pour la première fois du grec en français par M. l'abbé Halma, Paris, 1820.

l'*Almageste*. En dépit donc de sa plus grande simplicité, la nouvelle théorie du mouvement du cercle épicycle ne supplanta pas celle qui l'avait précédée. Celle-ci continua d'être étudiée par les astronomes. Mais elle ne prit une place importante dans l'ensemble des hypothèses astronomiques que lorsqu'elle eut été détournée de son objet primitif et appliquée à un autre objet. L'inclinaison du plan de l'épicycle sur le plan de l'excentrique est, pour toutes les planètes, une quantité fort petite; Ptolémée a construit l'Astronomie de l'*Almageste* presque entière en faisant abstraction de cette inclinaison; on ne pouvait donc accorder une attention prolongée au mécanisme compliqué qui servait à rendre compte des variations de ce petit angle. Ce mécanisme, au contraire, piqua la curiosité de tous les astronomes dès que le *Liber de motu octavae sphaerae*, attribué à Thâbit ben Kourrah, l'eût emprunté à Ptolémée pour représenter le mouvement d'accès et recès de la sphère étoilée. Pendant de longs siècles, la combinaison que ce petit écrit avait tirée, toute formée, de l'*Almageste*, fut célébrée à l'égal des inventions les plus ingénieuses et les plus originales.

VIII

LA THÉORIE DU MOUVEMENT DE LA HUITIÈME SPHÈRE ATTRIBUÉE À THÂBIT BEN KOURRAH

Thâbit ben Kourrah ben Marwân ben Karayana ben Ibrahim ben Mariscos ben Salamanos (Abou al Hasan) al Harrani naquit en 836, à Harran, en Mésopotamie¹²⁴. Il fut d'abord changeur, puis se consacra à la Science. Il acquit, à Bagdad, une grande réputation de mathématicien et d'astronome, en même temps qu'il s'adonnait à l'étude de la langue grecque dont il parvint à faire usage aussi aisément que de l'Arabe et du Syriaque. Cette parfaite entente du Grec lui permit de traduire et de commenter les œuvres des princes de la Science hellène, d'Hippocrate, d'Aristote, d'Apollonius, d'Euclide, d'Archimède, de Ptolémée, d'Autolycus et de Théodose. Il produisit également un grand nombre d'œuvres originales en Arithmétique, en Géométrie, en Astrologie et en Médecine. On évalue à cent cinquante le nombre des traités qu'il a composés en langue arabe et à seize celui des livres qu'il a écrits en Syriaque.

Après un séjour de longue durée à Bagdad, il rejoignit Harran, sa ville natale. Là, des épreuves l'attendaient; il appartenait, en effet, à la secte des Sabians; comme il prétendait s'affranchir de certaines pratiques et de certaines doctrines, il fut excommunié par ses coreligionnaires. Il revint alors à Bagdad qu'il ne quitta plus. Le calife Almou' tadid (892-902) l'avait en grande considération et l'honorait de son commerce le plus intime. Thâbit ben Kourrah mourut à Bagdad le 18 février 901.

Parmi les écrits astronomiques qu'a composés le très docte Sabian, se trouvent quatre petits traités qui furent, de bonne heure, traduits en latin; de très nombreuses copies manuscrites les répandirent en la Chrétienté occidentale, où leur influence fut grande sur le développement de la Science des astres.

Ces quatre traités, qui sont souvent réunis dans un même manuscrit¹²⁵, ont, en latin, les titres suivants :

¹²⁴ Ferdinand Wüstenfeld, *Geschichte der Arabischen Aerzte und Naturforscher*, Göttingen, 1840; pp. 34-38.

¹²⁵ C'est le cas, par exemple, des mss. n° 7333 et n° 798 du fonds latin de la Bibliothèque nationale.

Liber Thebit de motu octave sphaerae;
Liber Thebit de iis quae indigent expositione antequam legatur Almagestum;
Liber Thebit de imaginatione spaerae et circulorum ejus diversorum;
Liber Thebit de quantitibus stellarum et planetarum.

C'est au premier de ces traités que se trouve exposée la théorie de l'accès et du recès, sous la forme qui va nous occuper.

Dans sa *Table Hakémite*, si féconde en renseignements pour l'histoire de l'Astronomie, Ibn Iounis nous a conservé¹²⁶ une épître que Thâbit adressait à Abou Iacoub Ishac ben Honein, en même temps qu'il lui faisait hommage d'un de ses traités astronomiques. Voici cette lettre :

« *Extrait du livre de Thâbit ben Kourrah à Ishac ben Honein :*

» La différence qui se trouve entre la Table de Ptolémée et la Table vérifiée est commune à tous les corps célestes. Cette uniformité n'a rien d'étonnant, et doit même nécessairement avoir lieu par la raison que ce qui arrive par rapport au Soleil entraîne nécessairement quelque chose de semblable par rapport à tous les corps célestes. En effet, le lieu de la Lune n'est déterminé que d'après les déterminations du lieu du Soleil. C'est sur les éclipses de Lune qu'est fondée principalement la théorie de la Lune, cette planète étant alors opposée au Soleil. Les autres lieux de la Lune ont également pour bases les lieux du Soleil. Il en est de même des étoiles fixes et des planètes qu'on détermine par le Soleil et la Lune. Ainsi il est vrai de dire que ce qui arrive par rapport au Soleil arrive aussi par rapport aux étoiles fixes, leur connaissance dépendant de celle du Soleil.

» La cause de cette erreur est obscure. Quelques auteurs, cités par Théon et autres, et qualifiés par Théon d'auteurs d'Astrologie judiciaire, ont pensé que le Zodiaque avait un mouvement par lequel il s'avavançait de 8°, et ensuite rétrogradait de la même quantité, et que ce mouvement était d'un degré en quatre-vingts ans. Ils ont fait sur cela un calcul d'où l'on conclut quelquefois quatre degrés en plus ou en moins ; et il faudrait, si la chose était comme ils la supposent, que les étoiles fixes parussent tantôt immobiles, et tantôt rétrogrades.

» Nous ne sommes pas en état maintenant de décider une pareille question ; elle le serait parfaitement si nous avions une observation de Soleil faite dans l'intervalle de Ptolémée à nous, et assez éloignée de notre temps ; si vous en trouvez une dans les auteurs grecs, qui soit indubitablement postérieure à Ptolémée, je vous prie de me la faire connaître, afin que je puisse porter sur cela un jugement certain. J'ajouterai que si ce point eût été décidé, j'en aurais traité ici ; mais il est encore obscur et ressemble beaucoup à une simple conjecture ; or ce livre ne

¹²⁶ Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakémite* (Notices et extraits, t. VII, pp. 114-118).

peut admettre, et je ne veux moi-même adopter rien qui ne soit assuré et hors de doute. Ce que j'ai dit au sujet des quantités que j'ajoute au calcul de Ptolémée, je ne l'ai communiqué à qui que ce soit, quoique plusieurs personnes me l'aient demandé, parce que ces quantités ne sont pas appuyées sur des bases solides, mais ont pour objet de représenter l'état actuel des choses jusqu'à ce qu'un nouveau lui succède. J'ai marqué cela sur quelques feuilles que j'ai jointes à ce livre, et je désire que vous m'en accusiez réception.»

Ces quelques feuilles sont-elles l'opuscule sur le mouvement de la huitième sphère qui est venu jusqu'à nous sous le nom de Thâbit ben Kourrah? Thâbit, prenant en sa théorie plus de confiance qu'il n'en marquait à son correspondant, l'a-t-il livrée lui-même à la publicité? Ishac ben Honein, qui survécut à Thâbit¹²⁷ l'a-t-il fait connaître après la mort de l'auteur? Autant de questions auxquelles aucun document ne nous fournit de réponse¹²⁸.

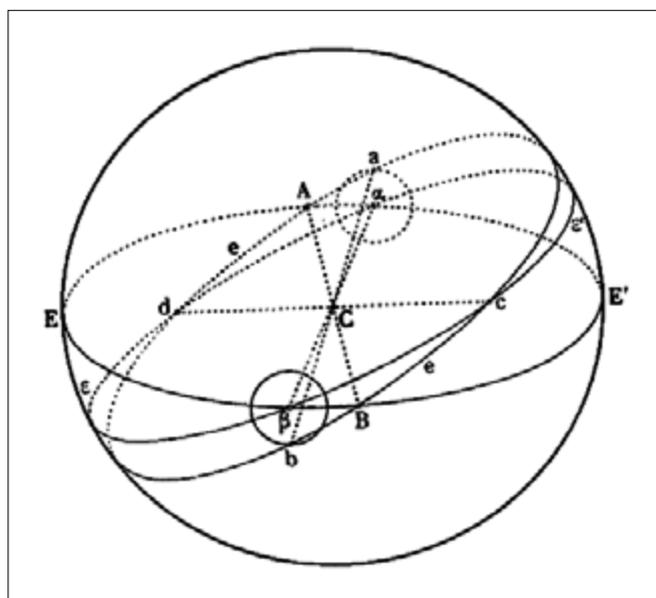
Sans chercher à résoudre des problèmes insolubles, parcourons rapidement le *Liber de motu octavae sphaerae*. Cet écrit n'a jamais été imprimé¹²⁹, mais les exemplaires manuscrits en sont extrêmement répandus.

Thâbit considère, tout d'abord, une sphère sans astre, le *firmament*, qu'anime le seul mouvement diurne; il mène, par le centre C de cette sphère (fig. 6), un premier plan qui la coupe selon l'équateur EE', et un second plan, invariablement lié à cette sphère; ce dernier plan trace, sur la sphère, l'*écliptique fixe* εε'; l'écliptique fixe coupe l'équateur en deux points α, β qu'on pourra nommer les *points équinoxiaux fixes* ou encore la *tête du Bélier fixe* et la *tête de la Balance fixe*. L'angle que le plan de l'écliptique fixe fait avec le plan de l'équateur a pour valeur 23° 30''.

¹²⁷ Ishac ben Honein est mort en novembre 910 ou 911 (Cf. Wüstenfeld, *Op. laud.*, p. 29).

¹²⁸ Delambre (*Histoire de l'Astronomie du moyen âge*, p. 82), après avoir rappelé que, selon le *De motu octavae sphaerae*, la tête du Bélier et la tête de la Balance décrivent autour de deux centres fixes deux petits cercles dont le rayon vaut 4° 18' 43'', ajoute: «Ce qui prouve que cette détermination donnée par Thâbit dans son opuscule est postérieure à sa lettre, c'est qu'il ne parlait d'abord que de 4° en gros, et que dans son traité, il dit 4° 18' 43'' ce qui annonce un travail plus soigné.» Mais dans la lettre adressée à Ishac ben Honein, le nombre 4° n'a nullement trait au rayon commun des petits cercles que les têtes du Bélier et de la Balance décrivent selon la théorie de Thâbit; il a trait aux écarts entre les diverses déterminations de l'accès et du recès proposées avant Thâbit.

¹²⁹ Vers 1480, selon Houzeau et Lancaster il en aurait été donné une édition qui ne porte ni nom d'auteur ni indication typographique d'aucune sorte (Cf. Houzeau et Lancaster, *Bibliographie générale de l'Astronomie*, t. I. p. 466). Mais M. Nallino a reconnu que l'opuscule mentionné par les deux auteurs belges n'avait rien de commun avec le *Liber de motu octavae sphaerae*, attribué à Thâbit ben Kourrah; cet opuscule fait suite, dans l'édition donnée à Bologne en 1480, à la *Theorica planetarum* de Gérard de Crémone; M. Nallino est porté à l'attribuer au même auteur (Al Battani *Opus astronomicum*, éd. Nallino, t. I, p. XXXVI).



Au-dessous de cette sphère, de ce *firmament*, qu'anime le seul mouvement diurne, se trouve une seconde sphère, la *sphère des signes*, à laquelle sont liées les étoiles fixes ; cette sphère est entraînée par le mouvement de la première ; mais, en outre, elle se meut, par rapport à la première, d'un mouvement qu'il s'agit d'étudier.

Ce mouvement, est déterminé par celui d'un plan mené par le centre C de la sphère des signes, et invariablement lié à cette sphère.

Ce plan coupe la sphère suprême suivant un grand cercle variable ee' qui est l'*écliptique mobile*.

Sur ce cercle, sont marqués quatre points a, c, b, d , qui sont les extrémités de deux diamètres rectangulaires ; ces points sont invariablement liés aux constellations des étoiles fixes ; les deux points a et b , diamétralement opposés, sont la *tête du Bélier mobile* et la *tête de la Balance mobile* ; les deux points e et d sont la tête du Cancer mobile et la tête du Capricorne mobile.

La tête a du Bélier mobile décrit, dans le firmament, d'un mouvement uniforme, un cercle qui a pour centre le point équinoxial fixe α et dont le diamètre est de $8^{\circ} 37' 26''$; la tête b de la Balance mobile décrit un cercle égal qui a pour centre le point β .

« Quant à la tête du Capricorne et à la tête du Cancer¹³⁰, elles demeurent tou-

¹³⁰ Thâbit ben Kourrah, *Op. laud.*, Cap. II: Sequitur designatio motus octave sphaerae in figura.

jours sur l'écliptique fixe ; sans la quitter, elles ont, sur ce cercle, un mouvement de va-et-vient dont Thâbit analyse sommairement les principales particularités.

Dès maintenant, nous pouvons reconnaître que le mouvement de l'écliptique fixe par rapport à l'écliptique mobile est défini par Thâbit exactement comme l'est, selon Ptolémée, le mouvement du plan de l'épicycle de chacune des planètes supérieures par rapport au plan de l'excentrique de la même planète ; ou plutôt, le mouvement considéré par l'Astronome sabien est un cas particulièrement simple du mouvement proposé par l'*Almageste* ; la tête du Bélier et la tête de la Balance tournent d'un mouvement uniforme sur leurs trajectoires circulaires ; l'extrémité périégée et l'extrémité apogée du diamètre de l'épicycle se mouvaient, sur leurs petits cercles, suivant une loi plus compliquée, semblable à celle qui régit le mouvement du centre de l'épicycle sur l'excentrique ; le mouvement uniforme, plus simple que le mouvement en question, en est un cas particulier.

Ici donc, comme en mainte autre circonstance, la Science arabe se montre dénuée d'originalité : la pensée hellène lui fournit le principe de la théorie dont elle développe les conséquences.

Ces conséquences, l'auteur du *Liber de motu octavae sphaerae* les marque nettement et complètement.

L'équinoxe a lieu lorsque la position du Soleil sur la sphère coïncide avec l'un des points A, B où l'écliptique mobile coupe le cercle équatorial. Ces deux points A, B sont les *points équinoxiaux mobiles*.

Lorsqu'en ses oscillations, l'écliptique mobile vient coïncider avec l'écliptique fixe, les points équinoxiaux mobiles coïncident avec les points équinoxiaux fixes ; les points équinoxiaux mobiles coïncident avec les têtes du Bélier et de la Balance lorsque celles-ci passent aux intersections de leurs trajectoires circulaires avec l'équateur ; mais, en général, le point vernal mobile A ne coïncide pas avec la tête *a* du Bélier mobile ; il oscille, sur l'écliptique mobile, de part et d'autre de ce point *a* ; il accomplit une oscillation double précisément dans le temps que la tête *a* du Bélier mobile accomplit sa révolution autour du point vernal fixe α ¹³¹.

Le point automnal mobile B oscille de même, sur l'écliptique mobile, de part et d'autre de la tête *b* de la Balance fixe.

« La plus grande élongation qui puisse exister entre l'une des intersections de l'écliptique mobile avec l'Équateur, et la tête soit du Bélier, soit de la Balance, est de 10° 45' vers le Nord, et autant vers le Sud. »

¹³¹ Thâbit ben Kourrah, *op. laud.*, Cap. I.

On retrouve ainsi le mouvement d'accès et de recès des points équinoxiaux que les *anciens astrologues* avaient proposé.

Mais les *anciens astrologues* croyaient que chacun des deux mouvements opposés d'accès et de recès se produisait avec une vitesse uniforme; c'était une hypothèse inadmissible qui ne se retrouve nullement dans le système de Thâbit ben Kourrah.

« Il arrive, en effet, que le mouvement en question est tantôt lent et tantôt rapide. Lorsque la tête du Bélier se trouve [sur le petit cercle], à 90° de l'intersection avec l'équateur, soit au Nord, soit au Midi, la phase de variation lente est atteinte; lorsqu'au contraire la tête du Bélier est proche d'une intersection du petit cercle avec l'équateur, on atteint la phase de mouvement rapide.

» Cela est conforme à ce qui a été constaté par les observateurs.

» C'est pour cette raison que Ptolémée a trouvé que les étoiles fixes tournaient d'un degré en cent ans... Il a estimé que les étoiles se mouvaient d'un mouvement continu selon l'ordre des signes et, conformément à l'avis d'Abrachis (Hipparque), il diminua la durée de l'année de près d'un jour en 300 ans. Postérieurement, les observateurs ont trouvé que les étoiles fixes parcouraient un degré en 66 ans.

» En effet, Abrachis et Ptolémée ont observé alors que la tête du Bélier se trouvait dans l'hémisphère méridional et non loin de sa position la plus australe, en sorte que la variation se produisait avec lenteur.

Après Ptolémée, la tête du Bélier s'approcha de l'équateur et le coupa pour passer dans l'hémisphère nord. Alors, elle se mut rapidement...

» C'est pourquoi Al Battani a éprouvé des hésitations au sujet de ce phénomène, et pourquoi il a dit: « Je vois que cette variation ne procède pas suivant une vitesse uniforme; elle est tantôt lente et tantôt rapide; s'il y a donc un mouvement que nous ignorons et que nous ne saisissons pas; que celui qui viendra après nous répète les observations et les vérifications, comme nous avons fait nous-même. »

La théorie de Thâbit ben Kourrah semble expliquer d'une manière aisée et heureuse les variations des astronomes au sujet de la grandeur de la précession; elle explique également une autre variation non moins remarquable, la valeur de plus en plus faible que les observateurs ont attribuée à l'obliquité de l'écliptique.

« Par l'effet de ce mouvement, il se produit une variation dans la déclivité de l'écliptique mobile mesurée par rapport à l'équateur. La déclivité maximum correspond au point de l'écliptique mobile qui se trouve à 90° des intersections de ce cercle avec l'équateur...

» Le lieu de l'écliptique fixe qui est le plus éloigné de l'équateur en est distant, par hypothèse, de $23^{\circ} 30'$. Lorsque l'écliptique mobile présente cette inclinaison, ses intersections avec l'équateur ne coïncident pas avec les têtes du Bélier et de la Balance.

» Le point de l'écliptique mobile qui est le plus distant de l'équateur se trouve à certain degré, dans le Cancer ou dans les Gémeaux, selon que la tête du Bélier se trouve au nord ou au sud [de l'écliptique fixe].

» Cette obliquité de l'écliptique mobile est donc plus grande que l'obliquité de l'écliptique fixe; sa valeur est 24° selon la tradition reçue des Indiens¹³²; Ptolémée l'a trouvée égale à $23^{\circ} 51'$ et, au temps d'Al Mamoun, les astronomes l'ont évaluée à $23^{\circ} 33'$. Le mouvement considéré est conçu de telle sorte qu'il faut qu'il en soit ainsi. *Figuratur autem motus oportere illud*¹³³. »

D'ailleurs, « ce mouvement est commun aux orbes de tous les astres errants qui sont contenus dans l'orbe des signes; l'orbe des étoiles fixes, qui est l'orbe des figures et des signes, ne possède pas seul ce mouvement; ce mouvement d'accès et de recès est commun à tout ce qui se trouve sous l'orbe des signes ».

Ainsi, selon Thâbit, l'apogée du soleil, les *auges* ou apogées des excentriques planétaires suivent exactement le mouvement des étoiles fixes; l'Astronome sabinien ne paraît point soupçonner qu'il faille attribuer aux absides du Soleil un mouvement propre par rapport aux étoiles. Al Fergani et Al Battani avaient, avant lui, partagé cette opinion erronée. Ibn Iounis l'a également adoptée après lui. Dans un passage du huitième chapitre de la *Table Hakémite*, chapitre que Caussin avait laissé de côté, mais que Sédillot a traduit, et que Delambre a analysé¹³⁴, l'astronome d'Hakem « ne donne aux apogées et aux nœuds que le mouvement commun d'un degré en 70 ans, ou plus exactement de $51^{\circ} 14'' 48^{\text{iv}} 59^{\text{v}}$ en 365 jours ».

¹³² Peut-être les Indiens avaient ils simplement emprunté cette valeur aux Grecs; selon Eudème, c'est celle qu'admettaient les astronomes grecs de son temps (Theonis Smyrnaei Platonici *Liber de Astronomia*, cap. XL; éd. Th. H. Martin, pp. 324-325; éd. J. Dupuis, pp. 320-321).

¹³³ Delambre, qui semble animé d'une véritable indignation contre le « malheureux système de la trépidation » imaginé par Thâbit, a écrit, en résumant le *De motu octavae sphaerae*: La plus grande déclinaison est de 24° , suivant ce qu'on nous a rapporté des Indiens; elle n'est que de $23^{\circ} 51'$ suivant Ptolémée, et les observateurs de Maimon ne l'ont trouvée que de $23^{\circ} 33'$; mais Thâbit n'en conclut pas formellement une variation de l'obliquité, quoique cette variation soit une conséquence nécessaire de son hypothèse; il n'en dit mot, et peut-être n'en a-t-il pas eu la moindre idée. » (Delambre, *Histoire de l'Astronomie du moyen âge*, p. 74). Ce jugement erroné, et qui suppose une lecture singulièrement superficielle, a été reproduit par Th. H. Martin (Th. Henri Martin. *Mémoire sur cette question: La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque?* Chapitre V).

¹³⁴ Delambre, *Histoire de l'Astronomie du moyen âge*, p. 98.

En analysant l'opuscule de Thâbit ben Kourrah, nous n'avons pas dit un mot, jusqu'ici, du temps que la tête du Bélier et la tête de la Balance emploient à décrire les petits cercles sur lesquels elles se meuvent. Il est assez remarquable, en effet, qu'il ne se trouve aucune mention de ce temps dans le corps même du *De motu octavae sphaerae*. Cette indication est seulement contenue dans les tables d'accès et de recès qui terminent ce petit traité. Ces tables sont construites les unes au moyen de l'année arabe, les autres au moyen de l'année chrétienne. Ces dernières nous enseignent que la tête du Bélier et la tête de la Balance accomplissent chacune leur révolution en 4.171 ans et demi.

Les tables où se trouvent cette indication font parfois défaut dans les manuscrits¹³⁵; on s'explique ainsi que certains des astronomes de la Chrétienté latine, qui ont exposé le système de la trépidation, soient demeurés muets sur la durée de ce mouvement. C'est ce que nous aurons occasion de constater lorsque nous analyserons, dans un prochain chapitre, les traités du calendrier de Robert Grosse-Teste et de Campanus de Novare.

Comment Thâbit a-t-il obtenu cette valeur de 4.171 ans et demi, qu'il attribue à la durée totale du mouvement de trépidation? Il ne nous le dit pas. Il ne nous dit pas davantage comment il a été conduit à donner à l'écliptique fixe une inclinaison de $23^{\circ} 30'$, aux trajectoires circulaires de la tête du Bélier et de la tête de la Balance un diamètre de $8^{\circ} 37' 26''$. En indiquant avec cette minutieuse précision les valeurs numériques des trois éléments du mouvement de trépidation, l'auteur nous laisse supposer qu'il les déduit d'observations nombreuses et soignées. Or, à ces observations, à la discussion dont elles ont dû être l'objet, il ne fait pas la moindre allusion. Il nous présente une théorie arrêtée dans ses moindres détails, et ne nous laisse rien deviner des tâtonnements par lesquels il est parvenu à la construire. C'est un des caractères mystérieux qu'offre le *Liber de motu octavae sphaerae*; ce n'est pas le seul.

¹³⁵ Par exemple, dans le ms. n° 7333 du fonds latin de la Bibliothèque nationale.

IX
AL ZARKALI ET LES TABLES DE TOLÈDE

Une autre étrangeté du *Liber de motu octavae sphaerae* nous conduit à nous poser cette question : Cet écrit est-il de Thâbit ben Kourrah ?

Il peut paraître singulier que nous hésitions à attribuer cet opuscule à l'Astronome sabian, alors que tous les manuscrits de la traduction latine le donnent comme de lui. Mais ce témoignage unique, car tous ces manuscrits sont vraisemblablement des copies d'un même original, vaut-il contre le silence et, surtout, contre le témoignage formel de plusieurs auteurs arabes ?

Dans ceux de ses écrits astronomiques qui ont été mis en latin, Thâbit ne fait aucune allusion à son livre du mouvement de la huitième sphère ni, d'une manière plus générale, au mouvement de trépidation.

Sans doute, la lettre adressée à Ishac ben Honein, qu'Ibn Iounis nous a conservée, témoigne que Thâbit ben Kourrah s'était occupé du problème du mouvement des étoiles fixes et qu'il avait tenté une solution de ce problème. Mais en quoi consistait cette solution ? Nous n'en savons rien, si ce n'est qu'elle n'était pas identique à celle des anciens astrologues mentionnés par Théon d'Alexandrie.

Si l'on voulait donc prouver que le *Liber de motu octavae sphaerae* est bien de Thâbit ben Kourrah, on ne saurait, en tous cas, invoquer le propre témoignage de Thâbit.

Il ne semble pas qu'on puisse davantage appeler comme témoin aucun autre astronome de l'Islam.

Ibn Iounis, qui nous a conservé la lettre adressée par Thâbit ben Kourrah à Ishac ben Honein, ne dit pas un mot du mouvement de trépidation décrit par le *Liber de motu octavae sphaerae*, bien que la discussion de ce mouvement parût importante à l'objet de la *Table Hakémite*; l'omission est d'autant plus frappante que la même *Table Hakémite* cite, à plusieurs reprises, le *Traité de l'année solaire* de Thâbit.

Albyrouny nous donne, au sujet de ce *Traité de l'année solaire*, une précieuse indication.

Al Uftâd Aboul-Reihân Mohammed ben Ahmed Zein ed-Din al Birouni qui mourut en 1039, a laissé, parmi ses nombreux ouvrages, une *Chronologie des*

peuples de l'Orient; cette Chronologie nous apprend¹³⁶ qu'en une discussion sur la longueur de l'année tropique, Hamzah ben al Hhasan al Isfahani, qui écrivait à Bagdad au X^e siècle de notre ère, invoquait, à l'appui de son opinion, un traité *Sur l'année solaire* de l'un des *trois frères*, de Mohammed ben Mousa ben Shakir; Albyrouny ajoute: «Le livre que Hamzah citait est le livre qu'on attribue à Thâbit ben Kourrah; Thâbit, en effet, était élève de cette famille [des trois fils de Mousa ben Shakir]; ce qui se peut lire en ce livre, il l'a tiré des enseignements de cette famille... L'objet de ce livre est de prouver l'inégalité et la différence qui affectent les années solaires par suite du mouvement de l'apogée; à cause de cela, pour déterminer le moyen mouvement du Soleil en une de ces années solaires, il eût fallu que les révolutions eussent des durées égales et que les mouvements fussent proportionnels aux temps employés à les accomplir; mais les seules révolutions qui ont paru à Thâbit garder une durée constante, ce sont les révolutions sur l'excentrique, comptées depuis le passage en un point donné de l'excentrique jusqu'au retour au même point... Mais ce n'est pas cette durée-là qu'on nomme année solaire... »

Si Thâbit regardait comme constante l'année anomalistique, tandis qu'il attribuait à l'année tropique une durée variable, c'est assurément qu'il n'admettait pas la théorie de la précession des équinoxes telle que l'avaient formulée Hipparque et Ptolémée, telle que l'avaient admise Al Fergani et Al Battani; c'est, vraisemblablement, qu'il substituait au mouvement continu et uniforme des points équinoxiaux, supposé par ces astronomes, un mouvement alternatif d'accès et de recès. Mais ce mouvement d'accès et de recès, reçu par Thâbit ben Kourrah dans son *Traité de l'année solaire*, était-il identique à celui que décrit le *Livre du mouvement de la huitième sphère*? Rien, dans les propos d'Albyrouny, ne nous permet de l'affirmer.

Un autre passage d'Albyrouny nous montre que le mouvement d'accès et de recès était enseigné par certains astronomes, successeurs immédiats de Thâbit, et qui avaient dû subir son influence; mais ce passage d'Albyrouny nous induirait à croire que ces astronomes n'admettaient pas le système de trépidation exposé par le *Liber de motu octavae sphaerae*; qu'ils admettaient un accès et un recès des points équinoxiaux, cet accès et ce recès ayant l'un et l'autre une amplitude de 8°, comme au système des anciens astrologues cités par Théon d'Alexandrie.

¹³⁶ Albêrûnî, *Chronologie orientalischer Völker*, herausgegeben von Ed. Sachau; Leipzig, 1876-1878, p. 52. — *The Chronology of the oriental nations, an english version of the arabic text of the Athar-al-Bakiya of Albiruni*, translated with notes by Ed. C. Sachau, London, 1879, pp. 61-62.

En effet, après avoir rappelé en quel point les astronomes chaldéens faisaient commencer l'année tropique, Albyrouny ajoute¹³⁷ :

« Cette quantité de 8° avait été choisie par eux parce qu'ils pensaient que cette différence provient du mouvement alternativement direct et rétrograde de la sphère, mouvement dont l'amplitude maximum est de 8°... L'explication la meilleure et la plus commode de ce mouvement se trouve au *Zig as-Safâ' ih*, dont l'auteur est Aboû Ga' far al Khâzin, et au livre sur les mouvements du Soleil, qu'a composé Ibrâhîm ben Sinân. »

Or Aboû Ga' far al Khâzin est mort entre les années 961 et 971 après J.-C., et Ibrâhîm ben Sinân, mort à l'âge de 38 ans, en août 946, était le propre neveu de Thâbit ben Kourrah.

D'autres astronomes encore, plus exactement contemporains de Thâbit, ont écrit des traités sur le mouvement de trépidation. Au témoignage d'Ibn al Kifti¹³⁸, l'astronome Ibn al Adami avait composé un traité qui fut publié après sa mort, en 920, par un de ses disciples. « Dans ce traité, il déterminait le mouvement des astres selon la méthode du livre *as-Sindhind*; il disait, au sujet du mouvement d'accès et de recès de la sphère céleste, certaines choses que personne n'avait exposées avant lui. Ce qu'on entendait conter à l'endroit de ce mouvement avant l'apparition du livre en question ne pouvait être ni compris ni réduit à une règle fixe; mais lorsque ce livre eut été publié, on put comprendre la forme de ce mouvement vagabond; ce fut la cause qui amena un grand nombre d'astronomes à étudier cette doctrine. Saïd ben al-Hhasan al Andaloussi, juge de Tolède [mort en 1070] fait cette déclaration : Lorsque j'eus achevé la lecture de ce livre, il m'apparut, au sujet de ce mouvement, des vérités qui n'ont, je pense, apparu jusqu'ici à personne; en cet écrit, j'ai découvert les principes que j'ai exposés dans un livre intitulé : *Correction des mouvements des étoiles*. »

Or, ce livre *as-Sindhind*, dont Ibn al Adami s'était inspiré, à l'imitation d'Habasch et de bon nombre d'auteurs arabes, n'était autre que le traité indien *Sou'rya-Siddhânta*; et ce traité adoptait¹³⁹ une théorie de l'accès et du recès analogue à celle qu'avaient exposée les « anciens astrologues » mentionnés par Théon d'Alexandrie; seulement, l'amplitude de l'oscillation était portée de 8° à 54° et la vitesse qui lui était attribuée atteignait à peu près 1° en 67 ans. C'est donc ce système, présenté par un contemporain de Thâbit ben Kourrah, qui était loué par ses successeurs comme la théorie la plus parfaite du mouvement de trépidation

¹³⁷ Albyrouny, *op. laud.*, texte arabe, pp. 322, verso; traduction anglaise, pp. 325-326.

¹³⁸ Al Battani, *Opus astronomicum*, t. I, p. 303 (Note de M. Nallino).

¹³⁹ Th. Henri Martin. *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque?* ch. VI, 5.

qu'on eût encore donnée; éloge bien singulier de la part de ces astronomes, s'ils eussent connu le *Liber de motu octavae sphaerae*!

Les renseignements concordants que nous fournissent Ibn Iounis, Albyrouny, Ibn al Kifti, nous permettent donc d'affirmer que Thâbit ben Kourrah et ses successeurs immédiats avaient admis l'hypothèse de l'accès et du recès et en avaient tiré des conséquences relatives à la durée de l'année; mais ils ne nous autorisent nullement à affirmer que le système de trépidation adopté par ces astronomes fût celui qui est exposé au *Liber de motu octavae sphaerae*.

Nous allons entendre bientôt divers auteurs musulmans ou juifs nous affirmer, de la manière la plus catégorique, que ce dernier système a été imaginé par Al Zarkali.

Ibrahim ben Iahia al Nakkach abou Ishac, surnommé Ibn al Zarkali al Andaloussi, est désigné, dans les écrits astronomiques du moyen âge, par les noms d'Azarchele, Arzahele, al Zarcala, etc¹⁴⁰. Le titre *al Andaloussi*, que lui donnent certains manuscrits, nous apprend¹⁴¹ qu'il était andalou ou qu'il vécut en Andalousie. Aboul Hhassan nous apprend qu'il observait à Tolède en 1061; il nous cite une autre observation faite par lui en 1080; l'époque de son activité scientifique nous est donc connue avec une assez grande précision.

Quelles furent exactement les doctrines d'Al Zarkali sur le mouvement des étoiles fixes? Nous les trouverions, sans doute, dans l'ouvrage intitulé *Traité sur le mouvement des étoiles fixes*, qu'il avait composé, et dont la Bibliothèque Nationale de Paris conserve¹⁴² une traduction en hébreu; cette traduction fut faite, durant la première moitié du XIV^e siècle, par un juif de Marseille, nommé Samuel ben Jéhuda, et surnommé Rabbi Miles.

La lecture de ce traité nous étant inaccessible, nous sommes réduits à demander aux *Tables de Tolède* ce qu'Al Zarkali enseignait touchant le mouvement lent de la sphère étoilée.

Rien ne prouve que les *Tables de Tolède* soient d'Al Zarkali¹⁴³; nul manuscrit de ces tables ne le désigne comme en étant l'auteur; il est seulement nommé dans les *Canons* qui précèdent ces tables, et que tout concourt à faire regarder

¹⁴⁰ Sur Al Zarkali, voir: *Vite di matematici arabi tratti da un'opera inedita di Bernadino Baldi, con note di M. Steinschneider*, art XI: *Arzahele* (*Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche*, pubblicato da B. Boncompagni, t. V. 1872, pp. 508-524).

¹⁴¹ *Supplément au Traité des instruments astronomiques des Arabes*, par L. Am. Sédillot, Paris, 1844; p. 30.

¹⁴² Bibliothèque nationale, fonds hébreu, ms. n° 1036 — Cf. Steinschneider, *Études sur Zarkali* (*Bulletino da...* B. Boncompagni, t. XX, 1887, p. 3)

¹⁴³ Cf. Delambre, *Histoire de l'Astronomie du moyen âge*, p. 176. — Steinschneider, *Études sur Zarkali* (*Bulletino da...* B. Boncompagni, t. XX, 1887, p. I).

comme son œuvre. Sur les principes posés par Al Zarkali et que développent ces *Canons*, les *Tables de Tolède* auraient été dressées par un groupe de savants arabes et juifs, encouragés par le kadi Sâïd ben Sâïd.

Au sujet de la confection de ces tables, nous avons rencontré un renseignement qu'il nous faut reproduire ici, bien que nous n'en connaissions pas l'origine et que nous ne puissions, par conséquent, en contrôler l'exactitude.

Le ms. n° 7281 (fonds latin) de la Bibliothèque Nationale est un recueil d'écrits astronomiques qui furent réunis au XV^e siècle; le copiste, qui était sûrement un astronome curieux du passé de sa propre science, a enrichi plusieurs des pièces qu'il transcrivait en y joignant des remarques intéressantes. C'est ainsi qu'à l'un des écrits contenus en ce recueil, aux *Canones tabularum astronomiae Azarchelis*, est jointe la note suivante¹⁴⁴:

« Ces tables ont été composées par Abensahet (Sâïd ben Sâïd) juge (kadi) du roi Mainoun (Al Mamoun Yahyé) à Tolède. Arzachel, et d'autres avec lui, étaient disciples de ce juge; mais Arzachel était préposé aux instruments et dirigeait les observations. Lorsque ledit roi¹⁴⁵ eut été chassé de Tolède par les Chrétiens, Arzachel alla à Cordoue; là, il imagina et exécuta de nouvelles observations; là aussi, il composa un traité sur le mouvement du Soleil et des étoiles fixes. Après lui, vint Alcamet, qui fut disciple d'Arzachel et, aussi, disciple de Messala (Masciallah)¹⁴⁶; cet Alcamet composa les tables persanes et les quatre premières tables. Après lui, Albubalet de Cordoue, qui fit ses observations à Murcie, acheva ces tables et y ajouta les tables des conjonctions solaires. »

Quelle que soit l'histoire exacte de la composition des *Tables de Tolède*, il semble, en tout cas, que ces tables nous présentent un reflet fidèle des doctrines astronomiques professées par Al Zarkali.

Al Zarkali a-t-il emprunté à Thâbit ben Kourrah le système de trépidation qu'il adopte? Nous allons entendre des auteurs musulmans, qui ont écrit moins d'un siècle après Al Zarkali, nous affirmer de la manière la plus formelle qu'il a imaginé le premier ce système. Si nous voulons admettre leur témoignage, et aucun témoignage en sens contraire ne nous autorise à le récuser, il nous faudra bien admettre également que le *Liber de motu octavae sphaerae* n'est point de Thâbit, qu'il est d'Al Zarkali ou de quelqu'un de ses disciples.

¹⁴⁴ Bibliothèque nationale, fonds latin, ms. n° 7281, fol. 30, r°.

¹⁴⁵ Ce n'est pas Al Mamoun Yahyé (1061-1076,) qui fut chassé de Tolède par Alphonse VI; il eut pour successeur Alcadir-Billahou Hacharn (1076-1081); à celui-ci succéda Yahyé à qui, en 1085, les chrétiens enlevèrent son royaume. Notre annotateur a commis une confusion entre les deux Yahyé.

¹⁴⁶ Il y a ici une erreur manifeste; Masciallah vivait en la première moitié du IX^e siècle.

Voici le premier et le plus détaillé de ces témoignages ; il émane d'un auteur particulièrement compétent, d'Al Bitrogi.

Dès l'introduction de sa *Théorie des planètes*¹⁴⁷, Al Bitrogi nomme Al Zarkali : «Tous les modernes, dit-il, ont suivi Ptolémée, aucun n'a combattu ses affirmations, si ce n'est le célèbre Alzarcala au sujet du mouvement de l'orbe des étoiles fixes, et le fils d'Aflah de Séville à propos de l'ordre des orbes du Soleil, de Vénus et de Mercure».

Là où la version de Calo Calonymos donne le nom abrégé Alzarcala, la version de Michel Scot donne¹⁴⁸ : «Abu Isac Abraham Enewah winolus Zarques», mots où l'on reconnaît Abou Ishac Ibrahim ben Iahia cognominatus Zarkala. La version hébraïque faite en 1259 par Ibn Tibbon donne la suite complète et correcte de ces noms¹⁴⁹.

Après avoir rappelé quel était, selon Ptolémée, le mouvement des étoiles fixes, Al Bitrogi poursuit en ces termes¹⁵⁰ : «Le docteur Avoashac Alzarcala, qui lui a succédé, a supposé dans son mouvement d'accès et de recès, que ce mouvement ne se produisait pas toujours suivant l'ordre des signes, comme Ptolémée l'avait cru. A l'aide des observations de Ptolémée, qui vécut avant lui et qui prétendait que ce mouvement procédait toujours selon l'ordre des signes, des observations des astronomes venus après Ptolémée, enfin, de ses propres observations, il a affirmé que ce mouvement tantôt procède suivant l'ordre des signes, et tantôt rétrocede, distinct alors du mouvement de Univers et marchant contre l'ordre des signes. Il a fait reposer ce mouvement sur certaines hypothèses et sur certains principes analogues aux principes sur lesquels Ptolémée a fait reposer la théorie des astres errants ou de plusieurs d'entre eux ; mais ces hypothèses et ces principes sont fort éloignés de la vérité, et, à coup sûr, tous ces principes sont imaginaires, bien qu'ils invoquent des cercles qui se meuvent et qui sont mûs ; et, à vrai dire, ce ne sont pas des principes auxquels il faille donner son adhésion. De ce qu'Alzarcala a dit de l'accès et du recès de l'orbe des étoiles fixes, nous avons déjà fait mention précédemment ; cela se trouve consigné dans certaines tables composées par ceux qui s'occupent de la science des astres ; mais comme c'est un mouvement imaginaire et non point un mouvement vrai et exact, ceux qui

¹⁴⁷ Alpetragii Arabi *Theorica planetarum*. fol. 2, recto.

¹⁴⁸ Jourdain, *Recherches critiques sur l'âge et l'origine des traductions latines d'Aristote*, p. 508.

¹⁴⁹ *Vite di matematici arabi tratti da un'opera inedita di Bernadino Baldi, con note di M. Steinschneider*, *Bulletino da...* B. Boncompagni, t. V, 1872, p. 513.

¹⁵⁰ Alpetragii Arabi *Planetarum theorica*, fol. 6, verso. M. Steinschneider a élucidé certains passages fautifs de la version de Calo Calonymos en les comparant à la version hébraïque.

sont venus depuis n'en ont plus parlé, et leur silence a engendré une controverse relative aux positions des étoiles fixes.»

La version hébraïque, plus complète que la version latine de Calo Calonymos, après avoir donné mention, comme il est fait au début du précédent passage, du «livre sur le mouvement d'accès et de recès composé par Al Zarkali», ajoute : «Les astronomes qui sont venus après lui ont dressé des tables relatives à ce mouvement; ils ont aussi dressé des tables pour la variation d'inclinaison du cercle solaire et pour tout ce que ce mouvement exige...»

Une troisième fois, Al Bitrogi parle, à peu près dans les mêmes termes, des travaux d'Al Zarkali sur la trépidation des étoiles :

«Avoashac Alzarcala, dit-il, ayant considéré ces divers mouvements, s'efforça de les réunir [en un système], selon ce qui lui avait semblé, et il en composa une théorie et un *comput*, bien qu'il n'ait pas connu vraiment et parfaitement le mouvement des étoiles, à savoir que les pôles de l'orbe des étoiles fixes se meuvent sur des cercles parallèles à l'équateur, de telle sorte que le mouvement des étoiles suive le mouvement de ces deux pôles.»

Dans tout ce qu'Al Bitrogi nous dit des travaux d'Al Zarkali touchant le mouvement des étoiles, il ne fait aucune mention des recherches de Thâbit ben Kourrah, comme si celui-ci n'eût pris aucune part à la théorie de la trépidation qu'adoptent les *Tables de Tolède*, et que celui-là en fût le principal inventeur. Cette impression est bien celle que la lecture d'Al Bitrogi a fait éprouver à Delambre; bien qu'il ne sache s'il doit reconnaître «Arzachel», c'est-à-dire Al Zarkali, dans cet «Avoashac Alzarcala», il se demande «s'il faut lui attribuer la première idée de la trépidation établie avec plus de détail par Thâbit, qui pourtant paraît ne pas y croire.» D'ailleurs, peut-on douter qu'Al Bitrogi ne regarde Al Zarkali comme l'inventeur du mouvement d'accès et de recès admis par l'Astronomie de son temps, lorsqu'il le désigne comme *le seul* des modernes qui ait osé, sur ce point, contredire à l'autorité de Ptolémée?

Si nous réunissons les renseignements divers que nous donne Al Bitrogi, nous voyons qu'Al Zarkali a écrit un livre sur le mouvement d'accès et de recès; que ce livre se compose d'une théorie et d'un *comput*; enfin que les astronomes qui sont venus après lui ont dressé des tables où sont calculées d'avance les conséquences de ce mouvement et, particulièrement, les variations de l'obliquité de l'écliptique.

Au nombre des tables dont il est ici question, il faut sans aucun doute compter les *Tables de Tolède*. Mais dans ce traité sur le mouvement d'accès et de recès, qui se compose d'une théorie et d'un *comput*, comment ne pas reconnaître, clairement désigné, le *Liber de motu octavae sphaerae*? Il semble donc évident qu'à

tort ou à raison, Al Bitrogi attribue cet écrit à Al Zarkali, et nullement à Thâbit ben Kourrah.

Averroès, contemporain et condisciple d'Al Bitrogi, partageait vraisemblablement cette opinion ; on s'explique ainsi qu'à propos de la théorie de l'accès et du recès, il cite Al Zarkali, tandis qu'il ne prononce pas le nom de Thâbit. « Ptolémée, dit-il¹⁵¹, a pensé que l'orbe des signes est animé, en outre du mouvement diurne, d'un mouvement très lent, qui accomplit sa révolution en trente-six mille ans. Quelques autres se sont imaginés que ce mouvement était un mouvement alternatif d'avance et de retard ; tel ce personnage surnommé Alzarcala, qui fut de notre pays, c'est-à-dire d'Andalousie ; tels aussi ceux qui l'ont suivi ; ils ont composé une certaine Astronomie qui a ce mouvement pour conséquence. »

Dans un autre ouvrage, Averroès semble, plus expressément encore, désigner Al Zarkali comme le premier astronome qui ait donné une forme acceptable à la théorie de la trépidation. L'ouvrage dont nous voulons parler est l'*Abrégé de l'Almageste* que le célèbre philosophe avait composé ; on en possède seulement une version hébraïque qui n'a jamais été imprimée.

Vers la fin de la première partie de cet ouvrage¹⁵², en traitant de la théorie du mouvement des étoiles fixes, Averroès observe que cette théorie faisait naître des doutes chez les observateurs arabes « jusqu'à ce que l'homme connu chez nous dans cet art, dans lequel il surpassa tous ses prédécesseurs, nommé Al Zarkala, eût fait des efforts en ses observations » et qu'il lui fût possible, en les combinant avec celles qu'il trouva faites avant lui, de produire une équation de ce mouvement.

Al Bitrogi et Averroès ne prononcent donc pas le nom de Thâbit ben Kourrah lorsqu'ils parlent de la théorie de la précession des équinoxes ; tous leurs éloges vont à Al Zarkali. Même silence à l'égard de Thâbit, même enthousiasme à l'égard d'Al Zarkali se remarquent chez un astrologue juif qui fut le contemporain d'Al Bitrogi et d'Averroès ; nous voulons parler du célèbre Abraham ben Ezra ou Aven Ezra, qui, comme l'on sait, naquit en 1119 et mourut en 1175.

Aven Ezra parle de la précession des équinoxes dans son traité : *Liber conjunctionum planetarum et revolutionum annorum mundi qui dicitur de mundo vel seculo*, traité qui fut composé en 1147 et qu'Henri Bate traduisit de l'hébreu au latin, à Malines, en 1281¹⁵³.

¹⁵¹ Averrois *Epitome Metaphysicae* (Aristotelis stagyritae *Metaphysicorum libri XIII cum Averrois Cordubensis id eosdem Commentariis et Epitome*. Venetiis, apud Juntas, MDLIII, fol. 152, col. a).

¹⁵² Steinschneider, Études sur Zarkali (*Bulletino da... B. Boncompagni*, t. XX, 1887, p. 17).

¹⁵³ Abrahe Avenaris Judei *Astrologi peritissimi in re iudiciali opera : ab excellentissimo Philosopho*

Voici ce que nous lisons, dans ce traité, au sujet de l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur¹⁵⁴ : « Les anciens sages ont affirmé qu'elle était exactement de 24°. Ptolémée prétend qu'elle est plus grande que 23° 45' et moindre que 23° 51', mais il n'en a pu connaître la véritable valeur. Abraham [Il faut lire Abrachis, c'est-à-dire Hipparque] de son côté, dit qu'elle est 11/77 d'un cercle entier, c'est-à-dire 23° 51'. Les savants sarrasins ont plus de génie que tous ceux-là, car, en leur science, ils s'accordent entre eux; ils s'accordent donc à déclarer que l'arc d'inclinaison est 23° 23'. Excepté Yahagi fils d'Eumanasour (Iâhia ben Abou Mansour) et Abraham Azarchel, qui eurent encore plus de génie que tous ces derniers; ils ont dit que l'arc d'inclinaison était 23° 33'. »

Plus loin¹⁵⁵, Abraham ben Ezra nous parle du mouvement de l'apogée solaire, puis de la précession des équinoxes :

« Ptolémée dit que l'auge du soleil se trouve à 6° des Gémeaux; et il fut, en effet¹⁵⁶, au lieu qu'indique Ptolémée. Après lui, vinrent de nombreux observateurs, dont la science ne le cédait pas à celle de leur prédécesseur; ils trouvèrent que, durant les 720 années écoulées entre Ptolémée et leur temps, l'auge avait progressé d'un mouvement égal et se trouvait 4° plus loin que ne l'avait dit Ptolémée; c'est pourquoi les fables de Ptolémée ne valent plus aujourd'hui. Aussi est-on stupéfié lorsqu'on voit cet excellent homme qui a composé des tables sur le mouvement égal d'Albategni, et qui prétend que ce sont les tables de Ptolémée.

D'autres observateurs ont trouvé, en leur temps, que l'auge du Soleil était à 22° des Gémeaux.

» Ptolémée a dit aussi que le mouvement des étoiles situées dans l'orbite suprême était de 1° en cent ans. D'autres ont trouvé que ce mouvement était d'un degré et demi en chaque laps de cent ans.

» Pour nous, en ce qui concerne le lieu du Soleil, nous nous sommes appuyés sur ce qui était au temps d'Azolphi (As Soufi); nous n'avons jamais vu, en effet, qu'il eût existé un observateur semblable à celui-ci dans l'invention des calculs astronomiques. En ce point, d'ailleurs, Abraham Azarchel s'accorde avec lui. A l'époque de ce dernier, nul ne fut aussi savant que lui. Or, en son temps, il a observé le lieu du Soleil, et il s'est trouvé d'accord avec ce qu'avait dit Azolphi. »

Petro de Abano *post accuratam castigationem in latinum traducta*, etc.

¹⁵⁴ Abraham Ben Ezra, *Op. laud.*, fol. LXXIX, col a.

¹⁵⁵ Abraham Ben Ezra, *Op. laud.*, fol. LXXIX, col. b et c.

¹⁵⁶ Le texte ajoute ici les mots : *Et est semper ubi dicit ipse Ptolemeus*; non seulement ces mots expriment une erreur, mais ils sont en contradiction avec ce qui suit. Ils représentent une glose de quelque copiste ignorant.

Ajoutons qu'Aven Ezra admet¹⁵⁷, pour les étoiles fixes, une précession uniforme de 1° en 70 ans; l'orbe qui les porte accomplirait, selon lui, sa révolution en 5.000 ans.

Dans ces remarques où il eût été si naturel de citer le *Tractatus de motu octavae sphaerae* de Thâbit ben Kourrah, Aven Ezra ne fait aucune mention de ce livre; le nom d'Al Zarkali, au contraire revient à plusieurs reprises, et ses déterminations, conformes à celles que contient le livre attribué à l'Astronome sabien, sont citées avec grand honneur.

Aboul Hhassan, de Maroc (Abou'Ali al Hhasan al Marrakoushi), qui écrivait au commencement du XIII^e siècle, s'exprime à peu près comme Al Bitrogi et comme Averroès. Parlant du mouvement de précession des équinoxes, il déclare¹⁵⁸ que les réductions faites par Hipparque et par Ptolémée ont causé des erreurs dont les modernes se sont aperçu; puis il ajoute: « Ces derniers ont essayé d'y remédier, et le premier qui l'ait fait avec succès, et qui ait donné des déterminations justes et exactes est le cheik Fadhel Abou Ishâkh Ibrahim ben Iahia, surnommé Ab Rhazkhâllah (Al Zarkali), qui observait à Tolède dans l'année de l'hégire 453, et qui a composé sur ce sujet un ouvrage qui peut servir de règle à ceux qui s'occupent de cette matière. »

A la suite de cette indication, Aboul Hhassan donne des tables de trépidation disposées exactement comme celles que l'on trouve au *De motu octavae sphaerae*; seulement, les nombres qu'il adopte sont un peu différents de ceux qu'on trouve en ce livre; au lieu de donner à l'excursion du point équinoxial sur l'écliptique une amplitude de 21° 30', il réduit cette amplitude exactement à 20°; en outre, au lieu d'attribuer au phénomène d'accès et de recès une période de 4.171,5 années Juliennes, il admet que cette période vaut seulement 3.793,5 années lunaires; enfin¹⁵⁹, il fait varier l'obliquité de l'écliptique, dans le même temps, entre 23° 33' et 23° 53'.

Il est bien malaisé, après avoir lu ces témoignages concordants d'Al Bitrogi, d'Averroès, d'Aven Ezra et d'Aboul Hhassan, de ne point adopter l'opinion que voici:

Thâbit ben Kourrah s'est assurément occupé de l'hypothèse de l'accès et du recès; en particulier, il a reconnu que, selon cette hypothèse, l'année tropique ne pouvait avoir une durée invariable. Mais ce n'est pas lui qui a donné à la théorie de la trépidation la forme qui devait, pendant plusieurs siècles, ravir l'assenti-

¹⁵⁷ Abraham Ben Ezra, *Op. laud.*, fol. LX-X, col. a.

¹⁵⁸ *Traité des instruments astronomiques des Arabes* par Aboul Hhassan Ali de Maroc, traduit par J. J. Sédillot, tome premier, Paris, 1834-1835; p. 127.

¹⁵⁹ Aboul Hhassan, *Op. laud.*, p. 174-178.

ment des astronomes; le *Liber de motu octavae sphaerae* n'est pas de lui; il est l'œuvre d'Al Zarkali ou d'un disciple de ce dernier.

Cette hypothèse fournit, en outre, l'explication d'une particularité embarrassante que présente le *Liber de motu octavae sphaerae*. Cet ouvrage cite l'opinion d'Al Battani sur le mouvement des étoiles fixes; les termes de cette citation, rapprochés de ceux qui sont employés dans l'*Opus astronomicum*, nous amènent à conclure que ce dernier ouvrage se trouvait sous les yeux de l'auteur du *Liber de motu octavae sphaerae* lorsqu'il a composé son opuscule. Mais Thâbit ben Kourrah est mort au mois de février 901; comment a-t-il pu connaître, et mentionner comme antérieur à ses propres recherches, l'*Opus astronomicum* d'Al Battani, où sont rapportées deux observations fondamentales faites à Antioche en janvier 901 et en août 901?

Pour expliquer cette étrangeté, M. Nallino est obligé de supposer que Thâbit ben Kourrah a eu en mains une première édition de l'*Opus astronomicum*, antérieure à celle dont la Bibliothèque de l'Escurial nous a conservé le texte arabe et qui a été traduite en latin par Platon de Tivoli. L'étrangeté disparaît d'elle-même si l'on suppose que le *Liber de motu octavae sphaerae* n'est point l'œuvre de Thâbit, mais bien l'œuvre d'Al Zarkali.

Ajoutons qu'au moyen âge et à l'époque de la Renaissance, alors que la connaissance des écrits de Thâbit et d'Al Zarkali s'unissait à une ignorance profonde des dates qui fixent les temps où ils vécurent, il n'était pas rare qu'on regardât l'auteur du *Liber de motu octavae sphaerae* comme un successeur de l'Astronome de Tolède. On marquait bien, par là, la parfaite concordance entre les théories de la précession admises par ces deux auteurs.

C'est ainsi que Pierre d'Abano, dans son *Lucidator Astronomiae*, écrit¹⁶⁰, à propos du système de la trépidation: « Quelques-uns des astronomes qui sont venus ensuite ont développé davantage l'étude de ce mouvement; ils ont construit à son sujet des tables, qui donnent chacune des différences qu'il produit; c'est ce que fit surtout l'espagnol Archazel, constructeur des tables de Tolède, et ce qu'a entrepris enfin Thebit fils de Chora. »

Au seizième siècle, dans un ouvrage qui renferme d'intéressants renseignements historiques touchant la théorie de la précession des équinoxes, Agostino Ricci semble¹⁶¹ partager l'opinion de Pierre d'Abano et regarder Thâbit ben Kourrah comme postérieur à Al Zarkali.

¹⁶⁰ Petri Paduanensis *Lucidator Astronomiae, differentia II*. (Bibliothèque nationale, Ms. n° 2598 latin, fol. 107, col. c.).

¹⁶¹ Augustini Riccii *Liber de motu octavae sphaerae*; Imprimebat Lutetiae Simon Colinaeus, 1521, fol. 6, verso.

De tous les faits que nous venons de réunir semble se dégager cette conclusion : le *Liber de motu octavae sphaerae* n'est pas l'œuvre de Thâbit ben Kourrah, mais celle d'Al Zarkali ou de quelqu'un de ses disciples ; Al Zarkali est l'inventeur du mouvement de trépidation que l'auteur de cet écrit attribue à la sphère des étoiles fixes.

Nous trouvons encore, dans le traité d'Aboul Hhassan, un autre renseignement précieux sur l'œuvre astronomique d'Al Zarkali. Le douzième chapitre de ce traité commence en ces termes ¹⁶² :

« Les observations d'Al-Razkâl (Al Zarkali) ont fait connaître que l'apogée du Soleil avance dans la sphère étoilée [suivant l'ordre des signes] d'un degré en 99 années grecques, ce qui donne une minute environ pour 5 années arabes ; car il faut retrancher de cette progression près d'une minute après chaque période de 190 années arabes. »

Al Zarkali est donc le premier qui ait vraiment mis en évidence le mouvement propre que l'apogée solaire éprouve, d'Occident en Orient, par rapport aux étoiles fixes ; en outre, l'évaluation qu'il a donnée pour la vitesse de ce déplacement s'écarte fort peu de la vérité ; il pense, en effet, que cette vitesse atteint 12",04 par an ; l'Astronomie actuelle la réduit à 11",8 dans le même temps. Cette découverte suffirait à illustrer le nom de l'astronome qui l'a faite.

C'est par la comparaison de ses propres observations avec celles d'Al Battani qu'Al Zarkali fut amené à découvrir ce mouvement de l'apogée solaire ; mais, bien qu'il eût trouvé l'apogée du Soleil plus avancé vers l'Orient qu'au temps d'Al Battani, Al Zarkali reconnut à l'excentricité la valeur même que son prédécesseur lui avait attribuée. « Force lui fut donc, écrit Georges de Peurbach 1, de dire que le centre de l'excentrique du Soleil se meut sur un certain petit cercle, comme il arrive pour Mercure. »

Entre le cas de Mercure et celui du Soleil, ainsi rapprochés par Peurbach, il y a cependant une différence essentielle à signaler. Ptolémée a fait décrire, au centre du déférent excentrique de Mercure, un cercle qui a pour centre le centre de l'équant, et non pas le centre du Monde. Au contraire, le cercle sur lequel Al Zarkali fait mouvoir le centre du déférent excentrique du Soleil a nécessairement pour centre le centre du Monde, puisque l'excentricité du Soleil est, par cet astronome, réputée invariable.

¹⁶² Aboul Hhassan, *Op. laud.*, tome premier, p. 132.

LES TABLES ALPHONSINES

Qu'il soit dû à Thâbit ben Kourrah ou qu'il ait Al Zarkali pour auteur, le système que propose, pour rendre compte du mouvement des étoiles fixes, le *Liber de motu octavae sphaerae* va jouir, auprès des astronomes du moyen âge, de la plus grande vogue.

L'un d'entre eux, cependant, le repousse énergiquement pour lui substituer une théorie toute différente; c'est Al Bitrogi. Le disciple d'Ibn Tofaïl se borne, comme il le fait pour toutes les parties de son système, à poser les principes qui doivent, selon lui, expliquer le mouvement des étoiles fixes; mais il ne déduit pas de ces principes les conséquences détaillées qu'il serait possible de comparer aux faits observés; il ne construit pas de tables; aussi les astronomes de profession passent-ils, sans s'y arrêter, devant sa doctrine trop abstraite et générale; ils ne sauraient lui accorder même une part minime de l'attention qu'ils concèdent à la théorie précise d'Al Zarkali.

Alphonse X, roi de Castille, surnommé l'Astronome, le Philosophe ou le Sage, apparaît, dans l'Histoire, comme le type des princes auxquels un goût excessif des choses de l'esprit a fait oublier l'art de régner. Les malheureuses vicissitudes que subit son pouvoir ne l'ont pas empêché, cependant, d'exercer une influence féconde et durable sur le développement scientifique de la Chrétienté latine. Durant sa vie, Tolède devint, plus que jamais, le rendez-vous des astronomes et des traducteurs de toute race et de toute religion, chrétiens, juifs et maures; de cette source, des courants nombreux dérivèrent, qui portaient aux Latins les antiques traditions de la Science hellène et les découvertes plus récentes des sages de l'Islam.

Le 3 des calendes de juin 1232, le jour même où Alphonse X succéda à son père, furent promulguées les *Tables astronomiques dressées sous les auspices du roi Alphonse*.

Ces tables étaient rédigées en cet ancien dialecte castillan qu'on nomme le romance. Les listes de nombres qui, originellement, formaient ces tables, sem-

blent, aujourd'hui, perdues¹⁶³ ; en revanche, le texte qui accompagnait ces listes paraît conservé, sous sa forme première, en cinquante-quatre chapitres d'un manuscrit de la Bibliothèque Royale de Madrid¹⁶⁴.

Une traduction ou une soi-disant traduction latine en fut donnée ; par qui et en quel temps, nous ne saurions le dire. Nous verrons ultérieurement qu'elle ne paraît pas avoir été connue à Paris avant les dernières années du XIII^e siècle ; mais, aussitôt connue, elle attira très vivement l'attention des astronomes qui, jusqu'au temps de Copernic et par delà ce temps, ne cessèrent plus de discuter les *Tables Alphonsines*, de les compléter, de les utiliser. Dès 1483, une édition imprimée du texte latin fut donnée¹⁶⁵ ; d'autres éditions se succédèrent en grand nombre ; on en cite qui portent les dates que voici : 1487, 1488, 1490, 1492, 1518, 1521, 1524, 1531, 1545, 1553 et 1641.

Jusqu'à quel point les *Tabulae Alphonsii* reproduisaient-elles fidèlement l'œuvre accomplie sous les ordres du Prince castillan, c'est ce que nous examinerons à la fin de ce Chapitre ; elles représentent, en tout cas, ce que la Chrétienté latine a pris pour la pensée même d'Alphonse le Sage ; ce sont elles, et non point le traité original composé en romance, qui ont exercé une influence puissante et durable sur le développement des doctrines astronomiques. C'est pourquoi ce sont ces tables mises en latin que nous allons étudier tout d'abord.

Les *Tables Alphonsines* nous intéressent ici par ce qu'elles ont innové dans la théorie du mouvement des étoiles fixes.

Les auteurs de ces tables ont pensé que la théorie formulée dans l'*Almageste*, et la théorie proposée par le *Liber de motu octavae sphaerae* et par les Tables de Tolède, étaient également incapables, si on les considérait séparément l'une de l'autre, de rendre un compte satisfaisant du mouvement de la sphère étoilée ; mais ils ont admis que ce mouvement pouvait être très exactement représenté si l'on adoptait simultanément les deux hypothèses.

Les astronomes du roi Alphonse supposèrent donc que la sphère des étoiles fixes était animée de trois mouvements : le mouvement diurne ; un mouvement de rotation uniforme, d'Occident en Orient, autour des pôles de l'écliptique ;

¹⁶³ Alfred Wegener, *Die astronomische Werke Alfons X.* 5. Die Tafelfragmente in IV Bande der « Libros del Saber » (Bibliotheca mathematica, 3^e série, t. VI, 1905 ; p. 171).

¹⁶⁴ Alfred Wegener, *Op. laud.*, 6. Das kastilianische Original der Alfonsinischen Tafeln ; *Ibid.*, p. 174.

¹⁶⁵ Alphontii Regis Castellae *Illustrissimi coelestium motuum tabulae, necnon stellarum fixarum longitudes ac latitudes Alphontii tempore ad motus veritatem mira diligentia reductae.* Etc. Anno salutis 1483 Sole in 20 gradu Cancri gradiente hoc est 4 non. Julii. Anno mundi 7681. solo deo dominantis astris Gloria.

enfin le mouvement de trépidation admis par Al Zarkali. Comme un axiome reçu, au moyen âge, par tous les physiciens, défendait d'attribuer deux mouvements différents à un même orbe, ces trois mouvements étaient départis à trois sphères distinctes ; le mouvement de trépidation appartenait seul, en propre, à la huitième sphère, à la sphère en laquelle sont enchâssées les étoiles fixes ; le mouvement de rotation d'Occident en Orient lui était transmis par une neuvième sphère non étoilée, le mouvement diurne par une dixième sphère également privée d'astre.

Ces trois mouvements, d'ailleurs, se transmettaient aux sept sphères des astres errants, entraînant les orbes excentriques avec leurs apogées et leurs nœuds. Les *Tables Alphonsines*, en dépit des observations d'Al Zarkali, ne tenaient aucun compte du mouvement de l'apogée solaire par rapport aux étoiles fixes.

En adoptant, d'une part, le mouvement de précession continu proposé par Ptolémée, d'autre part, le mouvement de trépidation reçu par Al Zarkali, les astronomes d'Alphonse X modifiaient en un seul point les suppositions de leurs prédécesseurs. Ptolémée voulait que le mouvement de révolution des étoiles fixes fût achevé en 36.000 ans ; le *Liber de motu octavae sphaerae* enseignait que la durée totale de l'accès et du recès était de 4.171 ans et demi ; les *Tables Alphonsines* assuraient que la période du premier mouvement est 49.000 ans et que la période du second est 7.000 ans.

Comment les auteurs des *Tables Alphonsines* avaient-ils été conduits à ces déterminations ? Ce n'est pas à la lecture de leur ouvrage qu'on le peut demander ; on n'y trouverait, à cet égard, aucune indication ; on n'y trouverait même pas l'exposé du système que nous venons de présenter. Sous ce titre « *Medios motus augium et stellarum fixarum, accessus insuper ac recessus octave sphaerae omniumve planetarum reperire* », on trouve, aux *Tables Alphonsines*¹⁶⁶, trois tables numériques, précédées de canons, c'est-à-dire de règles toutes pratiques pour l'usage de ces tables. Ces canons et ces tables permettent de calculer, pour chaque époque, d'abord l'effet du mouvement continu de précession, puis l'effet du mouvement d'accès et de recès. Mais comment ces tables ont-elles été dressées ? Quels mouvements attribuent-elles aux diverses sphères célestes ? Quelles sont les périodes de ces mouvements ? Elles sont muettes à cet égard, et laissent au lecteur le soin de deviner les réponses par la discussion de leurs colonnes de chiffres. Ne leur de-

¹⁶⁶ L'édition dont nous avons fait usage est la suivante : *Divi Alphonsi Romanorum et Hispaniarum regis, astronomicae tabulae in propriam integritatem restitutae, ad calcem adiectis tabulis que in postrema editione deerant, cum plurimorum locorum correctione, et accessione variarum tabellarum ex diversis autoribus hiuc operi insertarum*, etc. Parisiis, Ex officina Christiani wecheli sub scuto Basiliensi, in vico Iacobaeo. Anno 1545.

mandons pas, dès lors, pourquoi les périodes respectives des deux mouvements lents des étoiles sont sept mille ans et quarante-neuf mille ans.

Il ne semble pas que la fixation de ces durées ait été la conséquence d'aucune observation précise. Un auteur du XVI^e siècle, Agostino Ricci, a donné, de ce mode de fixation, une raison qui a ravi l'adhésion de Delambre et qui paraît, en effet, fort plausible.

Agostino Ricci, né à Casale (*Civitas casalis Sancti Evasii*), dans le Piémont, avait été élève, à Salamanque, du Juif kabbaliste Abraham Zaccut ; c'est de ce maître qu'il tenait le renseignement dont il va nous faire part.

Selon Abraham Zaccut, les *Tables Alphonsines* sont l'œuvre d'un groupe de Juifs, fort experts en Astronomie, qu'Alphonse X avait réunis à Tolède, et qui furent seulement aidés dans leur tâche par quelques savants chrétiens. Ce collège d'astronomes juifs avait pour chef un certain Rabbi Isaac, qui était *hazan*, c'est-à-dire chantre principal, de la synagogue de Tolède.

Rabbi Isaac et les astronomes juifs dont il dirigeait les travaux se laissèrent guider, dans le choix des périodes des deux mouvements lents qu'ils assignaient aux étoiles fixes, par les prescriptions de la loi Mosaïque. Selon ces prescriptions, l'*année sabbatique* revenait tous les sept ans ; une durée de sept fois sept ou 49 années ramenait l'*année jubilaire* ; inspirés, sans doute, par l'opinion que les mouvements lents des étoiles fixes devaient régir la *Grande Année*, les rabbins de Tolède voulurent que 7.000 ans représentassent la période du mouvement de trépidation et que 49.000 ans mesurassent la période du mouvement de précession.

Ricci, selon l'enseignement d'Abraham Zaccut, nous affirme qu'Alphonse X ne tarda pas à regretter et à désavouer cette partie de l'œuvre des rabbins de Tolède. En 1256, dit Ricci, le roi de Castille fit traduire en Espagnol, par le Juif Rabbi Juda, le livre qu'Alhuhassin (Abou'l Hhassan) avait composé sur le mouvement des étoiles fixes. Dans le préambule de ce livre, il rejetait absolument l'hypothèse de l'accès et du recès ; il s'en tenait à l'opinion d'Al Battani, c'est-à-dire à l'hypothèse d'une précession régulière d'un degré en 60 ans.

Nous connaissons d'ailleurs, par une traduction due à A. A. Björnbo, ce témoignage d'Abraham Zaccut que nous venons d'entendre invoquer par Agostino Ricci. « Nous trouvons, dans l'ouvrage sur les étoiles fixes publié par Alphonse en son temps, quatre ans après les *Tables*, qu'il était revenu [de sa précédente opinion] ; il dit, en effet, que la huitième sphère se meut sans aucun doute toujours dans le sens direct, comme Ptolémée l'a écrit. Cet ouvrage [sur les étoiles fixes] est celui-là même que Rabbi Jehuda, fils de Moïse le Cohen, a traduit pour le roi. »

Abraham Zaccut et son disciple Agostino Ricci s'accordent à nous dire qu'Alphonse X, reprenant en 1256 l'hypothèse Ptoléméenne d'une précession toujours dirigée d'Occident en Orient, renonçait à l'opinion qu'il avait professée en 1252. Mais cette opinion était-elle bien celle que nous trouvons consignée dans la version latine des *Tables Alphonsines*? Nullement, et il semble aujourd'hui avéré qu'elle en différait grandement.

Le texte romance des tables originales les donne comme l'œuvre de deux astronomes juifs, Jehuda ben Mousa et Isaac ben Sid; ce dernier est assurément le Rabbi Isaac dont parlent Abraham Zaccut et son disciple Agostino Ricci. Ces deux astronomes n'y attribuent aucunement aux étoiles fixes et aux auges des astres errants deux mouvements, l'un de précession en 49.000 ans, l'autre de trépidation ou d'accès et de recès en 7.000 ans; ils admettent un seul mouvement, et c'est un mouvement d'accès et de recès, *allongamiento et tonamiento*; en cela, donc, le système qu'ils proposent ne diffère point de celui qui est donné au *Tractatus de motu octavae sphaerae* et dans les *Canons* d'Al Zalkali.

En résumé, les faits qu'il est possible d'affirmer touchant l'histoire du système astronomique d'Alphonse X sont les suivants :

En 1252, les *Tables Alphonsines* sont établies en attribuant aux étoiles fixes et aux apogées des astres errants un simple mouvement d'accès et de recès, sans aucun mouvement de précession.

En 1256, au préambule de la traduction du *Traité des étoiles fixes* d'Aboul Hhassan, Alphonse X revient à l'hypothèse d'un mouvement de précession, toujours de même sens, et exempt de toute trépidation.

Enfin, la version latine des *Tables Alphonsines*, version dont la date et l'auteur sont également inconnus, mais qui parvint aux mains des astronomes parisiens pendant les dernières années du XIII^e siècle, admet l'existence simultanée d'un mouvement de précession, toujours dirigé d'Occident en Orient, dont 49.000 ans est la période, et d'un mouvement de trépidation dont la période dure 7.000 ans.

A qui faut-il attribuer cette transformation essentielle du système admis en la construction des *Tables Alphonsines* originales? Elle semble bien avoir été faite du vivant d'Alphonse le Sage, qui vécut à Séville jusqu'en 1284. Fut-elle accomplie sous sa direction? Fut-elle, du moins, connue de lui et eut-elle son aveu? Ce sont questions auxquelles il semble impossible, actuellement, de donner une réponse.

Peut-être est-il plus aisé de deviner les motifs qui ont entraîné l'assentiment des auteurs de cette transformation.

Chacun des deux systèmes admis jusque-là, celui de la précession et celui de la

trépidation, leur semblait présenter, à la fois, un important avantage et un grave inconvénient.

Des observations répétées avaient prouvé que l'obliquité de l'écliptique diminuait sans cesse; ce fait s'accordait fort bien avec le système proposé au traité *De motu octavae sphaerae*, tandis que la théorie de Ptolémée attribuait à l'écliptique et à l'équateur des positions invariables.

D'autre part, le système de l'accès et du recès imposait une borne à la marche de la sphère étoilée vers l'Orient; or cette borne allait être atteinte et, cependant, la vitesse de la marche directe des étoiles fixes ne tendait nullement vers zéro; visiblement, ce mouvement allait encore, pendant de longs siècles, se poursuivre d'Occident en Orient, comme le pensait Ptolémée.

Les astronomes devaient souhaiter qu'un système nouveau gardât, à la fois, tous les avantages des deux systèmes anciens, tout en évitant l'inconvénient auquel achoppait chacun d'eux. Le moyen propre à construire un semblable système s'offrait, pour ainsi dire, de lui-même, il consistait à admettre en même temps et à composer entre elles les deux hypothèses qui, jusque-là, avaient été proposées à l'exclusion l'une de l'autre. Déjà le *Liber de elementis* attribué à Aristote composait une précession continuellement dirigée vers l'Orient avec un mouvement d'accès et de recès; sous l'influence de ce livre, avant de connaître les *Tables Alphonsines*, Albert le Grand admettait, à la fois, le mouvement de précession proposé par Ptolémée et le mouvement d'accès et de recès attribué à Thâbit ben Kourrah. Ainsi naquit, sans doute, la pensée d'attribuer aux étoiles fixes et aux apogées des excentriques des planètes une précession et une trépidation simultanées.

Est-ce en la raison d'Alphonse X que germa cette idée? Nous l'ignorons. Mais les astronomes chrétiens du moyen âge et de la Renaissance la lui ont tous attribuée; c'est comme auteur, vrai ou supposé, des *Tabulae regis Alfonsii* qu'il a exercé une grande influence sur le progrès des doctrines astronomiques.

Table des matières

CAMILLE FLAMMARION, LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES	4
PIERRE DUHEM LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES D'HIPPARQUE AUX <i>TABLES ALPHONSINES</i>	11
I Les travaux d'Hipparque	12
II Les travaux de Ptolémée	17
III La précession des équinoxes chez les Grecs et les Latins après Ptolémée. . . L'hypothèse de l'accès et du recès. La neuvième sphère.	22
IV Les premières recherches des Arabes sur la précession des équinoxes. Masciallah, Al Fergani. Les frères de la pureté. Le neuvième orbe. Le mouvement de l'apogée solaire.	36
V La Grande Année et la précession des équinoxes.	45
VI Introduction de la théorie de l'accès et du recès chez les astronomes indiens et arabes. Le <i>Liber de elementis</i> . Al Battani.	54
VII De la théorie par laquelle Ptolémée explique les mouvements de l'épicycle par rapport à l'excentrique	64
VIII La théorie du mouvement de la huitième sphère attribuée à Thâbit ben Kourrah.	69
IX Al Zarkali et les Tables de Tolède	77
X Les Tables Alphonsines	89



© Arbre d'Or, Genève, juillet 2007
<http://www.arbredor.com>

Illustration de couverture : *Edipus Aegyptiacus* d'Athanase Kircher, D.R.
Le passage de la constellation du Taureau à celle du Bélier.
Composition et mise en page : © ATHENA PRODUCTIONS/PhC