

Cours d'histoire des sciences

EPITECH 1^{ère} année
2005-2006

Bertrand LIAUDET

Histoire de la représentation de l'Univers

1 : Le système géocentrique de Ptolémée

Introduction

L'intérêt pour le ciel

Imagination - métaphysique

- Puissance : tempête, orage, tonnerre.
- Spectacle : alternance diurne - nocturne. Spectacle diurne : la voûte étoilée. Rapport au sommeil, au rêve.
- Totalité, immensité

Scientifique

- Régularité
- Relative simplicité

Pratique

- Mesure du temps
- Repères pour cultiver : l'astronomie fait suite à la sédentarisation.
- Repères pour voyager, surtout en mer.

Eléments de chronologie

- **Révolution néolithique.** L'hypothèse du croissant fertile en Mésopotamie (vallées du Tigre et de l'Euphrate en Irak et en Syrie).
- **Apparition de l'écriture.** Ancienne Mésopotamie (-6000 à -539, conquête perse). Ecriture cunéiforme (-5000). L'épopée de Gilgamesh (-3000). Le code d'Hammourabi (-1800, cunéiforme). Premier alphabet (-1800).
- **École mathématique d'Alexandrie**

| Chronologie | Environ |
|---|----------------|
| Sapiens-Sapiens, fin des Néandertaliens | -40 000 |
| 1 : Révolution néolithique | -10 000 |
| 2 : Civilisation de la Mésopotamie | -6000 à -539 |
| Invention de l'écriture cunéiforme (sud de la | -5000 |

| | |
|--|--------------------|
| Mésopotamie, Bagdad). | |
| 3 : Civilisation de l’Egypte ancienne | -2650 à -332 |
| Premier alphabet (Syrie, Palestine). | -1800 |
| 4 : Civilisation grecque (de Thalès à Plotin) | -600 à +300 |
| Miracle grec - Thalès | -625, -547 |
| Conquêtes d’Alexandre le Grand | -336 à -323 |
| Hipparque | -200 |
| Ptolémée | 90-168 |

Les Egyptiens

L’astronomie égyptienne est rudimentaire. Les Egyptiens sont surtout de bons géomètres.

Cependant, les Egyptiens ont introduit un **calendrier de 365 jours** (12 mois de 3 décades, plus 5 jours additionnels) : 25 jours de dérive par siècle.

Ils ont aussi introduit la **division de la journée en 24 heures** : 12 le jour et 12 la nuit. Les « heures » n’ont donc pas la même durée selon la période de l’année. Cette division vient de la division du Zodiaque en décans (10 degrés), par analogie aux décades. Pendant la nuit, on ne voit que 12 décans « se lever », du fait de l’inégalité entre le jour et la nuit. Ce serait la raison de la division de la nuit en 12 heures.

Les Babyloniens

Les Babyloniens étaient de bons astronomes et de bons arithméticiens, mais l’astronomie babylonienne n’utilise pas de modèles géométriques.

Les sources :

Tablettes cunéiformes interprétées au début du XXe siècle.

Les observations :

- Distinction entre les astres fixes et les astres errants. **7 « astres errants »** connus : Soleil, Mercure, Vénus, Lune, Mars, Jupiter, Saturne (d’où peut-être la symbolique du 7 : chandelier à 7 branches, 7 péchés capitaux, tour de Babel à 7 étages, etc.)
- Les Babyloniens ont fait l’inventaire des **constellations¹ du Zodiaque²**, où tournent les planètes.
- Les Babyloniens ont établi la **régularité de certains phénomènes** (le mouvement des astres et des étoiles), l’ont exprimé sous une forme arithmétique élaborée (la numération sexagésimale des Babyloniens permet une arithmétique élaborée).
- Les Babyloniens ont établi les **premières éphémérides** : on y trouve notées jour par jour la position des planètes, les phases de la Lune, les heures de lever et de coucher du Soleil, etc.
- **Le calendrier** babylonien était un calendrier lunaire.

¹ Groupe apparent d’étoiles présentant une figure conventionnelle déterminée, vue de la Terre.

² Ceinture de la sphère céleste s’étendant à 8,5 degrés de latitude de part et d’autre de l’écliptique, et dans laquelle se situe le mouvement apparent du Soleil, de la lune et des 5 planètes visibles à l’œil nu (Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne). Le zodiaque est partagé depuis l’Antiquité en 12 parties égales de 30° de longitude. Chaque partie est appelée « signe du zodiaque ». Les 8,5 degrés correspondent au 7 degrés d’inclinaison du plan orbital de Mercure par rapport au plan de l’écliptique.

Les instruments :

Le gnomon : simple bâton planté verticalement dans le sol et faisant une ombre sur une surface plane.

L'interprétation :

L'interprétation babylonienne est religieuse, politique, sociale, magique, mais pas encore scientifique

Les astres sont mis sous la tutelle d'une divinité : Vénus est attribuée à Ishtar, déesse de l'amour (Aphrodite chez les Grecs, Vénus chez les Romains). Jupiter est attribué à Mardouk, dieu suprême de la religion babylonienne, maître des orages à l'origine (Zeus chez les Grecs, Jupiter chez les Romains).

Les irrégularités du ciel, éclipse de Soleil ou de la lune, passage d'une comète, étaient source de frayeur dans le peuple et interprété par les astronomes comme des messages adressés par les dieux aux hommes, en général annonciateur de catastrophes : épidémies, pluies diluviennes, guerres, usurpation du trône...

Les prédictions de l'astrologie babylonienne concernent la collectivité et le roi. Les motivations de l'astrologie babylonienne sont donc politiques et sociales

Le roi pouvait échapper aux malheurs prévus par un rituel approprié. Une éclipse pouvait annoncer la disparition du roi. Celui-ci pouvait y échapper en installant à sa place un roi-substitut et en vivant en simple sujet, jusqu'à ce que le roi-substitut meure « opportunément », le souverain pouvant alors retrouver son trône.

L'astrologie ne se mêle pas de fixer la destinée des individus en fonction de leur date de naissance.

L'explication est fondamentalement mythique et magique.

Image du monde

La Terre est un disque plat flottant sur l'océan. Au centre se trouve Babylone. Au-dessus, le ciel. En dessous, les enfers.

Le « miracle grec »

Le miracle grec se passe en Ionie (côte ouest de la Turquie).

Le miracle grec se traduit fondamentalement par un rejet de l'explication mythique et magique (le polythéisme repris par Homère et Hésiode). Ca passe par **deux alternatives distinctes** :

- la conception d'un Dieu unique et abstrait (monothéisme philosophique, réalisme mathématique)
- le rejet de toute explication théologique (réalisme physique).

Dans les deux cas, la question devient : « **de quoi est fait le monde** ». Cette question aurait été posée pour la première fois par Thalès, à Milet, vers - 585.

Jusque-là, en Ionie comme en Egypte ou à Babylone, les mythes suffisent à rendre compte des phénomènes célestes. La Terre est circulaire et plate, sous une voûte solide où les dieux écrivent des messages aux hommes.

Les physiciens grecs ont beaucoup appris auprès des Babyloniens et des Égyptiens. Partant des observations accumulées, ils ont voulu expliquer **de quoi** le monde est composé et **comment** il est organisé.

En moins de 100 ans, les Ioniens remplacent cette description mythique par celle d'un univers plus proche du nôtre, où la Terre est une sphère, ainsi que le Soleil et la Lune. Où le Soleil est fait de feu, et où la Lune terreuse emprunte la lumière du Soleil.

Après l'invasion perse, les Ioniens se réfugièrent dans le sud de l'Italie.

Les sources

Quelques textes présocratiques

Platon et Aristote.

Des textes postérieurs (Diogène Laërce, Plutarque...)

Les premiers « physiciens » : l'usage des sens

Les « physiciens » grecs de l'Ionie : **Thalès**, Anaximandre et Anaximène vivaient à Milet. Anaxagore à Clazomènes.

Ils nous ont laissé des bribes de traités, dont la plupart étaient intitulés : « Peri Phuseôs » (au sujet de la nature). « Phusis » signifie « nature » mais aussi « croître ». La Phusis, c'est la matière universelle, vivante, qui croît, se développe, s'épanouit. La « phusis » est foncièrement créatrice, créatrice d'elle-même et éternellement. L'idée d'un dieu créateur de la nature ex nihilo est étrangère à l'esprit des Grecs.

Thalès (vers -625, -547). Philosophe, astronome et mathématicien grec, originaire de Milet, en Asie Mineure, fondateur de la philosophie grecque, considéré comme l'un des Sept Sages. Thalès aurait prédit plusieurs éclipses de Soleil donc celle qui eut lieu le 28 mai 585 av. J.-C. (cependant, ce qu'on sait des connaissances astronomiques de l'époque ne permettent pas de comprendre comment une telle prédiction aurait été possible ! Il est probable que ce soit un mythe, comme on en retrouvera avec Archimède). Il se distingua par ses connaissances en astronomie. Il aurait également introduit la géométrie en Grèce. Il ne laissa aucun écrit.

Anaxagore (v. -500, -428). Il soutenait l'idée d'expliquer les éclipses de Soleil par le passage de la Lune entre le Soleil et la Terre, ce qui lui valut une accusation d'impiété.

Plutarque écrivit :

« On ne pouvait supporter ces physiciens, ces météorologues comme on les appelait, parce que, en rapportant tout à des causes dépourvues de raison, à des forces irréflechies et à des révolutions inéluctables, ils mettaient en pièces la divinité. »

Image du monde

Le monde est constitué d'**éléments de base : terre, eau, feu, air**. Chacun choisit celui qui lui paraît le plus important (l'eau pour Thalès, l'air pour Anaximène). Empédocle (vers -490, -435), né à Agrigente en Italie, est à la base de la théorie des 4 éléments.

La Terre est plate, mais c'est un tambour avec des gens de l'autre côté, les pieds tournés vers les nôtres : **les Antipodes !**

La Terre flotte dans l'espace. Les astres sont situés sur des sphères célestes à des distances variables. Une grande sphère externe est parsemée de trous : ce sont les étoiles.

Les premiers « monothéistes » : l'usage de la raison

Pythagore (vers -580, -497) est né à Samos, en Ionie. Pour lui, ce sont les nombres qui constituent l'élément premier du monde. Ce n'est pas un élément matériel, mais une abstraction mathématique.

Dire « les choses sont des nombres » est primordial dans l'histoire des sciences : pour la première fois, les mathématiques sont considérées comme un principe organisateur de la réalité.

Mais ces mathématiques sont associées à un symbolisme magique. Exemple du **tétractys**, sensé être la clé de l'univers : le nombre 10 est la somme des 4 premiers nombres entiers, qui, représentés par des points, peuvent former un triangle isocèle.

```
      *
     * *
    * * *
   * * * *
```

Les pythagoriciens pratiquent une véritable religion, fondée sur le dualisme entre l'âme et le corps.

Les mathématiques pythagoriciennes s'intéressent aussi à la musique, en tant que principe d'harmonie.

Le Dieu pythagoricien est un Dieu géomètre et musicien, ordonnateur d'un monde harmonieux fondée sur des proportions parfaites.

Image du monde

Dans le monde pythagoricien, les corps célestes et l'enveloppe du cosmos, la sphère des étoiles fixes, ne peuvent se déplacer qu'en cercle.

Ces idées figent durablement le **dogme du cercle et de la sphère**.

C'est ce monde tout rond qu'on représentera pendant des siècles sur les épaules du géant Atlas.

Ces cercles sont disposés harmonieusement de telle sorte que le mouvement des corps célestes (les 5 planètes, la Lune et le Soleil) joue une musique céleste. Les distances entre les corps célestes sont des « tons » musicaux : un ton entre la Terre et la Lune, un demi-ton entre Mars et Jupiter. C'est sur cette musique céleste que « dansent » les planètes, ce que symbolise encore aujourd'hui la danse des derviches tourneurs.

Ces idées seront reprises par Kepler au 17^{ème} siècle.

Dernier point : le monde pythagoricien distingue entre le monde supralunaire (lieu de la perfection) et le monde sublunaire (lieu du changement).

Platon et Eudoxe

République 6 et 7, Timée.

Le Timée aura une grande influence au Moyen Âge

Comme figure, le démiurge donna au monde celle qui lui convenait et qui lui était apparentée [...] aussi est-ce la figure d'une sphère, dont le centre est équidistant de tous les points de la périphérie, une figure circulaire, qu'il lui donna, comme s'il travaillait sur un tour - figure qui entre toutes est la plus parfaite et la plus semblable à elle-même - convaincu qu'il y a mille fois plus de beauté dans le semblable que dans le dissemblable [...] Voilà pourquoi, en lui imprimant un mouvement de rotation uniforme dans le même lieu et sur lui-même, il l'a fait se mouvoir d'un mouvement circulaire [...]. Il a ainsi constitué un ciel circulaire entraîné bien entendu dans un mouvement circulaire.

Opposition entre le monde sensible et le monde intelligible. Allégorie de la caverne : le phénomène est un pâle reflet de la réalité.

Platon, avec Pythagore et le principe de l'Académie : « Nul n'entre ici s'il n'est géomètre », est une source de la grande idée de Galilée : la nature est écrite en langage mathématique.

Image du monde

Platon (vers -428, -347) fixe la Terre au centre du monde et reprend l'idée du cercle et de la sphère.

Ce sont des principes généraux difficiles à faire coïncider avec la réalité.

Eudoxe de Cnide (vers -400, -355) conçoit un système platonicien : pour cela **il multiplie les sphères**. Le mouvement de chaque astre est la résultante de plusieurs mouvements circulaires uniformes. C'est la première tentative pour rendre compte des phénomènes tout en respectant les deux dogmes de base : la sphéricité de la Terre immobile au centre du monde, le mouvement circulaire uniforme des astres.

C'est de cette époque que date la découverte de la sphéricité de la Terre.

Controverse Héraclide - Aristote : l'immobilité de la Terre et le principe d'inertie

Héraclide du Pont (vers -388, -315) propose un système semi-héliocentrique : Mercure et Vénus tournent autour du Soleil. Ce dernier et les autres planètes tournent autour de la Terre. La Terre tourne sur elle-même.

Aristote (vers -384, -322) reprend le système platonicien : la Terre est immobile car si elle tournait sur elle-même, un objet, lancé verticalement vers le haut ne retomberait pas au même point, mais en retrait.

Le principe d'inertie : en l'absence de forces extérieures, un corps est soit au repos, soit en mouvement rectiligne uniforme.

La non-connaissance de ce principe a été un argument majeur pour prouver l'immobilité de la Terre.

Comment se fait-il que ce principe n'ait pas été découvert avant la modernité ? On pouvait pourtant en faire l'expérience sur un bateau.

Image du monde d'Aristote

La Terre est au centre du monde parce qu'elle est lourde.

Aristote donne une **consistance physique aux cercles géométriques** d'Eudoxe : les sphères deviennent matérielles. Ce sont les « orbes » sur lesquelles sont fixés les astres.

Le monde se divise en deux zones : le monde sublunaire et le monde supralunaire.

Pour Aristote, le vide ne peut pas exister. S'il existait, un corps qui serait poussé ne rencontrerait aucun obstacle et acquerrait donc une vitesse infinie. Aristote ajoute donc aux 4 éléments d'Empédocle un **5^{ème} élément : la quintessence** (5^{ème} essence). C'est l'éther, substance exclusive du ciel et des astres.

Le mouvement des astres est donné par le « **Premier Moteur** » qu'Aristote localise sur la sphère enveloppant le monde, celle des étoiles fixes. Le Premier Moteur fait tourner cette sphère, le mouvement se transmettant de proche en proche aux autres sphères.

La conception d'Aristote est exposée dans deux livres : la Physique et le Traité du ciel. Cette conception a perduré jusqu'au XVII^{ème} siècle.

L'astronomie hellénistique

Aristarque (probablement), Hipparque et Ptolémée sont issus de l'école mathématique d'Alexandrie (vers -300 à 500).

Aristarque de Samos (vers -310, -230)

Aristarque et la distance Terre-Lune

Aristarque de Samos (vers -310, -230) n'a laissé qu'un seul écrit : « Des dimensions et des distances du Soleil et de la Lune », dans lequel il explique les méthodes pour mesurer les distances Terre-Lune et Terre-Soleil (distances relatives au rayon de la Terre).

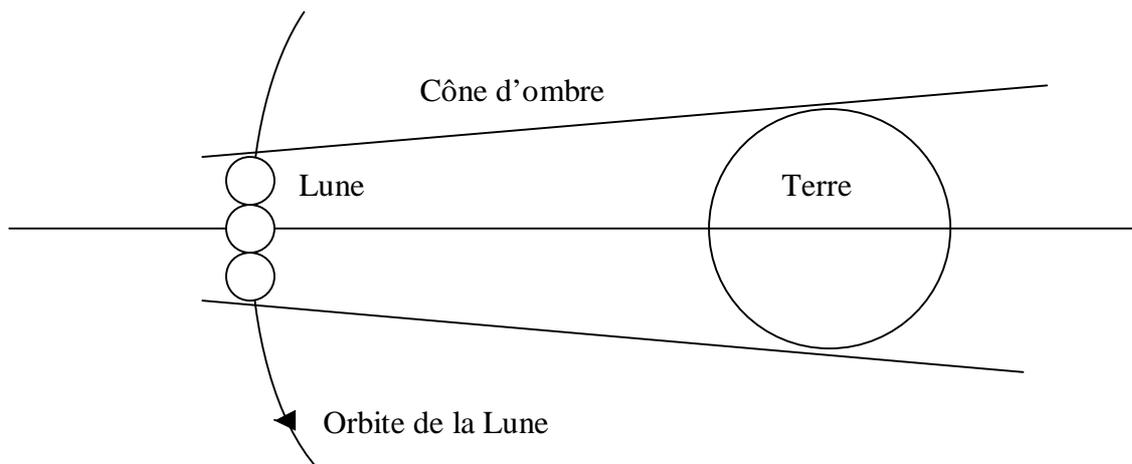
Il obtient une distance Terre-Lune d'environ 60 rayons terrestres, ce qui est à peu près juste.

La distance moyenne Terre-Lune (max+min / 2) est de 381 548 km.

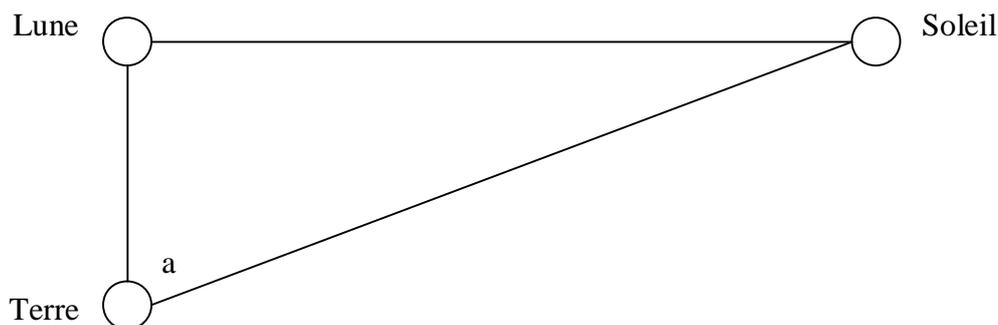
Le rayon moyen de la Terre (max+min / 2) est de 6 368 km.

La distance Terre-Lune est donc de 59,9 rayons terrestres.

Méthode : lors d'une éclipse de Lune, la Lune est contenue environ trois fois dans l'ombre de la Terre (on le calcule par la position de la Lune au début de l'éclipse totale et sa position à la fin de l'éclipse totale). Compte tenu de son diamètre apparent dans le ciel ($0^{\circ}31'$ en moyenne), on en déduit que sa distance équivaut à 30 diamètres, soit 60 rayons terrestres.



Aristarque et la distance Terre-Soleil



Méthode : lorsque la Lune est au premier quartier, elle forme un angle droit avec la Terre et le Soleil. Évaluant à 87° (par une méthode que l'on ignore), l'angle Lune-Terre-Soleil, Aristarque établit que le Soleil est situé 19 fois plus loin que la Lune.

La méthode est bonne, mais l'angle est en réalité de $89,50^\circ$, le Soleil étant alors 350 fois plus loin que la lune.

Aristarque versus Archimède

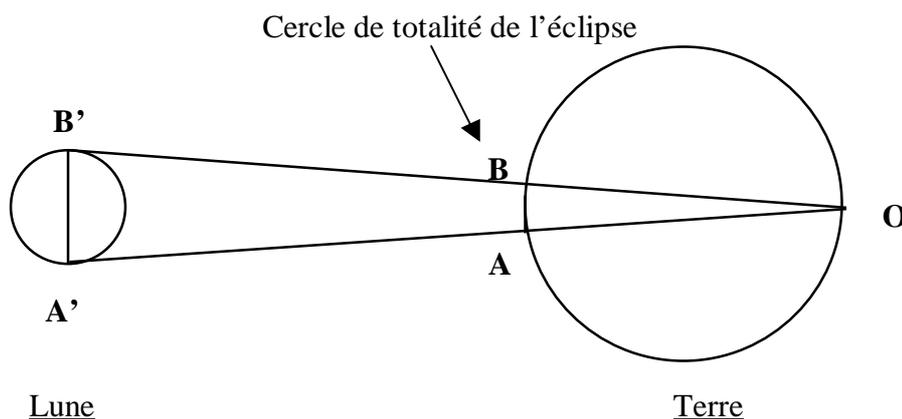
Aristarque a aussi proposé une **théorie héliocentrique totale**, et non partielle comme celle d'Héraclide du Pont. Il risqua un procès pour impiété.

Mais aucun écrit d'Aristarque ne nous est parvenu sur ce sujet. Cette affirmation nous est rapportée dans des écrits d'Archimède qui fut par ailleurs son détracteur.

À noter qu'Archimède (-287, -212) est aussi le premier à utiliser les mathématiques dans l'expression des phénomènes naturels. Toutefois, le grand physicien, dont les travaux d'hydrostatique et sur les leviers influencèrent beaucoup Galilée, ne s'est pas rallié à l'astronomie héliocentrique comme le fera Galilée.

La légende veut qu'Archimède fit brûler des navires ennemis en concentrant la lumière solaire à l'aide de miroirs

Aristarque et les éclipses de Soleil



En s'aidant des figures et en utilisant le théorème de Thalès, on peut calculer le diamètre AB du cercle de totalité en fonction du diamètre de la Terre.

D'après Thalès : $OA/AB = OA'/A'B'$

$OA \approx D_{\text{Terre}}$ et $OA' \approx d$ (= distance Terre-Lune)

Lors de l'éclipse totale de Soleil le 11 août 1999, le cercle de totalité avait un diamètre de 128 km.

Eratosthène et la circonférence de la Terre.

Eratosthène (vers -276, -194), Grec né à Cyrène (pointe nord de la Lybie), bibliothécaire à la bibliothèque d'Alexandrie, comme son maître, Callimaque de Cyrène, le maître de la poésie hellénistique.

À partir du postulat d'un ciel sphérique, il accepte l'idée de la Terre sphérique et en calcule la circonférence en utilisant le Soleil.

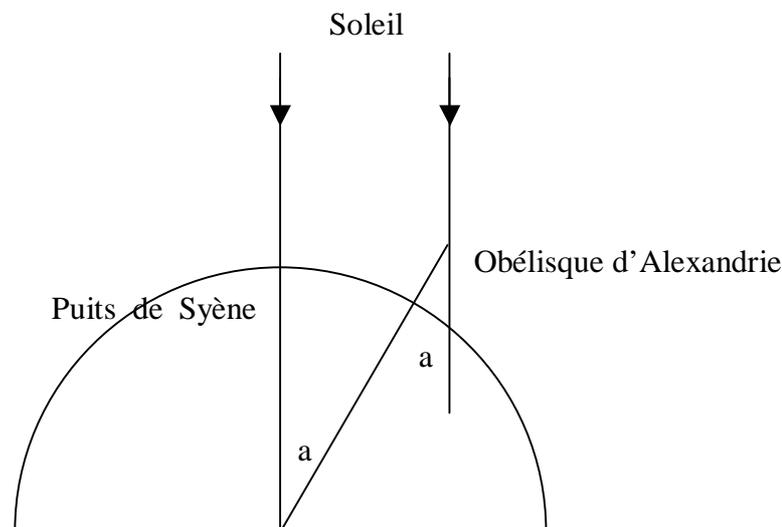
Il trouve une circonférence de 39 375 km, soit un rayon moyen de 6 267 km contre 6 367 aujourd'hui, « prouvant » ainsi sa rotondité (par opposition à la conception de la Terre comme disque ou cylindre plat).

Méthode : le jour du solstice d'été (le 21 juin), à midi, le Soleil éclaire le fond d'un puits à Syène. A Alexandrie, le même jour, le Soleil au zénith, fait un angle de $7^{\circ}10'$ (soit $1/50$ de circonférence environ) par rapport à un gnomon (un obélisque d'Alexandrie).

Connaissant la distance Syène Alexandrie (5 000 stades, soit environ 800 km : cette distance aurait été calculée par des arpenteurs d'Alexandre), on déduit la circonférence de la Terre : $800 * 50$.

Remarques :

- Syène et Alexandrie sont presque sur le même méridien : donc, Midi, c'est l'heure où le soleil est au Zénith : où l'ombre est la plus petite (les Anciens n'avaient pas de montres très sophistiquées !)
- Il y a plusieurs valeurs possibles pour le « stade » : stade égyptien (157,5 mètres) ou stades grecs (177,6 ou 185 mètres). Dans l'hypothèse du stade égyptien, on arrive à un rayon de 6 267 km. Dans l'hypothèse des stades grecs, on arrive à un rayon de 7 067 km ou 7 362 km.



Eratosthène a aussi déterminé l'obliquité de l'écliptique (l'inclinaison de l'axe de la Terre) avec une erreur de seulement 7 minutes. Il a aussi dressé des tables d'éclipses

Eratosthène est aussi un géographe : il étudie la répartition des océans et des continents, les vents, les zones climatiques, les altitudes des montagnes.

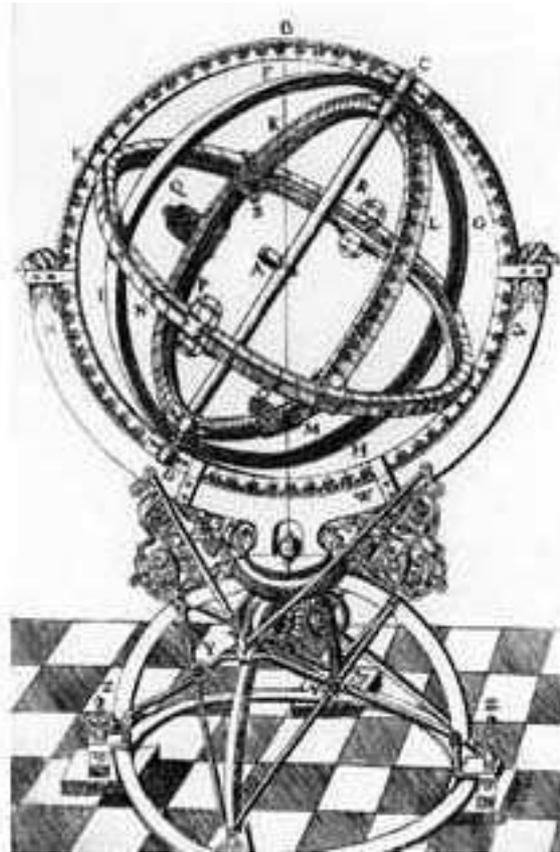
Ses observations astronomiques, serviront aussi à élaborer une carte du monde habité et la première "Géographie". Selon lui, l'oekoumène s'étendait dans l'hémisphère nord du 12e au 66e degré de latitude, et sur 140 degrés en longitude, de l'Atlantique à l'est de l'Inde.

Hipparque (vers -190, -120),

Hipparque (vers -190, -120), né à Nicée, est considéré comme l'un des plus grands astronomes de l'antiquité.

On lui devrait particulièrement :

- L'invention de l'**astrolabe**.



L'astrolabe de Tycho Brahé

L'astrolabe est un instrument qui permet de mesurer la hauteur des astres au-dessus de l'horizon.

Un astrolabe est constitué d'un cercle ou d'un arc de cercle gradué en degrés d'arc, avec en son centre un bras mobile articulé. Après avoir aligné le point zéro du cercle sur l'horizon, on déplace le bras de l'astrolabe pour viser l'astre considéré, sa hauteur (ou azimut) se lisant sur le cadran en regard.

Il peut aussi se composer d'autres cercles, que l'on peut tourner les uns par rapport aux autres. Ce sont les grands cercles de référence de la sphère céleste (équateur, écliptique, méridien, horizon...)

Le sextant est un dérivé de l'astrolabe qui a la forme d'un sixième de cercle (d'où son nom) et qui est utilisé surtout en navigation pour donner la latitude du lieu. Il a été inventé aux environs de 1730.

- Un nouveau calcul de la **longueur de l'année** : 365 jours 5 heures 55 minutes et 12 secondes, contre les 5 heures 48 minutes et 46 secondes actuelles.
- **Un catalogue de plus de 800 étoiles.**
- Mais surtout, il aurait découvert le troisième mouvement de la Terre : **la précession des équinoxes.**

Hipparque et la précession des équinoxes

Le plan de l'écliptique³, c'est le plan « sur lequel » la Terre tourne autour du Soleil. Le Soleil est sur ce plan.

³ L'écliptique, en astronomie, est le trajet apparent du Soleil sur la sphère céleste au cours de l'année, vu depuis la Terre. Ce grand cercle est en fait le changement de perspective que l'on a du Soleil, sur fond d'étoiles, le long de l'orbite terrestre : il matérialise donc le plan de notre orbite. L'écliptique doit son nom au fait que les éclipses

Dans son mouvement de rotation diurne, la Terre tourne autour de l'axe des pôles, axe qui est « presque » perpendiculaire au plan de l'écliptique. Il est incliné de $23,27^\circ$. L'axe des pôles pointe actuellement en direction de l'étoile polaire (d'où ce nom).

Mais cet axe polaire tourne autour de l'axe perpendiculaire au plan de l'écliptique (comme le ferait l'axe d'une toupie par rapport à la verticale) : c'est le mouvement de précession.

Ce mouvement est très lent : il faut environ 28 500 ans pour faire un tour complet, soit environ 45 secondes d'arc de dérive de l'axe polaire par an ($360 \times 3\,600 / 28\,500$).

Hipparque se rendit compte de la précession par la dérive de la date des équinoxes, moment où pour toute la Terre, le jour est égal à la nuit. Aujourd'hui, c'est le 21 mars et le 22 septembre.

En comparant ses propres dates d'équinoxe avec celles de deux astronomes du siècle précédent, Hipparque obtint pour l'équinoxe de printemps une dérive annuelle de 42 secondes d'arc, et de 58 secondes d'arc pour l'équinoxe d'automne.

Une Terre parfaitement sphérique n'aurait pas ce mouvement de précession. Mais elle est aplatie aux pôles du fait des forces centrifuges qui découlent de sa rotation (rayon équatorial = 6 378,140 km ; rayon polaire = 6 356,755 km ; soit 21,385 km de différence).

La somme de Ptolémée (90-168)

Dans les trois siècles qui séparent Hipparque et Ptolémée, il y a peu d'astronomes, et l'astrologie populaire se développe.

Ptolémée (90-168) est un astronome issu de l'école d'Alexandrie.

Deux œuvres importantes :

L'Almageste

La « Composition mathématique » est connue sous le nom d'« Almageste » (le très grand, Al Midjisti en Arabe).

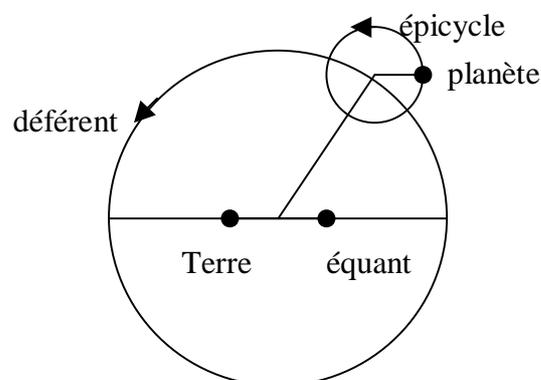
L'Almageste est un **exposé complet du système du monde géocentrique**. Il explique les phénomènes du ciel avec une très grande précision.

Catalogue de plus de 1000 étoiles.

Dans le système de Ptolémée, les planètes sont dans cet ordre :

Terre, Lune, Mercure, Vénus, Soleil, Mars, Jupiter, Saturne et la sphère des étoiles fixes.

Le système de Ptolémée est un système avec **cycle déférent** (le grand cercle porteur) et **épicycles** (petit cercle dont le centre se meut sur un grand cercle porteur).



surviennent uniquement lorsque la Lune, dans son mouvement autour de la Terre, traverse le plan de l'écliptique, où elle peut alors masquer le Soleil.

Pour expliquer les phénomènes (« sauver les apparences »), le système introduit la possibilité que la Terre soit excentrée par rapport au cycle déférent (le **point équant** est le symétrique de la Terre par rapport au centre du déférent). On peut aussi avoir des **épicycles étagés** (épicycle dont le centre se meut sur un autre petit cercle). Ainsi, tous les mouvements apparents des astres arrivent à s'expliquer.

Mathématiquement, on peut démontrer que les systèmes à épicycles et à excentriques sont rigoureusement équivalents.

Le Tétrabile

Cet ouvrage fixe les bases théoriques de l'astrologie : influence des astres, signes zodiacaux, etc.

L'astrologie est-elle une science ?

Le développement de l'astrologie telle qu'on la connaît encore aujourd'hui, date de cette période. L'astrologie exerce toujours une grande fascination. Elisabeth Teissier a même soutenu une thèse de sociologie le 7 avril 2001 à l'université Paris V intitulée : "Situation épistémologique de l'astrologie à travers l'ambivalence fascination/rejet dans les sociétés postmodernes".

« Redonner ses titres de noblesses à l'astrologie, remettre l'enseignement de l'Art royal des Astres à la Sorbonne et dans toutes les Universités de la planète, voilà pourquoi je lutte ! »

Pour la critique de cette « thèse » non-thèse, voir les remarques philosophiques conclusives de Jacques Bouveresse, philosophe, logicien, épistémologue et professeur au Collège de France (<http://www.homme-moderne.org/societe/socio/teissier/analyse/philo.html>).

La thèse soutenue par Madame Elizabeth Teissier le 7 avril de cette année sous le titre "Situation épistémologique de l'astrologie à travers l'ambivalence fascination/rejet dans les sociétés postmodernes" soulève en premier lieu la question de savoir ce que vient faire exactement le mot "épistémologique" dans le titre. Même si elle cite un nombre considérable de scientifiques et d'épistémologues éminents (qu'elle interprète généralement à contresens, comme elle le fait également, de façon à peu près aussi systématique, avec les sociologues qu'elle utilise), elle ne comporte aucune analyse épistémologique réelle. La candidate était d'ailleurs, de toute évidence, bien incapable d'en fournir une seule.

[...] Si Madame Teissier avait eu la moindre envie de faire un travail épistémologique réel, elle aurait commencé par prendre un peu plus au sérieux la remarque de Popper selon laquelle la difficulté, dans le cas de disciplines comme l'astrologie, n'est pas de trouver des confirmations (il n'y a rien de plus facile, en tout cas pour les convaincus), mais plutôt de trouver des faits susceptibles, le cas échéant, de constituer une réfutation de la théorie.

Deux types d'arguments contre l'astrologie :

Les arguments factuels :

Le problème de la vision du monde astrologique

- L'astrologie est fondée sur un monde géocentrique dans lequel Neptune, Uranus et Pluton sont inconnues.

- L'astrologie ne tient pas compte de la précession des équinoxes autour de l'écliptique. Puisque l'axe de rotation de la Terre se déplace de 45 secondes par an, depuis 2000 ans, il s'est déplacé de 25 degrés. De ce fait, la carte du ciel d'un instant T n'est plus la même : un Lion est en réalité un Cancer. La plupart des astrologues ignorent le mot même de précession.

Le problème de l'influence

- Les deux influences des astres sur la Terre : gravitationnelle et énergétique (lumière). Ces influences décroissent en $1/R^2$.
- La Lune est la cause des marées.
- L'attraction de Jupiter est 50 000 fois plus faible que celle de la Lune.
- La Lune nous envoie 400 000 fois moins d'énergie que le Soleil. Les autres planètes n'envoient pas plus d'un milliardième de l'énergie du Soleil.
- Sirius, la plus brillante des étoiles, nous envoie 13 milliardièmes de l'énergie du Soleil.

Le problème expérimental

- Question de Cicéron : comment expliquer le destin différent de jumeaux ?
- Question de Cicéron : comment expliquer que des catastrophes puissent tuer des personnes différentes et supposées avoir des destinés différentes ?

L'argument de Popper :

L'astrologie n'étant pas réfutable, ce n'est pas une science.

Conclusion

Il ne faut pas oublier que les philosophes ne représentent qu'une infime minorité face à une foule ignorante et livrée aux superstitions et aux croyances en des divinités multiples., et donc face à des dirigeants qui redoutent toute remise en cause de l'ordre social et politique dont les Dieux sont les garants.

Jusqu'aux Grecs, le polythéisme domine. Avec les Romains, c'est la vision du monde astrologique.

Tableau synthétique des principales découvertes

| Qui | Découvertes | Quand |
|--------------------|--|-------|
| Egyptiens | Calendrier de 365 jours | |
| | Découpage de la journée en 24 heures | |
| Babyloniens | 7 astres errants | |
| | Constellations du Zodiaque | |
| | Ephémérides | |
| Grecs | Du 6 ^{ème} siècle avant J.C. au 2 ^{ème} siècle après JC : de Thalès à Ptolémée | |
| | Compréhension de la cause des éclipses de Lune et de Soleil | |
| Thalès | Prédiction d'une éclipse : peu probable ! | -585 |
| Eudoxe | Sphéricité de la Terre, système géocentrique | -350 |
| Aristarque | Distance Terre-Lune | |
| | -310, -230 Distance Terre-Soleil | |
| Eratosthène | Circonférence de la Terre | -230 |
| | -276, -194 Obliquité de l'écliptique | |
| | Distances Terre-Lune et Terre-Soleil | |
| | Catalogue de 675 étoiles | |
| Hipparque | Précession des équinoxes | |
| | -190, -120 Calcul de l'année tropicale à 7 minutes près | |
| | Méthode de localisation géographique | |
| | Catalogue de plus de 800 étoiles | |
| Ptolémée | L'Almageste | |
| | 90-168 | |

Situation du point de vue scientifique

- La Terre est ronde et immobile.
- L'univers est rond, petit et clos par la sphère des étoiles fixes.
- Le monde est divisé en deux : monde sub-lunaire et monde supra-lunaire.

- La perfection du monde supra-lunaire impose le dogme du cercle.

Objections contre le mouvement de la Terre

- La Terre est lourde : elle aurait besoin d'un moteur puissant pour se mouvoir.
- Une pierre lancée à la verticale retombe au même point (pas de principe d'inertie).
- La rotation de la Terre provoquerait des vents très forts (pas de principe d'inertie).

Bibliographie

Littérature secondaire

Arkan Siman, Joëlle Fontaine : L'image du monde, des Babyloniens à Newton (Paris : ADAPT Editions, 2ème édition 1999). Principale source de ce cours, avec le livre de Timothy Ferris.

Arkan Siman : L'image du monde, de Newton à Einstein (Paris : Vuibert-ADAPT/SNES, 2005). Principale source de ce cours, avec le livre de Timothy Ferris.

Timothy Ferris : Histoire du cosmos de l'antiquité au big bang (Paris : Pluriel-Hachette, 1992 - 1^{ère} édition en anglais en 1988). Principale source de ce cours, avec le livre de Arkan Siman et Joëlle Fontaine.

Arthur Koestler : Les somnambules (Paris : Calman Levy, 1980 - 1^{ère} édition en anglais en 1958)

Daniel Benest : Les mémoires d'Uranie (Editions Burillier, 2003).

Jean-Pierre Verdet : Histoire de l'astronomie ancienne et classique (PUF-Que sais-je : Paris, 1998)

Charles-Albert Reichen : Histoire de l'astronomie (Editions Rencontre and Erik Nitsche International, 1963).

Yves Gingras, Peter Keating et Camille Limoges : Du scribe au savant : Les porteurs du savoir de l'Antiquité à la révolution industrielle (Boréal : Montréal, 1998).

Littérature primaire

Platon : Timée (GF Flammarion n° 618, 1999)

(pseudo) Aristote : Traité du ciel (GF Flammarion, 2004)

Claude Ptolémée : Almageste (composition mathématique) (Albert Blanchard, 1988)

Sites internet

<http://www.obspm.fr/>

Site de l'Observatoire de Paris

<http://media4.obspm.fr/index.html>

Site Astrophysique sur mesure de l'Observatoire de Paris