

# Brève histoire de l'astronomie (F. Soso)

## Introduction

Après les cosmogonies mythiques des anciennes civilisations (voir Egypte et Mésopotamie), les philosophes naturalistes grecs du VI-IV<sup>ème</sup> siècle av. J.-C. ont d'étonnantes intuitions (voir Le miracle Grec, ci-dessous).

Quant à l'astronomie d'observation, les Grecs, comme les peuples avant eux, en observant le ciel voyaient une sphère sertie d'étoiles qui tournait en 24 h autour d'un axe qui semblait passer par le centre de la Terre et par une étoile particulière (aujourd'hui l'étoile Polaire).

Par rapport au fond d'étoiles (firmament), on pouvait remarquer quelques astres "errants" (en grec "planètes"), se déplaçant lentement dans une étroite bande du ciel appelée « zodiaque » (lieu des petits animaux). Ces astres sont :

- La Lune
- Le Soleil
- Mercure, Venus, Mars, Jupiter, Saturne

Le zodiaque est plus haut sur l'horizon en été qu'en hiver (hémisphère nord). Les douze constellations marquent la position du Soleil par rapport aux étoiles en chaque mois de l'année.

Les 5 planètes proprement dites sont les seules visible à l'œil nu - la découverte d'Uranus se fera au télescope (Herschel 1781). Les noms des planètes correspondent à la version latine des noms des principaux dieux de la Grèce.

Alors que la Lune et le Soleil parcourent leurs orbites plus ou moins régulièrement, les planètes les plus proches de la Terre (Mercure, Venus, Mars) ont un comportement bizarre:

1) il semblent changer de luminosité le long de leur période de révolution (comme s'ils se rapprochaient et s'éloignaient de la Terre),

2) dans la phase de luminosité accrue il semblent s'arrêter et inverser leur parcours, puis s'arrêter à nouveau et reprendre leur parcours régulier. En termes techniques on parle de "stations" et "rétrogradations".

[Tout ceci est explicable par les orbites par rapport à la Terre d'une planète "interne" (située entre la Terre et le Soleil), Mercure, et d'une planète "externe" (à la Terre) comme Mars].

D'autres peuples, comme les Chinois et les Mayas, s'intéressèrent également au ciel, mais il fallut attendre le VII<sup>e</sup> siècle av. J.-C. pour que les Grecs fassent de l'astronomie une véritable science, en écartant le surnaturel de l'interprétation des phénomènes.

Les Grecs, avec une vision assez moderne, parlaient "d'apparences", car probablement ils ne croyaient pas qu'un astre puisse vraiment s'arrêter et inverser son chemin. Le seul mouvement "vrai" que l'on pouvait prêter à un astre était un mouvement circulaire uniforme (avec vitesse constante).

## Le miracle grec

Du VI<sup>e</sup> au IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. les philosophes naturels grecs (école de Milet et écoles d'Italie) ont beaucoup avancé en cosmologie. Pêle-mêle :

- La Terre est suspendue dans l'espace;
- Terre, Lune et Soleil ont la même composition, et la même forme, sphérique;
- la Terre tourne sur elle-même en 24 h et autour d'un feu central en 1 an;
- la Lune reçoit sa lumière du Soleil;
- les lois des mouvements célestes sont mathématiques;
- il y a quatre éléments fondamentaux : terre, eau, air et feu;
- la matière est constituée d'atomes indivisibles et indestructibles;
- la Terre et le Cosmos sont nés du chaos par effet d'un immense tourbillon;
- tant qu'elles tournent, les astres restent en l'air; s'ils s'arrêtaient, ils tomberaient sur la Terre, comme le font les météorites;
- la Terre tourne dans son enveloppe d'air;
- les étoiles sont d'autres soleils, et il peut y avoir d'autres mondes habités; etc.

### **Des sphères concentriques**

Au faite de sa puissance Athènes (où la science n'avait point d'adeptes), voit l'ouverture de grandes écoles : l'Académie de Platon (427-347 av. J.-C.), disciple de Socrate (†399), et le Lycée d'Aristote (384-322 av. J.-C., disciple de Platon).

Platon se passionne à la physique en âge avancé. Il pose ce problème aux mathématiciens:

- quelle est la combinaison de mouvements "simples" (circulaires uniformes) qu'il convient de prendre pour hypothèses afin de sauver les apparences que les astres errants nous présentent ?

[[ Les huit astres errants étant la Lune, le Soleil, Mercure, Venus, Mars, Jupiter, Saturne, auxquels on ajoute les étoiles, dites "fixes" parce qu'elles sont fixées à une sphère plus externe (d'où le nom "firmament"). ]]

Au IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C., la réponse fournie par Eudoxe de Cnide à Platon est purement mathématique. Les astres mobiles sont transportés par un système de 27 sphères, ayant le même centre que la Terre, chaque sphère tournant autour d'un axe plus ou moins incliné pris dans la sphère immédiatement extérieure (système à feuilles d'oignon). La rotation de chaque sphère est uniforme, mais la vitesse et même le sens de rotation sont propres à chacune.

Ce modèle requiert quatre sphères pour chaque planète, trois sphères chacun pour le Soleil et la Lune, et une grande sphère pour les étoiles : 27 sphères au total.

Les mouvements observés sont assez bien reproduits, mais on n'explique pas les changements de luminosité; on feint donc de ne pas les voir.

Le système de sphères "homocentriques" ou emboîtées d'Eudoxe, avec ses axes et vitesses de rotation différents, est amélioré par Callippe avec 7 sphères supplémentaires.

Enfin, Aristote le "classificateur" s'attelle à une théorie du monde qui explique TOUT et met un terme aux objections des sophistes.

Il s'empare des idées courantes sur la matière et le cosmos, et construit un système unitaire, pas forcément vrai mais bien ficelé, et garanti par une logique imparable.

On ne peut modifier ce système sans le re-formuler complètement, chose que personne ne saura faire jusqu'au XVII<sup>e</sup> ou XVIII<sup>e</sup> siècle (Newton en 1687; Descartes a aussi essayé, mais avec une physique tout aussi fantaisiste).

## **La Cosmologie d'Aristote.**

L'univers est clos, et relativement petit.

Le domaine céleste compris entre la sphère des fixes et celle de la Lune est composé d'un cinquième élément, l'éther.

Dans ce domaine, les mouvements "naturels" sont circulaires et uniformes; les corps incorruptibles qu'y sont logés, les étoiles et les planètes, ne peuvent que tourner éternellement autour du centre de l'univers.

Les orbes emboîtés ont une réalité physique concrète.

Le nombre de sphères homocentriques passe à 55 (pour désaccoupler les mouvements).

La sphère la plus externe est entraînée par un "moteur premier" (Dieu! dira l'Eglise), et entraîne les autres dans sa rotation diurne de 24 heures.

La Terre et la région sub-lunaire sont composées des 4 éléments d'Empédocle. Les mouvements "naturels" de ces éléments sont

- vers le haut l'air et le feu
- Vers le bas la terre et l'eau.

C'est le domaine de la génération et de la corruption, de l'imperfection et de la pesanteur.

## **La physique d'Aristote**

Aristote s'occupe aussi de physique, avec quelques belles idées:

- Le vide n'existe pas
- Le seul mouvement spontané dans le domaine sub-lunaire et sur Terre est rectiligne, vers le haut pour les corps légers, comme l'air et le feu, vers le bas pour les corps lourds, comme la terre et l'eau.
- Les corps plus lourds tombent plus vite que les corps légers.
- Tout autre mouvement implique une force appliquée - la vitesse est proportionnelle à la force; si la force cesse, la vitesse aussi (problème de la flèche...).

La cosmologie et la physique d'Aristote devinrent partie intégrale de la doctrine chrétienne au XIIIe siècle, avec Thomas d'Aquin et saint Albert le Grand, Roger Bacon, saint Bonaventure et Duns Scot. En avançant une théorie scientifique contraire à la "philosophie scolastique" enseignée officiellement dans toutes les universités catholiques on risquait d'être accusé d'hérésie (voir le cas de Galilée).

## **L'astronomie héliocentrique**

À l'époque hellénistique - IIIe et IIe siècle av. J.-C. - dans les grands royaumes issus de l'empire d'Alexandre le Grand :

- la science se sépare de la philosophie
- on jette Aristote aux oubliettes
- la science explose...

En Mathématiques, avec   Euclide  
                                  Archimède  
                                  Apollonios

En Astronomie, avec       Aristarque de Samos  
                                  Hipparque  
                                  Théodose

En Géographie, avec Eratosthène  
Cléomède  
Géminos

En Médecine, avec Hérophile  
Erasistrate  
Eudème, Démétrius d'Apamée

En mécanique et hydraulique, Ctésibios  
Philon de Byzance  
Héron d'Alexandrie

Les découvertes deviennent quantitatives:

- l'héliocentrisme,
- Les dimensions de la Terre et de la Lune,
- la distance Terre-Lune, et Terre-Soleil
- la précession des équinoxes,
- l'idée de gravité,
- la théorie des coniques
- La théorie des marées ...

Aristarque de Samos (320-250 av. J.-C.), Eratosthène (280-200 av. J.-C.) et Hipparque (190-120 av. J.-C.), proposeront un modèle dans lequel la Lune tourne autour de la Terre, et celle-ci, comme les autres planètes, tourne autour du Soleil. C'est le modèle "héliocentrique", qui rend très bien compte des phénomènes observés et que l'on attribuera toujours à Copernic.

### **Premiers siècles de notre ère (Empire Romain)**

Sous l'emprise romaine, la science se meurt. Les découvertes sont oubliées, les livres perdus. Seul Claude Ptolémée, au II<sup>e</sup> siècle de notre ère, recueille ce qui reste des anciennes théories.

Aristote revient à la mode, en fournissant aux théologiens, aussi bien chrétiens qu'islamiques, la cosmologie et la physique dont ils ont besoin pour leur doctrine.

**L'héritage scientifique** transmis aux Arabes d'abord, à l'Europe de la Renaissance ensuite, consiste de:

1. La physique et la cosmologie d'Aristote
2. L'astronomie et la géographie de Ptolémée
3. Une idée bien spéciale : ce n'est pas aux astronomes d'expliquer la structure du monde, puisque la cosmologie revient aux philosophes.

### **Claude Ptolémée (v. 100-v. 170)**

Au II<sup>e</sup> siècle de notre ère un grand scientifique, Claude Ptolémée d'Alexandrie, collecte une partie des connaissances hellénistiques dans des œuvres encyclopédiques:

- L'Almageste (astronomie)
- La Géographie
- L'Optique
- Le Tetrabiblos (astrologie)

Dans l'**Almageste** ( du grec 'H μεγάληστη, La très grande [composition], en arabe *al-Mijisti* ) on retrouve le système de sphères d'Eudoxe (géocentrique), remanié par Apollonios et Hipparque en un système de cercles sur le plan de l'Ecliptique.

Quant à la physique, Ptolémée ne perd pas de temps : il reprend telle quelle celle d'Aristote.

- La Terre est au centre, immobile. Autour d'elle:
- Le Soleil et les étoiles fixes font leur révolution en 24h.
- La Lune tourne en un mois;
- Mercure, Vénus et le Soleil en un an (par rapport aux étoiles);
- Mars, en deux ans; Jupiter, en douze; Saturne, en trente (idem).

### **- Orbites allongées**

Les saisons (qui séparent les solstices et les équinoxes) n'ont pas la même durée:

- Printemps 94 ½ jours
- Été 92 ½ jours
- Automne 88 1/8 jours
- Hiver 90 1/8 jours

### **- Stations et rétrogradations - Selon Ptolémée :**

L'orbite du Soleil autour de la Terre n'est pas parfaitement ronde.

Déférents et Epicycles - Pour limiter le nombre de sphères, Ptolémée fait évoluer chaque astre sur un petit cercle ("épicycle"), porté par un cercle principal, le "déférent".

Au besoin, il utilise des petites tricheries, en déplaçant un peu les centres ou en modulant les vitesses de rotation.

### **Quatorze siècles de géocentrisme**

Les astronomes qui suivront, les astronomes arabes en premier, emploieront le système géocentrique, avec les retouches nécessaires pour obtenir des données astronomiques à jour.

A partir de modèles et des paramètres de Ptolémée, progressivement modifiés, les astronomes dressent les tables du mouvement des planètes, du Soleil et de la Lune, pendant 1400 ans.

### **L'astronomie arabe (VIIIe – XIVe siècle)**

Selon la légende, en l'an 150 de l'Hégire (622), le calife Al Mansur reçut la visite d'un homme expert dans le calcul de la position des étoiles, provenant de l'Inde.

Le calife ordonna alors de traduire les livres indiens d'astronomie, jusqu'à ce qu'on s'aperçoive qu'il s'agissait en général d'extraits de la *Sintaxis Mathematica* de Ptolémée.

L'Almageste (al-Mijisti) était depuis longtemps dans les bibliothèques du calife, mais personne ou presque n'y avait donné la peine de l'étudier.

Bientôt, ce furent toutes les œuvres scientifiques grecques à être traduites, sans distinction, avec l'aide des médecins chrétiens appartenant à la secte des Nestoriens.

Le grand mécène de l'astronomie arabe fut le calife Al Ma'mun (813-833) qui fit construire un observatoire à Bagdad même.

Les études astronomiques se poursuivirent intensément, de ville en ville (Maragha, Samarkand, Tolède, Granada) du VIIIe jusqu'au XVe siècle.

## Les observatoires

A Bagdad au Xe siècle (Abu l-Wafā).

A Maragha, voulu par l'empereur mongol Hülägü (petit-fils de Gengis Khan) en 1259, dirigé pendant une vingtaine d'années par at-Tūsī.

Puis à Samarkand au XVe siècle, voulu par Ulug-Beg (petit fils de Tamerlan), utilisé par ar-Rumi et surtout par al-Kashi.

A Istanbul, voulu par le sultan ottoman Murad III (1574-1743) et utilisé au XVIe s. par Ibn Mahruf.

Plus tard, en Inde, Jai Singh II (1686-1743) voudra de belles architectures pour les observatoires de Delhi, Bénarès, Jaipur, Ujjain et Mathura.

Livres et études se comptent par milliers. La précision des tables astronomiques s'améliore au fil des publications.

Encore aujourd'hui beaucoup de noms d'étoiles et constellations sont d'origine arabe.

On produit de magnifiques instruments de poche (compas + astrolabe), pour satisfaire les besoins de chacun en fait d'astronomie :

- Détermination de l'heure de la prière
- Détermination de la direction de la Mecque
- Détermination du premier et dernier jour du Ramadan
- Compilation du calendrier (luni-solaire)

Les applications religieuses protègent même les scientifiques des attaques récurrentes des 'bigots'.

Malgré une activité si intense et prolongée, il n'y a pas de véritables révolutions conceptuelles (par e. vers l'héliocentrisme) ni instrumentales (optique).

## Astronomie médiévale - L'Europe

Chute de l'empire romain d'Occident (476) =>

- perte des connaissances, y c. celle de la langue grecque.
- Le savoir est condensé dans des « *summae* » assez rudimentaires.

Peux de noms remarquables jusqu'à l'an 1000 :

**Saint Augustin** (354-430) nord-africain, à Milan avec S. Ambroise (conversion), puis évêque d'Ipona - néoplatonicien, Père de l'Eglise.

Théorie du savoir : l'univers, expression de la volonté divine, ne peut qu'être bien et son étude renforcer la foi. Saint Augustin est alors à la base la pensée scientifique occidentale.

*Confessions*.

**Le sénateur Boèce**, condamné à mort par Théodoric en 524 (*De consolatione philosophiae*),

**Bède le vénérable** (672-735) De son monastère, il rédige nombreux ouvrages dont certains en science, sur les marées, la mesure du temps, le calcul du calendrier. Première utilisation de la date de la naissance du Christ comme date de référence.

**Jean Scot Erigène** (810-870) Généralisation du système planétaire héliocentrique d'Héraclide du Pont.

**Gerbert d'Aurillac** (940-1003), devenu le pape Silvestre II. Introduit en Occident de l'usage des chiffres arabes.

**Constantin l'Africain** (1015-1078) premier grand acter de la transmission du savoir arabe en Occident. Traduction en latin les versions arabes de nombreux textes médicaux classiques.

**Michel Psellos** (1018-1078) Oeuvre encyclopédique. Défenseur du rôle de la raison dans l'explication des faits.

Le nouveau millénaire (XIe et XIIe siècle) marque l'inversion de la pente :

**Adélarde de Bath** (1090-1142) première traduction occidentale des *Eléments d'Euclide* et de l'Arithmétique d'al Khwarizmi. Encyclopédie de théologie, logique, mathématique et philosophie.

**Traduction** des premières œuvres arabes par Gérard de Crémone (1114-1187) Traduction en latin d'une version arabe de l'Almageste de Ptolémée et de près de soixante-dix ouvrages en dialectique, astronomie, philosophie, astronomie, philosophie, médecine (Avicenne, Rhazès...) et alchimie.

Beaucoup d'autres traducteurs, notamment à Tolède et à Salerne. Hermann le Dalmate (fl. 1139-1143), Jean de Séville (fl. 1135-1153), etc.

**Le temps des universités :** Premières universités laïques européennes : Bologne en 1123, puis Padoue et Montpellier en 1220. Fondation de l'université de Paris et d'Oxford en 1170.

1179 **Introduction du papier** en Europe.

Leonardo Pisano, dit le **Fibonacci** (1170-1240), démontre les mathématiques greco-arabes en Occident (sans beaucoup de suite). Le *Livre sur les abaques* (1202) expose le système de numération indo-arabe. Suite de Fibonacci, composée de nombres dont chacun est égal à la somme des deux précédents. *Practica geometriae* recense les connaissances en géométrie et trigonométrie (1220-21) et *Liber quadratorum* (1225)

**Michel Scot** (1175-1253) Astrologue, linguiste, traduit les commentaires d'Ibn Rushd sur Aristote et un texte d'astronomie d'Al Bitruji.

Robert **Grosseteste** (1175-1253) évêque anglais, fonde l'école franciscaine d'Oxford, à Paris de 1215 à 1219. Traduction d'œuvres grecques, travaux d'optique théorique et expérimentale. Initiateur de l'école empiriste anglaise.

1238 – l'Empereur **Frédéric II** autorise pour la première fois en Occident chrétien une dissection de cadavre à l'école de Salerne.

**Pierre de Maricourt** (1238) *Epistola de Magnete* (1269) pose les bases du magnétisme et de la méthode expérimentale.

**Albert le Grand** (1194-1280) et son disciple **Thomas d'Aquin** (1225-1275) fondent le **scolastique médiéval** - le néoplatonisme de St. Augustin est remplacé par la philosophie d'Aristote (expérimentation et étude de sciences naturelles). Intégration de la philosophie d'Aristote et de la Théologie, avec primauté de cette dernière.  
*Summa theologica, de Trinitate, de Civitate Dei.*

La "**scolastique**" sera enseignée dans les universités de Paris, Oxford, Bologne, Naples (contrôlées par L'Eglise, par le biais des Dominicains et Jésuites, qui administrent l'Inquisition).

Aucun livre ne peut être publié sans l'approbation préalable de l'Eglise, qui entend garder le monopole de la culture et des études. Toute théorie se démarquant des doctrines officielles est considérée comme hérétique.

Réévalué par le Concile de Trente en 1545, pour lutter contre les thèses de Luther, qui récusait l'usage de la raison et de la philosophie antique. Modèle intellectuel de la Compagnie de Jésus (XVIIe siècle).

Il y a bien sûr des querelles théologiques entre thomistes, scotistes (école de John Duns Scot), Nicolas de Cues et Guillaume d'Ockham.

Au final, peu de réelles avancées scientifiques seront effectuées au cours du Moyen Age, en raison d'un manque d'expérimentation et d'investigation rendues difficiles par la doctrine chrétienne.

Puis les idées s'emballent au **XIIIe siècle** :

**Roger Bacon** (1214-1293) élève de Robert Grosseteste, dans *Epître de segretis operibus* :

" on pourra faire des navires qui avancent sans rameurs, [...] de même, on pourra faire des chars qui ne seront tirés par aucun animal, et avanceront avec une force incroyable. On pourra construire des machines pour voler, [...] Et on pourra faire des instruments, très petits en eux mêmes, mais suffisants pour soulever ou descendre des énormes poids, [...] Ces machines ont été construites dans l'antiquité."

**En astronomie :**

**Johannes de Sacrobosco** (John Holywood, mort à Paris en 1256) relance l'étude des mouvements célestes avec son traité *Sur la sphère*, complété par le *Theoricae planetarum* de Campano da Novara (1215-1296).

Les astronomes arabes au service d'**Alphonse X de Castille** (*El Sabio*, 1252-1284) rédigent des tables astronomiques, les **Tables Alphonsines**, utilisées faute de mieux jusqu'en 1550 (=> *Tables Coperniciennes*).

**Nicolas Oresme** (1320-1382) :

les phénomènes célestes paraîtraient les mêmes si la terre tournait sur elle même, au lieu du ciel (*le Livre du ciel et du monde*).

**Nicolas de Cuses** (1400-1464) dans *De docta ignorantia* :

« tous les points de l'univers ont la même structure, pourquoi la Terre serait immobile au centre?

Un habitant de Mars, voyant le monde tourner autour de lui (y compris la Terre), pourrait construire un système martio-centrique ».

**Que c'était-il passé ?**

Voir : => **Le retour des œuvres scientifiques en Occident**

**Les horloges médiévales.**

Il n'y a pas d'horloges astronomiques en Europe avant le XIIIe siècle.

Un expert de horloges médiévales:

« Les chercheurs s'accordent à penser que l'origine des horloges astronomiques en Europe n'est pas antérieure à 1200 »

Puis en un siècle, entre 1300 et 1400, plus de 100 horloges astronomiques font leur apparition en Europe:

1308-18	Cambrai
1322-25	Cathédrale de Norwich
1307-8	Orvieto

1309	Milan, S. Eustorgio
1343	Cathédrale de Modena
1344	G. Dondi, à Padoue
1386	Cathédrale de Salisbury
etc.	

Giovanni e Novello Dondi, Padova 1344 et 1424.

Astrario di Giovanni Dondi, reconstruit par Aldo Bullo à Chioggia en 2003

### **Astronomie médiévale, XVe siècle**

Malgré ces idées révolutionnaires, les calculs astronomiques utilisent encore le seul model perfectionné existant : le système de Ptolémée.

Les versions arabes étant corrompues, George **Peuerbach**, vers 1460, et **Regiomontanus** (de son vrai nom Johannes Müller, ~1476) traduisent en latin le texte grecque de *l'Almageste* de Ptolémée.

Dans la pratique ... A partir de modèles et des paramètres de Ptolémée , au besoin retouchés, les astronomes dressent les tables du mouvement des planètes, du Soleil et de la Lune.

A l'époque de Copernic (1473-1543) il n'y avait plus "une" astronomie de Ptolémée: comme pour les recettes de cuisine, il y en avait autant qu'il y avait d'auteurs de tables astronomiques.

Le XVe siècle apporte aussi son lot de révolutions :

- invention de l'imprimerie par les frères Gutenberg en 1455
- découverte de l'Amérique en 1492
- *l'Almageste* de Ptolémée est publié à Venise en 1496.
- Luther affiche ses 95 thèses en 1517, est excommunié en 1521, réécrit le catéchisme en 1529 et traduit la Bible en allemand en 1534.
- 1543 : Nikolas Copernic publie le *De revolutionibus orbium caelestium* peu avant sa mort.
- Le concile de Trente (1545-1563) produit la contre-réforme et la révision du calendrier julien (1582).

Les années suivantes sont marquées par l'acceptation progressive de l'héliocentrisme :

Tycho Brahe ( 1546-1601 ), observations célestes de précision.

Johannes Kepler ( 1571-1630 ), lois de mouvement des planètes.

Galilée ( 1564-1642 ), chute des graves et divulgation de l'héliocentrisme.

Isaac Newton ( 1643-1727 ), qui réinvente les mathématiques, la physique et l'astronomie.